

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
POSGRADO DE PROSTODONCIA

**“SISTEMAS ADHESIVOS DE SEXTA GENERACION.
DESARROLLO EVOLUTIVO. SUS USOS. VENTAJAS Y DESVENTAJAS”**

Trabajo Especial de grado presentado ante la
Ilustre Universidad Central de Venezuela por
La Odontólogo Diana M Zerpa V. para optar al
Título de Especialista en Prostodoncia.

Caracas, Junio de 2004

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
POSGRADO DE PROSTODONCIA

**“SISTEMAS ADHESIVOS DE SEXTA GENERACION.
DESARROLLO EVOLUTIVO. SUS USOS. VENTAJAS Y DESVENTAJAS”**

Autor: Od. Diana M. Zerpa V.

Tutor: Od. Jesús A. Díaz Siohl

Caracas, Junio de 2004

Aprobado en nombre de la
Universidad Central de Venezuela
Por el siguiente jurado examinador:

(Coordinador) Nombre y Apellido
C.I.

Firma

Nombre y Apellido
C.I.

Firma

Nombre y Apellido
C.I.

Firma

Observaciones:

Caracas, Junio 2004

DEDICATORIA

A Leonor y Miguel, padres ejemplares, ductores incansables, con su apoyo y fortaleza, esta meta pudo ser lograda.

A Rafael, esposo, compañero y amigo quien siempre compartió mi inquietud por aprender más y jamás desestimó lo mucho que significaba la culminación de tan importante etapa de mi vida académica.

A mis hijos, María Victoria, Rafael Jesús y Diana Sofía, porque aún siendo tan pequeños, supieron comprender cuando no podía jugar con ellos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el producto tanto de la motivación como de la colaboración de muchas personas, quienes me han brindado a lo largo de mi vida profesional, académica y personal la inquietud de seguir adelante siempre con nuevos proyectos; especialmente quiero agradecer a:

“DIOS”, él es fuente de todo, de Vida, de Amor, de Inspiración.

Od. Jesús Alfredo Díaz Siohl, Odontólogo, MSc , mi tutor, a quien siempre he considerado como un excelente guía. Su dirección y valiosa orientación fue de vital importancia en la preparación y culminación de esta monografía.

A mis hermanas, Ileana, Roxana y Leonor, quienes siempre estuvieron presentes para darme aliento, apoyándome tanto técnica como espiritualmente.

A mi gran amiga, Ing, Adriana Valbuena, eterna gratitud por su apoyo siempre constante e incondicional.

LISTA DE CONTENIDO

	Página
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de Contenido.....	vi
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tablas.....	xi
Resumen.....	xii
I. Introducción.....	1
II. Revisión de la literatura.....	7
1. Evolución Historica de los Adhesivos Dentarios.	
Clasificación.....	7
1.1.- Según enfoque evolutivo.....	7
1.2.- Según mecanismo de acción sobre el	
substrato.....	14
1.2.1.-Adhesivos de grabado total.....	15
1.2.2.-Adhesivos de autograbado.....	15
1.2.2.1.-Adhesivos de autograbado	
de Ph moderado.....	16
1.2.2.2-Adhesivos de autograbado	

	Página
de Ph fuerte.....	16
1.2.3. Adhesivos de cemento de vidrio	
ionomérico y resinas modificadas.....	16
1.3.- Momento actual de los adhesivos en	
Odontología.....	16
2. Substratos para la Adhesión.....	18
2.1.- Esmalte.....	18
2.1.1.- Características Morfohistológicas....	18
2.1.1.1.-Esmalte Prismático.....	19
2.1.1.2.-Esmalte Aprismático.....	20
2.1.2.- Características Histoquímicas.....	21
2.1.2.1.-Matriz Orgánica.....	21
2.1.2.2.-Matriz Inorgánica.....	21
2.2.- Dentina.....	22
2.2.1.- Características Morfohistológicas.....	22
2.2.2.- Características Histoquímicas.....	26
2.2.3.- Fisilogía Dentinaria. Permeabilidad...	27
2.2.4.- Capa de Desecho.....	31
3. Conceptos Básicos de Adhesión en Odontología...	36
3.1.- Adhesión. Principios básicos para su logro	
en Odontología.....	36
3.1.1.- Adhesión.....	37

	Página
3.1.2.- Energía de Superficie.....	39
3.1.3.- Humedecimiento.....	40
3.1.4.- Angulo de contacto.....	42
3.2.- Hibridización.....	42
3.2.1.- Formación de la capa híbrida en esmalte y dentina.....	44
3.2.2.- Obstáculos para su logro.....	56
3.2.3.- Mecanismos de acción de la hibridización (físicos, químicos y mecánicos) a favor de la adhesión.....	66
3.2.4.- Significado clínico de la hibridización para la longevidad de las restauraciones adhesivas.....	68
3.2.4.1.- Resistencia de unión adhesiva ..	68
3.2.4.2.- Microfiltración Marginal.....	79
3.2.4.3.- Biocompatibilidad.....	92
3.2.4.4.- Otros factores que modifican la actuación de los Sistemas Adhesivos.....	99
4. Sistemas Adhesivos de Sexta Generación o sistemas “de un solo paso”	103
4.1.- Su aparición en el mercado. Justificación lógica.	103

	Página
4.2.- Generalidades sobre su química.....	106
4.3.- Mecanismo de acción al substrato.....	110
4.3.1.- Hibridización con adhesivos de un solo paso. Su relación a Dentina y Esmalte.....	110
5. Estudios sobre efectividad de Unión Adhesiva de los Sistemas Adhesivos de sexta generación o Sistemas Adhesivos de “un solo paso”.....	112
5.1.- Resistencia de unión adhesiva.....	112
5.2.- Microfiltración Marginal.....	131
5.3.- Infiltración del substrato. Nanofiltración.....	139
5.4.- Biocompatibilidad.....	145
5.4.1.- Utilización de sistemas adhesivos de “un solo paso “, como recubridores pulpaes	151
6. Usos clínicos reales y potenciales de los Sistemas Adhesivos de sexta generación ó Sistemas Adhesivos de “un solo paso”.....	161
7. Futurología en relación a los Sistemas Adhesivos de “un solo paso”.....	165
III. Conclusiones.....	169
IV. Referencias.....	173

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Prismas dispuestos longitudinalmente y secciones transversales de prismas observadas con el MEB, 300X.....	19
Figura 2 Conexión Amelo-Dentinaria.....	23
Figura 3 Túbulos dentinarios cortados Longitudinalmente. Se observa dentina Peritubular como intertubular. MEB 2500X.....	25
Figura 4 Vista al Microscopio electrónico de Barrido de espécimen desmineralizado con 6mol/HCl por 30 segundos. R=Resina curada; DD= Dentina desmineralizada; H=Capa híbrida.....	47
Figura 5 Vista al Microscopio electrónico de Barrido de zona de Dentina Desmineralizada (DD) la cual muestra superficie colapsada (S) de zona de fibras colágenas.....	51
Figura 6 Micrografía electrónica de transmisión, de espécimen que fue sobresecado, previo al mecanismo de unión.....	53
Figura 7 Vista al Microscopio electrónico de Barrido de espécimen afectado por caries en dentina.	

	Página
La figura muestra como los cristales Minerales intratubulares han sido envueltos por la Resina.....	57
Figura 8 Vista al Microscopio electrónico de Barrido de tapones de resina en dentina profunda.....	59
Figura 9 Vista al Microscopio electrónico de barrido del sistema adhesivo Scotch Bond MP seguido de desmineralización y desproteínización de toda la dentina. Extraído de Nakabayashi y Pasilhey (1998).....	78

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I Papel de lija (Número y tamaño del grano) y piedras de diamante usadas para dentina. Extraído de Tani y Finger (J. Adhes Dent 2.002)...	123
Tabla II Espesor de la capa de desecho en dentina, producida por diferentes tamaños de grano. Extraído de Tani y Finger (J. Adhes Dent 2.002)...	124
Tabla III Análisis histopatológico . Extraído de Kitasaco y col (Journal of Dentistry, 2000).....	148

RESUMEN

Actualmente la Odontología estética juega un papel muy importante en el desarrollo y evolución de los materiales restauradores. Dentro de la misma, la Odontología adhesiva ha marcado pautas importantes dentro del curso de la profesión, es por ello que el estudio de los sistemas adhesivos dentinarios ha tomado gran auge en los últimos años. Bajo los preceptos de la Odontología actual, se trata de restringir a lo estrictamente necesario la remoción de tejido dentario, con la finalidad de preservar la mayor cantidad de estructura dentaria posible. Los sistemas adhesivos dentinarios han mostrado la capacidad que tienen, al lograr una mejor adaptación de la resina restauradora al diente, aumentando la resistencia de unión adhesiva de dichos materiales y mejorando los parámetros en cuanto a microfiltración se refiere. Los sistemas adhesivos de sexta generación ó también llamados sistemas adhesivos de “un solo paso” buscan la simplificación de los procedimientos, con el fin de facilitar al clínico un procedimiento restaurador más sencillo y confiable. En la actualidad se han obtenido resultados satisfactorios en algunos aspectos, como es el caso del sellado marginal, no siendo así en el caso de la resistencia de unión adhesiva, sin embargo la última palabra la tendrán los estudios realizados a dichos materiales a largo plazo.

INTRODUCCION

La odontología restauradora ha producido en las últimas cuatro décadas, importantes avances, así como nuevos retos. Es a partir de la propuesta de Buonocore en 1955, donde se planteó la idea de crear un sistema que permitiera darle a los compuestos acrílicos, así como a otros materiales restauradores, la capacidad de unirse o adherirse a la estructura dentaria.

Conociendo el hecho de que en la industria, el ácido fosfórico o preparaciones que lo contuvieran, era utilizado para tratar la superficie de los metales y crear de esta manera, una superficie acondicionada, para luego ser pintada, Buonocore traspoló este hecho al campo de la Odontología y pensó que el esmalte podía, por el hecho de estar en contacto con diferentes iones, saliva, etc., poseer una estructura superficial con imperfecciones, lo que podría dificultar la unión. El logró lo que se conoce como grabado ácido del esmalte, el cual es el punto de partida de la odontología adhesiva.

Este procedimiento aunado al hecho de que a mediados de los años 60 se comercializaron las primeras resinas compuestas de restauración, aumentaron las expectativas por parte de

investigadores y clínicos de crear una técnica eficiente capaz de aprovechar las bondades del esmalte grabado. Comenzó así la carrera para lograr la adhesión.

En 1965 Bowen, propuso la activación de la superficie del diente, a través de la utilización de un monómero, para facilitar la unión de la resina al mismo. A comienzos de 1970 se introduce en el mercado el ácido fosfórico para ser utilizado como técnica de “grabado ácido”, y es a partir de ese momento cuando los materiales dentales comienzan a sufrir una vertiginosa evolución.

Por otra parte, la prioridad del clínico, fue tratar la estructura del diente, desde un punto de vista más conservador, ya que con la nueva filosofía no se dependería estrictamente de los métodos mecánicos, para la retención, y por lo tanto, no habría necesidad de desgastar tejido sano, para lograr los mencionados parámetros.

Los investigadores se dieron cuenta de que lograr una unión estable a esmalte resultaba relativamente sencillo, sin embargo, no se podía decir lo mismo con respecto a la dentina, ya que el esmalte posee alto contenido mineral, mientras que la dentina

además del contenido mineral, también posee contenido orgánico. Los estudios se enfocaron entonces, en varias direcciones. El substrato sobre el que se actuaba era química e histológicamente diferente además dicho substrato se encontraba modificado bien por la edad, (dentina esclerosada) así como por procesos patológicos (caries). Otro aspecto que interfería modificando el substrato era la capa de desecho, todos estos factores debían ser tomados en cuenta a la hora de decidir la estrategia a utilizar para de esta manera lograr obtener resultados satisfactorios de unión.

En este orden de ideas, se van originando los diversos sistemas de unión, cada uno con especificaciones muy estrictas en cuanto a procedimiento se refiere. Los sistemas adhesivos pioneros, actuaban sobre la dentina y el esmalte, previo grabado ácido del esmalte. Las investigaciones continuaron y la segunda generación no solo tomaba forma, sino que rápidamente daba paso a la tercera generación, que contemplaba el uso de lo que se llamó agente imprimante, acondicionando la estructura grabada y no grabada del diente para la posterior colocación del adhesivo propiamente dicho. Con el concepto de Fusayama, de “grabado total”, surge una nueva filosofía así como una nueva generación de sistemas adhesivos , la cuarta generación de

sistemas adhesivos. Esta nueva filosofía vuelve a verse modificada por el concepto de “unión húmeda” de Kanca, la humedad pasa a formar parte de las variables a tomar en cuenta.

Con el advenimiento del microscopio electrónico de barrido se comenzaron a realizar hallazgos muy importantes, que promovían cada vez más desarrollo en los materiales dentales, así como en la misma estructura del diente. De dichas observaciones y estudios surge el concepto de capa híbrida e hibridización de Nakabayashi, que viene a revolucionar nuevamente el mundo de la odontología adhesiva y en general, a la odontología.

Con este concepto en boga y a pesar de que el mercado se encontraba inundado de productos comerciales de las distintas generaciones de sistemas de unión a dentina, los resultados mostraban que tres pasos, y condiciones estrictas, convertían la técnica sensible a fallas. Por esta razón siempre buscando mejorar el producto y buscando simplificar el procedimiento hacen su aparición los sistemas adhesivos de “una botella” o quinta generación, donde se mezclaba en un envase el agente imprimante y el adhesivo propiamente dicho, realizándose previamente el grabado ácido. El procedimiento parecía haberse simplificado, sin embargo, los resultados arrojados por los

nuevos productos se encontraban en los mismos rangos de los productos utilizados anteriormente.

En esta misma época del proceso evolutivo los investigadores proponen otra forma de simplificar el procedimiento y crean lo que denominaron “sistemas adhesivos de autograbado”, dicho sistema presenta en un envase un agente imprimante que actúa también como agente de grabado, además del agente adhesivo, el cual es dispensado aparte. A pesar de que los resultados logrados fueron similares a los obtenidos por los sistemas de cuarta y quinta generación, las previsiones en cuanto a la ejecución de la técnica y aunque sigue siendo sensible a fallas, se puede decir que en menor grado.

Es a finales de los años 90 que surgen los sistemas de unión llamados “todo en uno”, sistemas adhesivos de autograbado o sistemas de un solo paso, sobre los mismos existe poca información y las evaluaciones clínicas y de laboratorio, actualmente se llevan a cabo. Se poseen ciertos datos sobre sus resultados, sin embargo, el factor tiempo es una variable muy importante a tomar en cuenta y quizás sea este factor quien determine la efectividad de los sistemas en cuestión. Debe decirse que a raíz de la aparición de los últimos materiales

restauradores adhesivos se ha determinado que el denominarlos por generaciones, sin tener un respaldo científico que apoye una innovación en los mismos, no es totalmente adecuado y por lo tanto, a los que deberían denominarse materiales adhesivos de sexta generación se les nombra, como sistemas adhesivos “todo en uno”, sistemas adhesivos de autograbado o sistemas adhesivos de un solo paso.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto el objetivo de esta monografía es realizar una revisión bibliográfica de los sistemas adhesivos “todo en uno” o sistemas adhesivos de autograbado. En ella se analizarán las mejoras que presenta este sistema adhesivo, en cuanto a características de resistencia de unión adhesiva, microfiltración, nanofiltración y sensibilidad post-operatoria en relación a sistemas adhesivos de generaciones anteriores, así como también las fallas que con mayor frecuencia se observa al ser utilizados.

II. REVISION DE LA LITERATURA.

1.- EVOLUCION HISTORICA DE LOS ADHESIVOS DENTARIOS.

CLASIFICACION.

1.1.- Según enfoque evolutivo.

En las últimas décadas se ha ido desarrollando un creciente interés por parte de clínicos e investigadores, en tratar de preservar al máximo, el tejido dentario remanente.

Se podría decir que la Odontología Adhesiva tiene sus comienzos en 1955, cuando Buonocore¹ describe la técnica de grabado ácido sobre el esmalte, como un método para aumentar la adhesión de los materiales acrílicos de relleno a la superficie adamantina.

Buonocore¹ planteo diversas posibilidades a fin de lograr una mejor unión entre el substrato y el material de relleno, entre las cuales se encuentran: el desarrollo de nuevos sistemas de resinas que tuvieran propiedades adhesivas, la modificación de los sistemas que poseían en ese momento con el fin de hacerlos adhesivos, la utilización de un material adhesivo como interfase entre el material de relleno y el diente, además, de la alteración química de la superficie sobre la que se trabaja para que esta

permitiera la adhesión de nuevos materiales de restauración.

El hecho más resaltante del trabajo de Buonocore,¹ fue que, luego de utilizar una solución de ácido fosfórico al 85%, que daría como resultado la remoción de la estructura superficial, se obtuvo una descalcificación, lo cual era necesario para producir una superficie más receptiva a la adhesión.

Luego de este primer estudio, Bowen, citado por Nakabayashi y Pashley² en 1965 propone la activación de la superficie a través de un monómero, el cual facilitaría la unión de la resina al diente, este concepto fue tomado en cuenta para la preparación de diversos reactivos de monómeros que podrían actuar como enlace entre la resina y el calcio de la dentina.

Estando en escena las investigaciones antes mencionadas, salen al mercado los primeros sistemas adhesivos, para ser utilizados con la técnica de grabado ácido del esmalte, consistían esencialmente en una resina sin relleno de bisfenil-A glicidil metacrilato (BIS-GMA), este material, se aplicaba con un pequeño cepillo sobre el esmalte acondicionado, seguido de la colocación del material restaurador de resina.³

Se puede decir, que se le había dado forma, a lo que se

denominó primera generación de adhesivos dentarios, sin embargo los productos comerciales basados en este principio, demostraron una pobre eficacia clínica.

Luego de los estudios de Bowen, Fusayama⁴ en Japón en 1979, realizaba los primeros estudios sobre grabado ácido, incluyendo no solo al esmalte, sino también a la dentina. En dicho estudio se comprobó que el grabado ácido incrementaba considerablemente la adhesión. La traba mecánica ocasionada por las irregularidades de la superficie y el incremento de unión química del área tratada, producía una unión muy estable; estos ensayos no fueron populares en occidente.

Por ello a principios de la década de los años 80 se comienza a trabajar en lo que sería la segunda generación de adhesivos dentarios, la cual estaba compuesta básicamente por esteres halofosforados, añadidos a las resinas de BIS-GMA. Los adhesivos que utilizaron los grupos fosfatados para promover la unión al calcio de las estructuras duras del diente, fueron generalmente llamados grupos de unión fosfatados. Los estudios realizados a dichos sistemas adhesivos arrojaron valores de resistencia de unión en un rango de 1 a 3 MPa.^{3,5}

La tercera generación de sistemas adhesivos dentarios, tuvo una modificación importante, los investigadores incluyeron un paso adicional, el cual consistía en el acondicionamiento del substrato en conjunto con un preparador intermedio, además del adhesivo. Los acondicionadores eliminaban la capa de desecho o la modificaban (imprimantes) y subsecuentemente actuaban sobre la superficie de la dentina, finalmente una resina de unión actuaba como intermediario, luego de realizado el paso de acondicionamiento que incluía la imprimación.^{3,5}

Fue a partir de este momento, que se le comienza a dar importancia a uno de los substratos sobre el cual la mayoría de las veces se trabajaba sin conocerlo a fondo, se trataba de la capa de desecho la cual había sido descrito por Eick “como restos de diente y fluidos orgánicos que estaban presentes en todas las superficies cortadas”⁶.

Uno de los primeros sistemas creados bajo este esquema fue desarrollado por Bowen en 1982, el cual reportó una resistencia de unión a dentina de $12,5 \pm 3,2$ MPa. (Bowen, 1986).³ En esta generación de adhesivos hubo muchas diferencias entre los mecanismos utilizados.

Con los sistemas de tercera generación se lograron mejoras en cuanto a la resistencia de unión al substrato, en relación a las generaciones anteriores. Los valores publicados se encontraban en un rango entre 9 MPa. y 18 MPa .^{3,5}

Una cuarta generación de sistemas adhesivos comenzó a tomar forma. Fue a partir del concepto de capa híbrida propuesto por Nakabayashi y colaboradores (1982)⁵ donde el autor proponía la difusión e impregnación de la resina en el substrato de la dentina parcialmente descalcificada, seguida de la polimerización, para formar una capa reforzada con resina, denominada híbrida, esta capa poseía características de resistencia de unión adhesiva mejoradas, utilizando previamente el concepto de grabado total de Fusayama⁴ . Ellos realizaron el grabado tanto del esmalte como de la dentina, en un solo paso, obteniendo buenos resultados de resistencia a la unión adhesiva en ambos substratos.⁵

Dentro de los procedimientos de la técnica, las instrucciones que los fabricantes indicaban, estaban en que luego del grabado con ácido, se procedía a lavar y luego secar, los investigadores no contaban con que la dentina podría colapsar, al ser secada con aire. Actualmente se sabe que este procedimiento, si no se

realiza en forma adecuada, podría causar efectos negativos en la trama de fibras colágenas luego del grabado ácido. ²

Así entonces surge la inquietud de estudiar como se comportaba un substrato húmedo comparado con uno al que se le había secado; por una parte, la resequedad de la dentina era crítica, y por otra, la dentina vital es inherentemente húmeda y por lo tanto es muy difícil clínicamente lograr secarla, de esta manera surge la técnica sobre dentina húmeda, propuesta por Kanca.⁷

Se pueden considerar como de cuarta generación los sistemas adhesivos basados tanto en la hibridación, como mecanismo fundamental para unirse al diente, así como, en el concepto de dentina húmeda, propuesto por Kanca,⁷ luego de realizar grabado total.

En base a lo anterior, los sistemas de la cuarta generación, se comportaban de mejor manera sobre un substrato húmedo. Los defensores de dichos sistemas aseguran que se obtiene una fuerza adhesiva media, que se encuentra en un rango entre 17 MPa. y 24 MPa.⁵

El principio en el cual se basaron los investigadores para crear una quinta generación de sistemas adhesivos, fue en el hecho de que las instrucciones sugeridas por los fabricantes, de las generaciones anteriores, eran complicadas, ya que se necesitaba de varios pasos por separado, requiriendo además, de mayor tiempo en su manipulación clínica, pudiendo convertir la técnica más sensible a fallas.

De esta manera, la característica principal de estos sistemas consiste en la combinación de las etapas de preparación del diente y colocación del adhesivo resinoso, con el fin de simplificar la técnica, sin embargo, su aplicación requiere de varios tiempos.⁵

Es importante resaltar de estos sistemas, que en semejanza a los de cuarta generación, su adhesión depende del grado de hibridización que se logre en la dentina, ya que dicha hibridización se encuentra en relación directa con la forma en la que penetra a través de la dentina el material en cuestión. En esta penetración intervienen dos factores importantes: la humedad residual contenida en la dentina y los compuestos hidrofílicos, contenidos en el material.⁵

Existen dos modalidades en la serie de sistemas adhesivos, hoy llamados de una botella. La primera, combina en una botella el agente imprimante y el adhesivo, y la segunda, consiste en la combinación del agente acondicionador ácido y el imprimante, en una botella; a estos últimos se les denominó agentes imprimantes auto-acondicionantes o de autograbado. Sin embargo, en ambos casos, se requiere de un paso adicional: en los primeros, se requiere del grabado ácido, previo a la colocación del contenido de la botella y en el segundo caso, se requiere de la colocación del agente adhesivo en si mismo, por lo tanto, podemos decir que en realidad no son de un solo paso.⁸

En los últimos años, los investigadores en la constante búsqueda de simplificar el manejo de los sistemas adhesivos y reducir la sensibilidad a los errores creados por un inadecuado manejo clínico, han obtenido un producto, el cual se ofrece definitivamente como de un solo paso. En la actualidad, se les ha denominado, sistemas adhesivos “todo en uno” o sistemas adhesivos de autograbado.⁸ Ellos son el objeto detallado de la revisión que se hará ulteriormente.

1.2.- Clasificación de los sistemas adhesivos según el

mecanismo de acción sobre el sustrato.

En la actualidad se entiende que el mecanismo básico de unión a esmalte y dentina, consiste según Van Meerbeeck, en un proceso de intercambio, que envuelve el reemplazo de minerales removidos de los tejidos duros del diente por monómeros de resina, que se transforman en retenciones micromecánicas, interdigitadas en las porosidades creadas en ambos sustratos. ⁸

Los sistemas adhesivos actuales pueden ser utilizados bajo tres estrategias de adhesión diferentes, que se pueden separar de la siguiente manera

1.2.1.-Adhesivos de grabado total: que contemplan el paso de acondicionamiento, lavado, imprimación y aplicación de la resina adhesiva (tres pasos), así como también, grabado total de dos pasos, realizado a través de sistemas adhesivos que combinan el agente imprimante con la resina adhesiva en una aplicación, habiendo realizado previamente el acondicionamiento con ácido.

1.2.2.-Adhesivos de autograbado: En su mayoría están formulados para ser utilizados en dos pasos, el primero es un agente imprimante de autograbado, que actúa sobre dentina y esmalte simultáneamente, para luego colocar sobre la superficie acondicionada la resina adhesiva. Más recientemente los

sistemas adhesivos denominados “todo en uno”, los cuales combinan en un solo envase los componentes requeridos para llevar a cabo el acondicionamiento, la imprimación y la unión a través de la resina adhesiva, todo ello en un solo paso. Es conveniente señalar que paralelo a esta división, los adhesivos de autograbado deben ser sub-divididos según su ph en:

1.2.2.1-Adhesivos de autograbado de Ph moderado

(Ph igual ó mayor de 2)

1.2.2.2-Adhesivos de autograbado de Ph fuerte (Ph

igual ó menor de 1)

1.2.3.-Adhesivos de cemento de vidrio ionomérico y resinas modificadas: esta estrategia difiere de las anteriores debido a la naturaleza química del material y la forma en que actúa sobre el sustrato y no se describirán puesto que no es el objetivo de este estudio.⁸

1.3.- Momento actual de los adhesivos en Odontología.

Como ya se dijo, según Van Merbeek y colaboradores (2001)⁸ hoy en día existen una gran variedad de adhesivos, que pueden ser categorizados como de grabado total, autograbado y adhesivos de vidrio ionómero. Actualmente se observa una clara tendencia en cuanto a la simplificación de la técnica, para lograr reducir el número de pasos en la aplicación de los sistemas

adhesivos, sin embargo, la simplificación no implica necesariamente mejor efectividad de unión.

Hoy en día, Van Merbeek y colaboradores (2001)⁸ consideran, que dos aspectos que continúan siendo importantes y los cuales no han sido solventados definitivamente por los sistemas adhesivos actuales son: la relativa alta sensibilidad de la técnica y la dificultad en lograr una unión estable y duradera, tanto en esmalte como en dentina. En este sentido, los adhesivos de auto-grabado, ya sean de base de resina o de ionómero de vidrio, pudieran ser los más adecuados para resolver esta situación, debido a que ellos no requieren una fase de lavado, lo cual ahorra tiempo, además de que se evita diferencias de manipulación, en cuanto a humedad disponible se requiere. Su forma de actuar no permite que exista discrepancia entre desmineralización e infiltración. Estos sistemas adhesivos ofrecen un mecanismo de unión doble: el entrelazado micromecánico, a través de la hibridización, y una interacción mejorada entre el monómero y el colágeno, potencializada por uniones químicas primarias, las cuales pueden ser de ayuda para mantener dichas uniones libres de filtración en una visión a futuro.⁸

2.- SUBSTRATOS PARA LA ADHESION

2.1.- Esmalte

2.1.1.- Características Morfohistológicas.

El esmalte, es denominado también sustancia adamantina, él recubre a la dentina, en su porción coronaria. Se le conoce como el tejido más duro del organismo, debido al predominio de millones de prismas altamente mineralizados⁹.

La dureza del esmalte, viene dada por su composición: 95% de matriz inorgánica y de 1 a 2% de matriz orgánica. El elemento más importante de la matriz inorgánica esta representado por los cristales de hidroxiapatita, los cuales a su vez están constituidos principalmente por fosfatos de calcio. Debido a su alto contenido mineral, es muy sensible a las soluciones ácidas⁹.

Según Gómez de Ferraris y Campos Muñoz⁹, la unidad estructural del esmalte, son los prismas; estructuras compuestas por cristales de hidroxiapatita, por otro lado, Abramovich,¹⁰ determina que los prismas están compuestos por cristales semejantes a la apatita, alojados en una matriz orgánica de naturaleza proteica.

El conjunto de prismas del esmalte, forman el esmalte prismático, que constituye la mayor parte de este tejido dentario. El esmalte aprismático es aquel en el que la sustancia adamantina mineralizada no constituye, ni configura prismas.

2.1.1.1.- Esmalte Prismático.

Morfológicamente los prismas son unas estructuras longitudinales de 4 um. de espesor promedio, que se dirige desde la conexión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte. Su diámetro varía entre 4 y 10 um. Al microscopio óptico se observan como bandas delgadas irregularmente paralelas en cortes longitudinales. En cortes transversales, los prismas se presentan como secciones irregularmente ovoides o en forma de escamas de pescado. El estudio del prisma bajo el microscopio electrónico de barrido, permite distinguir dos regiones: la cabeza o cuerpo y la cola.⁹



Figura 1. Vista al MEB por 300X de Prismas dispuestos longitudinalmente y secciones transversales. Extraído de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz. Editorial Médica Panamericana.

Los prismas del esmalte son estructuras que se encuentran estrechamente asociadas unas con otras, las cabezas de los prismas se encuentran siempre ubicadas entre las colas de los prismas suprayacentes y las colas de cada prisma ubicadas entre las cabezas de los prismas subyacentes.⁹

El material orgánico es muy escaso y se distribuye básicamente en la periferia de los prismas rodeando la estructura de cabeza y cola (ojo de cerradura), por esta razón aparecen como rodeados por una zona de unos 50 a 100 nm, que prácticamente carecen de cristales.⁹

2.1.1.2.- Esmalte Aprismático.

Gómez de Ferraris y Campos Muñoz se refieren a él como: material adamantino, carente de prismas. Se localiza en la superficie externa del esmalte prismático y posee un espesor de 30 μm .⁹

2.1.2.- Características Histoquímicas.

Desde el punto de vista de composición química, se dice que al esmalte lo conforman: una matriz orgánica (de 1 a 2%), una matriz inorgánica (95%) y agua (3 - 5%).

2.1.2.1- Matriz Orgánica:

Esta conformada por un complejo sistema polipeptídico. Mediante diferentes técnicas se ha podido determinar la existencia de algunas de las proteínas presentes en dicha matriz orgánica, ellas son: las amelogeninas, las enamelinas, las ameloblastinas y la tuftelina entre otras.⁹

2.1.2.2.- Matriz inorgánica:

Se encuentra formada por sales minerales, básicamente de fosfato y carbonato. Dichas sales, de acuerdo a estudios realizados, por difracción de rayos X, muestran una organización apatídica que responde a la fórmula general de $CA_{10} (PO_4)_6 (OH)_2$. Las sales minerales mencionadas anteriormente se depositan en la matriz del esmalte, y a través de un proceso de cristalización, se transforma la masa mineral en cristales de hidroxiapatita.⁹

El tercer componente del esmalte es el agua, se localiza en la

periferia del cristal constituyendo la denominada capa de hidratación, o capa de agua absorbida, por debajo y más hacia el interior, en el cristal, se ubica la denominada capa de iones y compuestos absorbidos, en la que el catión Ca (2+) puede ser substituido por Na (+), Mg(2+) e H(3) O(+) y el anión OH por F(-) Cl (-), etc.⁹

2.2.- Dentina

2.2.1.- Características Morfohistológicas.

La dentina es el eje estructural del diente, también llamada sustancia ebúrnea o marfil, está constituida por tejido mineralizado, la cual conforma la mayor cantidad de la pieza dentaria.¹¹

Histológicamente hablando, la dentina está constituida por unidades estructurales básicas y secundarias. Las unidades estructurales básicas, que conforman la dentina son: el túbulo dentinario (el cual aloja al proceso odontoblástico) y la matriz intertubular o mineralizada, dichos componentes guardan estrecha relación con el tema que se trata , dicha relación se comentara mas adelante¹¹.

Los túbulos dentinarios, son estructuras cilíndricas, delgadas

que se extienden por todo el espesor de la dentina, desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria. El número de túbulos por sección transversal oscila entre 15.000 y 20.000/mm² cerca de la unión dentina-esmalte y entre 45.000 y 50.000/mm² cerca de la pulpa. Por otra parte, el diámetro de los túbulos también varía, siendo más anchos en la proximidad de la pulpa (4 μm de diámetro) y más estrechos en la zona periférica (1,7 μm en promedio) ¹¹

Los túbulos dentinarios, están ocupados en su interior, por los procesos o prolongaciones de los odontoblastos, bañados estos por un líquido tisular.¹¹ Los túbulos siguen un trayecto doblemente curvo, en forma de “S” itálica, poseen además, ramificaciones colaterales y terminales que se corresponden con las ramificaciones del proceso odontoblástico.¹¹

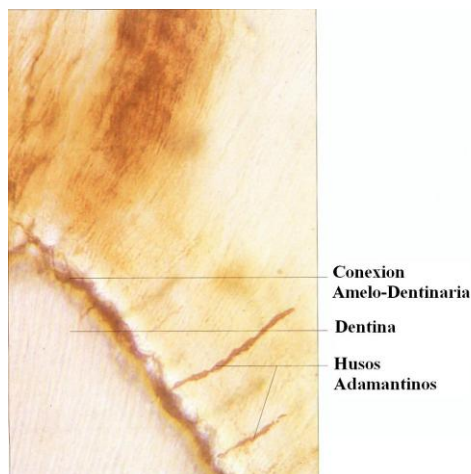


Figura 2. Conexión Amelo-Dentinaria. Extraída de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz. Editorial Médica Panamericana.

El proceso odontoblástico es otro componente importante de la dentina. Dicho proceso es una prolongación del odontoblasto, que se extiende desde el límite amelodentinario o cemento-dentinario, hasta la pulpa y es el responsable de la vitalidad de la dentina. Alrededor de él, se encuentra el espacio periprocesal, el cual se encuentra ubicado entre el proceso odontoblástico y la pared del túbulo.^{11,12.}

La pared de los túbulos dentinarios, es denominada dentina peritubular o tubular ($< 1 \mu$), y es una estructura altamente mineralizada. En cortes transversales del túbulo, al microscopio óptico, la pared del túbulo se observa como un halo claro en contraste con el resto de la matriz (dentina intertubular), la formación de dicha pared, ocurre cuando se termina de completar la mineralización de la dentina intertubular. Cuando es observada al microscopio electrónico, aparece como una trama de delgadas fibras que conforman haces hasta de 25 nm de diámetro.

En microrradiografías, aparece la matriz peritubular más

radiopaca que la intertubular, presentando además, unos anillos en los cortes transversales. Dicha matriz presenta tres zonas diferentes: 1) una franja hipomineralizada externa, 2) una franja media hipermineralizada y 3) una franja hipomineralizada interna¹¹.



Figura 3. Vista al MEB, por 2.500X. Túbulos dentinarios cortados longitudinalmente. Se observa dentina peritubular e intertubular. Extraído de Gómez de Ferraris y Campos Muñoz. Editorial Médica Panamericana.

Existen entre algunos autores, diferencias en la forma en la que se estudia, lo que se considera el próximo componente estructural de la dentina. Se trata de la matriz intertubular. La mencionan como matriz intertubular o dentina intertubular, y es aquella que se distribuye entre las paredes externas de los túbulos dentinarios. Su componente fundamental, son las fibras

colágenas, las cuales se observan como una trama sobre la que se depositan los componentes minerales, entre los cuales los más importantes son los cristales de hidroxiapatita¹¹.

2.2.2.- Características Histoquímicas.

Desde el punto de vista de su composición química, la dentina calcificada, contiene un 18% de materia orgánica, (principalmente fibras colágenas) un 70% de materia inorgánica, (principalmente cristales de hidroxiapatita) y un 12% de agua, sin embargo de aceptarse, esta composición para la dentina, se conoce que tiene variaciones, entre las diferentes zonas de la misma, de la misma manera, existe diferenciación entre la dentina coronal y la radicular.^{11, 13}

La matriz orgánica se encuentra constituida por diversos componentes, el que se encuentra en mayor proporción es el colágeno tipo I, el cual se corresponde con el 90% de dicha matriz y es sintetizado por el proceso odontoblástico.

Otros componentes observados en la matriz orgánica de la dentina son otras proteínas como la osteonectina, la osteopontina y la proteína Gla de la dentina, similar a la osteocalcina, además se ha comprobado la presencia también de

proteoglicanos, tales como el condroitin 4-sulfato y el condroitin 6-sulfato, este ultimo a predominio. Por último, podríamos se podría mencionar que existen, aunque en menor cantidad, proteínas del suero como la albúmina, fosfolípidos y factores del crecimiento.¹¹

En cuanto a la matriz inorgánica, se conoce que está formada por cristales de hidroxiapatita, similares a los del esmalte, cemento y hueso, sin embargo son de menor tamaño, sus dimensiones son 36 nm de longitud, 25 nm de anchura y 10 nm de altura, en menor cantidad algunos fosfatos amorfos, sulfatos y algunos oligoelementos como el flúor, cobre, hierro, etc.¹¹

2.2.3.- Fisiología Dentinaria. Permeabilidad.

En los últimos años se ha avanzado considerablemente en el conocimiento de la permeabilidad dentinaria. La misma se puede definir desde un punto de vista práctico en función de la habilidad que pueda tener un fluido de pasar a través de la dentina. Sin embargo, desde el punto de vista técnico y para poder estudiarla de manera mas completa Reeder y col. (1978), citados por Díaz Siohl (1994)¹⁴ la definen en función de la conducción hidráulica, que es la medida de la facilidad con la cual los fluidos pueden pasar a través de una barrera permeable

(en este caso la dentina), cuando se someten a presión hidrostática u osmótica bajo condiciones definidas.

Según Abramovich¹² en la práctica existen dos tipos de permeabilidad dentinaria. El primer tipo es el de la convección de líquido, que consiste en el movimiento del líquido a través de los túbulos dentinarios. La convección del líquido hacia la pulpa se produce bajo el efecto de una presión hidráulica positiva, al asentar una corona o una incrustación, por ejemplo, la convección del líquido desde la pulpa se produce cuando se genera una presión osmótica negativa por exposición de los túbulos dentinarios abiertos a una solución concentrada, como la sucrosa o el cloruro cálcico saturado.

El segundo tipo de permeabilidad es el de la difusión. En los túbulos dentinarios permeables, independientemente de su diámetro se forma un gradiente de difusión a favor del cual pueden moverse iones y moléculas, incluso contra una presión hidráulica positiva. La difusión es proporcional a la longitud de los túbulos dentinarios y por consiguiente, es en cierta medida proporcional al espesor de la dentina entre la preparación cavitaria y la dentina¹²

La presencia de capa de desecho o de elementos de base cavitaria, selladores, e incluso restos de bacterias sobre los túbulos dentinarios, puede reducir considerablemente la convección de líquido, sin embargo, en el caso de la difusión dentinaria la permeabilidad se ve más limitada por la capa de desecho que por los cementos de base y los selladores para cavidades.¹²

Existen varios factores capaces de modificar la permeabilidad dentinaria, por ejemplo, en uno de los primeros trabajos realizados con dentina humana in vitro, se demostró que la permeabilidad dentinaria será mayor, mientras más grande sea el diámetro del túbulo, dicho estudio demostró también que existe aumento de la permeabilidad mientras más pequeño es el grosor del área a través de la cual el líquido pasa.¹⁵

En condiciones similares Pashley y col. (1978),¹⁶ determinaron que existen factores internos que oponen resistencia al paso de fluidos como lo son la presencia o ausencia de tejido pulpar, detritos y el grado de oclusión de los túbulos, en relación a este último, los autores llegaron a la conclusión de que éste es, el factor más determinante sobre la permeabilidad dentinaria.

El tamaño de las moléculas consiste en otro factor que modifica la permeabilidad, con relación a esto, Pashley y Livingston (1978),¹⁷ realizaron estudios sobre el efecto del tamaño de las moléculas en la permeabilidad dentinaria, obteniendo como resultado que la misma es inversamente proporcional al tamaño de las moléculas, aunque las moléculas mas grandes producen mayor estimulación o movimiento de fluidos dentro de los túbulos debido a la presión osmótica.

En otro estudio realizado por Pashley y col (1983),¹⁸ hecho en vivo se midieron las modificaciones ocurridas en la permeabilidad dentinaria a consecuencia de grabar la dentina con ácido cítrico al 6%. Se obtuvo que dicho grabado aumentaba la permeabilidad 5 veces.

Uno de los factores que mas influencia tiene sobre la permeabilidad dentinaria, es el grabado ácido, ya que el es utilizado como procedimiento para la modificación o remoción de la capa de desecho, además actúa aumentando la porosidad de la dentina intertubular y peritubular, para de esta manera mejorar la infiltración del monómero.^{2,89.}

2.2.4.- Capa de Desecho.

En el momento de la utilización de un instrumento sobre un substrato, se genera un calor friccional, produciendo una deformación tanto elástica como plástica, contribuyendo potencialmente a la alteración y deterioro del substrato en si mismo, además, el substrato sobre el cual se trabaja, produce una serie de desechos, que se aposicionan sobre el mismo, alterando la superficie original; Gwinnet (1984)¹⁹ denomina este fenómeno, fenómeno de desechar y su producto sobre la superficie de trabajo como capa de desecho, barrillo dentinario, etc.

En el campo de la Odontología, se entiende este fenómeno, de la siguiente manera, siendo el tejido dentario duro, heterogéneo, en el momento de ser cortada la estructura dentaria, los cristales sub-microscópicos de hidroxapatita, son rotos y sacados de su contexto dentro de su matriz, Eirich (1976), citado por Gwinett (1984) ¹⁹ de tal manera que ellos, se van depositando y comprimiendo de una manera diferente, por lo que originan una amplia variación en cuanto a topografía se refiere. Se cree que dichas variaciones se deben a los diferentes instrumentos que le dieron origen, además de, bajo cuales condiciones de humedad fueron usados dichos

instrumentos.¹⁹

Scott y O`neil (1961), citados por Gwinett (1984)¹⁹ a través de un estudio en el cual se utilizó colodio, identificaron como apatita, los extractos de restos cortados, dicho estudio fue realizado mientras comenzaba la investigación de los materiales restauradores adhesivos y bajo este contexto, las conclusiones a las que ellos llegaron fueron apoyadas por Skinner y Massler (1961),¹⁹ “el conocimiento de las cualidades estructurales de las superficies cortadas del diente , es una llave para la formulación de los sistemas restauradores adhesivos”.¹⁹

Desde hace algunos años se vienen realizando estudios sobre la capa de desecho, al aparecer en el mercado el microscopio electrónico de barrido, éste se convierte en un arma, para realizar estudios más precisos de la morfología de la superficie y la identificación de la composición de la misma. Boyde, Switsur y Steward en 1963, citados por Gwinett (1984),¹⁹ con la ayuda del microscopio antes mencionado, parecen ser los primeros en demostrar la presencia de lo que ellos denominaron “capa de desecho”, luego en 1970, David Eick ⁶ describe la naturaleza de la capa de desecho, en su estudio el determinó que “restos de diente y una película orgánica, se encontraban

presentes en todas las superficies cortadas. La superficie aparece rugosa y una capa de desecho se observó a alta magnificación”.¹⁹

De los estudios antes mencionados, realizados por Eick (1970)⁶, se conoce que el espesor de la capa de desecho varía ampliamente, dependiendo del instrumento con el cual se produjo y dependiendo también bajo cuales condiciones de humedad se llevó a cabo la preparación, por eso puede determinarse, en términos generales, que la capa de desecho originada sin refrigeración con agua y aire, resulta más rugosa y que de la misma manera, la originada por piedras de diamante, resulta de mayor grosor, que la capa de desecho originada por las fresas de carburo, también se concluyó en dicho estudio, que los restos estudiados, estaban formados en su mayoría de partes del mismo diente, los cuales abarcaban un rango de magnitud entre 0,5 μm y 15 μm , además no se encontraron restos de los instrumentos cortantes, se dio a conocer que existía una película orgánica, de menos de 0,5 μm de espesor, la cual contenía altas concentraciones de sulfuro, nitrógeno y carbón.⁶

Mucho se ha investigado acerca de la capa de desecho,

muchos autores piensan que su presencia incrementa la resistencia al movimiento de fluidos a través de los túbulos de la dentina, tanto en vivo como en vitro, uno de ellos es Bränström (1982) citados por Pahlhey (1984)²⁰. Algunos autores coinciden en que la presencia de la capa de desecho previene la invasión bacterial a los túbulos dentinarios; como Olgart, Bränström, Jonhson y otros (1974) citados por Pahlhey (1984)²⁰. Sin embargo, es permeable a los productos de dichas bacterias, los cuales difunden a través de ella y atraviesan los túbulos, llegando a la pulpa, donde producen una respuesta inflamatoria. Bränström y Nyborg (1973); Bergeltholtz y col. (1977) citados por Pahlhey (1984)²⁰.

La existencia de la capa de desecho tiene muchas implicaciones clínicas, desde el punto de vista de los materiales restauradores adhesivos, algunos de ellos como los policarboxilatos y los cementos de vidrio ionomérico, así como los sistemas adhesivos de unión creados para interactuar químicamente con la matriz dentinaria, no logran su objetivo ya que la misma queda enmascarada por la capa de desecho, no permitiendo la debida unión.²⁰ Es en 1963 que Boyde, Swister y Steward, citados por Gwinett (1984)¹⁹ al parecer fueron los primeros que la describen en mayor detalle, utilizando un

microscopio electrónico de barrido. Más adelante Eick y col(1970)⁶ utilizando una microprobeta electrónica identifican y cuantifican los restos sobre la superficie dentaria. Con estos hechos se da a conocer la presencia y la importancia de la capa de desecho, en consecuencia, Paslhey (1984); Bowen y col (1984) citados por Paslhey(1984)²⁰, coincidieron en que debía dársele un tratamiento especial a dicha capa y comienzan a surgir diferentes maneras de tenerla en consideración.

Un ejemplo de esto, como mencionó Van Meerbeeck y col (2001) ⁸ divide a los sistemas adhesivos modernos utilizando tres estrategias o mecanismos diferentes de adhesión según el manejo clínico que se emplee y por ende se observan las diferencias en cuanto al tratamiento que se aplica a la capa de desecho.

Con el desarrollo de la llamada tecnología adhesiva y con el impulso que se le ha dado a los materiales adhesivos a dentina, el tratamiento de la capa de desecho, se ha hecho imprescindible.

Se puede decir que al paso de las investigaciones se han ido sucediendo cambios en la forma de como tratar la capa de

desecho, para lograr mejorar los resultados, y llevarlos a un nivel óptimo, de manera de lograr el mejor rendimiento posible de los materiales restauradores, el incremento en la búsqueda de materiales estéticos, ha incentivado a los investigadores en dicho propósito.^{21,22,23}

3.- CONCEPTOS BASICOS DE ADHESION EN ODONTOLOGIA.

3.1.- Adhesión. Principios Básicos para su logro en Odontología.

Para lograr mejores resultados en el área de la odontología restauradora, se deben tomar en cuenta ciertos aspectos, que están estrictamente relacionados con el fenómeno de la adhesión: por ejemplo en el momento de preparar una cavidad, residuos microscópicos cubren la superficie del esmalte y la dentina, ésta contaminación, interfiere en el proceso de adhesión, así como también la cantidad de agua presente en la superficie de la dentina, inherente a las mismas características de los componentes del diente. Teniendo en cuenta algunos factores como los mencionados anteriormente, se definirán ahora, los principios físicos, químicos y mecánicos que influyen en la adhesión en Odontología.

3.1.1.- Adhesión.

Se puede decir que la adhesión es la unión de materiales diferentes mediante la atracción de sus átomos o moléculas. Dado que entre los átomos siempre existe alguna atracción, la fuerza de adhesión es cuestión de magnitud.

Según Anusavice,²⁴ cuando dos sustancias entran en íntimo contacto, las moléculas de una de ellas son atraídas por las moléculas de la otra, a esta fuerza de unión, se le denomina adhesión, cuando las moléculas atraídas son diferentes y cohesión, cuando las moléculas atraídas son iguales, el material o película que se agrega para producir la adhesión, se llama adhesivo y el material al que se le aplica, se denomina adherente.

Davidson, (1996), citado por Nakabayashi y Pashley² define la adhesión como el mecanismo que une dos materiales en íntimo contacto a través de una interfase.

En la literatura odontológica la adhesión engloba tres mecanismos diferentes:

-Adhesión Química, la cual es basada en fuerzas de valencia primaria así como: enlaces iónicos, covalentes y metálicos.

-Adhesión física, la cual se basa en fuerzas de valencias secundaria. Tales fuerzas de atracción ocurren entre dipolos moleculares (fuerzas de Van der Waals) en la interacción de los dipolos inducidos (fuerzas de dispersión de Londres), y en la interacción de nubes de electrones descubiertas (uniones de hidrógeno).

-Adhesión mecánica, la cual relaciona la penetración de un material dentro de otro material diferente a un nivel microscópico. Davidson (1996) citado por Nakabayashi y Paslhey.² La formación de la dentina hibridizada (la cual se describirá más adelante), es una forma de adhesión mecánica en el sentido de que los polímeros de resina se enredan junto con las fibras colágenas, formando una especie de trama.²

En referencia al ejemplo de la dentina hibridizada, se parte de la técnica del grabado con ácido como base de cómo puede lograrse el enlace entre los materiales restauradores adhesivos y la estructura dental por métodos mecánicos y no por adhesión.

Las fuerzas que mantienen juntos a los átomos se llaman fuerzas cohesivas²⁴. Estos enlaces interatómicos pueden clasificarse como primarios o secundarios. La fuerza de estos enlaces, así como su capacidad para reformarse luego de su

separación, determina las propiedades físicas del material. Los enlaces atómicos primarios pueden ser de tres tipos : ionicos, covalentes y metálicos, según Anusavice.²⁴

Los principios de adhesión y los factores asociados con este fenómeno se tratarán a continuación.

3.1.2.- Energía de Superficie.

Según Anusavice²⁴ , el incremento de energía por unidad de superficie se llama energía de superficie o tensión superficial.

Para que pueda existir adhesión, las superficies deben ser atraídas entre sí hacia su interfase, tal condición puede existir independientemente de las fases (sólida, líquida o gaseosa) de las dos superficies.²⁴

La energía de la superficie de un sólido es mayor que la de su interior. Considerando por ejemplo una red espacial, dentro de estas todos los átomos son igualmente atraídos entre sí, la distancia interatómica es igual y la energía es mínima, en la superficie en cambio, la energía es mayor porque los átomos más externos no son atraídos igualmente en todas las direcciones.^{24,26.}

Los átomos de la superficie de un sólido tienden a formar enlaces con otros átomos que se encuentran cerca de la superficie y reducen la energía de superficie del sólido. De esta manera contaminantes de la superficie, como por ejemplo la capa de desecho, la humedad o la saliva, disminuyen la energía superficial del sólido. En este sentido la acción que ejerce la técnica de grabado ácido aumenta la energía superficial, transformando la superficie en una superficie más apta para la recepción del material restaurador, es decir mejorando notablemente su humectabilidad.²⁵ En resumen a mayor energía superficial, mayor capacidad de adhesión.

3.1.3.- Humedecimiento.

Es difícil lograr que dos superficies sólidas se adhieran, independientemente de que sus superficies parezcan lisas, a escala molecular, quizás sean, extremadamente ásperas, en consecuencia, cuando se colocan unidas solo entran en contacto sus puntos más altos, un método para superar esta dificultad es utilizar un líquido que fluya en esas irregularidades y produzca el contacto de la mayor parte de la superficie del sólido. Para producir adhesión el líquido debe fluir fácilmente sobre toda la superficie y adherirse al sólido, esta característica se denomina humedecimiento.^{24,25, 26}

La capacidad de un adhesivo para mojar la superficie del adherente es influida por varios factores, la limpieza de la superficie es uno de esos factores. Una película de agua de apenas una molécula de espesor en la superficie del sólido puede reducir la energía de superficie del adherente e impedir cualquier humedecimiento del adhesivo.^{24, 26}

Vale decir, que un líquido moja o humedece mejor un cuerpo que posee una energía superficial elevada pero, cuando las superficies de energía superficial elevada son contaminadas, se puede transformar en una superficie con pobre energía superficial.²⁷

Los sistemas adhesivos utilizados en la actualidad poseen un componente hidrofílico, el cual permitirá que exista mayor humectabilidad por parte de dichos sistemas, sobre el substrato de dentina.²⁸

Se puede aprender mucho sobre la extensión de los líquidos sobre los sólidos, o la tendencia a humidificar superficies, midiendo el ángulo de contacto entre el líquido y la superficie del sólido, por esta razón a continuación se definirá ángulo de contacto.

3.1.4.- Angulo de Contacto.

El grado en que un adhesivo humedece la superficie de un adherente se determina por la medición del ángulo de contacto entre el adhesivo y el adherente. Dicho ángulo es el que se forma por el adhesivo con el adherente y su interfase. Si las moléculas del adhesivo son atraídas a las moléculas del adherente con igual o mayor intensidad que entre ellas mismas, el liquido adhesivo se difunde completamente sobre la superficie del sólido y no se forma ningún ángulo ($\emptyset = 0$ grados), por lo tanto, las fuerzas de adhesión son más fuertes que las fuerzas cohesivas que mantienen juntas a las moléculas del adhesivo.^{24, 25,26.}

Si hay una pequeña capa de contaminante sobre la superficie, se podría obtener un ángulo de 45 grados, en tanto, que un sólido de baja energía de superficie causaría un ángulo muy grande. El ángulo de contacto es un buen indicador de la capacidad de humectabilidad.^{24, 25}

3.2.- Hibridización.

Nakabayashi² en 1982 fue el primero en describir la hibridización como proceso, en el campo de la Odontología consiste en la creación de una capa híbrida en los tejidos

dentales duros. Capa híbrida: se considera como una capa de esmalte, dentina o cemento infiltrado de resina, formada por la desmineralización tanto de la superficie como del substrato subyacente, seguida por una infiltración de monómeros y subsecuente polimerización de los mismos, en este sentido puede decirse que la capa resultante no es resina y tampoco diente, es un híbrido de ambos, Nakabayashi (1982),² por lo general tiene un espesor entre 1 a 5 micrómetros, Nakabayashi y col. (1982); Van Meerbeek y col (1993a, 1994, 1996),² no se encuentra localizada sobre la superficie, sino creada dentro del substrato. Una característica resaltante de la misma, es que siendo de alta calidad, resiste el ataque ácido.^{2, 8}

La hibridización cambia completamente las propiedades físico-químicas de la superficie del diente y capas subyacentes, y puede ser considerada como una forma de ingeniería de tejido.²

Van Meerbeek y colaboradores (2001)⁸ hacen referencia a tres rasgos específicos de ultramorfología de la capa híbrida, los cuales resultan de este proceso de hibridización. Una apariencia de alfombra lanuda, se observa cuando se pierde la organización de fibras colágenas, lo que forma una malla microrretentiva, para luego dar paso a un entrelazado microrretentivo de

monómero.⁸

La segunda característica típica de la hibridización ha sido denominada como hibridización de la pared del túbulo, y representa la extensión de la capa híbrida dentro del área de la pared del túbulo.⁸

En tercer lugar la hibridización tubular lateral se ha descrito como la formación de una pequeña capa híbrida dentro de las paredes de las ramas laterales del túbulo. Esta microversión de capa híbrida rodea un corazón central de resina, llamado microtapón de resina.⁸

3.2.1.- Formación de la capa híbrida en esmalte y dentina.

Uno de los retos más importantes de la Odontología restauradora, ha sido, el desarrollo de los materiales restauradores adhesivos, los cuales han ido en franco avance, proveyendo una efectiva unión a los tejidos dentales.²⁹

Mientras que la resistencia de unión de las resinas compuestas al esmalte grabado ha alcanzado niveles predecibles altos, Legler y col.(1989); Mizayaki y col. (1998) citados por

Bedran de Casto y col (2000)²⁹; los niveles de resistencia de unión a la dentina, han sido inconsistentes, esto debido a diferentes características de la misma, como por ejemplo, alto contenido orgánico, presencia de fluidos y del proceso odontoblástico dentro del túbulo, además de la capa de desecho; no obstante la capa híbrida ha resultado un importante avance en el logro de dicha unión. Pashley (1989); Pashley (1992) citados por Bedran de Casto y col (2000).²⁹

Por lo expuesto en el párrafo anterior en conjunto con el propósito del trabajo que se desarrolla de conocer más acerca de los sistemas adhesivos dentinarios actuales, se tratarán a continuación factores resaltantes de la interfase resina-dentina o capa híbrida.

Según Nakabayashi y Pashley ² se sabe que las propiedades de la capa híbrida son completamente diferentes a las características que poseen los elementos que la conforman, El estudio de las propiedades de la capa híbrida se dificulta debido a su pequeño espesor (menos de 5 μm), sin embargo el microanálisis de su morfología, puede llevarse a cabo y esto no significa que se conozcan sus propiedades mecánicas, ya que se

desconoce si estas características son por ejemplo las mismas en la mitad que conforma su parte superior a aquellas que conforman su mitad inferior. Uno de los parámetros que se utiliza para conocer un poco más de la capa híbrida es su resistencia de unión traccional final, actualmente la resistencia microtraccional es la más utilizada, así como también la resistencia de unión a la cizalladura, los estudios acerca de microfiltración marginal han aportado datos importantes en cuanto al por qué de las fallas de la unión, entre la resina y la dentina.²

En la actualidad la prueba de resistencia de unión microtraccional ha tomado auge. Esta prueba fué desarrollada sobre la base de que los resultados obtenidos en muchas pruebas, podían estar altamente influenciados por la geometría de los especímenes y las condiciones experimentales. Capel Cardozo y col (2002)³⁰. Dicha prueba fué llevada a cabo por Sano y col (1994) citados por Nakabayashi y col², en ella los autores indicaron que aparentemente la resistencia de unión dependía del área de superficie de unión.

La morfología y el espesor de la capa híbrida han sido estudiadas y evaluadas por muchos investigadores, entre ellos

Van Meerbeck y col. (1992, 1994, 1996); Tay y col. (1994); Pashley y col. (1995) citados por Pratti (1998)³¹. Todos ellos han llegado a conclusiones similares; los autores citados concluyen que el espesor de dicha capa no tiene relación con la resistencia de unión y la capacidad de sellado, sin embargo, pareciera que dicho espesor si está relacionado con la localización y clase de dentina, Yoshiyama y col (1995 y 1996), citados por Prati (1998)³¹. Es de hacer notar que muchos investigadores toman el espesor de la capa híbrida como indicador de la profundidad de la desmineralización Uno y Finger (1996); Van Meerbeck y col (1992), citados por Perdigao, May Wilder y Lopez(2000)³²

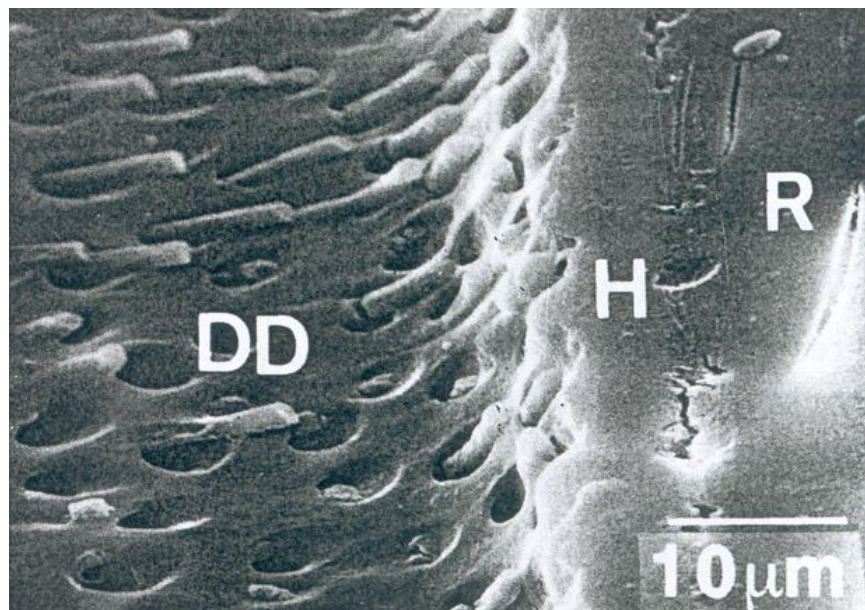


Figura 4. Vista al MEB. Desmineralización con 6 mol/ L HCl por 30 segundos. R= Resina curada, DD= Dentina desmineralizada , H= Capa híbrida. Extraído de Nakabayashi y Takarada (1992).

En el mismo orden de ideas Tanumiharja y col. (2000)³⁵ diseñaron un estudio, cuyo propósito fue evaluar la morfología de la interfase de dentina-resina de siete sistemas adhesivos a dentina, tres sistemas adhesivos de tres pasos (SADMP), tres sistemas adhesivos de una botella (SAD1B) y un (SADAG). Todos los sistemas adhesivos de dentina mostraron formación de capa híbrida, sin embargo, el espesor variaba dependiendo del sistema de unión utilizado. La variación entre los valores de espesor de la capa híbrida fue bastante amplia entre, el valor más alto fue el de 16 μm (para un SAD1B) y el más bajo de 1 μm (para un SADAG).

Este estudio confirmó la presencia de zonas porosas en la base de la capa híbrida, como las reportadas por Perdigao y col. (1995).³² y Phrukanon, Burrow y Tyas (1999).³³

Sobre la base de la relación entre la resistencia de unión y la localización de la dentina, Phrukanon, Burrow y Tyas (1999)³³ propusieron un estudio, para determinar la influencia de la

estructura de la dentina (orientación de los túbulos) sobre la resistencia de unión microtraccional (entre la resina y la dentina), de dos diferentes sistemas adhesivos a dentina; uno de los cuales fue un sistema adhesivo de una botella (SAD1B) y el segundo un sistema de autograbado experimental (SADAG).

Los autores fueron concluyentes en decir que la dirección de los túbulos no afectaba la resistencia de unión. Phrukanon, Burrow y Tyas(1999)³³

Otro estudio realizado en relación a la dirección de los túbulos y la resistencia de unión a dentina de cuatro sistemas adhesivos, fue el de Ogata y col. (2001),³⁴ los cuales utilizaron dos materiales , SADAG y dos materiales SAD1B, ellos mediante una prueba de resistencia microtraccional, llegaron a la conclusión de que la resistencia de unión del grupo donde la interfase de unión era paralela a la dirección de los túbulos, fue más alta que la relacionada en forma perpendicular. A diferencia del estudio de Phrukanon y col (1999)³³ los autores del estudio en cuestión concluyeron que la dirección de los túbulos parece ser una variable importante, ella podría determinar la humedad intrínseca de la superficie de dentina.

De igual manera en estudio realizado por Pereira y col. (1999), tomando en cuenta el grado de humedad de la dentina, se registró la resistencia de unión traccional de un sistema adhesivo de autograbado (SADAG) y un sistema adhesivo de una botella (SAD1B) con o sin presión hidrostática, los autores concluyeron que la humedad intrínseca de la dentina afectaba significativamente la resistencia de unión, mientras que la aplicación de presión hidrostática positiva tenía poca influencia citado por Ogata y col (2001)³⁴

La efectividad de los sistemas adhesivos a dentina ha sido sugerida como la habilidad de infiltrar completamente la trama de fibras colágenas de la dentina desmineralizada, para enredar y encapsular los cristales de hidroxiapatita y colágeno y producir una capa híbrida polimerizada estable en el tiempo, sin embargo, ésta completa infiltración del adhesivo de resina a todo lo largo de la desmineralización no parece ser frecuente, esto puede tener respuesta en las siguientes razones:

- Colapso parcial de la trama de fibras colágenas, debido al uso de ácido fosfórico como agente para desmineralizar, con el subsecuente paso de lavado y secado.

- Pobre desmineralización en algunos casos de uso de materiales que contengan ácidos moderados.

-Agua residual en los túbulos dentinarios, lo que interfiere en los casos en que se utilice materiales que contengan Bis-GMA (elemento hidrofóbico)

-Otros elementos residuales como la acetona, que origina vacíos que más adelante podrían ser causa de la degradación del sellado por la acción de los fluidos bucales.

- Incompleta polimerización de la resina adhesiva.

- Peso molecular de las moléculas de resina, etc.³⁵

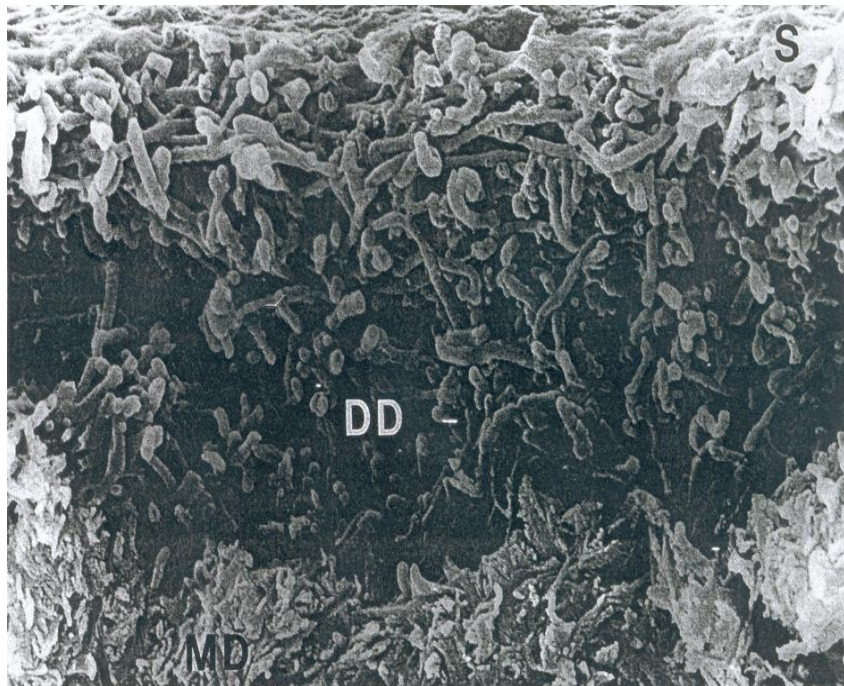


Figura 5. Vista al MEB de zona de Dentina Desmineralizada (DD) la cual muestra superficie colapsada (S) de zona de fibras colágenas. Extraído de Nakabayashi y Paslhey, 1998.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto se puede

concluir que las variaciones en los resultados dependen de las características químicas del sistema adhesivo utilizado y de que se cumpla con los requisitos de manejo clínico del material en si. Tanumijarja y col (2000)³⁵

En los últimos años los sistemas adhesivos de una botella han sido utilizados ampliamente en la unión de la resina a la dentina, como se ha comentado en párrafos anteriores, para su utilización se requiere acondicionar con ácido fosfórico previamente, para luego utilizar un agente de unión que contienen un solvente volátil, el cual es utilizado para la técnica de unión húmeda a dentina. Gwinnett (1992); y Kanca (1992), citado por Nakaoki y col (2002)³⁶

Lo más importante del concepto de esta técnica, es que luego de la desmineralización de la dentina con ácido fosfórico, se necesita mantener cierto grado de humedad, para prevenir el colapso de la trama de fibras colágenas, previo o durante la aplicación del agente de unión, Nakaoki y col. (2002)³⁶

En este orden de ideas Nakaoki y col. (2002)³⁶ investigaron los efectos de diferentes grados de humedad de la dentina, grabando con ácido fosfórico en unión de resina y determinando

la condición de humedad óptima. Para este estudio se utilizó un sistema adhesivo de “una botella” a base de etanol. La experimentación se realizó bajo cuatro condiciones de dentina húmeda y dentina seca.

Nakaoki y col (2002)³⁶ observaron que la más alta resistencia de unión traccional se obtuvo con la condición de secado con papel absorbente, con un valor de 12.6 MPa., observaron además, que el valor inferior fue el de dentina desecada, el cual obtuvo 4.4 MPa.

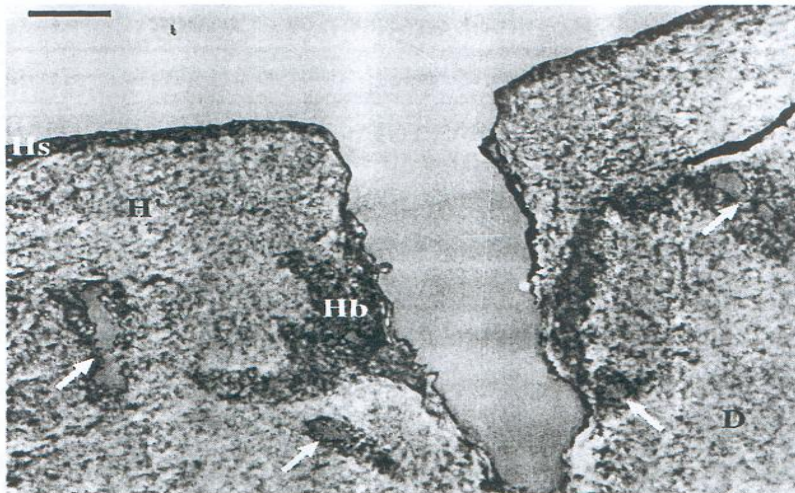


Figura 6. Micrografía electrónica de transmisión, de espécimen que fue sobresecado, previo al mecanismo de unión. Extraído de Nakabayashi y Paslhey, 1998.

En el caso de las muestras secadas con papel absorbente,

luego del grabado y secado, mucha del agua de los espacios interfibrilares permaneció soportando la red de colágeno. Carvalho y col. (1996); Maciel y col. (1996) citados por Nakaoki³⁶ Durante la aplicación del adhesivo el etanol funciona alejando el agua hacia afuera para permitir la penetración del monómero. Nishiyama y col. (1995); Pashley y col. (1998) citados por Nakaoki(2002)³⁶. Todas estas condiciones permiten que el monómero infiltre la dentina desmineralizada, polimerice y produzca una capa híbrida sin el colapso de la red de colágeno o separación de la resina de la dentina.³⁶

En el grupo de los especímenes desecado, se observó la separación entre la resina y la dentina. Pudo observarse, una capa híbrida delgada, y colapso de la superficie de dentina desmineralizada. La contracción significativa de la red de colágeno, luego de la remoción del agua se cree que fue lo que no permitió la adecuada difusión del monómero a través de la dentina desmineralizada.³⁶

Los resultados del estudio antes mencionados son contundentes y claros sin embargo el control de la humedad entre un espécimen y otro parece ser bastante sensible a diferencias.

Como se mencionó anteriormente, otro punto que parece ser de importancia es la capacidad de sellado de los sistemas adhesivos dentales. Por otra parte debemos tener presente el hecho de que uno de los defectos más importantes de las resinas polimerizadas con luz visible es la contracción de polimerización, y las diferencias entre los coeficientes de expansión térmica, entre la estructura del diente y el material restaurador. Estos dos factores le infieren fuerzas significativas a la interfase diente-restauración, lo que resulta en una falla de la unión, y por consiguiente la formación de la brecha. Pilo y col (1999)³⁷

Con el conocimiento de lo anteriormente expuesto , Pilo y col. (1999);³⁷ AA Al-Ehaideb y Mohammed (2001)³⁸; Lucena Martin y col. (2001)³⁹ realizaron estudios comparando sistemas adhesivos de cuarta y quinta generación, en cuanto a sellado y microfiltración marginal se refiere, las diferencias obtenidas vienen dadas en relación al substrato y no a los materiales en si, es decir se comportan de manera diferente si se trata de esmalte o dentina.

De dichos estudios se podría sacar una conclusión, si bien los sistemas adhesivos reducen la microfiltración, podemos decir que no la previenen completamente. ^{37, 38, 39}

3.2.2.-Obstáculos para su logro

Como ya es sabido, la adhesión a esmalte se ha convertido en una técnica de rutina en la odontología restauradora actual. El acondicionamiento del esmalte dental con ácido fosfórico puede cambiar la superficie del diente para transformarla en una superficie más receptiva a la adhesión de las resinas dentales,⁴⁰ sin embargo no podemos decir lo mismo de la “adhesión” a dentina, debido en parte a que sus características biológicas así lo determinan, además de que su fisiología es dinámica, dificultando una adecuada unión a los materiales restauradores.^{35, 41.}

Se puede sintetizar diciendo que los factores que pueden ser un obstáculo para la formación de la capa híbrida en dentina, se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Los relacionados con las características biológicas de la dentina; principalmente su contenido orgánico, su estructura tubular con la presencia del proceso odontoblástico en su interior, su humedad, la cual puede estar relacionada con la ubicación en cuanto a profundidad de la cavidad se refiere.
- La capa de desecho formada inmediatamente luego de una preparación cavitaria.^{35,42.}
- Factores como dentina esclerosada, que a pesar de ser

fisiológica, puede considerarse como una condición especial.^{43,}
44, 45.

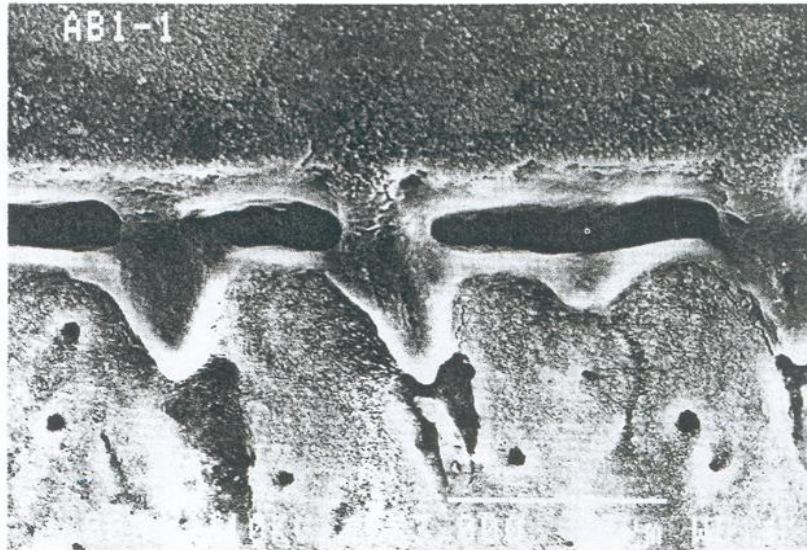


Figura 7. Vista al MEB de especimen afectado por caries en dentina, La figura muestra como los cristales minerales intratubulares han sido envueltos por la Resina. Extraído de Nakabayashi y Pashley (1998).

Se ha demostrado que una alta resistencia de unión a dentina se logra gracias a la combinación de la retención micromecánica que proveen los tapones de resina dentro de los túbulos dentinarios, además de la formación de la capa híbrida sobre la dentina intertubular, Gwinnett (1993) citado por Giannini (2001)⁴⁶.

Según Gómez de Ferraris y Campos Muñoz,¹¹ se conoce que la dentina superficial posee mayor cantidad de dentina intertubular debido, a que en ella existe menor cantidad de

túbulos dentinarios, en contraposición a la dentina profunda, la cual se encuentra ocupada por mayor cantidad de túbulos, lo que contribuiría de forma favorable a la mayor adhesión, gracias a la mayor formación de tapones de resina. Pahlhey (1995) citado por Gianninni(2001)⁴⁶, basándose en este conocimiento, realiza junto con sus colaboradores un modelo matemático de predicción de los valores de resistencia de unión en base a la profundidad de la dentina en la que se trabaja. De acuerdo a esto la dentina profunda debía proveer una resistencia de unión más alta, asumiendo que el mecanismo de unión se logra idealmente, sin embargo en la realidad y debido a las características propias de la dentina, esto no sucede de esta manera, ya que entre otras razones la dentina es un substrato dinámico y posee un alto contenido de materia orgánica (18%), además de 12% de agua, ocasionando resultados opuestos a los esperados.

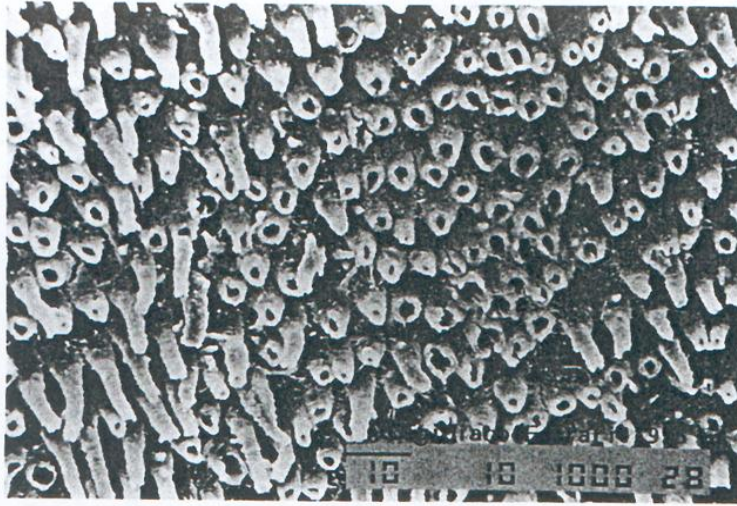


Figura 8. Vista al MEB de tapones de resina. La proximidad entre ellos indica que este material adhesivo fue colocado en dentina profunda. Extraído de Nakabayashi y Paslhey (1998).

Se pueden citar diferentes estudios para apoyar esta aseveración, McCabe, Rusby (1992)⁴⁶ reportó que la dentina profunda producía baja resistencia de unión, utilizando agentes de unión menos hidrofílicos. Pratti y Paslhey (1992)⁴⁶ en su estudio llegaron a la conclusión de que el incremento en la humedad de la dentina profunda ha sido el factor responsable en diluir el monómero de resina, comprometiendo de ésta manera la adhesión. Susuki y Finger (1988),⁴⁶ demostraron en su estudio que la baja resistencia de unión usualmente observada en dentina profunda, estaba más relacionada con la cantidad de dentina sólida en el sitio de la unión que con la humedad

intrínseca de la dentina.

Giannini y col (2001)⁴⁶ en su estudio sobre evaluación de resistencia de unión a dentina en relación a cavidades realizadas a diferente profundidad, correlacionando además los valores de resistencia de unión de dos sistemas adhesivos dentinarios, uno de ellos, un SAD1B y el otro un SADAG, con la densidad de túbulos y el área ocupada por dentina sólida en el área de unión, obtuvieron que el sistema de autograbado mostraba menos diferenciación en cuanto a los tres niveles de profundidad, en relación a la resistencia de unión del material a la dentina. Los autores son de la opinión de que dicho material al utilizar grabado moderado, permite que la capa de desecho permanezca dentro de los túbulos dentinarios reduciendo la permeabilidad y la humedad. Mientras que el sistema adhesivo de una botella al utilizar grabado con ácido fosfórico, actúa de manera opuesta, es decir permitiendo que existan túbulos sin capa de desecho que obliteren su lumen, lo cual permite el flujo de agua y fluidos pulpaes dentro del mismo, por lo tanto, en el caso de los SAD1B, en dentina superficial se consigue mayor resistencia de unión que en dentina profunda.

Da Silveira Pereira y col. (2001)⁴¹ realizaron un estudio para

evaluar la resistencia de unión a la cizalladura de dos sistemas adhesivos aplicados sobre superficie de dentina con distinto grado de humedad. Los sistemas adhesivos uno era de una botella (SAD1B) y el otro de múltiples pasos (SADMC), los valores más bajos de resistencia de unión fueron obtenidos por el sistema adhesivo de múltiples pasos en condiciones de sobre mojado y el valor más alto de resistencia de unión, se obtuvo utilizando el sistema adhesivo de una botella en condiciones de secado con torunda de algodón húmeda.

En los párrafos anteriores se han mencionado algunos estudios donde se observa de que manera influye la dentina en relación a su morfología y dinámica, obstaculizando la formación de la capa híbrida, y se tratará la manera en que la capa de desecho interfiere.

Como se dijo anteriormente, la capa de desecho forma otro punto importante en relación con los inconvenientes de lograr una capa híbrida estable. Tay, Carvalho y col. (2000)⁴⁷ estudiaron el efecto que causaba la presencia o ausencia de capa de desecho sobre el mecanismo de unión realizado a dentina a través de un sistema adhesivo de autograbado. Ellos obtuvieron que dicho sistema producía una capa híbrida delgada

la cual incorporaba la capa de desecho existente y que dicha capa híbrida se producía independientemente del espesor de la capa de desecho.⁴⁷

En la misma línea de la investigación anterior. Tay, Sano y col (2000)⁴⁸ en estudio realizado a sistemas adhesivos de autograbado, relacionando tanto la acidez del mismo como el espesor de la capa de desecho con la unión a dentina intacta, determinaron como uno de sus hallazgos que la verdadera capa híbrida es la porción del complejo hibridizado donde las fibras colágenas permanecen unidas a la dentina subyacente.⁴⁸

Es importante resaltar en estos estudios que la investigación va encaminada a conocer si los sistemas adhesivos de autograbado, los cuales actúan directamente sobre la capa de desecho, son capaces de penetrar a través de ella y manteniendo su acidez ser capaces de desmineralizar la dentina intertubular subyacente. Tay, Sano y col (2000)⁴⁸

El siguiente punto al cual se hará mención es a los efectos de la dentina de raíz cervical esclerosada, es frecuente encontrar este substrato en forma natural, sin embargo hay poca información sobre este particular.

Yoshiyama y col. (1996)⁴³ se trazaron un estudio sobre resistencia de unión microtraccional de 3 generaciones de sistemas adhesivos: dos sistemas adhesivos de componentes múltiples (SADMC), y un sistema adhesivo de autograbado (SADAG), utilizados para restaurar defectos en forma de cuña, en el área cervical de los dientes. Se utilizaron como control, cavidades artificiales confeccionadas en dentina sana, con las mismas características que las naturales. Los resultados demostraron resistencia de unión traccional menor en las muestras de las cavidades naturales, que en las muestras del grupo control. Es de hacer notar que las cavidades del grupo control, no poseían dentina esclerosada.

Reportes clínicos sugieren que restauraciones de resina compuesta unida a dentina vieja o esclerosada, exhiben un gran número de fallas clínicas, Duke y Lindemuth (1991) citado por Prati y col (1999).⁴⁴ Muchos estudios Mixson y col (1995) citado por Prati y col (1999).⁴⁴ sugieren que la dentina esclerosada difiere de la dentina normal debido a la presencia de precipitado mineralizado dentro de los túbulos, un alto contenido mineral y una reducida permeabilidad, Tagami y col (1992). citados por Prati y col (1999).⁴⁴ Otros investigadores han llegado a la conclusión de que la capa de dentina, infiltrada de resina,

observada al microscopio electrónico de barrido, ha sido más delgada en dentina esclerosada en contraposición a la de la dentina normal Inohoshi y col (1993); Tagami y col. (1993); Van Meerbeck y col (1994) citados por Prati y col (1999)⁴⁴.

En su estudio Prati y col. (1999),⁴⁴ evaluaron la morfología de los tapones de resina y la capa de dentina infiltrada de resina, de algunos sistemas de unión, comparándola desde el punto de vista de profundidad, superficial o profunda, de dentina joven, vieja y esclerosada. Se estudiaron dos sistemas adhesivos de múltiples componentes (SADMP) y dos de una botella (SAD1B). Ellos obtuvieron que en dentina superficial el espesor de la capa infiltrada de resina era más delgado que en dentina profunda, para todos los materiales estudiados por otro lado la capa de dentina infiltrada de resina en dentina vieja y esclerosada fue más delgada que en dentina joven, además de tapones de resina cortos.

Como ya se ha considerado anteriormente, la dentina esclerosada es un substrato clínico relevante para la unión, en el cual la dentina ha sido patológicamente afectada, a menudo resulta en obliteración parcial o total de los túbulos dentinarios. Harniratisai y col (1993); Van Meerbeck y col. (1994).⁴³

Otro estudio en relación a dentina esclerosada se llevó a cabo por Tay y col. (2000)⁴⁵ los investigadores estudiaron las características de la estructura microscópica de la zona de unión de la resina con la dentina esclerosada, luego de utilizar un sistema adhesivo de autograbado. Ellos obtuvieron la mayor resistencia de unión microtraccional, en márgenes gingivales, en cavidades realizadas artificialmente ⁴⁵

Los resultados eran previsibles en cuanto a la cavidades naturales, (menor resistencia de unión que en cavidades simuladas artificialmente), debido a que como ya sabemos, en dentina esclerosada, la obliteración de los túbulos con cilindros minerales, los cuales consisten sobretodo en cristales de witloquita romboidales, ha sido muy bien documentado a nivel, ultraestructural. Daculsy y col. (1987); Kawakami y otros (1996) citados por Tay y col. (2000)⁴⁵ Dichos cristales son resistentes a la desmineralización del ácido, resultando, en mínima formación de tapones. Por otra parte, la habilidad de los agentes de autograbado para formar una capa híbrida, dentro de la dentina esclerosada subyacente, depende del espesor de la capa hipermineralizada. Bajo estas condiciones, los agentes de autograbado, forman una delgada capa híbrida hipermineralizada.⁴⁵

3.2.3.- Mecanismo de acción de la hibridización (químicos, físicos y mecánicos) a favor de la adhesión.

El mecanismo básico de unión a esmalte y dentina, es esencialmente un proceso de intercambio que envuelve el reemplazo de minerales removidos de los tejidos duros del diente por el monómero de resina, además, se convierte en un entrelazado de retención micromecánica en las porosidades creadas, es por esto, que se puede decir que el proceso de hibridización es en sí mismo una mezcla de factores, tanto químicos (representado básicamente por la desmineralización), físicos (representados principalmente por los elementos encargados de la difusión del monómero, es decir los solventes) y mecánicos (representados estos factores por la traba mecánica en sí de los líquidos polimerizados).^{8,49.}

Como primer punto se debe referir que al llevar a cabo el proceso de grabado, el cual se ha mencionado anteriormente, a través de distintos ácidos como por ejemplo el ácido poliacrílico con grupos de metacrilato o monómeros ácidos, así como ácido maléico, fosfórico, etc.,^{8,20} se está llevando a cabo un procedimiento químico de desmineralización, el cual produce en el esmalte una superficie irregular, que además duplica sus valores de energía superficial²² y en dentina también se observa

una desmineralización, pero de diferente manera, ya que se limita a la pared de los túbulos dentinarios, este paso prepara la superficie dental para la recepción de los materiales , que en definitiva formarán la capa híbrida.

En segundo término, es de vital importancia hacer referencia a los distintos solventes que forman parte de los sistemas adhesivos, ya que ellos son un punto clave para la efectividad de dichos sistemas. Los solventes se corresponden con el vehículo que requieren los monómeros hidrofílicos para poder infiltrar la dentina húmeda, acondicionada previa o simultáneamente, ellos favorecen la humectación y mejoran la penetración del agente imprimante. Los sistemas adhesivos existentes pueden poseer solventes orgánicos como acetona o alcohol, también pueden poseer agua o la combinación de acetona-agua o alcohol-agua.⁴²

Luego de que la matriz de colágeno es infiltrada por el agente imprimante, el solvente debe ser eliminado por evaporación. En base a lo anterior, es muy importante luego de realizar la selección de un sistema adhesivo, utilizarlo de la manera más apropiada; la acetona es un agente químico secante, por lo tanto no puede ser utilizado sobre dentina seca, ya que no tiene la capacidad de rehidratar una superficie de dentina seca, mientras

que para utilizar sistemas adhesivos que contengan agua como solvente, el substrato no podría estar húmedo ya que se estaría sobrehidratando la dentina.⁴⁹

En secuencia lógica, el tercer punto a mencionar sería la fotopolimerización del adhesivo, dentro de las microgrietas producidas por los agentes desmineralizantes, logrando la traba mecánica, esta estaría favorecida directamente por el ácido que se utilizó, debido a que este actuaría mas o menos agresivamente a la hora de producir las irregularidades necesarias , para en definitiva lograr la capa híbrida.⁴⁹

3.2.4.-Significado clínico de la hibridización para la longevidad de las restauraciones adhesivas.

Se ha mencionado anteriormente la importancia que tiene una capa híbrida estable, para lograr que la restauración perdure en el tiempo, a continuación se enfocara la atención en estudios que demuestran en que grado y de que manera este proceso puede verse alterado.

3.2.4.1.- Resistencia de unión adhesiva.

En general existen diversos mecanismos o métodos para evaluar la resistencia de unión adhesiva, que no es otra cosa

que la capacidad de los materiales adhesivos de mantenerse unidos a la estructura del diente. En esta revisión bibliográfica se tomaran en cuenta algunos estudios referidos a la resistencia de unión traccional, microtraccional y a la cizalladura, de los distintos sistemas, para conocer, cual es su comportamiento frente a dichas cargas.

Como ya se ha comentado, durante la polimerización, los compuestos de resina muestran una contracción, las tensiones producidas por esta contracción compiten con la unión de la resina a la dentina, de una manera tal, que pueden ocasionar el fracaso de dicha unión, esto depende de la configuración de la cavidad (factor C), su profundidad, la técnica restauradora y el material utilizado⁵⁰. Algunos investigadores como Yoshikawua y col. (1998)⁵⁰ y Nikaido y col. (2002)⁵¹ realizaron estudios para determinar de que manera influía la configuración de la cavidad (cavidades clase I) en la resistencia de unión de diferentes sistemas adhesivos dentinarios, para evaluar este factor ambos grupos de investigadores utilizaron la prueba de resistencia microtraccional, un tercer grupo de investigadores se propusieron similar objetivo, sin embargo se valieron de la prueba de resistencia a la cizalladura, para tal fin, Wakefield y col. (1998).⁵²

Yoshikawua y col. (1999)⁵⁰ utilizaron en su estudio tres tipos diferentes de sistemas adhesivos de unión a dentina ellos fueron: Un sistema adhesivo dentinario de autograbado (SADAG), un sistema adhesivo dentinario de una botella (SAD1B) y un sistema adhesivo de múltiples pasos (SADMP), los autores crearon tres tipos diferentes de especímenes, variando de esta manera el factor C; un espécimen plano, sin paredes que se opusieran, en dentina superficial, el segundo tipo de espécimen, preparación más profunda, con menos espesor de dentina remanente, con paredes opuestas que ejercen tensión en varios sentidos, a la hora de la polimerización y la última preparación, también profunda, pero plana.⁵⁰

El rango de resistencia de unión microtraccional estuvo entre 48,1 MPa. para el SAD1B en condición de dentina superficial plana y el menor valor fue de 13,7 MPa para el SADMP, en condición de cavidad de piso profundo. Se observó para los tres sistemas de adhesivos, el menor valor para cavidad de piso profundo, de lo anterior se puede inferir que la mayor cantidad de túbulos y agua presente en dentina, sumado a las tensiones producidas a la hora de la polimerización de paredes opuestas, influye en la resistencia de unión a la microtracción.⁵⁰

De la misma manera Nikaido y col. (2002)⁵¹ utilizaron la misma prueba de microtracción para su evaluación de la resistencia de unión de dos sistemas de unión a dentina, en cavidades clase I, con un factor añadido de ciclos de carga de fatiga por termociclado. Para este estudio, los investigadores utilizaron un SADAG y un SAD1B.

El resultado de mayor resistencia se obtuvo con el SADAG y fue de 30,5 MPa, en el grupo control y 23,2 MPa. en el grupo donde se ejercieron cargas de fatiga y termociclado paralelo, en cambio el SAD1B obtuvo una resistencia de unión de 5,1 MPa. para el grupo control y de 4,7 MPa. para el grupo de especímenes termociclados y bajo cargas de fatiga, al parecer dichos resultados parecen estar asociados con el factor de configuración de la cavidad, la profundidad de la cavidad, entre otros y específicamente en el caso del SAD1B a un fenómeno de sobre humectación, por parte de la interfase.⁵¹

A pesar de que muchas veces se investiga sobre los mismos tópicos, pueden variar las pruebas que se utilizan. Además de la prueba de microtracción, se utiliza con bastante frecuencia la prueba de resistencia de unión a la cizalladura. Se puede decir que las pruebas de resistencia a la cizalladura son realizadas

por la aplicación de una fuerza perpendicular al eje largo de un cilindro de resina compuesta, el cual ha sido unido a una estructura plana del diente.

De acuerdo a un análisis de elemento finito, Dhert y col. (1992) citado por Wakefield y col (1998)⁵² esta prueba (Push out) y las dimensiones del espécimen, podrían producir una tensión de cizalladura esencialmente uniforme, en la interfase dentina-resina compuesta, cuando la fuerza es aplicada uniformemente a la cara del espécimen de resina compuesta. El desarrollo de una tensión de cizalladura uniforme, sin la presencia del componente traccional, es un importante avance en la prueba de metodología de Push-out.⁵²

Wakefiel y col. (1998)⁵² en su investigación, realizaron la prueba metodológica de Push-out, a seis sistemas de adhesivos dentinarios diferentes, para comparar, la forma de comportamiento, resistencia de unión a la cizalladura de dichos sistemas, los sistemas estudiados fueron : tres SADM C y tres SAD1B. Ellos compararon los resultados de resistencia de unión a la cizalladura, en base a la diferencia de profundidad de la cavidad y también tomaron en cuenta, el factor tiempo.⁵²

Entre los resultados que se observaron el valor más alto fue obtenido por un SADMIC, a los seis meses, en dentina superficial y fue de 49,2 MPa.⁵² y el más bajo el obtenido por un SAD1B, en dentina profunda a los seis meses.

Entre los sistemas adhesivos de una botella, el valor de resistencia de unión de cizalla más alto fue de 23,9 MPa. (24 horas) en dentina superficial y 19,9 MPa (a los seis meses) y en dentina profunda 15,9 MPa. (24 horas) y 13,1 MPa. (a los seis meses), se puede notar, que los valores tienden a bajar, con respecto al tiempo, al almacenaje en agua y la profundidad.⁵²

Los investigadores dirigen sus estudios hacia los factores que de diferente manera influyen sobre el desempeño de los sistemas adhesivos actuales. Otro de los factores a los que se le ha prestado atención, además de la profundidad en dentina es al de tratar de reproducir en la experimentación una condición natural del diente, la cual es la presión de la pulpa, así como también se le ha prestado atención a observar de que manera influye la disolución y remoción de la capa orgánica de colágeno en el comportamiento de los sistemas adhesivos a dentina.

Las pruebas de resistencia de unión son una manera común

de evaluar los agentes de unión a dentina, sin embargo para experimentos in vitro, algunos autores consideran, que la perfusión del diente con una solución que sea similar al líquido dentinal, sería una simulación más aproximada del diente en condiciones vitales.⁵³

Debido a que el líquido dentinal es una solución proteínica, el suero de los animales puede ser utilizado como un sustituto mejorado, para la perfusión de las muestras dentinales a través de la cámara pulpar.⁵³

Considerando lo anteriormente expuesto Lucena-Martín y col. (1999)⁵⁴ realizaron estudio para evaluar la resistencia de unión adhesiva a la cizalladura de 5 sistemas adhesivos de una botella (SAD1B) bajo condiciones de presión pulpar simulada.

Las muestras fueron preparadas de acuerdo al protocolo de "unión" desarrollado en el Departamento de Patología y Terapéutica Dental de la Facultad de Odontología, Universidad de Granada, el método empleado utiliza superficie de dentina de 1 mm por arriba de la cámara pulpar, para reducir la variación histológica regional, en la estructura de la dentina.⁵⁴

Se observó que a medida que aumentó el tiempo de almacenaje, hubo una disminución significativa de la fuerza de unión de todos los sistemas adhesivos evaluados en este estudio.⁵⁴ Llama la atención que el solvente de ambos sistemas con los que se obtuvieron los mejores resultados fue el etanol, además de que luego del almacenaje en agua por una semana de las muestras de dichos materiales, estos fueron los únicos en mostrar fallas cohesivas.

Como se ha referido anteriormente, la dentina tiene características diferentes, en cuanto a la cantidad de túbulos, una vez más influyen de manera importante estas características sobre los resultados. Los autores enfocan dos puntos: uno de ellos la poca dentina intertubular disponible para la unión, además del aumento de permeabilidad a ese nivel⁵⁴

Belli y col, (2001),⁵³ al igual que Lucena-Martín y col (1999),⁵⁴ también pensaron que era importante considerar, el efecto que ejercía la presión de la pulpa en la resistencia de unión de los sistemas adhesivos, luego de un día de almacenaje en agua. Las condiciones de la experimentación, fueron similares, al estudio de Lucena-Martín y col (1999),⁵⁴ los sistemas sometidos a evaluación fueron: Dos sistemas adhesivos de autograbado

(SADAG) dos sistemas adhesivos de una botella (SAD1B), Fuji Bond LC (con relleno), y un sistema adhesivo de grabado total. El rango de resistencia de unión se encontró entre 46,3 MPa. para un material de autograbado y 19,8 MPa. para un sistema adhesivo de una botella ⁵³

Todos los sistemas alcanzaron valores más elevados en superficies oclusales. Debemos tener en cuenta que en la superficie bucal, existe menor espesor de dentina, razón por la cual, las características de la dentina en superficies más profundas, dificultan mayormente la unión en términos generales. ⁵³

Quizás para tratar de cerrar un círculo, es que los investigadores han tratado de buscar en que parte del procedimiento no se logra la adhesión, en que parte de la estructura del diente y por medio de cual de los procedimientos es que no se consigue la unión más apropiada y más duradera. Se podría pensar que un componente tan importante de la dentina, como la capa colágena pudiera ser la responsable de no lograr en definitiva el éxito en cuanto a la adhesión a dentina de los diferentes sistemas adhesivos actuales.

Por lo anteriormente expuesto, se ha sugerido que los sistemas adhesivos a dentina no difunden completamente a través de la zona colágena, dejando la región de los túbulos parcialmente rellena, Sano y Hosoda (1994) citado por Bedran de Castro y col (2000)²⁹. Se ha observado que la pobre infiltración de resina adhesiva dentro del área rica en colágeno de la dentina desmineralizada, deja grietas en la capa híbrida que luego de exposición por largos períodos al agua, las hace vulnerables a la degradación. Sano y col. (1994); Titley y col. (1994) y Van Meerbeek y col. (1993) citado por Bedran de Castro (2000)²⁹.

El tratamiento del tejido dental con hipoclorito de sodio para remover las fibras de colágeno y la influencia de la zona rica en colágeno, desmineralizada (desproteínizada) sobre la resistencia de unión, ha sido estudiada por Gwinnet y col. (1996); Inei y col. (1998) y Prati y col. (1990) citados por Bedran de Castro y col (2000)²⁹

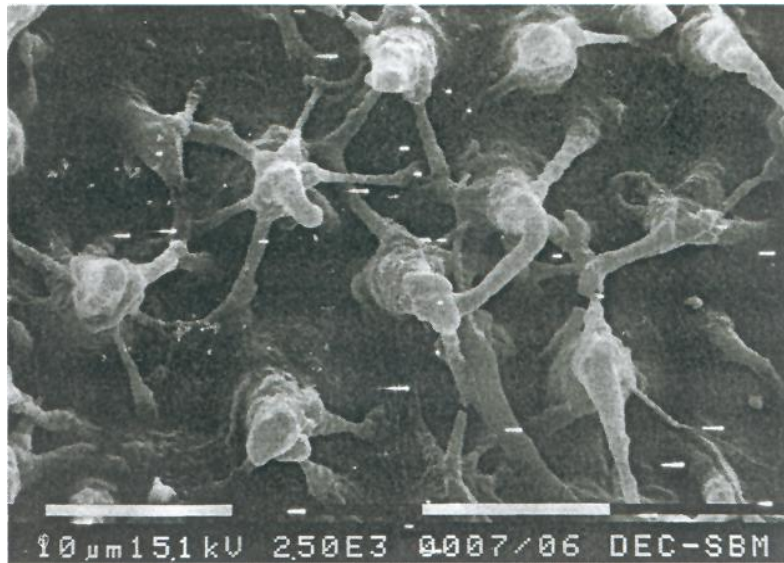


Figura 9. Imagen al MEB del sistema adhesivo ScotchBond MP seguido de desmineralización y desproteinización de toda la dentina. Extraído de Nakabayashi y Pashley (1998)

Saboia y col. (2000)⁵⁵ y Bedran de Castro y col. (2000)²⁹ basándose en estas investigaciones previas, quisieron evaluar el efecto de la remoción del colágeno, sobre la resistencia de unión a la cizalladura de varios sistemas de unión a dentina, de una botella.

Los valores de resistencia de unión a la cizalladura más altos, se produjeron usando los sistemas adhesivos de una botella y de base de acetona, con el tratamiento de hipoclorito de sodio luego del acondicionamiento con ácido fosfórico, el valor más bajo fue logrado con sistemas adhesivos de una botella de

base de etanol/agua, cuando era colocado luego del tratamiento con hipoclorito de Sodio. La diferencia del vehículo es muy importante ya que ellos difunden de manera diferente.

Se pudo observar que cuando el colágeno permanecía intacto, los resultados fueron similares, en cambio en ausencia del colágeno, los sistemas adhesivos de base de acetona mejoran el contacto con la superficie irregular de la dentina, por su rápida difusión, logrando una interfase de unión más homogénea; en cambio, a esta misma superficie irregular se le aplica un adhesivo de base etanol/agua, el cual no difunde rápidamente, no logrando que él monómero impregne como es debido las rugosidades, de esta manera al no ser homogénea la interfase, se crean porosidades nanométricas, dejando la interfase con espacios, lo cual da como resultado valores bajos de resistencia de unión a la cizalladura.⁵⁵

3.2.4.2.- Microfiltración Marginal.

Se ha observado como el rápido desarrollo tecnológico, ha impactado en la odontología restauradora, de manera especial en los logros obtenidos al mejorar las resinas compuestas y los ionómeros de vidrio y en general en los tratamientos con técnicas adhesivas.^{8,56.}

A pesar de que se conocen las incuestionables ventajas de las resinas compuestas, en cuanto a dureza, desgaste, etc., se sabe también, que poseen una desventaja importante, como es la contracción resultante de la polimerización, la cual genera tensión en la interfase diente-adhesivo-restauración, siendo considerada esta contracción como la mayor antagonista de una adhesión perdurable.⁵⁶ A pesar de que anteriormente se ha mencionado, se debe nombrar nuevamente en este punto, ya que dicha contracción puede ser el origen de una brecha que daría como resultado la microfiltración marginal y por consiguiente la falla de la restauración.

Se revisarán ahora, algunos estudios tanto de microfiltración marginal como de nanofiltración, aspectos importantes, para asegurar la longevidad del tratamiento restaurador.

Se dispone de diversos métodos para la evaluación de la calidad marginal de los materiales restauradores sobre los tejidos dentales, entre ellos se encuentran la evaluación mediante microscopio electrónico de barrido, la espectroscopia de energía dispersa, también se utiliza con bastante frecuencia, los métodos semicuantitativos con penetración de contraste, métodos cuantitativos con isótopos y métodos autorradiográficos.

Debido a los distintos métodos que existen, los resultados difieren, según el método a utilizar, es por ello, que se dificulta en muchos casos, establecer comparaciones directas entre estudios diferentes.⁵⁷

En el momento en el que se menciona la contracción de polimerización debe tomarse en cuenta la relación que puede existir con el concepto de unión elástica, donde una resina adhesiva, sin relleno o semi-relleno, con suficiente espesor y relativa elasticidad, puede absorber en parte, la tensión generada por la contracción de polimerización del material de resina compuesta, a través de la elongación elástica, protegiendo a la interfase de la separación, además de reducir la filtración interfacial.⁵⁶

Choi, Condon y Ferracane (2000),⁵⁸ evaluaron y midieron los cambios en la tensión de contracción de polimerización de la resina compuesta unida a la estructura del diente, a través de un sistema adhesivo de componentes múltiples, mientras el espesor de película utilizado de dicho adhesivo era modificado; este dato se correlaciona entonces con la filtración marginal de cavidades clase V. La microfiltración fue evaluada a través de la medición de la penetración del nitrato de plata.

Los resultados obtenidos fueron que la tensión de contracción decrece significativamente a medida que el espesor del adhesivo fue incrementado, en cuanto a evaluación de microfiltración, obtuvieron que en la mayoría de las muestras la penetración de tinte era menor, si se colocaban dos capas, en lugar de una y que comparando los márgenes incisal y gingival, se observó mayor penetración de nitrato de plata en los márgenes gingivales, situación que se modificaba en el momento en que se colocaba la segunda capa del sistema adhesivo. Se ha sugerido que la reducción de tensión producida por los agentes de unión dentina-resina, se puede atribuir al bajo módulo de elasticidad tanto de la capa de resina así como de la capa híbrida, Kemp-Scholte y Davidson, (1990); Van Meerbeek (1993) citados por Choi y col (2000) ⁵⁸, de esta manera al aumentar el número de capas tiende a disminuir la tensión (contracción) y por consiguiente la microfiltración.

Se puede decir que el espesor del adhesivo se estudia como un factor que puede determinar la mayor o menor filtración, en los especímenes, los estudios que se mencionan a continuación tienen que ver sobretodo no con la causa de la microfiltración, sino con el estudio de como poner en evidencia dicha microfiltración.

Zivkovich, (2001),⁵⁷ realizó estudio con el fin de evaluar la calidad del sellado marginal entre la restauración de resina y la dentina, utilizando diferentes adhesivos dentinarios. de componentes múltiples (SADMC) Para dicho estudio el se baso en el método de penetración de contraste, el cual resulta bastante sencillo de aplicar.

En términos generales el experimento arrojó que todos los sistemas estudiados mostraron buena adaptación marginal pero que sin embargo no hubo diferencias significativas entre ellos y además ninguno de ellos elimina completamente la microfiltración, sobretodo en cavidades dentinarias.⁵⁷

En su estudio Zivkovich, (2001),⁵⁷ reseña una desventaja del método de nitrato de plata, el cual fue el seleccionado en el estudio previo, y es el tamaño de sus partículas (0,059 mm.), de hecho, su tamaño es menor que el de las moléculas de las endotoxinas y de las bacterias que penetran a través de la microgrieta o microfisura por tanto los iones de plata pueden llegar a producir una mala interpretación en los estudios de microfiltración.

También Manhart y col. (2001)⁵⁹ realizaron estudio similar,

donde quisieron determinar la calidad del margen y la microfiltración que podía existir a través de la interfase resina-adhesivo-diente, en cavidades clase V, los investigadores a diferencia del grupo de Zivkovich utilizaron azul de metileno como método de tinción. Se estudiaron sistemas adhesivos de una botella (SAD1B)

Esta investigación arrojó datos satisfactorios en cuanto al sellado marginal para todos los materiales utilizados, sin embargo ninguno de los materiales en cuestión garantiza un perfecto sellado tanto en dentina como en esmalte.

Diversos estudios han cuestionado el rol de la capa rica en colágeno producida luego del grabado ácido de la dentina (Gwinnet 1994, Wakawayashi y col 1994, Saboia, Rodríguez y Pimenta (2000)⁵⁵. Otros autores como Uno y Finguer (1995) citados por Saboia, Pimenta y Col (2002)⁶⁰ son de la opinión que la disolución del colágeno por desproteización, previo a los procedimientos de unión adhesiva producen excelentes resultados en la unión, en base a estas aseveraciones, Saboia y col (2002)⁶⁰, utilizaron el método de tinción utilizado por Manhart y col (2001)⁵⁹ para evidenciar la filtración que se podía producir, luego de la remoción del colágeno. Dicho estudio se aplicó,

utilizando dos sistemas adhesivos de una botella , uno de ellos basado en acetona y el otro en etanol/agua.

Los investigadores obtuvieron como resultado que, el tratamiento previo de la dentina, con NaClO (desproteización) actuaba de diferente manera sobre ambos sistemas adhesivos. Cuando se utilizaba el sistema basado en acetona, se reducía significativamente la microfiltración, mientras que, utilizado previo a los sistemas etanol/agua, no se observaba ningún cambio significativo. En los casos donde a las muestras, se les dejó intacta la capa colágena, todos los especímenes mostraron algún grado de microfiltración, y 55% mostraron severa microfiltración.⁶⁰

Se conoce que luego de la desproteización, la dentina se transforma en una estructura porosa con múltiples irregularidades que permiten una retención mecánica buena Vargas y col (1997)citado por Saboia y col(2002)⁶⁰. Este substrato resulta en una interfase estable debido a su esencia mineral(alto contenido de cristales de hidroxiapatita) Toledano y otros (1999) citado por Saboia (2002).⁶⁰ En el caso de los sistemas basados en acetona, el resultado puede deberse a la alta difusividad de la misma lo que mejora el contacto del

monómero con la estructura de dentina intertubular irregular expuesta con el tratamiento con NaOCl, resultando en una interfase homogénea sin burbujas, a diferencia de los sistemas en base a etanol/agua, los cuales difunden lentamente, sin lograr cubrir completamente el substrato tratado originando burbujas y como consecuencia porosidades nanométricas .

Ha sido reportado un tipo especial de filtración que ocurre entre la capa híbrida y la interfase dentina-resina compuesta, extendiéndose unos pocos nanómetros y evitando la polimerización de la resina. Para distinguir este tipo de filtración de la microfiltración típica, la cual es asociada con la formación de brechas, Sano y col (1994) citado por Pioch y col (2002)⁶¹ , introdujeron el término “nanofiltración”. Los canales de penetración de la nanofiltración, consisten en porosidades de menos de 50 nanómetros de tamaño, dichas porosidades son localizadas entre la capa de dentina no afectada y la trama fibrosa rica en colágeno, infiltrada de resina. Algunos estudios han reportado que dichos espacios, aumentan de tamaño con el tiempo (Sano y col. 1999), otros estudios han revelado también, que el sobregrabado de la dentina incrementa la extensión de la nanofiltración.⁶¹

Bajo estos conceptos el estudio realizado por Paul y col. (1999),⁶² tuvo como objetivo, examinar el efecto de varios tiempos de grabado en la resistencia de unión de un sistema adhesivo de una botella, SAD1B (de base de etanol) usando un gel de ácido fosfórico al 35% y la asociación que existía entre el paso de iones de plata dentro de los espacios microscópicos de la capa híbrida.

Ellos utilizaron tres tiempos de grabados diferentes, y dos condiciones de humedad distintas: dentina húmeda y dentina seca, y un grupo control, para ser sometidos a una prueba de microtracción, y luego someterlos al método de tinción por medio de una solución de nitrato de plata. Luego de esto, las muestras fueron observadas al microscopio electrónico de barrido y la nanofiltración de los iones de plata fue medida a través de un espectrómetro de masa.⁶²

Se obtuvieron los valores más altos de resistencia de unión microtraccional bajo las condiciones de dentina seca y 60 segundos de exposición al ácido, con un valor numérico de 44,87 MPa, en relación a la presencia de iones de plata se observó que la muestra grabada por 60 segundos presentó un incremento considerable en el contenido de plata. Llama la atención el dato

de mayor resistencia de unión, con 60 segundos de grabado, en contraste con el resultado de iones de plata.⁶² Este resultado puede deberse a que siendo el sistema de base de etanol/agua, con la dentina seca el rehidrata la malla de colágeno con lo que existe una mayor humectación e infiltración por parte del monómero, sin embargo al exponerlo a mayor tiempo de grabado ácido la desmineralización debe ser mas profunda y por lo tanto mas fácil que pueda existir burbujas o espacios los cuales no han podido ser rellenados con el monómero.

Pioch y col. (2002),⁶¹ en su estudio investigaron el grado de filtración en cavidades clase V, restauradas con tres sistemas de unión a dentina, bajo el concepto de unión seca y húmeda. Los sistemas fueron utilizados como indicaban los fabricantes, excepto para la condición de unión seca, utilizando también su correspondiente resina.

Los resultados fueron los que los investigadores esperaban. Se demostró diferencias estadísticas entre los materiales probados, el efecto del secado tuvo una influencia marcada tanto como para los materiales basados en acetona, así como los basados en etanol. Los materiales basados en agua, no se vieron afectados, los autores del estudio llegaron a la conclusión

de que el secado de la dentina puede afectar, influyendo sobre la nanofiltración, dependiendo de los componentes de dichos sistemas adhesivos.⁶¹

Li, Burrow y Tyas (2000),⁶³ realizaron estudios para evaluar el grado de nanofiltración en las restauraciones realizadas en el tercio cervical, utilizando para restaurarlas sistemas adhesivos de unión a dentina. Para tal propósito utilizaron tres sistemas adhesivos de una botella y un sistema adhesivo de componentes múltiples. Fueron preparadas para ser observadas bajo microscopio electrónico de barrido, el grado de penetración de la plata a través de las paredes, fue observado y calculado como un porcentaje de la longitud total de las paredes.

Los investigadores pudieron observar que el sistema adhesivo de varios pasos mostró el menor grado de filtración y la menor deposición de partículas de plata en la capa híbrida, mientras, que uno de los SAD1B mostró el rango de filtración mayor, así como la mayor deposición de partículas de plata. Estos resultados demuestran que los sistemas de unión a dentina utilizados en este estudio no logran un perfecto sellado de la interfase dentina-restauración (esto puede influir en la longevidad de la unión a dentina).⁶³

La longevidad de la unión entre el sistema adhesivo y la dentina es de mucha importancia para el mantenimiento de las restauraciones estéticas en boca. Muchos estudios han evaluado dicha longevidad, de la unión a dentina in vitro. Kiyomura (1987); Burrow, Tagami y Hosoda (1993) citado por Li, Burrow y Tyas (2000),⁶³. Dichos estudios han reportado que la resistencia de unión a dentina decrece en el tiempo, con relación al almacenamiento en agua, esto podría ocurrir por la hidrólisis de la resina adhesiva o por la hidrólisis de las fibras colágenas Sano y col (1995) citado por Li, Burrow y Tyas (2001)⁶⁴

Recientemente Okuda y col. (2001)⁶⁵ evaluaron la durabilidad a largo plazo de la unión a dentina de dos sistemas adhesivos de grabado total de una botella, ellos reportaron que la resistencia de unión microtraccional de dicho sistema decreció dramáticamente luego de un relativo almacenaje en agua por poco tiempo (3 meses). Ellos compararon a largo plazo la durabilidad de la unión a dentina, poniendo en evidencia la nanofiltración por el registro en los especímenes de iones de plata. Sin embargo, este estudio falló en demostrar la relación existente entre nanofiltración y resistencia de unión, luego de almacenaje en agua por 9 meses.⁶⁵

De la misma manera Okuda y col. (2002),⁶⁶ bajo condiciones similares, realizaron estudios a dos sistemas adhesivos autoacondicionantes, para verificar su hipótesis, de que existía relación directa entre la durabilidad de la unión a dentina y la nanofiltración. Los resultados fueron similares a los obtenidos en el trabajo previo; la resistencia de unión para ambos sistemas, decreció gradualmente sobre el tiempo, y la penetración de los iones de plata en ambos sistemas sufrió un incremento gradual en base al tiempo. Los autores especulan que la degradación hidrolítica en la capa híbrida se incrementa gradualmente debido a la penetración a través de los canales de nanofiltración, resultando en resistencia de unión baja y falla interfacial poco después de los 9 meses.⁶⁶

Con el rápido desarrollo de los agentes de unión a dentina, se requiere continua evaluación de los resultados obtenidos.

Sano y col. (1995) citados por Li, Burrow y TYas (2001)⁶⁴ encontraron que la nanofiltración ocurría en la capa híbrida debido a la penetración incompleta de la resina adhesiva dentro de la dentina desmineralizada, dejando porosidades dentro de la capa híbrida y fibras colágenas expuestas, los autores creen posible que la fibras colágenas expuestas son susceptibles a

degradación hidrolítica sobre el tiempo, esto permite la ruptura de la unión y compromete su durabilidad .

Según Van Meerbeeck y col. (1994) citados por Kubo y col⁶⁷ los cambios que sufren los sistemas adhesivos en cuanto a propiedades mecánicas y otras características han mejorado la longevidad de las restauraciones basadas en resina compuesta, el desarrollo de los sistemas adhesivos es a menudo demasiado rápido para evaluar el comportamiento clínico de los nuevos productos.

3.2.4.3.- Biocompatibilidad

En los últimos años ha habido un incremento en el uso de polímeros y resinas compuestas para el uso dental, sin embargo a pesar del progreso logrado a través del uso de estos nuevos materiales, existen controversias sobre cual sería la manera ideal de manejo de dichos materiales. Los investigadores opinan que tanto las resinas compuestas así como los agentes acondicionadores de unión, son químicamente, compuestos activos que podrían causar efectos nocivos sobre la pulpa (Horsted y col 1986, Quist y col 1989, Leaton, 1990, Stanley 1992) citados por Ivanyyi y col (2000)⁶⁸

Paralelo al inconveniente de los compuestos químicos, la variable de la microfiltración bacteriana, puede confundir creando dificultad en la evaluación histopatológica de la pulpa (Quist, 1993) citado por Ivanyyi y col (2000).⁶⁸ Como se ha mencionado anteriormente la contracción de polimerización puede dar lugar a grietas marginales lo que a su vez puede dar origen a microfiltración, lo que en consecuencia podría producir caries recurrente e hipersensibilidad de los dientes restaurados y desarrollo de patologías pulpares (Alani y Toh, 1997) citado por Saboia, Pimenta y Ambrosano(2002) ⁶⁰

Kitasaco y col. (1998),⁶⁹ estudiaron la respuesta de pulpa expuesta de mono, a la utilización de cuatro sistemas adhesivos de unión, los cuales fueron usados como agentes de recubrimiento directo, en un grupo se llevó a cabo la experimentación con Dycal = hidróxido de calcio que se ha utilizado en otros estudios como terapia en las exposiciones pulpares, colocada directamente sobre ella, debido a que estimula la formación de puentes de dentina reparadora ,Stanley y Lundy, (1972)⁷⁰.

Los investigadores reportaron, no haber observado, necrosis ni absceso en ninguno de los especímenes, sin embargo se

observó en todas las muestras ligera infiltración celular. En cuanto a la formación de puentes de tejido nuevo formado, a los 60 días, ninguno de los materiales mostró diferencias significativas, solamente uno de los materiales mostró baja incidencia de formación de puentes de dentina y se atribuyó este hecho a la prolongada exposición al material además de gran cantidad de monómero residual sobre la pulpa.⁶⁹

En la medida, en que ha habido un incremento en el uso de resinas compuestas y polímeros, en el campo de la Odontología, se han suscitado numerosas investigaciones para delimitar cuales factores o componentes y en que medida, pueden llegar a ser, irritantes pulpares importantes.⁶⁹

Bajo esta perspectiva, Ivanyi y col. (2000),⁶⁸ investigaron a través de un estudio en vivo, los efectos de los componentes de un sistema adhesivo de unión a resinas compuesta, sobre el diámetro vascular pulpar de ratas. El material a investigar fue un sistema adhesivo a dentina de múltiples componentes (SADMC). Los resultados sugieren, que tanto el agente imprimante como el adhesivo del sistema en estudio, aplicado a una delgada capa de dentina, tienen un efecto vasodilatador agudo sobre la pulpa dental, el cual parece decrecer en el

período de tiempo en el que se llevó a cabo la investigación, además de que no hubo ni preestancamiento, ni estancamiento de la sangre, lo que nos da la idea, de que el efecto de vasodilatación puede ser un efecto reversible en el caso de tejidos pulpaes de cavidades sin caries.

Siempre con el propósito de dar soluciones, a los contratiempos que surgen luego de la utilización de materiales innovadores, Ivanyi y col. (2002),⁷¹ presentan un análisis comparativo de dos sistemas adhesivos, los cuales difieren entre si, por su contenido o no de acetona. Los sistemas utilizados fueron: un sistema de múltiples componentes (libre de acetona) y un sistema de una botella (contiene acetona).

Los resultados obtenidos fueron de que si hubo un aumento en el diámetro de los vasos, con la utilización de ambos sistemas adhesivos a pesar de que entre ellos no hubo diferencias significativas. El aumento del diámetro de los vasos de la pulpa, sugiere que la aplicación de estos sistemas de unión puede afectar el suministro de sangre a la pulpa, pudiera pensarse que este incremento de circulación en la misma, podría ser una respuesta fisiológica de protección, a un posible irritante pulpar. Pashley, (1996) citado por Ivanyi col (2002)⁷¹ Debido a que no

hubo diferencias estadísticas entre ambos materiales, tanto en lo que se refiere a aumento de vasodilatación, así como en cambios irreversibles (como estancamiento de la sangre o éxtasis, lo que indica necrosis pulpar) los investigadores pueden inferir, que los cambios observados en las muestras no dependen del contenido de acetona, o de la ausencia de la misma, en dichos materiales estudiados.

Actualmente, la dieta ha variado en relación a años anteriores, las lesiones en forma de cuña en el cuello de los dientes, se presentan cada vez más, estas son cavidades libres de caries, ocasionadas por factores físicos y químicos, las cuales desembocan en desgaste de esmalte y exposición de la dentina, esta irritación sobrepasa los niveles de tolerancia de la misma, y si la destrucción es más rápida que la reacción del complejo dentino-pulpar, como mecanismo de defensa, aparece entonces la hipersensibilidad.

Paralelo a estos estudios, algunos autores han iniciado sus investigaciones, poniendo a prueba la hipótesis, quizás un poco contradictoria, de que los sistemas adhesivos, pueden ser usados como material terapéutico, con el fin de tratar la hipersensibilidad dentinaria, aún sin conocer la etiología. En

este estudio se experimentó con tres materiales: dos sistemas adhesivos de una botella y uno de múltiples componentes, el grupo control fue tratado con una laca para dentina, la cual contiene clorhexidina. Panduric y col. (2001)⁷²

Los resultados en general, muestran que los sistemas adhesivos de unión si pueden ser utilizados como terapia sintomática para la hipersensibilidad dentinaria de las lesiones cervicales sin caries, también muestran dichos resultados, que los sistemas adhesivos de una botella, mostraron que actúan con mayor eficiencia que el sistemas de múltiples componentes y la laca dentinaria, sin embargo, según el estudio se puede concluir, que si bien pueden ser utilizados, ellos no representan la solución definitiva a este problema, ya que su eficiencia decrece con el tiempo.⁷²

Sensibilidad postoperatoria al frío luego de la cementación de restauraciones indirectas, han sido reportadas por cementos tradicionales, Kern y col. (1996) y Metz y col. (1994), citados por Sensat y col (2002)⁷³. Recientemente los cementos desarrollados en base a resina han producido una mayor incidencia de este fenómeno en relación a los antiguos agentes de cementación. La sensibilidad al frío de la que se comenta

parece tener la misma etiología que la sensibilidad de raíz, la cual se observa cuando la dentina de raíz es expuesta a estímulos térmicos, químicos u osmóticos.

En un estudio de microscopio electrónico de barrido, las muestras de dentina hipersensible mostraron ocho veces mas cantidad de túbulos dentinarios abiertos, que en dentina no sensible. El diámetro de los túbulos abiertos en los dientes sensibles fue el doble que en los túbulos de los dientes no sensibles. Absi y col. (1987) citados por Sensat y col (2002)⁷³ Estos resultados fueron significativos, ya que la mayoría de los tratamientos tienden a ocluir a los túbulos dentinarios, citados por Sensat y col (2002).

En el estudio propuesto por Sensat⁷³ y sus colaboradores se compararon dos agentes de cementación de base de resina, uno de los cuales se utilizaba con un agente de unión autograbante y el otro con un agente de unión de una botella. Ellos llegaron a la conclusión de que en las muestras donde se utilizó el primer material (agente de cementación-agente de unión autograbante) se observó una disminución significativa de la sensibilidad de la raíz del diente sobre una semana, lo que no ocurrió con el otro sistema adhesivo.

3.2.4.4.- Otros factores que modifican la actuación de los Sistemas Adhesivos.

Se ha observado a lo largo de las investigaciones, que algunos factores afectan el comportamiento de los sistemas adhesivos en cuestión. Se hace referencia a algunas investigaciones donde se ve implícito específicamente el solvente utilizado en el agente de unión, así como del número de aplicaciones del mismo.

Muchos de los sistemas adhesivos actuales contienen solventes orgánicos (acetona o etanol), que pueden desplazar el agua atrapada dentro de la malla de fibras colágenas en la dentina grabada. Es importante hacer notar que por la volatilidad de dichas sustancias, pueden evaporarse fácilmente, durante el uso de dichos sistemas adhesivos en el procedimiento clínico. De acuerdo a esto Perdigao, Swift y Lopes (1999),⁷⁴ propusieron en su estudio, determinar el efecto de repetidas aperturas de la botella del sistema adhesivo sobre la resistencia de unión a la cizalladura, de cuatro sistemas(SAD1B) de unión a dentina.

Los sistemas adhesivos fueron utilizados según las instrucciones de sus fabricantes. Durante tres semanas el uso

del adhesivo fue simulado abriendo la botella, por un minuto, dos veces al día, luego de esto, el contenido de estas botellas, fue utilizado en especímenes adicionales, para luego colocar la resina compuesta.⁷⁴

Perdigao y col. (1999)⁷⁴ obtuvieron que los sistemas adhesivos que contenían etanol o agua, presentaron valores similares de resistencia de unión a la cizalladura al comienzo del experimento (línea de base) y a las tres semanas subsiguientes en contraposición a los materiales basados en acetona los cuales tuvieron un valor significativamente menor de resistencia de unión a la cizalladura.

Swift y col. (1997),⁷⁵ evaluaron el efecto de las aplicaciones múltiples de tres sistemas adhesivos dentinarios, sobre la resistencia de unión a la cizalladura, de las resinas compuestas a la dentina. La experimentación se basó en aplicar el agente adhesivo como lo indica el fabricante, y aumentando el número de aplicaciones.

El valor de resistencia de unión a la cizalladura más alto fue de 12,3 MPa, se constató que el mayor número de aplicaciones del agente adhesivo repercutió disminuyendo la resistencia de

unión de cada sistema.⁷⁵

Sobre la base de lo anteriormente expuesto Abate, Rodríguez y Macchi (2000),⁷⁶ compararon la evaporación de vehículos incluidos en diferentes adhesivos de una botella, como una función del tiempo y dos agentes imprimantes utilizados en dos sistemas adhesivos de componentes múltiples, así como, agua destilada, etanol al 96% y acetona, fueron también incluidos en el experimento.

Se determinó que una significativa pérdida de masa, ocurría en los adhesivos de una botella, contentivos de vehículos orgánicos (especialmente en aquellos en los cuales el vehículo era la acetona) y una pérdida inferior de masa se registró en los productos con base de agua. Abate y Macchi piensan que estos resultados reafirman que existe una relación entre la posible evaporación del vehículo y la pérdida de masa del mismo, durante su almacenamiento.

Sobre la base del estudio de Abate y Macchi (2000)⁷⁶ Perdigao y Frankemberguer (2001)⁷⁷ investigaron si existía o no relación entre la resistencia de unión, el solvente y el tiempo de rehumedecimiento y pudieron llegar a la conclusión de que la

resistencia de unión depende de ambos debido a que los sistemas utilizados con solventes orgánicos (acetona y etanol) requieren de ciertas condiciones de humedad en el substrato (rehumedecimiento) mientras que los que contienen agua como solvente, requieren por el contrario menos humedad.

Finguer y Balkenhol (2000)⁷⁸ investigaron cual es el efecto de los agentes de rehumedecimiento sobre la unión a la dentina grabada y secada con aire, utilizando agua, Hema y un sistema adhesivo contentivo de Gluma (como potencial fijador del colágeno) y acetona como solvente obteniendo como resultado que la resistencia a la cizalladura fue más alta cuando se utilizó Hema al 35% y el sistema adhesivo que contenía Gluma para realizar dicho rehumedecimiento.

Zheng y col (2001)⁷⁹ realizaron estudio en el cual se relacionaba el espesor de la capa de adhesivo de dos sistemas, uno de ellos de autograbado y el otro de una botella con respecto a la resistencia de unión. El segundo contenía solvente a base de etanol y agua. Sus resultados fueron opuestos el SADAG obtuvo mejores resultados a expensas de una capa más gruesa mientras que el segundo desmejoró su resistencia de unión al aumentar el espesor de la capa.

4.- SISTEMAS ADHESIVOS DE SEXTA GENERACION O SISTEMAS ADHESIVOS DE UN SOLO PASO.

4.1.- Su aparición en el mercado. Justificación lógica

Originalmente, los sistemas adhesivos fueron formulados para ser aplicados en pasos separados y consecutivos, el agente de grabado, el agente imprimante y el adhesivo.⁸⁰

Hoy en día, los sistemas adhesivos tienen un amplio uso en la práctica clínica, y constantemente los investigadores tratan de mejorar sus propiedades, para cada vez lograr alcanzar mejores resultados, que los de sus predecesores, sobre todo en relación a la resistencia de unión, y mejorar en si todas sus propiedades⁸¹.

En la última década, dos tipos de sistemas adhesivos, han sido introducidos para reemplazar, los sistemas adhesivos convencionales de tres pasos, los llamados de “una botella” y los “imprimantes de auto-grabado”, su característica más significativa, es la de simplificar el procedimiento clínico de unión reduciendo el tiempo requerido para su aplicación. El primero de ellos, como hemos mencionado en párrafos

anteriores, une los pasos de colocación del agente imprimante y adhesivo en uno solo, teniendo el clínico que realizar previo a ello, el acondicionamiento tanto del esmalte como de la dentina, el segundo en cambio, presenta en una botella un agente imprimante que tiene características capaces de acondicionar o grabar la superficie del diente, para posteriormente colocar el adhesivo en si.⁸¹

Tanto los sistemas adhesivos de “una botella” así como los sistemas adhesivos “imprimantes de autograbado” alcanzan alta resistencia de unión inmediatamente después de ser colocados, además de que ofrecen mejor adaptación a las paredes cavitarias, comparándolos con los sistemas adhesivos “de múltiples componentes”⁸¹, sin embargo existe la posibilidad de error en diferentes pasos del procedimiento; por una parte los errores o variabilidad en la técnica del operador, Mizayaki (2000) citado por Inoue y col (2001)⁸¹ como por ejemplo excesivo secado luego del grabado de la estructura dentaria, o por el contrario humedad excesiva, la cual puede dar paso a errores en la fotopolimerización de los monómeros, además los inconvenientes en relación al material en si: se puede mencionar la posibilidad de desigualdad de profundidad entre la desmineralización y la difusión tanto del monómero como del

agente adhesivo, lo que traería como consecuencia, una capa híbrida inadecuada. Todos estos conocimientos incentivan a los investigadores a continuar en la búsqueda de una mejor opción.

Es por lo anteriormente expuesto que recientemente aparecen en el mercado los sistemas adhesivos de un solo paso, los cuales constituyen la próxima generación de los sistemas imprimantes de auto-grabado. Ellos combinan en un solo paso, el grabado, el imprimado y la unión. Algunos de estos nuevos sistemas adhesivos, han sido reportados como muy sensibles a diferencias en el substrato, así como por ejemplo distintos tipos de capa de desecho (dependiendo de que tipo de instrumento la produjo y en cuáles condiciones de humedad se realizó la cavidad) Ogata y col (1999); Tagami y col (1991); Tay y col (2000) citados por Inoue y col (2001)⁸¹, dentina afectada por caries, abrasiones y erosiones cervicales, Yoshiyama (1996) citados por Inoue y col (2001)⁸¹

En los puntos sucesivos se tratará la información referente a los sistemas adhesivos de “un solo paso”, sistemas adhesivos “todo en uno” o sistemas adhesivos de autograbado. Existe información limitada, acerca de la efectividad de la unión de estos sistema adhesivo de un solo paso.⁸¹

4.2.- Generalidades sobre su Química.

Los sistemas adhesivos dentinarios de “un solo paso” o sistemas adhesivos “todo en uno” consiste en varios componentes, para preparar la superficie de la dentina, con el fin de hacerla apropiada a la infiltración de la resina de restauración. Dichos componentes vienen empacados en un solo envase ó en dos. Los segundos son mezclados en el preciso instante en que van a ser colocados, esta colocación se ejecuta en definitivamente un paso.

Un primer componente (el cual puede ser un ácido o una disolución que contenga ácido) es utilizado para penetrar la capa de desecho y desmineralizar la superficie de dentina, de esta manera la malla de fibras colágenas, queda casi completamente descubierta de hidroxapatita. El segundo componente ó agente imprimante, contiene solventes y monómeros hidrofílicos que infiltran la superficie acondicionada y estabilizan las fibras colágenas. Nakabayashi y Pashley, (1998).² El tercer componente es un monómero de resina, el cual al penetrar al colágeno expuesto y luego de que se le realiza la fotopolimerización, da lugar a una malla microrretentiva de monómero que engrana micromecánicamente, denominada capa híbrida, Nakabayashi y Pashley, (1998).² de la que se ha

comentado anteriormente, citado por Van Merbeeck y col (2001)⁸, al mismo tiempo se produce también un relleno parcial de los túbulos expuestos, al eliminar los tapones de desecho, que se encontraban en los lúmenes de los túbulos, éstos ensanchados en forma de embudo, debido a la desmineralización producida, forman de esta manera una capa híbrida tanto en dentina intertubular como a nivel del túbulo en sí.⁴² Los sistemas adhesivos de “un solo paso” contienen todos estos componentes, en distintas concentraciones según sea el caso del material y la casa que los fabrica.

En cuanto a los componentes químicos de los sistemas adhesivos denominados “todo en uno”, o sistemas adhesivos de autograbado de un solo paso, se hará referencia de manera general a los componentes de los materiales que se estudiaron en el presente trabajo.

Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

Prompt L-Pop (3M-Espe, Seefeld, Germany): el cual es un adhesivo de auto-grabado, que se compone de dos soluciones. La primera contiene ésteres fosfóricos metacrilados e iniciadores/estabilizadores, los cuales se encuentran separados por una solución acuosa, la segunda solución contiene un

complejo de fluoruros, parabenos y estabilizadores. El adhesivo se suministra en dosificaciones individuales ^{82,83,84,85,86,87,88.}

Otro adhesivo “todo en uno” o sistema adhesivo, imprimante de autograbado es el llamado **Etch & Prime**, (Degussa, Hanau, Germany), el se encuentra formado por dos componentes (Catalizador-Universal). El catalizador esta compuesto por un tetrametacriloxietil pirofosfato, HEMA, iniciadores y estabilizadores el componente Universal, está formado a su vez por HEMA, etanol, agua destilada y estabilizadores. ^{82,88,89,90.}

AQ Bond (Sun medical, Shiga, Japan): Sistema adhesivo imprimante de autograbado el cual consta de dos partes: La primera la conforma un líquido base, el cual está compuesto de agua (como solvente del adhesivo, además como ingrediente común de cualquier sistemas adhesivo), acetona (como solvente del adhesivo), 4-META (Acido 4-Metacriloxietil-Trimetílico-anhidrido), UDMA (Uretano Dimetacrilato), HEMA (Hidroxietil Metacrilato), MMA (metil-metacrilato) y fotoiniciadores; la segunda parte del sistema está constituido por una esponja la cual contiene espuma de poliuretano, ácido p-toluenosulfínico y sal de sodio. ^{85,86, 91,92.}

AC Bond: Sistema adhesivo imprimante de autograbado (experimental) posee entre sus constituyentes UDMA (Uretano Dimetacrilato), 4-META (Acido 4-Metacriloxietil Trimelítico), acetona como solvente y agua destilada ⁸⁶.

One Up-Bond F (Tokuyama Corp.Tokio, Japan). Sistema adhesivo imprimante de autograbado, constituido por dos elementos (A y B). El elemento A formado por: MAC10; monómero (00,1) ácido metacrililoiloxialkil-fosfato, monómero multifuncional metacrílico. El elemento B conformado por MMA (metil metacrilato), HEMA (Hidroxietil Metacrilato), Agua, tinción de coumarín, ácido dicarboxílico metacriloxiundecano, vidrio de fluorurosilicato, fotoiniciador. ^{81,83,88,92}.

TOF-1 (material experimental, Tokuyama, Ca. Japón) Sistema adhesivo imprimante de autograbado, está compuesto de dos elementos (A y B) El elemento A contiene: MAC-10, fotoiniciador, ácido metacrililoiloxialquil-fosfato, monómeros metacrílicos multifuncionales; el elemento B contiene, MMA (metil metacrilato), HEMA (Hidroxietil Metacrilato), agua, microrrelleno y fotoiniciador. ⁹³

MZ-2000 (material experimental, Sun Medical): Sistema

adhesivo contentivo de una base y una esponja. La primera esta formada por 4-META (Ac. 4-Metacriloxietil-Trimelítico-anhidrido) agua, acetona, monometacrilato, uretano dimetacrilato y fotoiniciador. La esponja la conforma sal de p-tolueno sulfanato.⁸¹.

Reactmer Bond (Shofu Inc, Kioto, Japan): Sistema adhesivo recientemente desarrollado, este es capaz de liberar fluor y fué diseñado para interactuar con Pasta Reactmer Bond, la cual es una mezcla en la cual se combinan los beneficios de los cementos de vidrios de polialkenoatos y el fácil manejo de de las resinas compuestas. El material esta formado por dos elementos (A y B) el primero de ellos está constituido por: Agua, acetona, relleno de vidrio pre-reaccionado, relleno de fluoroaminosilicatos, e iniciadores, p-TSNa (sal de sodio de ácido p-toluenosulfínico) El elemento B formado por 4-AET, 4-AETA, UDMA (Uretano Dimetacrilato), HEMA (Hidroxietil Metacrilato) y fotoiniciadores.^{85,88, 94, 95}.

4.3.- Mecanismos de acción al Substrato.

4.3.1.- Hibridización con adhesivos de un solo paso.

Su relación a Dentina y Esmalte.

La utilización de los sistemas adhesivos de un solo paso

parece ser popular, debido al reducido número de pasos clínicos necesarios, previos a la colocación de la resina compuesta, esta disminución de pasos en realidad lo que persigue es minimizar las variables de error en cuanto al operador se refiere, para poder lograr una capa híbrida de características apropiadas, como se ha mencionado anteriormente ^{90, 96}. Se puede decir que el tiempo necesario para el proceso se ve reducido gracias a la simultaneidad de la desmineralización y de la penetración de los monómeros.⁸²

Las pruebas de laboratorio indican que tales productos son equivalentes en cuanto a resultados en relación a resistencia de unión y de otras propiedades, de sus predecesores de múltiples pasos. En cuanto a unión a esmalte (Hannig y col, 1999) citados por Brackett y col (2002)⁸⁰; unión a dentina (Hannig y col, 2001; Oberlander y col, 2001); citados por Brackett y col (2002)⁸⁰ en cuanto a la microfiltración marginal (Gordan y col, 1998); citados por Brackett y col (2002)⁸⁰. Los resultados clínicos (un año o menos) han arrojado también que son similares a los de los sistemas anteriores en estudios realizados en cavidades clase I y II para restauraciones de resina compuesta (Denhey y col, 2001) en clase III y clase V (Muñoz y col, 2001) citados por Brackett (2002)⁸⁰

De manera similar a los sistemas adhesivos dentinarios de autograbado (SADAG), los “sistemas todo en uno” contienen un aumento en la concentración ácida del monómero de resina, la cual es capaz de grabar a través de la capa de desecho y formar una capa híbrida en la dentina intacta subyacente. El agua es un componente esencial en estos sistemas ya que facilita la disociación de los iones de hidrógeno, los cuales son necesarios para una efectiva desmineralización de la capa de desecho y los tejidos dentales duros, Frey, Hansen Dede (1999), citados por Tay y col (2001)⁸⁴

5.- ESTUDIOS SOBRE EFECTIVIDAD DE UNION ADHESIVA DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS DE SEXTA GENERACIÓN O SISTEMAS ADHESIVOS DE “UN SOLO PASO”.

5.1.- Resistencia de unión adhesiva.

Existen diversos tipos de estudio, para conocer y evaluar lo que hasta hoy se conoce en relación a la adhesión a dentina, sin embargo, en el estudio que se realiza se considerarán solo algunos de ellos, que abarcan aspectos específicos, dejando de lado otros, que aún aportando un valioso significado, no son de inherencia en este trabajo.¹⁴

Dentro de las variables estudiadas en relación a la adhesión a dentina, y en el caso específico de la adhesión a dentina de los sistemas adhesivos de un solo paso, ó sistemas “todo en uno”, existen principalmente dos que se utilizan como indicadores de buena adhesión, la primera que se va a mencionar se utiliza para medir la resistencia de la unión adhesiva, cuantificable a través de pruebas de laboratorio, y la segunda variable, que se estudia para evaluar la capacidad de adhesión es la microfiltración marginal .¹⁴

Las pruebas que se realizan son de resistencia traccional, actualmente, se utiliza ampliamente la prueba de resistencia a la microtracción, la cual se ha transformado en una prueba más confiable, debido a lo pequeño del espécimen, más adaptado a la realidad clínica. Según Nunes, Swift y Perdigao (2001)⁹⁸ las pruebas de resistencia de unión a la cizalladura, también son utilizadas, sin embargo de esta última se conoce que las muestras sufren de distribución desigual de las fuerzas durante el desarrollo del procedimiento, a pesar de esta información es de vital importancia para este trabajo mencionar los estudios que en base a estas pruebas, los investigadores siguen realizando. Se detallarán a continuación los estudios en base a resistencia de unión a la tracción (microtracción).

Estas pruebas se realizan utilizando generalmente una máquina universal INSTRON, a velocidades y tiempo variables, luego que se ha preparado el espécimen.¹⁴

El Dr Sano identifica al referirse a la prueba de microtracción, cuatro factores que afectan la unión: ellos son la sensibilidad de la técnica, diferentes substratos, contracción de curado y longevidad de la unión ⁹⁹.

Bouillaguet y colaboradores (2000)¹⁰⁰, así como Inoue, Vargas, Abe y colaboradores(2001)⁸³ realizaron estudios donde se relacionan datos como: una capa de desecho en términos generales de iguales características, utilizada como substrato, adhesivos dentinarios tanto de tres pasos (SADMP) como de dos (SAD1B) y de “un solo paso”, a los cuales se les aplica fuerzas de tracción (microtracción), para conocer su resistencia de unión adhesiva.

Los resultados obtenidos estuvieron en un rango entre 30.3 + ó - 9.4 MPa para Scotch Bond Multipurpose (SADMP) y 9.1 + ó - 3.3 MPa para el sistema adhesivo Prompt L-Pop (sistema adhesivo de “un solo paso”) es decir, la menor resistencia de unión a la microtracción. En cuanto al análisis de la capa híbrida

y capa de resina, se observó para Scotch Bond Multipurpose (SADMC) una capa híbrida de aproximadamente de 2 a 4 μm en profundidad, cubiertos por una capa de resina uniforme de aproximadamente 30 μm en oposición a lo que se observó con el material “de un solo paso ” Prompt L Pop, que denotó una capa de desecho pobremente infiltrada¹⁰⁰.

La baja resistencia de unión registrada por Prompt L Pop puede indicar que sistemas adhesivos “todo en uno” o de “un solo paso”, no poseen los requerimientos necesarios para la producción de una capa adhesiva efectiva; una de las observaciones que pudiera realizárseles es el poco tiempo al que se expone al substrato.¹⁰⁰

De manera similar, Inoue, Vargas, Abe y colaboradores (2001)⁸³ realizaron estudio para evaluar la resistencia adhesiva a la microtracción de once sistemas adhesivos contemporáneos, sus muestras fueron procesadas en terceros molares humanos extraídos, con la misma característica de una capa de desecho estandarizada⁸³. Entre los sistemas adhesivos estudiados se encontraban: tres sistemas adhesivo de “un solo paso”: One Up Bond F, Prompt L Pop 2, Exp PQ/ Universal SE; cuatro SADAG y

por último tres SAD1B, siendo comparados con un SADMP.⁸³

Del estudio en cuestión se obtuvo una resistencia de unión adhesiva en un rango de 30,0 MPa + o - 11,9 para Prompt L Pop 2 (sistema adhesivo de “un solo paso”) y 63,1 MPa +ó- 14,3 para Optibond FI (SADMP). Llama la atención que la cifra más baja lograda en resistencia de unión sea para un sistema “todo en uno” y la más alta para un sistema convencional de tres pasos basado en el grabado total.⁸³

Los resultados que arroja Prompt L Pop 2 muestran una falta de consistencia con el hecho de que se le conceptualiza como un adhesivo de autograbado fuerte (ph =1 o por debajo de 1), con este ph se espera actúe sobre la capa de desecho, logrando una capa híbrida con apariencia de “alfombra lanuda” además de lograr una hibridización de las paredes del túbulo, sin embargo este hecho de no lograr una unión de alta resistencia a la tracción pudiera estar asociado con restos de monómeros (de alta acidez) no polimerizados, que permanecen luego de la fotopolimerización,⁸³

Otro grupo de investigadores, donde se encuentra Inoue, H y col (2001)⁸¹, propusieron comparar dos sistemas adhesivos de

“un solo paso” o sistemas adhesivos “todo en uno”, en cuanto a su resistencia de unión a la microtracción. Uno de ellos: One Up Bond F y el segundo: un sistema experimental, MZ 2000. Introdujeron una variable, una capa de desecho de diferente espesor, producida por dos piedras con diferente poder de abrasividad, aplicaron carga de microtracción hasta que se produjo la falla y evaluaron los especímenes.⁸¹

Los autores obtuvieron el valor más elevado de resistencia microtraccional (45,7 MPa) para One Up Bond F con una piedra de grano fino y el valor de resistencia microtraccional más bajo (21,4 MPa) utilizando el sistema experimental MZ 2000, con una piedra de grano grueso.

Según Inoue y colaboradores(2001)⁸¹ el relativo alto ph de MZ 2000 (2,5) parece ser el responsable de su dificultad en disolver la capa de desecho, sin embargo en el caso de piedras de grano superfino se logra mejor resultado debido a que se observa mejorada la situación por el menor espesor de capa de desecho que se obtiene con dichas piedras, es de hacer notar la inconsistencia en los resultados, parece necesaria la utilización de dichas piedras de grano fino previo a la utilización del sistema MZ 2000⁸¹.

Para el caso de One Up Bond F, los investigadores obtuvieron que no existía diferencias significativas entre resistencia de unión microtraccional y diferentes espesores de capa de desecho. El bajo ph (1,2) de este sistema adhesivo podría ser el responsable de los resultados de unión adhesiva alcanzados⁸¹.

Chavez, Giannini y Bovi Ambrosano (2002)⁸⁹ evaluaron la resistencia de unión microtraccional a tres sistemas adhesivos diferentes entre los cuales se encuentra Etch & Prime, (sistema adhesivo dentinario de “un solo paso”), un SAD1B y un SADAG; ellos estudiaron el comportamiento de los materiales bajo diferentes tipos de acondicionamiento a la capa de desecho, siendo esta creada en forma estándar.

Las pautas bajo las cuales se trabajó fueron las siguientes: a) sin tratamiento de capa de desecho, b) baño de arena con 50 Um de Al²O³ por 10seg c) tratamiento con ácido fosfórico al 36% por 15 seg, d) acondicionamiento con 0,5 M de EDTA por 2 minutos.

Etch & Prime muestra en dicho estudio, un rango de resistencia de unión microtraccional que se encuentra entre valores de (17,7 MPa +ó- 0,8 MPa) bajo el pretratamiento de

acondicionamiento con EDTA y (11,4 MPa \pm 3,6 MPa) cuyo comportamiento se registró al realizársele baño de arena previo, a diferencia del SAD1B el cual obtuvo el resultado de resistencia microtraccional más alto bajo pretratamiento con EDTA (44,5 \pm 3,0 MPa) y el más bajo con el uso de grabado ácido (38,4 \pm 9,3 MPa)

En dicho estudio no se observaron diferencias significativas, con el uso de los diferentes preacondicionamientos. Pareciera ser que el uso de grabado ácido previo a la utilización de los sistemas adhesivos de autograbado es un paso innecesario, además de que dichos pasos por separado, incluyendo el de lavado, potencializan los problemas de sensibilidad de la técnica.⁸⁹

Moll, Park y Haller (2002)⁹⁰ al igual que Chávez y colaboradores (2002)⁸⁹ obtuvieron para Etch & Prime 3,0, resultados de resistencia de unión adhesiva bastante bajos (10,1 MPa \pm 2,9 MPa) en comparación a sistemas adhesivos de tres y dos pasos.

En este caso específico, se produjo una capa de desecho estándar lograda en dentina a profundidad media, se utilizó el

protocolo de unión húmeda. Para dar respuesta a estos valores tan bajos, los autores especulan que siendo el solvente de este sistema, una mezcla de agua y etanol, la técnica de unión húmeda, podría causar una inadecuada disolución del monómero⁹⁰

El campo de la investigación es bastante amplio, en otro orden de ideas Tay, King, y col. (2001)⁸⁴ propusieron un estudio, utilizando resina compuesta activada con luz, para examinar el efecto que tenía la activación retardada de la lámpara de curado, sobre la resistencia de unión a la microtracción de dos sistemas "todo en uno", sobre dentina sana. Los sistemas adhesivos estudiados fueron: Prompt L- Pop y One Up Bond F.

En relación a las variables: se refieren al tiempo que transcurre entre la colocación del agente adhesivo unido a dentina y la primera capa de resina compuesta. Las variaciones fueron: en el primer subgrupo se realizó la técnica incremental de resina, fotopolimerizando inmediatamente, a los grupos sucesivos, se les varió en el hecho de que a los especímenes se les dejaba en la oscuridad, previo a la fotopolimerización, por espacio de 2,5 ; 5; 10 y 20 minutos, al subgrupo 6, para prevenir que los residuos del monómero ácido de resina sin polimerizar,

entren en contacto con la resina compuesta sin curar se limpió con toallas de papel y se colocaron dos capas de un SADMC (All Bond 2), y curadas inmediatamente por 20 segundos ⁸⁴

Los valores más altos en cuanto a resistencia microtraccional se refiere, fueron obtenidos por One Up Bond F (42,5 MPa + ó - 8,8 MPa). Por otro lado, el menor valor observado (10,0 MPa), se obtuvo con la condición de retardo de activación de luz de fotocurado, por 20 minutos.

Por su parte el sistema adhesivo Prompt L-Pop mostró una resistencia de unión a la microtracción de 23,4 MPa + ó - 4,3 MPa. en condiciones normales de colocación del sistema adhesivo y su respectiva restauración y el menor valor lo obtuvo en condiciones de 20 minutos de retardo en la aplicación de la lámpara de curado, con un valor de 0,5 + ó - 1,7 MPa ⁸⁴

Según los resultados pareciera que retardar la fotopolimerización de la resina de restauración, trae como consecuencia la disminución de la resistencia de unión adhesiva, de los sistemas adhesivos de “un solo paso” , puede decirse que de manera más marcada para el sistema Prompt L Pop. Con respecto al retardo de la fotopolimerización, los autores

especulan con respecto a este hecho que una reacción ácido-base entre aminas terciarias y el monómero de resina ácido resultaría en una inactivación de los fotoaceleradores y fotoiniciadores del sistema ⁸⁴.

En muchos casos de investigación los parámetros a estudiar son los mismos, pero el hecho de que la prueba realizada sea otra, dará obviamente resultados diferentes. Es el caso de los estudios que se mencionarán a continuación, ellos se realizan en base a la prueba de resistencia de unión adhesiva a la cizalladura.

Como se ha mencionado anteriormente, la capa de desecho difiere en espesor, dependiendo del tipo de grano que posea el material abrasivo que la produzca. Sobre este particular, los autores Tani y Finger(2002)⁸⁶ a través de la prueba de resistencia de unión a la cizalla, quisieron conocer de que manera actuaba el espesor de la capa de desecho sobre la resistencia de unión de tres sistemas adhesivos dentinarios del tipo “todo en uno”, cada uno de diferente acidez, ellos son: Los sistemas comerciales AQ Bond y Prompt L-Pop y un sistema adhesivo experimental llamado AC Bond.

Se utilizaron dientes humanos extraídos, se crearon para el experimento dos grupos; al primero se le creó una capa de desecho de diferente espesor con papel de carburo de silicón, de diferentes No. de grano en condiciones de humedad, al segundo grupo se le trabajó con piedras de diamante. ⁸⁶. Tabla I

Tabla No I Papel de lija y piedras de diamante usadas para dentina		
	Papel de Lija No	Tamaño del grano(μ m)
Papel SIC	80	200
	180	76
	240	58
	320	46
	400	35
	600	26
	4000	5
Piedras de diamantes	Super grueso	150
	Grueso	125
	Medio	100
	Fino	30
	Extra fino	15

Tabla No I. Extraído de Tani y Finger (J. Adhes Dent 2.002)

Los investigadores pudieron determinar que la capa de desecho aumentaba su espesor a medida que aumentaba el tamaño del grano del abrasivo, de esta manera se obtuvo el mayor espesor de capa de desecho ($2,7 \pm 0,7 \mu$ m) correspondiente a un papel de grano No 180 y el menor espesor de capa de desecho ($0,9 \pm 0,3 \mu$ m) para un papel de grano No 4000. En referencia a las piedras utilizadas el mayor espesor de

capa de desecho (2,8 \pm 0,5 μ m) se corresponde con una piedra de grano super grueso y antagónicamente el menor espesor de capa de desecho (1,0 \pm 0,3 μ m) la produce piedra de grano extrafino.⁸⁶ Tabla II

Tabla No II Espesor de capa de desecho en dentina		
		Espesor de la capa de desecho (μ m)
Papel SIC. No de grano	80	2,6 \pm 0,6
	180	2,7 \pm 0,7
	240	2,1 \pm 0,8
	320	1,9 \pm 0,6
	400	1,4 \pm 0,5
	600	1,3 \pm 0,5
	4000	0,9 \pm 0,3
Piedras de diamante	Super grueso	2,8 \pm 0,5
	Grueso	2,4 \pm 0,4
	Medio	2,2 \pm 0,5
	Fino	1,2 \pm 0,3
	Extra fino	1,0 \pm 0,3

Tabla No II. Extraído de Tani y Finger. (J. Adhes. Dent 2.002)

La más alta resistencia de unión a la cizalladura fue lograda con el sistema experimental AC Bond, con un valor de 19.3 \pm 2.4 MPa a expensas de una capa de desecho de 1,4 \pm 0,5 μ m. El menor valor en cuanto a resistencia de unión a la cizalladura fue de 15.6 \pm 1.5 Mpa. logrado con Prompt L-Pop a expensas de una capa de desecho de espesor de 2,6 \pm 0,6 μ m.⁸⁶

El estudio mencionado deja clara la relación entre espesor de capa de desecho y resistencia de unión adhesiva, la última se ve aumentada a medida que la capa de desecho que la produce es de menor espesor, de igual manera con una capa de desecho gruesa, la resistencia de unión adhesiva (cizalladura) se ve disminuía.⁸⁶

El estudio que se revisará a continuación realizado por Oberlander, Friedl y Schmalz (2001),¹⁰¹ tuvo como objetivo comparar la resistencia de unión a la cizalladura de cuatro resinas modificadas de poliácido, a esmalte y dentina, utilizando un sistema adhesivo, que provee el fabricante y un sistema adhesivo “universal” de “un solo paso”, el sistema en cuestión es Prompt L-Pop.¹⁰¹

Se utilizaron para la investigación 140 terceros molares no restaurados de humanos, a los cuales se les preparó una capa de desecho estandarizada ¹⁰¹.

Para el procedimiento de unión, las muestras se dividieron en dos grupos, uno de ellos para observar la unión con respecto al esmalte y el segundo grupo para el estudio en dentina¹⁰¹.

El sistema adhesivo, Promt. L Pop, al cual se le realizó la prueba, alcanzó una resistencia de unión (a la cizalladura) de igual o mayor magnitud que los agentes adhesivos de las Resinas Modificadas de Poliácido. En todos los sistemas se observó, una resistencia de unión significativamente más alta al esmalte que a la dentina. ¹⁰¹

Mizayaki, Iwasaki y Onose (2002)⁸⁵ realizaron una investigación para comparar resistencia de unión a la cizalladura, de cuatro sistemas adhesivos de un solo paso, se utilizó sistema restaurador de compómero como material de control. Los sistemas de una sola aplicación o sistemas adhesivos “de un solo paso” estudiados, fueron: Reactmer Bond, One Up-Bond F, AQ Bond y Prompt L-Pop. El compómero F-2000 fue utilizado como material de control.⁸⁵

Cada sistema adhesivo fue utilizado con su respectiva resina compuesta. De muestras se utilizaron incisivos mandibulares de bovino, se utilizó papel de carburo de silicón de grano N° 240 en condiciones húmedas, tanto en esmalte como en dentina. El acabado final fue realizado con papel de carburo de silicón de grano N° 600. ⁸⁵

Luego de realizada la respectiva prueba con los materiales en cuestión los resultados obtenidos fueron los siguientes: la resistencia de unión adhesiva a esmalte estuvo en un rango entre 12.1 +ó- 1.3 MPa, obtenido por AQ Bond y 12.1 +ó- 1.8 MPa para Reactmer Bond y 21.7 +ó- 4.7 MPa. de Prompt L-Pop. Para la resistencia de unión adhesiva a dentina el rango fue de 10.7 +ó- 3.3 MPa. de AQ Bond a 13.9 +ó- 1.8 MPa. de One Up-Bond⁸⁵.

Los sistemas adhesivos muestran que son capaces de lograr una capa híbrida, de distintas características, sin embargo dichos estudios parecen demostrar que la presencia de la mencionada capa híbrida y los tapones de resina, no son los únicos mecanismos a través de los cuales se logra la resistencia de la dentina⁸⁵

Otra variable que se estudia, es la influencia que pudiera ejercer, la duración de aplicación del sistema adhesivo (de “un solo paso”) sobre la resistencia de unión (a la cizalladura) a la dentina. Miyazaki, Tsubota y col. (2002)⁹⁴ propusieron dicho estudio. Los sistemas comerciales utilizados fueron: One Up-Bond F y Reactmer Bond, el material de control fue el compómero F-2000 y su correspondiente sistema adhesivo⁹⁴.

El estudio se basó en la utilización de incisivos mandibulares de bovino. El procedimiento de adhesión se aplicó a intervalos de 5, 10, 20, 30 y 60 segundos, seguidos de irradiación de luz, para luego someterlos a la prueba de resistencia de unión a la cizalladura ⁹⁴.

Se pudo observar que la resistencia de unión tiende a incrementarse con la aplicación prolongada del adhesivo. El valor más bajo de resistencia a la cizalladura (6.8 \pm 1.6 MPa) se obtuvo con aplicación de 5 segundos con el material One Up Bond F, mientras que el valor (12,2 \pm 1.9 MPa) de resistencia de unión a la cizalladura más alto, se obtuvo con aplicación durante 60 segundos del material Reactmer Bond ⁹⁴.

Las observaciones en el microscopio electrónico de barrido de la superficie de dentina tratada, mostraron que la desmineralización de la superficie de dentina fue más pronunciada con la aplicación más larga del adhesivo. ⁹⁴

Un aspecto de la odontología adhesiva es restringir la preparación de la cavidad a lo estrictamente necesario y químicamente estable del substrato, para lograr este propósito se

utilizan las soluciones detectoras de caries. Existe bibliografía que señala que usando varios detectores de caries, las soluciones de tinción afectan la habilidad de los adhesivos a dentina, cuando la preparación de la cavidad es restaurada con materiales de resina compuesta. Demarco y col. (1998); Palma y col. (1998) citados por Kazemi, Myers y col (2002)¹⁰². Por estas razones Kazemi y col. (2002)¹⁰² propusieron investigar el efecto de dos soluciones detectoras de caries sobre la resistencia de unión a la cizalladura empleando dos categorías diferentes de sistemas adhesivos. Una de grabado total (SAD1B) y la otra, un SADAG de dos pasos y otro de un solo paso o sistema adhesivo “todo en uno”.¹⁰²

El sistema de “un solo paso” a estudiar fue Prompt L-Pop, con un grado de acidez (ph= 1.3). Los detectores de caries utilizados fueron: D & C, tinción roja en una base de glicol (Seek) y una tinción azul oscura con base de propilen-glicol (Snoop).¹⁰² El estudio se realizó en cincuenta y cuatro molares. Se trataron con papel de lija de grano N° 320, bajo copiosa agua, hasta crear una superficie de dentina plana, con características estandarizadas, se les aplicó previo a la colocación de los sistemas adhesivos, las soluciones detectoras, además de grabar dichas superficies con ácido fosfórico al 37% y colocar la resina

de restauración¹⁰².

En general el estudio, demuestra que el uso de las soluciones detectoras de caries, no afecta negativamente la resistencia de unión a la cizalladura de la resina a la dentina, cuando se utilizan los sistemas adhesivos, Prime & Bond NT , Clearfil SE y Prompt L- Pop, sin embargo, se le prestará especial atención a los resultados obtenidos con Prompt L Pop.

En general, los resultados del grupo del Prompt L Pop (sistema “todo en uno”) fueron los de menor resistencia a la cizalladura , ellos estuvieron entre 7 y 8 MPa, en contraste con los del grupo de Prime & Bond NT(SAD1B) el cual obtuvo valores entre 15 y 18 MPa aproximadamente. Se podría decir que en relación a los mejores resultados del estudio en cuestión, cuyo solvente es la acetona y en el caso al que se hace referencia se utilizó grabado con ácido fosfórico y protocolo de unión húmeda, podría decirse que estos procedimientos se complementan. Antagónicamente, en el caso del Prompt L Pop, es un sistema al que se le considera de grabado fuerte, en el cual también se ha realizado tratamiento previo con ácido fosfórico, según dicho estudio , quizás este tipo de pre-tratamiento produzca un sobre-grabado, produciendo un colapso del substrato, dando como

resultado los valores obtenidos.

A continuación se dará paso a una nueva sección donde se comentará la segunda variable tan importante para evidenciar la unión de los sistemas adhesivos al substrato .

5.2.- Microfiltración Marginal.

La adhesión satisfactoria de los agentes de unión y su longevidad son el principal interés de la odontología restauradora actual. Muchos estudios han evaluado la microfiltración de los sistema adhesivos a dentina y muestran que ningún sistema puede bloquear dicha situación, la cual se ve incrementada significativamente en las áreas de la dentina. (Retief, 1994) citados por Gagliardi y Avelar (2002)¹⁰³. La capa híbrida ha sido sugerida como el mecanismo principal de adhesión entre los sistemas adhesivos y la dentina acondicionada, Walshaw y McComb, (1996)¹⁰³, donde la malla de colágeno es infiltrada por los monómeros que son polimerizados y capaces de reforzar la dentina desmineralizada. Sano y col. (1994)¹⁰³. Una vía de filtración permite que los fluidos orales y las bacterias pasen a la interfase dentina-resina pudiendo causar degradación del área de unión además de inflamación pulpar Branstrom y col (1979); Cox y col (1987)¹⁰³

La microfiltración es la difusión de sustancias a través de grietas que contienen fluidos, o a través de brechas entre el material restaurador y el substrato de dentina. Crim (1989)¹⁰⁴ y Youngson y col. (1990)¹⁰⁴.

Para reducir la microfiltración se utilizan ciertos procedimientos como: mantener la dentina húmeda, aplicar el adhesivo de acuerdo a las instrucciones del fabricante y aplicar la resina compuesta a través de una técnica incremental.

Recientemente, muchos sistemas adhesivos nuevos han sido desarrollados y sus pre-tratamientos y promotores de adhesión han sido estudiados para mejorar los resultados clínicos. Los sistemas de quinta y sexta generación, los cuales reducen uno y dos pasos, en el procedimiento clínico, ayudan a prevenir los problemas que ocasiona, no cumplir por ejemplo, con los requerimientos en cuanto a humedad se refiere, tanto desde el punto de vista de sobrehidratación, así como desde el punto de vista de la deshidratación, además es muy importante tener en cuenta, la eficiente difusión, tanto del ácido, como del agente imprimante, y saturación de los espacios alrededor de las fibras colágenas. Susuki y col (1990)¹⁰³; Manabe y col (1991).¹⁰³ En la actualidad, también debe tenerse muy en cuenta, el mismo

criterio, con respecto al adhesivo, para poder lograr una capa híbrida, adecuada.

El siguiente estudio propone evaluar la microfiltración in vitro utilizando diferentes sistemas adhesivos: SAD1B y sistemas de “un solo paso” o “todo en uno”: Etch & Prime 3.0, Prompt L-Pop y Vitremer como grupo control.¹⁰³

Para el estudio propuesto por Gagliardi y col. (2002),¹⁰³ al igual que los otros que se mencionarán, los autores utilizaron procedimientos característicos para la evaluación de la variable microfiltración. Se prepararon cavidades clase V, con márgenes gingivales en dentina. Los especímenes fueron termociclados. Se tiñeron en solución de nitrato de plata (AgNO₃) al 50% por 12 horas, lavados con agua corriente y colocados en una solución reveladora de fotografías bajo una luz fluorescente toda la noche. La evaluación fue realizada en base a; la penetración marginal fue registrada en una escala de 0 - 4, donde 0= No hay evidencia de penetración de nitrato de plata en la interfase diente-restauración; 1= Penetración de tinción a lo largo de la interfase a la mitad del largo de la cavidad, 2= Penetración mayor de la mitad, pero, no incluye la pared axial; 3= Penetración que envuelve la pared axial, pero no la pulpar y 4=

Penetración que envuelve la pared pulpar.¹⁰³

No hubo diferencias significativas entre los adhesivos de auto-grabado y los adhesivos de una botella, excepto por Durafil Bond.(peor comportamiento clínico). Prompt L-Pop obtuvo registros similares a Etch & Prime, él produjo el registro más bajo (en cuanto a microfiltración) de todos los sistemas adhesivos¹⁰³. En cuanto a registros de filtración marginal Prompt L Pop mostró que ocho de sus doce muestras, estuvieron entre los valores 1 y 2. mientras que Etch & Prime nueve de sus doce muestras entre los valores de 3 y 4.

De los resultados obtenidos por Prompt L-Pop, una explicación posible es que los adhesivos de auto-grabado son menos sensibles al agua, el agua al ser un componente esencial del sistema mejora el comportamiento de dicho sistema, otra explicación posible es que el bajo pKa de Prompt L-Pop es suficiente para grabar la capa de desecho y desmineralizar la dentina intacta subyacente con la formación de una auténtica capa híbrida. Tay y Pashley (2001) citado por Gagliardi y col (2002)¹⁰³

El comportamiento de Etch & Prime 3.0, fue similar a los

otros adhesivos de una botella, sin embargo, no fue tan eficiente en prevenir la microfiltración como Prompt L-Pop. Los resultados de Single Bond fueron similares, a los de Etch & Prime, en cuanto a los registros de filtración; ambos tienen alcohol y agua como solvente y dos hidroxietil metacrilato (HEMA) en su composición, la similitud de los resultados pudiera deberse a la semejanzas en cuanto a composición química se refiere¹⁰³.

En forma general, podemos decir que ninguno de los materiales evaluados elimina la microfiltración¹⁰³

Bajo la misma óptica de Gagliardi y Avelar (2002)¹⁰³, Guedes, Pontes y col. (2002),¹⁰⁴ realizaron un estudio para comparar la microfiltración de los sistemas adhesivos “todo en uno”, Etch & Prime y Promp L Pop; a los márgenes de dentina y esmalte, con un SAD1B.

Para dicho estudio utilizaron 30 cavidades bucales clase V, preparadas con márgenes en esmalte y dentina en dientes de bovino, divididos en tres grupos de diez especímenes cada uno. Cada uno de los sistemas se utilizó en un grupo, las muestras del tercer grupo se grabaron con ácido fosfórico al 35%, unido con el sistema de grabado total Prime & Bond 2.1. Todas las

muestras se restauraron con el mismo tipo de resina compuesta microhíbrida¹⁰⁴

Los especímenes fueron almacenados en un ambiente de humedad al 6% por 24 horas. De manera similar como en otros experimentos donde se evalúa microfiltración, se utilizaron las mismas condiciones del experimento de Gagliardi y Avelar(2002)¹⁰³. Se utilizó una escala de 0-3, donde 0= No hay penetración de tinción, 1= La tinción alcanza 1.0 mm de profundidad; 2= la tinción alcanza más allá de 1.0 mm de profundidad, 3= La tinción alcanza o sobrepasa la pared axial.

Los resultados en márgenes de esmalte mostraron que no había diferencias estadísticas significativas entre los grupos 1 y 2, siendo el grupo 1 los especímenes trabajados con Etch & Prime y el 2, los especímenes trabajados con Prompt L-Pop. En dentina no se observó diferencias estadísticas entre los tres sistemas adhesivos. Tanto en dentina como en esmalte la menor microfiltración se obtuvo con Prompt L Pop¹⁰⁴

Otro estudio que basa su investigación en la evaluación de la adaptación marginal de los adhesivos de autograbado, son los realizados por Ernst y col. (2002),⁸⁷ en el estudio en cuestión al

igual que los autores de investigaciones previamente mencionadas, estos desarrollaron un estudio in vitro, para comparar la penetración de tinción de una solución de azul de metileno al 2%, a los sistemas Prompt L-Pop II (sistema adhesivo de autograbado de un solo paso o “todo en uno”) y un SAD1B , en contraste a las condiciones convencionales de grabado con ácido fosfórico, específicamente en cavidades clase II, tomando como parámetro la colocación previa o posterior del material adhesivo a la colocación de la banda de metal, en el estudio se utilizaron 80 dientes recién extraídos.

Los dientes fueron distribuidos al azar en cuatro grupos de 20 dientes cada uno. Se realizaron cavidades clase II. Se colocó un sistema de matriz de metal alrededor de la preparación de clase II ⁸⁷.

Prompt L-Pop II se colocó sobre todas las paredes de la cavidad por 30 segundos. ⁸⁷

En ambos grupos donde se utilizó Prime & Bond, y un grupo con Prompt L-Pop II, la colocación del adhesivo fue realizada luego de colocar el sistema de matriz. En el otro grupo de Prompt L-Pop II, el sistema de matriz fue colocado después de

aplicar el adhesivo. Se escogió compómero Dyract AP, para restaurar todos los grupos.⁸⁷

Se les realizó a las muestras los debidos procedimientos para ser sometidas a evaluación de microfiltración. Los dientes fueron sumergidos en solución de tinción de azul de metileno al 2%, durante 10 segundos, luego de este procedimiento se examinaron las muestras bajo estereomicroscopio.⁸⁷

Se puede decir Prompt L-Pop II, exhibió mucha menos penetración de tinción marginal (lo que significa mejor sellado) cuando era aplicado antes de la colocación de la matriz. Cuando la matriz fue colocada primero, Prime & Bond NT, mostró resultados superiores para ambas técnicas de acondicionamiento⁸⁷

Se podría concluir que en el caso de ser necesaria la utilización de la banda, para el sistema adhesivo Prompt L Pop, se logran mejores resultados de sellado marginal, colocando la matriz metálica luego de haber añadido el sistema adhesivo⁸⁷.

Otro factor que se debe tomar en cuenta, es la dimensión del cepillo con el que se aplica Prompt L-Pop II, en relación a la

dimensión de la cavidad, con la banda colocada. Se debe tener en cuenta que la cantidad de agua remanente (el agua utilizada como solvente) en exceso en el espécimen, podría a través de los consecutivos secados permitir la penetración de aire dentro de la formación de la capa híbrida, no permitiendo que los monómeros polimericen completamente, debido a la inhibición de oxígeno dentro de la misma.⁸⁷

5.3.- Infiltración del substrato. Nanofiltración.

El término nanofiltración es originalmente utilizado para la descripción de zonas de microporos debajo o dentro de la capa híbrida, las cuales permiten que ocurra la penetración de trazas de materiales de tinción (nitrato de plata, azul de metileno, etc.) en ausencia de grietas interfaciales, Sano y col (1995)^{88,91}. La nanofiltración ocurre a través de estos microporos donde existe diferencias entre la profundidad de la desmineralización y la difusión del monómero, Pioch y col (2001)^{88,91}. Otros autores como Pashley y Carvahlo (1997)¹⁰⁸ son de la opinión que la nanofiltración se observa dentro de la dentina grabada y es considerada un tipo especial de permeabilidad dentinaria intertubular.

Para poner en evidencia la nanofiltración se utiliza en

algunos casos soluciones ácidas de nitrato de plata, sin embargo existe la posibilidad de un falso positivo debido a la misma solución en cuestión ^{88,91}.

Autores como Tay, King, Chan y Pashley (2002)⁹¹ propusieron investigar en su estudio, si había diferencias o no, en las manifestaciones de nanofiltración de los adhesivos de auto-grabado, cuando la interfase dentina-resina se ponía en evidencia a través de nitrato de plata amoniacal, para evitar los falsos positivos de los que se comentó anteriormente.

Se estudiaron tres SADAG comparándolos con un sistema adhesivo de auto-grabado, de “un solo paso” (AQ Bond) y se utilizaron como control cuatro poli(HEMA).⁹¹

Se realizó procedimiento acorde a tinción y se evaluaron los resultados. Los tres SADAG produjeron capas híbridas de similar espesor (0,5 a 1 μm) dentro de la dentina intertubular intacta. La interfase de unión de AQ Bond contiene numerosas burbujas, muchas de las cuales estaban directamente por debajo de los orificios tubulares. AQ Bond mostró un complejo hibridizado más grueso en algunas áreas debido a la

incorporación de la capa de desecho remanente de (1 a 1.5 μm de espesor), en el tope de la dentina intertubular hibridizada (0.5 a 1 μm)⁹¹

En los adhesivos de auto-grabado de “un solo paso“, los componentes hidrofóbicos e hidrofílicos de la resina son entremezclados previo a la polimerización. Puede ocurrir una separación de la fase de los componentes de la resina, así como el solvente en el cual ambos se encuentran solubles (acetona) se evapora, probablemente resultando la formación de una burbuja, así como también el patrón del complejo de tinción de plata dentro de la capa adhesiva de AQ Bond.⁹¹

Con lo que respecta al estudio en cuestión, por lo menos en dentina sana, los depósitos de plata presentes dentro de la capa híbrida, producidos por los adhesivos de auto-grabado, no son necesariamente causado por las disparidades entre la profundidad de la desmineralización y la infiltración de la resina. No hay nanofiltración en el sentido estricto, más bien pareciera representar áreas de permeabilidad incrementada dentro de la matriz de resina polimerizada, en la cual el agua es removida de manera incompleta de la dentina acondicionada (agente

imprimante) o en las capas de adhesivo, resultando en una región de polimerización incompleta y/o formación de un hidrogel.⁹¹

De la misma manera Tay, Pashley y Yoshiyama(2002)⁸⁸ compararon dos tipos de nanofiltración producidos por los sistemas adhesivos de “un solo paso“. Los sistemas estudiados fueron: Prompt L-Pop, Etch & Prime 3.0, One Up Bond y Reactmer Bond.

La investigación se realizó utilizando superficie oclusal de dentina coronal profunda, de terceros molares humanos. Para la evaluación de nanofiltración se dividieron en dos grupos, al primer grupo se le trató con nitrato de plata convencional (ph 4.2), al segundo grupo se le trató con nitrato de plata amoniacal, posteriormente se realizó el procedimiento para reducir los iones de plata o diamina de plata en granos metálicos de plata, se utilizaron los procedimientos acordes a la evaluación sobre nanofiltración por 24 horas.⁸⁸

Las muestras examinadas bajo el microscopio electrónico de barrido, exhibieron amplias diferencias en grados de acidez, que fueron reflejados en la profundidad con la cual los sistemas

adhesivos habían grabado la capa de desecho que cubría la dentina intacta.⁸⁸

Prompt L-Pop y Ecth & Prime 3.0 grabaron más profundamente y formaron una zona completamente desmineralizada sobre la dentina intacta, con un espesor de 4 a 5 μm . Mientras que One Up Bond y Reactmer Bond grabaron menos profundamente, formando una zona parcialmente desmineralizada sobre la dentina intacta, con un espesor de 0.75 y 1 μm .⁸⁸

Cuando el nitrato de plata convencional fue utilizado, la expresión de nanofiltración se observó a modo reticular, el cual podía ser identificado a lo largo de la fase dentina-resina, este consiste en una malla horizontal u oblicua de depósitos de plata alrededor de las fibras colágenas no teñidas, y una serie de betas o franjas verticales de depósitos de plata en forma de dendritas, que se extienden casi perpendicular de la superficie de la capa híbrida dentro de la capa adhesiva superpuesta.⁸⁸

El modo reticular de nanofiltración identificado con el uso de nitrato de plata convencional, no fue eliminado cuando los

especímenes fueron inmersos en nitrato de plata básicamente amoniacal. En adición, un nuevo patrón manchado de nanofiltración fue observado en todos los adhesivos examinados.

Se puede notar, que no hubo diferencia en la expresión de la nanofiltración en los adhesivos de auto-grabado, cuando la interfase dentina-resina era puesta de manifiesto con nitrato de plata convencional o amoniacal.⁸⁸

La presencia de modo reticular de nanofiltración, no puede ser atribuida a la incompleta infiltración de la resina. Estos microespacios parecen más bien áreas en las cuales el agua fue removida de manera parcial en la interfase dentina-resina. De hecho, todos los sistemas de auto-grabado contienen agua para ionizar los monómeros ácidos para lograr una efectiva desmineralización de los tejidos duros del diente. Mientras que el agua es fácil de remover para aquellos sistemas que utilizan acetona de base, es sin embargo, dificultoso para los adhesivos de base de etanol, debido a la gran capacidad del etanol de formar uniones de hidrógeno con el agua. Hansen's y Skaarup (1967) citados por Tay, Pashley y Yoshiyama (2002)⁸⁸.

En este contexto de unión a dentina un proceso

electroquímico no es requerido para la formación de árboles de agua, desde que ambos, el monómero de resina hidrofílica y el agua, están presentes en los sistemas de “un solo paso” y “adhesivos de auto-grabado”. Los autores especulan que el árbol de agua representa una región en la cual el volumen de agua es retenido dentro de la interfase dentina-resina. Mohsen y col. (2001) citado por Tay, Pashley y Yoshiyama (2002)⁸⁸.

Aunque los sistemas antes mencionado son comúnmente usados, buscando la reducción de los pasos del procedimiento, pareciera ser que los beneficios sobre el rendimiento del tiempo están siendo logrados a expensa del compromiso sobre la longevidad de la unión dentina-resina,⁸⁸.

5.4.- Biocompatibilidad de los Sistemas Adhesivos Dentinarios de “un solo paso”.

Para que cualquier sistema de unión pueda ser clínicamente exitoso, deben sus componentes químicos ser necesariamente biocompatibles con la estructura dentaria.² Los sistemas adhesivos dentinarios de “un solo paso”, no escapan a esta aseveración, en cuyo caso el estudio para determinar cual de sus componentes podría estar ocasionando algún daño, se hace más complicado. La investigación en humanos y animales, luego del

uso de sistemas adhesivos dentinarios muestran una baja incidencia de daño pulpar irreversible, sin embargo si se han notado cambios histopatológicos, los que incluyen infiltrado de células inflamatorias y formación de dentina irregular Dumsha y Beckerman(1986) Hebling, Giro y Costa (1999)¹⁰⁵.

Autores como Gómez de Ferraris y Campos Muñoz¹¹ son de la opinión de que a pesar de que los daños observados en el tejido pulpar han sido atribuídos casi exclusivamente a la acidez o toxicidad de los materiales de restauración, pueden incidir otros factores como por ejemplo irritación mecánica, presiones excesivas, microdefectos en el tejido dental, etc.

Es posible que la respuesta pulpar inflamatoria sea producida por una irritación a la pulpa, a través de los componentes químicos de los sistemas adhesivos a dentina, especialmente cuando las restauraciones se encuentran separadas de la pulpa por un espesor delgado de dentina, o cuando la pulpa es expuesta durante los procedimientos de preparación de la cavidad. Dumshan y Beckerman (1986); Al-Dawood y Wemberg (1993); Hebling, y col. (1999) citado por Chen, Liuiw y col (2001)¹⁰⁵ .

Estudios disponibles muestran que las reacciones pulpares a sistema de unión a dentina van de un rango desde ninguna reacción a reacción severa. La severidad de la reacción pulpar puede ser influenciada además de cómo ya se mencionó anteriormente por factores como la composición química de sus componentes, así como del procedimiento de aplicación clínico y también de la permeabilidad dentinaria. Pashley (1998); Soderholm (1991).^{105,106.}

Otros autores como Brannstrom y Nyborg(1972); Tarim y col (1998) citados por Kitasaco y col (2000) ⁹³ son de la opinión de que la inflamación pulpar puede ser ocasionada además por productos bacterianos introducidos a través de la microfiltración producida en la interfase diente-restauración. Es por esta razón que se piensa que una más alta resistencia de unión, que evite, en cierta medida la microfiltración, puede ser la responsable, hasta cierto punto de la posterior respuesta pulpar.

En su estudio en vivo, Kitasako y col. (2000),⁹³ investigaron sobre la biocompatibilidad y la resistencia de unión microtraccional de un sistema de unión, de “un solo paso“. Se utilizó para tal investigación un sistema experimental, de unión, de resina, de una sola aplicación (TOF-1, Tokuyama Corp.,

Tokuyama Japón).

Se realizaron cavidades clase V en 36 dientes intactos de monos. Se colocó el agente de unión según instrucciones. Luego se restauró con resina híbrida. Para el análisis histológico y la evaluación de este tópico, se realizan procedimientos de tinción. El análisis histológico se realizó bajo microscopio de luz, las muestras fueron estudiadas según a los 3 días, a los 30 y a los 90 días, de realizado el procedimiento. Las muestras fueron teñidas con Hematoxilina y Eosina ó con una modificación de Taylor de la técnica de teñido de Gram, para detectar microorganismos.⁹³

La infiltración de células inflamatorias fue evaluada con el siguiente criterio. Tabla III.

1.- Infiltrado de células inflamatorias:

- Sin reacción: caracterizado por la ausencia de células inflamatorias
- Leve: caracterizado por una pequeña cantidad de células inflamatorias esparcidas.
- Moderado: caracterizado por un aumento diferente de células inflamatorias.
- Severo: caracterizado por la formación de pequeños abscesos⁹³

2.- Deposición de dentina reparadora:

I No se observa incremento adicional, ni anormal, en espesor de dentina

circumpulpar debajo de los túbulos dentinarios cortados de la preparación de la cavidad.

II Pequeño y delgado anillo de dentina reparadora debajo de los túbulos dentinarios cortados del piso de la cavidad.

III Gran volumen de dentina reparadora nueva debajo de los túbulos dentinarios del piso de la cavidad ⁹³.

3.- Espesor de dentina remanente.

Cantidad de dentina remanente a lo largo de los túbulos dentinarios en su porción más delgada ⁹³.

4.- Teñido de bacterias.

Ausencia de desarrollo de bacterias teñidas en todas las secciones.

Desarrollo de bacterias teñidas positivo, a lo largo de las paredes coronales, paredes apicales o piso axial de la cavidad.

Desarrollo de bacterias teñidas positivamente, dentro de los túbulos dentinarios cortados del piso axial.

Desarrollo de bacterias teñidas positivamente dentro de la pulpa dental. ⁹³

Tabla III Análisis histopatológico. Extraído de Kitasaco y col. (2000) ⁹³.

En los dos primeros grupos: a los 3 días y a los 30 días de la colocación del material; no se observó penetración de bacterias a lo largo de las paredes de la cavidad y del tejido pulpar, en ninguno de los especímenes. No se observaron reacciones de la pulpa de tipo severo. Se observó infiltrado de células

inflamatorias, leves en solo 2 de las 30 muestras de pulpa. A los 90 días no se observó inflamación pulpar en ninguna de las muestras.

En cuanto a dentina reparadora se obtuvo lo siguiente:

Grupo de 3 días: El total de las muestras obtuvieron grado I

Grupo de 30 días: 6 muestras obtuvieron grado I ; 3 grado II y 1 grado III

Grupo de 90 días: 3 muestras obtuvieron grado I ; 6 grado II y 1 grado III

Estos resultados dejan ver que al transcurrir del tiempo existe mayor producción de dentina reparadora.

La resistencia de unión microtraccional a los 3 días tuvo un promedio de 20.6 MPa. y a los 90 días 14.9 MPa.⁹³ Es de hacer notar que se observa disminución de la resistencia a la unión adhesiva al transcurrir del tiempo, esto debe ser evaluado con períodos de tiempo más prolongados.

Los registros de tinción de las bacterias indican que TOF-1, provee un completo sellado contra la microfiltración bacterial.⁹³

De la investigación se puede concluir que el sistema adhesivo

TOF-1 (experimental) de “un solo paso” produce:

- 1.- Buen sellado en relación a la microfiltración.
- 2.- En cuanto a dentina reparadora se observó que existe una mayor respuesta de defensa por parte del diente en relación al tiempo.

Sonoda y col. (2002)⁹⁵ utilizaron el sistema de unión a dentina Reactmer Bond, el cual es un sistema “todo en uno”, además del material de resina Pasta Reactmer, ambos con características especiales, ya que desprenden flúor, el cual contiene entre sus componentes, para investigar la respuesta pulpar de mono a dicho sistema adhesivo, en dientes no expuestos, se utilizó un SADAG para establecer comparaciones

El material utilizado para este estudio como sistema adhesivo consta de dos compuestos que se mezclan para ser utilizados en un “paso único”.⁹⁵

Se trabajó en dientes intactos de monos japoneses. Fueron preparadas cavidades clase V. Los dientes experimentales fueron divididos en dos grupos, en uno de los cuales se trabajaría con Reactmer Bond y en el otro con el SADAG⁹⁵

Los estudios se realizaron luego de 3, 30 y 90 días. Las muestras se prepararon de manera similar a investigación de Kitasaco y col (2000)⁹³ en cuanto a estudios histológicos⁹⁵

La respuesta pulpar y la presencia de bacterias en la cavidad fueron evaluadas y medidas usando un microscopio de luz. Cambios odontoblásticos, infiltrados de células inflamatorias y formación de dentina reparadora fueron registradas en cuatro grados: Ninguno (-), leve (+ó-), moderada (+) y severa (++)⁹⁵.

Los investigadores pudieran observar en cuanto a cambios odontoblásticos se refiere, que en el grupo de Reactmer se obtuvo que uno de ocho especímenes mostró cambios leves en la capa odontoblástica a los 3 y a los 30 días, y no se observaron cambios a los 90 días. En cambio, en el grupo de Beautifil se obtuvo un cambio leve y un cambio moderado a los 3 días, no se observaron cambio a los 30 y 90 días, entre ellos no hubo diferencia significativa.⁹⁵ Pareciera indicar que la primera respuesta es un ligero cambio, y que luego la dentina recupera su condición normal.

El infiltrado de células inflamatorias en el grupo de Reactmer Bond se observó en dos de ocho especímenes, en forma leve, a

los 3 días y uno de ocho especímenes a los 30 días y ningún infiltrado de células inflamatorias se observó a los 90 días. En el grupo de Beutifill se detectó en uno de ocho especímenes a los 3 días en forma leve, y no se observó infiltrado de células en ningún espécimen a los 30 y 90 días. No se observó en ninguno de los dos grupos que el infiltrado de células inflamatorias fuera más de moderado.⁹⁵ Esto indica que el comportamiento de ambos es semejante con la tendencia a causar muy poco infiltrado de células inflamatorias.

A los tres días en ambos grupos se observó que no había ninguna irritación de dentina. En el grupo de Reactmer solamente se observó en uno de ocho especímenes a los 30 días de forma leve, y tres de los ocho especímenes a los 90 días. En el segundo grupo se obtuvo que uno de ocho especímenes a los 30 días presentaba en forma leve, y tres leves y una moderada a los 90 días.⁹⁵

En el presente estudio se observó que entre los dos sistemas adhesivos no hubo diferencias significativas en cuanto a inflamación pulpar, en ninguno de los períodos de tiempo estudiados⁹⁵.

Según estudios de diferentes autores, el sellado marginal protege a la pulpa al prevenir invasión bacteriana. Desde este punto de vista el coloreado de las bacterias permite evaluar si existe o no microfiltración marginal. En el estudio de Sonoda y col (2002) ⁹⁵ este registro de bacterias teñidas indicó que el sistema Reactmer Bond provee un casi completo sellado contra la microfiltración bacteriana, a través de intervalos de tiempo. Es de hacer notar que Reactmer Bond es un material restaurador con capacidad de liberación de flúor, se podría pensar que la ligera respuesta pulpar de las muestras son debidas a dicha liberación de flúor, Six y col (2000) citados por Sonoda y col (2002) ⁹⁵

La presencia de grietas a lo largo de la interfase dentina-restauración pueden permitir microfiltración marginal y eventual irritación pulpar. Muchos estudios han demostrado que la presencia de bacterias dentro de los túbulos dentinarios y pulpa dental fueron el factor más importante que conllevó a irritación pulpar, y una relación significativa entre penetración bacteriana y respuesta pulpar fue confirmada. Inokoshi y col. (1982) Harnirattisay y Hosoda (1991); Fujitani, Inokoshi y Hosoda (1992) citados por Sonoda y col (2002) ⁹⁵.

5.4.1.- Utilización de sistemas adhesivos de “un solo paso”, como recubridores pulpaes.

Numerosas investigaciones han sido realizadas a resinas adhesivas principalmente debido a su habilidad de proveer sellado biológico contra la microfiltración. Cox y Suzuki (1994); Kitasako y col. (2000) citados por Medina y col (2002) ^{92,95}. Este sellado es muy importante, debido a que los hallazgos de procesos inflamatorios pulpaes, han sido asociados siempre con bacterias, debajo de las restauraciones, Branstrom y Nyborg (1972) citados por Medina y col (2002) ⁹².

El concepto mencionado en el párrafo anterior es soportado por los resultados de recientes estudios que muestran, salud pulpar en dientes cubiertos por resina, cuando las bacterias y la microfiltración fueron eliminadas, Kitasako y col. (1999); Cox y col (1998); Akimoto y col (1998); citados por Medina y col (2002)⁹².

Existe sin embargo una segunda tendencia, donde autores han realizado estudios que muestran pobres resultados en dientes cubiertos con resina adhesiva, siempre en la ausencia de bacterias. Pereira, Segala y Costa (2000); Nascimento y col. (2000); Gwinnett y Tay (1997) citados por Medina y col (2002) ⁹².

reportan que la presencia de inflamación crónica en dientes cubiertos de resina interfiere con la formación de puentes de dentina. Se puede notar, que existen dos puntos de vista contrastantes del efecto de las resinas adhesivas sobre la pulpa expuesta, que no han sido resueltos durante la más reciente conferencia sobre complejo dentino-pulpar, Costa (2001) y Katoh (2001) citados por Medina y col (2002)⁹², donde fueron presentados resultados opuestos.⁹²

Es del conocimiento general que el hidróxido de calcio a sido considerado por muchos como un excelente agente de recubrimiento pulpar directo, desde su introducción por Hermann en 1920. El debe su popularidad a dos factores, su habilidad de inducir formación de dentina reparadora, Baume y Holz (1981); Lim y Kirk (1987) citado por Medina y col (2002)⁹² y su habilidad de contribuir a la salud pulpar debido a su característica bactericida, la cual ha sido atribuida a su alta alcalinidad, McWalter, El-Kafrawy y Mitchell (1973).⁹²

En el estudio realizado por Medina y col. (2002),⁹² se comparó la respuesta pulpar a siete resinas adhesivas (tres SAD1B, dos SADAG y dos sistemas adhesivos de “un solo paso”) y su respectiva resina compuesta, con hidróxido de

calcio comercial, el cual fue utilizado como grupo control. Estos materiales fueron aplicados a pulpas expuestas de monos. Los sistemas adhesivos de “un solo paso” fueron: AQ Bond y One Up-Bond F. La evaluación histopatológica de la desorganización del tejido pulpar, infiltrado de células inflamatorias, formación de dentina reparadora y penetración bacterial, fueron los tópicos a estudiar. El procedimiento se realizó a los 3 días, 30 días y 90 días.⁹²

Se dará mayor énfasis a resultados de sistemas adhesivos “todo en uno”, comparándolos con parámetros del grupo control.

En cuanto a la desorganización del tejido pulpar, luego de los 3 días tanto el grupo control como ambos sistemas adhesivos, “todo en uno”, exhibieron de suave a moderada desorganización del tejido pulpar, luego de 30 días, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre el grupo control y los sistemas de resina adhesiva. Al cabo de 90 días, la mayoría de los grupos mostró reorganización de capa odontoblástica y morfología normal de pulpa, a excepción de AQ Bond, la mayoría de las muestras con severa desorganización pulpar, mostró teñirse positivamente a las bacterias⁹²

La prueba en cuanto a infiltrado de células inflamatorias a los tres días, arrojó los siguientes datos, en el grupo del sistema adhesivo One Up-Bond F, se observó en relación al grupo control un alto infiltrado de células inflamatorias, este grupo posee inflamación de moderada a severa. Observaciones a los 30 días mostraron que el grupo de AQ Bond, mostró inflamación severa o pulpas necróticas. A diferencia del grupo de Dycal (grupo control), solamente mostró una muestra con infiltrado de células inflamatorias leves. En el término de los 90 días, se pudo notar que el grupo de AQ Bond presentó uno de los niveles más altos de infiltrado de células inflamatorias, en contraste con el grupo control. La mayoría de estas muestras de moderada a severa se relacionaron con presencia bacteriana. El grupo de Dycal mostró un solo caso de inflamación leve⁹².

Se podría concluir que en cuanto a éste tópico en mayor o menor proporción, los materiales estudiados pueden ocasionar perturbación pulpar⁹².

El término de dentina reparadora o puente de dentina, se puede utilizar para referirnos a la nueva generación de células odontoblásticas que responden a un estímulo fuerte, luego de la muerte del odontoblasto post-mitótico original, responsable de la

deposición de dentina primaria y de la segunda deposición de dentina secundaria.⁹² Luego de los 3 días no se observó formación de dentina reparadora en ninguno de los grupos. Sin embargo, a los 30 días, solamente el grupo de Dycal, fue capaz de formar un puente de dentina completo (cuatro de cinco dientes). El grupo de One Up-Bond F, es el segundo que muestra más alto número de puente de dentina formado. A los 90 días, el grupo de Dycal tiene puentes de dentina en las cinco muestras. El grupo de One Up-Bond F muestra tres especímenes con puentes de dentina formado.⁹²

El siguiente tópico de estudio fue la penetración bacteriana, no se consiguió tinción positiva a las bacterias, a los 3 días de estudio, para ninguno de los grupos. A los 30 días, los sistemas AQ Bond y One Up Bond F presentaron de ligero a moderado el rango de penetración bacteriana. Más aún, a los 90 días, AQ Bond presentó un caso de penetración bacteriana con inflamación pulpar severa.⁹²

Los análisis tanto histopatológicos como estadísticos, mostraron que los grupos podían ser clasificados en dos, uno de resultados aceptables y otro de resultados no aceptables. En el grupo de resultados aceptables se encontraba el grupo de Dycal,

y One Up-Bond F, mientras que el sistema de AQ Bond, se ubicó en el grupo de los no aceptables. Estos resultados parecen reforzar la conclusión de otros autores, de que la respuesta pulpar es afectada por el tipo de componentes químicos y no justamente por la presencia o ausencia de bacterias. Heys y col. (1981); Kato (1993); Sonoda y col. (2001) citados por Medina y col (2002)⁹² Es de hacer notar que la acetona forma parte de los tres grupos que mostraron resultados no aceptables. El hidróxido de calcio mostró ser el que actuaba más rápidamente en la resolución de la inflamación. El mostró que induce la formación de dentina reparadora temprana de manera más rápida, como muestra los resultados de otros estudios. Ebihara y Katoh (1996); Katoh y col. (1997); Suzaki y Katoh (1997).citados por Medina y col (2002)⁹²

Los resultados en general aceptables del grupo de One Up-Bond F, sugieren que esta resina adhesiva es biocompatible con el tejido pulpar. Estos hallazgos reafirman los resultados de los estudios citados en párrafo previo, los cuales muestran buenos resultados en recubrir dientes cuando las bacterias y la microfiltración se encuentran aparentemente ausentes. ⁹²

El estudio en cuestión pareciera demostrar que los dos

aspectos son importantes. Por un lado el hecho del sellado marginal, para prevenir la penetración bacteriana y por otro lado la composición química de los sistemas adhesivos investigados.⁹²

A pesar de los resultados el criterio de que ellos puedan ser utilizados como recubrimiento pulpar directo debe ser diferidos. Los resultados obtenidos en animales, no deben ser extrapolados a condiciones clínicas humanas Costa, Hebling y Hanks (2000) citados por Medina y col (2002).⁹²

6.- USOS CLINICOS REALES Y POTENCIALES DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS DE SEXTA GENERACIÓN O SISTEMAS ADHESIVOS DE AUTOGRABADO.

En la actualidad, puede decirse que los sistemas adhesivos de un solo paso, siguen en experimentación. Sería cuestionable que se utilizara un material por medio del cual se ahorraría tiempo en su colocación, a expensas de no cubrir con las expectativas en cuanto a condiciones básicamente de resistencia de unión adhesiva (tanto a la tracción como a la cizalladura), microfiltración y longevidad de la unión adhesiva se refiere. Los sistemas adhesivos de autograbado colocados en un solo paso

tienen en general variadas características en cuanto a composición química se refiere. Ellos según el solvente pueden contener agua, etanol, acetona ó una mezcla de varios de ellos, según esto, su comportamiento variará a expensas de las condiciones clínicas presentes.^{43,44,45.}

En cuanto a la variable de resistencia de unión adhesiva los sistemas adhesivos de autograbado de “un solo paso” y de dos pasos, han mostrado menores valores en cuanto a resistencia de unión tanto microtraccional, como a la cizalladura, en relación a sistemas adhesivos convencionales de varios pasos, así como a los “de una botella”, esto lo demuestran los estudios de Bouillaguet y col. (2001)¹⁰⁰; Inoue, Vargas, Abe y col (2001)⁸³; Tay, King, Suh y Paslhey (2001)⁸⁴. En estudios donde se evalúa su comportamiento entre varios sistemas de un solo paso, influyen ampliamente las condiciones de pretratamiento que se tomen en cuenta, esto así lo demuestran los estudios de Inoue, Uno y col (2001)⁸¹; Chávez y col. (2002);⁸⁹ Tani y Finger (2002)⁸⁶ y otros.

Las características de resistencia de unión adhesiva parece ser en definitiva un punto importante el cual debe ser mejorado para que de ésta manera, los sistemas adhesivos de

autograbado (de “un solo paso”) puedan competir con los sistemas convencionales tanto de tres pasos como de dos pasos, sin ocasionar injurias a la vitalidad del diente.

Actualmente los sistemas adhesivos de “un solo paso” han obtenido en cuanto a microfiltración se refiere, buenos resultados en comparación a los sistemas de generaciones anteriores. Ellos han demostrado que a pesar de que no pueden evitar la microfiltración definitivamente, muestran un nivel muy bajo de que esto ocurra, prueba de ello se puede observar en los estudios de Gagliardi y col (2002)¹⁰³; Guedez Ponte y col (2002)¹⁰⁴; Ernst y col (2002)⁸⁷;etc. El hecho de la aparente baja incidencia de microfiltración al utilizar estos productos podría convertirse en un hecho de mayor relevancia al evaluar y determinar cuál o cuáles factores son en definitiva los que determinan esta habilidad de los materiales en cuestión.

En cuanto a la variable de nanofiltración los sistemas en cuestión “todo en uno” han demostrado también buenos resultados clínicos, en estudio de Tay y col. (2002)⁹¹.

En cuanto a biocompatibilidad se ha llegado a la conclusión de que depende de varios factores la posible respuesta pulpar,

no solamente del potencial tóxico de un material restaurador. La respuesta pulpar de inflamación en dientes restaurados, puede ser causada por la presencia de productos bacterianos introducidos por microfiltración alrededor de las restauraciones. Prueba de esta afirmación la confirman estudios realizados por Kitasako y col. (2000)⁹³ ; Sonoda y col. (2002)⁹⁵. Medina y col. (2002)⁹². En este sentido se observa que los sistemas adhesivos de auto-grabado, de “un solo paso” poseen características que pueden ser de relevancia clínica para la salud pulpar.

Conociendo lo anteriormente expuesto es difícil considerar su uso en la clínica como un uso real, más bien valdría decir que las características que han aportado buenos resultados, sumadas a las propiedades que deben ser mejoradas, lograrían un material que podría convertirse a largo plazo, en un material de selección.

Según Roulet (2000)¹⁰⁷ el uso de las técnicas adhesivas ha ayudado a controlar problemas de diferente índole (uso potencial), ejemplo de ellos es el caso de sensibilidad dentaria, la cual muchas veces es el resultado de la abrasión y erosión de los túbulos dentinarios expuestos (área buco-cervical de los dientes) a la cavidad oral, lo que permite un micro-movimiento de los líquidos en el proceso odontoblástico, a través del sellado de

la dentina con los sistemas adhesivos se logra aliviar por al menos tres meses esta situación. Blunk y Roulet,(1996) citado por Roulet (2000)¹⁰⁷

7.- FUTUROLOGIA EN RELACION A LOS SISTEMAS ADHESIVOS DE “UN SOLO PASO”.

Muchas investigaciones en la actualidad giran en torno a tratar de reducir la contracción de polimerización en las resinas dentales. Parece necesario que la investigación deba realizarse en paralelo con los sistemas adhesivos, para poder lograr resultados favorables en ambos materiales, ya que ellos actúan en conjunto.

Recientemente algunas publicaciones han reportado las propiedades de varias mezclas de epoxi-poliol, las cuales muestran contracción volumétrica de al menos la mitad de las formulaciones de bis-GMA/TEGDMA manteniendo sin embargo la resistencia y rigidez equivalentes, Tilbrooks y colaboradores (2000) citados por Ferracane (2001)¹⁰⁹

Según Condon y Ferracane (2000) citado por Ferracane¹⁰⁹ el Metacrilato-estireno-alil alcohol (MSAA) fué utilizado para

reemplazar 20% o más de bis-GMA en una formulación de resina compuesta de bis-GMA/TEGDMA que contiene 62% de relleno y mostró que reduce la tensión de contracción de polimerización en un 20%, los autores presumen que esto sucede debido a un rearrreglo molecular para liberar la tensión.

Otros polímeros han sido utilizados para mejorar las propiedades mecánicas, proveer a la restauración de actividad anticariogénica así como también proveerla de actividad remineralizadora¹⁰

Autores como Ferracane¹⁰⁹ opinan que el avance en el uso de los polímeros en el campo de los cementos de base, materiales de restauración y otros alejan el propio avance de los sistemas adhesivos, un ejemplo de dicho comentario es el oxirano (epóxido) utilizado por las resinas de restauración, debido a las cualidades que posee en cuanto a adhesividad a diversos sustratos. La iniciación catiónica de reacciones de curado sobre superficies básicas como la apatita, no son llevadas a cabo por coincidencia, ya que la evidencia sugiere, que en un futuro cercano, se pueda eliminar la necesidad de un adhesivo intermediario.

Tay y Pashley (2002)¹¹⁰ son de la opinión que a pesar del desarrollo que han tenido los sistemas adhesivos en la última década, el incompleto sellado marginal, sensibilidad postoperatoria y una unión difícil de lograr dependiendo de algunos substratos diferentes (dentina esclerosada, cariada, etc) llaman la atención a tratar de mejorar sus propiedades. Con los avances en la biomimética, los futuros monómeros adhesivos dentinarios pueden contener componentes derivados de bioadhesivos marinos, a base de proteínas, segregadas por animales acuáticos como almejas, mejillón, etc haciéndolos menos dependientes de la energía superficial de los substratos de unión al cual van a adherirse, así como también menos susceptibles a la degradación hidrolítica .

Utilizando el concepto de liberación controlada, los futuros adhesivos pueden contener biosensores fluorescentes que puedan detectar los cambios de ph alrededor de las restauraciones que se encuentren filtradas. Ellos pueden tener la capacidad de auto-diagnóstico y auto-reparación en respuesta a las microgrietas formadas por tensión funcional dentro de la unión adhesiva. Otro rasgo importante que podría incluirse sería la liberación controlada de proteínas no colágenas para promover la remineralización de la matriz de colágeno (tanto en

dentina sana como en dentina cariada) y factores de crecimiento que induzcan la formación controlada de dentina reparadora¹¹⁰

Con el transcurrir del tiempo, se pondrán de manifiesto las realidades en cuanto al resultado de las investigaciones.

III. CONCLUSIONES

1.- Los resultados en cuanto a evaluaciones de resistencia de unión adhesiva no son concluyentes, debido a que cada material adhesivo, se comporta de diferente manera, bajo distintas condiciones clínicas. En la actualidad su uso rutinario no parece estar indicado.

2.- El procedimiento clínico debe llevarse a cabo siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante, ya que al variar su composición química, su procedimiento suele ser diferente.

3.- Los resultados de Resistencia de Unión Adhesiva, tanto microtraccional así como de cizalladura, de los sistemas adhesivos de “un solo paso” son variables e inconsistentes, considerados en relación a la unión a dentina. Parece indicar que los sistemas antes mencionados no poseen los requerimientos necesarios para la producción de una capa híbrida efectiva.

4.- El uso retardado de la lámpara de curado luego de colocados tanto el sistema adhesivo, como el material restaurador, influye desmejorando la resistencia de unión

adhesiva del sistema adhesivo utilizado.

5.- Los investigadores pudieron determinar que la capa de desecho aumentaba su espesor a medida que aumentaba el tamaño del grano del abrasivo. En cuanto a los antes expuesto, los sistemas adhesivos de “un solo paso” mejoran su comportamiento en cuanto a resistencia de unión adhesiva se refiere (microtracción-cizalladura), cuando son utilizados sobre una capa de desecho delgada, la cual es producida por piedras de diamante o papel de lija de grano de menor tamaño.

6.- El espesor de la capa híbrida, se encuentra relacionado con el rendimiento clínico de los adhesivos.

7.- Sistemas adhesivos de “un solo paso”, alcanzaron una resistencia de unión (a la cizalladura) de igual o mayor magnitud que los agentes adhesivos de las Resinas Modificadas de Poliácido.

8.- Las observaciones en el microscopio electrónico de barrido de la superficie de dentina tratada, mostraron que la desmineralización de la superficie de dentina, luego de la utilización de sistemas adhesivos de “un solo paso”, fue más

pronunciada con la aplicación más larga del adhesivo, además se pudo observar que la resistencia de unión tiende a incrementarse con la aplicación prolongada de sistemas adhesivos de “un solo paso”.

9.- En cuanto a microfiltración las diferentes pruebas de tinción, demuestran que se logra un sellado marginal aceptable clínicamente, sin embargo, la microfiltración siempre estuvo presente.

10.- Dependiendo de los componentes químicos, así como de la técnica restauradora utilizada en algunos sistemas adhesivos de “un solo paso”, algunos de ellos muestran mucha menos penetración de tinción marginal cuando son aplicados antes de la colocación de la matriz metálica (cavidades clase II). Cuando la matriz es colocada primero, dichos materiales muestra resultados inferiores.

11.- En cuanto a nanofiltración, se observan depósitos teñidos, los cuales no son necesariamente disparidades entre la profundidad de la desmineralización y la infiltración de la resina, sino al parecer áreas de permeabilidad incrementada dentro de la matriz de resina polimerizada.

12.- La evaluación de los resultados en base a sensibilidad post-operatoria, demostró que dichos sistemas ocasionan apenas alguna reacción leve temprana, la cual, en los días sucesivos, es reversible.

13.- Según estudios de diferentes autores, el sellado marginal que producen los sistemas adhesivos de “un solo paso”, protege a la pulpa al prevenir invasión bacteriana.

14.- En cuanto a biocompatibilidad se podría concluir que en mayor o menor proporción, los sistemas adhesivos de “un solo paso” o “todo en uno” pueden ocasionar perturbación pulpar.

15.- En cuanto al tópico de biocompatibilidad pareciera que tanto el aspecto de la composición química de los sistemas adhesivos de “un solo paso”, así como el hecho del sellado marginal (para prevenir la penetración bacteriana), que ellos proporcionan, son de vital importancia para que ellos puedan ser considerados como biocompatibles.

IV. REFERENCIAS

1. Buonocore, M.G.A., Simple Method of Increasing the Adhesion of Acrylic Filling Materials to Enamel Surfaces. *Journal of Dental Research*, 1955, 34, 849 - 853.
2. Nakabayashi N. y Pashley D.H. *Hibridization of Dental Hard Tissues*. Quintessence Publishing Co. Ltd., 1998.
3. Barkmeier W.W., Cooley R.L. Laboratory Evaluation of Adhesive Systems. *Operative Dentistry*, Supplement 5, 1992, 50-61.
4. Fusayama T., Nakamura M., Kurosaki N., Iwaku M. Non-Pressure Adhesion of a New Adhesive Restorative Resin. *Journal of Dental Research*, 1979, 58, 1364 - 1370.
5. Latta M.A. y Barkmeier W.W. Adhesivos dentales en odontología restauradora contemporánea. *Clínicas Odontológicas de Norteamérica, Odontología Estética*. 1998, 587 - 599.
6. Eick J.D., Wilko R.A., Anderson C.H., Sorensen S.E. Scanning Electron Microscopy of Cut Tooth Surfaces and Identification of Debris by Use of the Electron Microprobe. *Journal of Dental Research*, 1970, 49, 1359 - 1368.
7. Kanca J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence International*, 1992, 23, 39-41.
8. Van Meerbeek B, Vargas, M., Inoue S., Yoshida Y., Peumnas M., Lambrechts P. y Vanherle G. Adhesives and Cements to Promote Preservation Dentistry. *Operative Dentistry*, Supplement 6, 2001, 119-144.
9. Gómez de Ferraris, Campos Muñoz, *Esmalte, Histología y Embriología Buco Dental*, Editorial Medica Panamericana, 2001, 228-265.
10. Abramovich A. *Esmalte, Histología y Embriología Dentaria*, Editorial Medica Panamericana, Segunda Edición, 1999, Capítulo 6, 118-152.
11. Gómez de Ferraris, Campos Muñoz, *Histología y*

Embriología Buco Dental, Capítulo 9, Editorial Medica Panamericana, 2001, 195-225.

12. Abramovich A., Histología y Embriología Dentaria. Dentina. Editorial Medica Panamericana, Segunda Edición, 1999, Capítulo 3, 42-74.
13. Craig R. (Ph.D.), Waid M.L., Prof. Harcour E. Fenómenos superficiales aplicados. Materiales de Odontología Restauradora, Décima Edición, 1998, Capítulo 2, 16-27.
14. Díaz Siohl, A. Evaluación de la Resistencia de Uniones Adhesivas del Vitremer a la Dentina como Substrato variable. Diciembre 1995.
15. Reeder O.W., (and others). Dentin permeability: Determinants of hydraulic conductance. Journal Dental Research, 57, 1978.
16. Pashley D.H. (and others). Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro. Arch. Oral Bio., 23 1978.
17. Pashley D.H. and Livingston M.J. Effects of molecular size on permeability coefficients in human dentine. Arch. Oral Bio., 23, 1978.
18. Pashley D.H., (and others). The effects of acid etching on the in-vivo permeability of dentine in the dog. Arch. Oral Bio. 28, 1983.
19. Gwinnett A.J. Smear Layer: Morphological Considerations. Operative Dentistry, Supplement 3, 1984, 3-12.
20. Pashley D.H. Smear Layer: Physiological Considerations. Operative Dentistry, Supplement 3, 1984, 13-29.
21. J.W.V. van Dijken, P. Hörstedt. The effects of GLUMA and GLUMA/ Scotchbond on in vivo marginal adaptation of a composite resin to dentin. Dental Materials, 1989, 5, 165-167.
22. Pashley D.H., Michelich V., Kehl T. Dentin permeability: Effects of smear layer removal. The Journal of Prosthetic Dentistry, 1981, 46, 531-536.

23. Pashley D.H., Horner J.A., Brewer P.D. Interactions of Conditioners on the dentin Surface. Operative Dentistry, Supplement 5, 1992, 137-150.
24. Anusavice K.J. Estructura de la materia y principios de la adhesión. Ciencia de los Materiales Dentales de Phillips. Décima Edición, Mc Graw Hill Interamericana, 1998, Capítulo 2, 13-32.
25. Phillips R.W. Estructura de la Materia. Adhesión. La ciencia de los Materiales Dentales de Skinner. Novena Edición, Mc Graw Hill Interamericana, Capítulo 2, 11-28.
26. Robert Craig, Marcus L Waid. Materiales de Odontología Restauradora. Capítulo 2, Décima Edición, 1998
27. Baier, Robert. Principles of Adhesion. Operative Dentistry, Supplement 5, 1992, 1-9.
28. Carpena L. Guilherme, Narciso B. Luiz, Caldeira de A. Mauro, Clovis C. Luiz. Dental adhesión: Present state of the art and future perspectives. Quintessence International, 2002, 33, 213-224.
29. Bedran de Castro A.K., Hara A.T., Pimenta L.A. Influence of Collagen Removal on Shear Bond Strength of One-bottle Adhesive Systems in Dentin. The Journal of Adhesive Dentistry, 2000, 2, 271-277.
30. Capel, Cardozo, Fernanda Tranchesí Sadek, Cecilia Goracci, Marco Ferrari. Adhesion Testing with the Microtensile Method: Effects of Dental Substrate and Adhesive System on Bond Strength Measurements. The Journal of Adhesive Dentistry, 2002, 4, 291-297.
31. Prati C., Chersoni S., Mongiorgi R., Pashley D.H. Resin-infiltrated Dentin Layer Formation of New Bonding Systems. Operative Dentistry, 1998, 23, 185-194.
32. Perdigão, J, May, KN, Wilder, A D., Lopes M. The Effect of Depth of Dentin Demineralization on Bond Strengths and Morphology of the Hybrid Layer. Operative Dentistry, 2000, 5, 186-194.
33. Phrukkanon S., Burrow M.F., Tyas M.J. The effect of

- Dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. *Journal of Dentistry*, 1999, 27, 265-274.
34. Ogata M., Okuda M., Nakajima M., Pereira P.N.R., Sano H., Tagami J. Influence of the Direction of Tubules on Bond Strength to Dentin. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 27-35.
 35. Tanumiharja M., Burrow M., Tyas M., Carpenter J. Field-Emission Scanning Electron Microscopy of Resin-Dentin Interface Morphology of Seven Dentin Adhesive Systems. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2000, 2, 259-269.
 36. Nakaoki Y., Nikaido T., Burrow M.F., Tagami J. Effect of Residual Water on Dentin Bond Strength and Hybridization of a One-Bottle Adhesive System. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 563-568.
 37. Pilo R., Ben-Amar A. Comparison of microleakage for there one-bottle and three multiple-step dentin bonding agents. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1999, 82, 209-213.
 38. AA AL-Ehaideb. Mohammed. Microleakage of "one bottle" Dentin Adhesives. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 172-175
 39. Lucena Martin, C ., Gonzalez Rodríguez MP., Ferrer Luque, CM., Robles Gijón, V., Navajas, JM. Influence of Time and Thermocycling on Marginal Sealing of Several Dentin Adhesives Systems. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 550-555.
 40. Carpena L. Guilherme, Narciso B. Liz, Caldeira de A. Mauro, Clovis C. Luiz. Dental adhesión: Present state of the art and future perspectives. *Quintessence International*, 2002, 33, 213-224.
 41. Da Silveira P. Gisele D., Sartini P. Luis A. M., De Goes Mario F., Dos Santos D. Carlos T. How Wet Should Dentin Be? Comparison of Methods to Remove Excess Water During Moist Bonding. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2001, 3, 257-264.
 42. Blunck Uwe y Haller Bernd. Clasificación de los sistemas de adhesión (sistemas bonding), *Odontología Conservadora*. Quintessence (ed. esp.), 2001, 14, 129-140.

43. Yoshiyama M., Sano H., Ebisu S., Tagami J., Ciucchi B., Carvalho R.M. and others. Regional Strengths of Bonding Agents to Cervical Sclerotic Root Dentin. *Journal Dental Research*, 1996, 75, 1404-1413.
44. Prati C., Chersoni S., Mongiorgi R., Montanari G., Pashley D.H. Thickness and Morphology of Resin-infiltrated Dentin layer in Young, Old, and Sclerotic Dentin. *Operative Dentistry*, 1999, 24, 66-72.
45. Tay F.R., Kwong S.M., Itthagarun A., King N.M., Yip H.K., Moulding K.M. and others. Bonding of a Self-Etching Primer to Non-carious Cervical Sclerotic Dentin: Interfacial Ultrastructure and Microtensile Bond Strength Evaluation. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2000, 2, 9-28.
46. Giannini Marcelo, Carvalho Ricardo M., Martins Luis R., Dias Carlos T., Pashley David H. The Influence of Tubule Density and Area of Solid Dentin on Bond Strength of Two Adhesive Systems to Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2001, 3, 315, 324.
47. Tay Franklin R., Carvalho Ricardo, Sano Hidehiko, Pashley David H. Effect of Smear Layers on the Bonding of a Self-etching Primer to Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2000, 2, 99-116.
48. Tay Franklin R., Sano Hidehiko, Carvalho Ricardo, Pashley Edna L., Pashley David H. An Ultrastructural Study of the Influence of Acidity of Self-etching Primers and Smear Layer Thickness on Bonding to Intact Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2000, 2, 83-98.
49. Macchi, Ricardo. *Materiales Dentales. Adhesión a los Tejidos Dentarios. Capítulo 15*, Editorial Médica-Panamericana, 2000, 167-182.
50. Yoshikawa T., Sano H., Burrow M.F., Tagami J., Pashley D.H. Effects of Dentin Depth and Cavity Configuration on Bond Strength. *Journal Dental Research*, 1999, 78, 898-905.
51. Nikaido T., Kunzelmann K.H., Ogata M., Harada N., Yamaguchi S., Cox C. and others. The in Vitro Dentin Bond

- Strengths of Two Adhesive Systems in Class I Cavities of Human Molars. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2002, 4, 31-39.
52. Wakefield C.W., Draughin R.A., Sneed W.D., Davis T.N. Shear Bond Strengths of Six Bonding Systems Using the Pushout Method of in Vitro Testing. *Operative Dentistry*, 1998, 23, 69-76.
 53. Belli S., Unlu N., Ozer F. Bonding Strength to Two Different Surfaces of Dentin Under Simulated Pulpal Pressure. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2001, 3, 145-152.
 54. Lucena-Martin C., González M.P., Ferrer C.M., Robles V., Navajas J.M. Study of the Shear Bond Strength of Five One-Component Adhesives under Simulated Pulpal Pressure. *Operative Dentistry*, 1999, 24, 73-80.
 55. Saboia V., Rodrigues A.L., Pimenta L.A.F. Effect of Collagen Removal on Shear Bond Strength of Two Single-Bottle Adhesive Systems. *Operative Dentistry*, 2000, 25, 395-400.
 56. Van Meerbeek B., Perdigao J., Lambrechts P., Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *Journal of Dentistry*, 1998, 26, 1-20.
 57. Zivkovich S. Valoración de la calidad del sellado marginal empleando 7 adhesivos dentinarios. *Odontología Conservadora*. Quintessence (ed. esp.), 2001, 14, 536-542.
 58. Choi K.K., Condon J.R., Ferracane J.L. The Effects of Adhesive Thickness on Polymerization Contraction Stress of Composite. *Journal Dental Research*, 2000, 79,(3), 812-817.
 59. Manhart J., Chen H.Y., Mehl A., Weber K., Hickel R. Marginal quality and microleakage of adhesive class V restorations. *Journal of Dentistry*, 2001, 29, 123-130.
 60. Saboia V., Pimenta L., Ambrosano G. Effect of Collagen Removal on Microleakage of resin Composite Restorations. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 38-43.

61. Pioch T., Staehle H.J., Wurst M., Duschner H., Dorfer C. The Nanoleakage Phenomenon: Influence of Moist vs Dry Bonding. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2002,4,23-30.
62. Paul S.J., Welter D.A., Ghazi M., Pashley D.h. Nanoleakage at the Dentin Adhesive Interface vs u-Tensile Bond Strenght. *Operative Dentistry*, 1999, 24, 181-188.
63. Li H., Burrow M., Tyas M. Nanoleakage of Cervical Restorations of Four Dentin Bonding Systems. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2000, 2, 57-65.
64. Li H., Burrow M., Tyas M. The Effect of Long-Term Storage on Nanoleakage. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 609-616.
65. Okuda M., Pereira P., Nakajima M., Tagami J. Relationship Between Nanoleakage and Long-Term Durability of Dentin Bonds. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 482-490.
66. Okuda M., Pereira P., Nakajima M., Tagami J., Pashley D.H. Long-Term Durability of Resin Dentin Interface: Nanoleakage vs Microtensile Bond Strenght. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 289-296.
67. Kubo S., Li H., Burrow M. Tyas M. Nanoleakage of Dentin Adhesive Systems Bonded to Carisolv-Treated Dentin. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 387-395.
68. Ivanyl I., Balogh A.E., Rosivall L., Nyárasdy I. In Vivo Examination of the Scotchbond Multi-Purpose Dental Adhesive System in Rat (Vitalmicroscopic Study). *Operative Dentistry*, 2000, 25, 418-423.
69. Kitasako Y., Inokoshi S., Fujitani M., Otsuki M., Tagami J. Short-Term Reaction of Exposed Monkey Pulp beneath Adhesive Resins. *Operative Dentistry*, 1998, 23, 308-317.
70. Stanley H.R., Gainesville F., Lundy T. Dycal therapy for pulp exposures. *Oral Surg.*, 1972, 34, 818-827.
71. Ivanyl I., Balogh A.E., Fazekas A., Rosivall L., Nyárasdy I. Comparative Analysis of Pulpal Circulatory Reaction to an Acetone-Containing and an Acetone-Free Bonding Agent as Measured by Vitalmicroscopy. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 367-372.

72. Panduric V., Knezevic A., Tarle Z., Sutalo J. The efficiency of dentine adhesives in treating non-carious cervical lesions. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2001, 28, 1168-1174.
73. Sensat M., Brackett W., Meinberg T., Beatty M. Clinical evaluation of two adhesive composite cements for the suppression of dentinal cold sensitivity. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2002,88,50-53.
74. Perdigao J., Swift E., Lopes G. Effects of repeated use on bond strengths of one-bottle adhesives. *Quintessence International*, 1999,30, 819-823.
75. Swift E., Wilder A., May K., Waddell S., Shear Bond Strengths of One- Bottle Dentin Adhesives Using Multiple Applications. *Operative Dentistry*, 1997, 22, 194-199.
76. Abate P., Rodriguez V., Macchi R. Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. *Journal of Dentistry*, 2000, 28, 437-440.
77. Perdigao, J., Frankemberguer, R., Effect of solvent and rewetting time on dentin adhesion. *Quintessence Int.*, 2001,32, 385-390.
78. Finguer, W., Bankenhold, M. Rewetting Strategies for Bonding to Dry Dentin with an Acetona-Based Adhesive. *Journal Adhesive Dentistry* 2000, 2, 51-56.
79. Zheng ,L., Pereira, PNR., Nakajima M, Sano, H., Tagami, J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 97-104.
80. Brackett W.W., Covey D.A., St. Germain H.A. Jr. One-Year Clinical Performance of a Self-Etching Adhesive in Class V Resin Composites Cured by Two Methods. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 218-222.
81. Inoue H., Inoue S., Uno S.,Takahashi A., Koase K., Sano H. Microtensile Bond Strenght of Two Single-step Adhesive Systems to Bur-prepared Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2001, 3,129-136.
82. Manhart J., Hickel R. Estudio clínico sobre la utilización de un adhesivo all-in-one. Primeros resultados tras 6 meses.

Quintessence (ed. esp.), 2001, 14, 599-611.

83. Inoue S., Vargas M., Abe Y., Yoshida Y., Lambrechts P., Vanherle G. and others. Microtensile Bond Strength of Eleven Contemporary Adhesives to Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2001, 3, 237-245.
84. Tay F.R., King N.M., Suh B.I., Pashley D.H. Effect of Delayed Activation of Light -cured Resin Composites on Bonding of All-in-One Adhesives. *The journal of Adhesive Dentistry*, 2001,3, 207-225.
85. Miyazaki M., Iwasaki K., Onose H. Adhesion of Single Application Bonding Systems to Bovine Enamel and Dentin. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 88-94.
86. Tani C., Finger W. Effect of Smear Layer Thickness on Bond Strength Mediated by Three All-in-One Self-etching Priming Adhesives. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2002, 4, 283-289.
87. Ernst C.P., Streicher S., Willershausen B. Marginal Adaptation of Self-etching Adhesives in Class II Cavities. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2002, 4, 223-231.
88. Tay F.R., Pashley D.H., Yoshiyama M. Two Modes of Nanoleakage Expression in Single-step Adhesives. *Journal Dental Research*, 2002, 81, 472-476.
89. Chaves P., Giannini M., Bovi G. Influence of Smear layer Pretreatments on Bond Strength to Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2002, 4, 191-196.
90. Moll K., Park H.J., Haller B. Bond Strength of Adhesive / Composite Combinations to Dentin Involving Total and Self-etch Adhesives. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2002, 4,171-180.
91. Tay F.R., King N.M., Chan K.M. Pashley D.H. How Can Nanoleakage Occur in Self-etching Adhesive Systems that Demineralize and Infiltrate Simultaneously?. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 2002,4,255-269.
92. Medina V.O., Shinkai K., Shirono M., Tanaka N., Katoh Y. Histopathologic Study on Pulp Response to Single-Bottle

- and Self- Etching Adhesive Systems. *Operative Dentistry*, 2002,27, 330-342.
93. Kitasako Y., Nakajima M., Pereira P., Okuda M., Sonoda H. and others. Monkey Pulpal response and microtensile bond strength beneath a one application resin bonding system in vivo. *Journal of Dentistry*, 2000, 28,193-198.
 94. Miyazaki M., Tsubota K., Onose H., Hinoura K. Influence of Adhesive Application Duration on Dentin Bond Strength of Single-Application Bonding Systems. *Operative Dentistry*, 2002,27,278-283.
 95. Sonoda H., Sasafuchi Y., Kitasako Y., Arakawa M., Otsuki M., Tagami J. Pulpal Response to a Fluoride-Releasing All-in-One Resin Bonding System. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 271-277.
 96. Anusavice K.J. *Enlace. Ciencia de los Materiales Dentales de Phillips. Décima Edición*, Mc Graw Hill Interamericana, 1998, Capítulo 13, 313-324.
 97. La Nata, E. *Operatoria dental. Estetica y Adhesión*. Editor Grupo Guia,2003. Buenos Aires-Argentina.
 98. Nunes, M. Swift, E. Perdigao, J. Effects of demineralization Depth on Microtensile Bond Strength to Human Dentin. *Journal of Dentistry*.2001, 29, 307-316.3, 137-143.
 99. Tyas, M. Test Methods to Evaluate Adhesive Strength to Tooth Structure. *Adhesion Test Methods Simposium:2001 June 30: Chiba, Japan: Intenational Organization for Stantandardization (ISO)*.
 100. Bouillaguet S., Gysi P., Wataha J., Ciucchi B., Cattani M. and Others. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step and self-etching adhesive systems. *Journal of Dentistry*, 2001,29,55-61.
 101. Öberlander H., Friedl K.H., Schmalz G. Bond Strenght of Polyacid-Modified Resins Using a New One-Step Adhesive System. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 127-133.
 102. Kazemi R.B., Meiers J.C., Peppers K. Effect of Caries Disclosing Agents on Bond Strengths of Total-Etch and

Self-Etching Primer Dentin Bonding Systems to Resin Composite. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 238-242.

103. Gagliardi R.M., Avelar R.P. Evaluation of Microleakage Using Different Bonding Agents. *Operative Dentistry*, 2002, 27, 582-586.
104. Guedes D., Tavares A., Monnerat A. Microleakage of new all-in-one adhesive systems on dentinal and enamel margins. *Quintessence International*, 2002, 33, 136-139.
105. Chen R.S., Liuiw C.C., Tseng W.Y., Hong C.Y., Hsieh C.C., Jeng J.H. The Effect of Curing Light Intensity on the Cytotoxicity of a Dentin-Bonding Agent. *Operative Dentistry*, 2001, 26, 505-510.
106. Koliniotou E., Dionysopoulos P., Koulaouzidou A., Kortsaris A., Papadogiannis Y. In vitro citotoxicity of six dentin bonding agents. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2001, 28, 971-975.
107. Roulet, J. Adhesive Dentistry in the 21st Century. Buonocore Memorial Lecture. *Operative Dentistry*, 2000, 25, 355-366.
108. Wilson, N. Direct adhesive materials: current perceptions and evidence future solutions. Conference report. *Journal of Dentistry*. 2001, 29, 307-316.
109. Ferracane, J.L. New Polymer Resins for Dental Restoratives. *Operative Dentistry, Supplement 6*, 2001, 199-209.
110. Tay, F. Pashley, D. Dental Adhesive of the Future. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2002, 4, 91-103.
111. Instructivo para la Presentación del trabajo especial de grado. UCV.