

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ÁREA DE BIOMATERIALES ODONTOLÓGICOS

“ANÁLISIS COMPARATIVO IN VITRO DEL GRADO DE MICROFILTRACIÓN
MARGINAL DE RESTAURACIONES DE RESINA COMPUESTA REALIZADAS
USANDO SEIS ADHESIVOS DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES, CON Y
SIN EVAPORAR SUS SOLVENTES”

MIGUEL PATRICIO RICH EHRlich

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUICITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA

TUTOR PRINCIPAL:
PROF. DR. MARCELO BADER MATTAR

TUTOR ASOCIADO:
PROF. DR. MANUEL EHRMANTRAUT NOGALES

SANTIAGO – CHILE
2005

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
MARCO TEÓRICO.....	5
HIPÓTESIS.....	52
OBJETIVO GENERAL.....	53
OBJETIVOS ESPACÍFICOS.....	54
MATERIAL Y MÉTODO.....	58
RESULTADOS.....	65
DISCUSIÓN.....	72
CONCLUSIONES.....	77
RESUMEN.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82

INTRODUCCIÓN

Los principales problemas a los que se ve enfrentado el odontólogo general en su quehacer diario son la caries y la enfermedad periodontal, presentando estas una muy alta prevalencia tanto a nivel nacional como mundial (1-2).

La caries dentaria es una enfermedad infectocontagiosa de carácter multifactorial que al no ser detectada en sus primeros estadios producirá daños importantes en los tejidos dentarios, los cuales no tienen capacidad de regenerarse, por lo que esta perderá sus características anatomofuncionales. Es aquí donde el odontólogo y la ciencia juegan un papel fundamental desarrollando materiales que devolverán a la pieza dentaria su forma y función (1-2).

Para estos fines, la industria odontológica ha desarrollado una serie de biomateriales de obturación, cuyas principales funciones son sellar la pieza dentaria y restituir su integridad dañada por caries, fracturas, erosiones o preparaciones cavitarias, evitando de este modo la entrada de contaminantes y microorganismos desde el medio ambiente oral, así como un movimiento de fluidos perjudicial a través de las interfaces (9).

Para ello, estos materiales deben cumplir con una serie de requisitos, tales como estabilidad dimensional de fraguado, estética (color, matiz, translucidez), propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, compresión, cizalla), propiedades

químicas (insoluble en el medio bucal), propiedades físicas (no ser conductores térmicos ni eléctricos, expansión térmica similar a la del diente, etc.) y propiedades biológicas (inocuo sobre los tejidos, etc.) (3).

Por mucho tiempo, el material de restauración mas utilizado ha sido la amalgama dental. Sus adecuadas propiedades físicas y fácil manipulación, la han hecho el material de elección para la restauración de piezas dentarias posteriores. Sin embargo, este material presenta algunos inconvenientes, como es la falta de adhesión al tejido dentario, lo que hace necesario destruir gran cantidad de tejido sano con el objeto de crear retenciones para el material, además, no posee condiciones estéticas acorde a las exigencias de hoy.

Debido a estos inconvenientes surgieron otros materiales restauradores, uno de los cuales es la resina compuesta, que ha evolucionado vertiginosamente logrando un resultado estético muy satisfactorio para el paciente. Sin embargo este material carece de una adhesión específica a la superficie dentaria, motivo por el cual se han buscado distintos mecanismos para mejorar la adhesión, lo que se ha logrado a través de la utilización de un sistema adhesivo, el cual produce una trabazón mecánica dada por efectos geométricos y reológicos, generados por la contracción del material. Por otro lado, el adhesivo se uniría con enlaces químicos primarios a la resina compuesta (5,7,8).

Además, en su composición el adhesivo posee solventes, los cuales cumplen la función de remover la humedad residual y mejorar la penetración y humectación de la resina de enlace, puesto que actúan como intercambiadores de agua, desplazándola y llevando el agente imprimador de la resina hacia la dentina desmineralizada.

Los sistemas adhesivos utilizan como solventes principalmente etanol, acetona, agua y combinación de estos. Debido a que en general estos solventes son volátiles, al evaporarse podrían generar cambios en las proporciones de ellos en la composición general del adhesivo, las que podrían afectar a las propiedades de los sistemas adhesivos, los que a su vez alteraría el resultado de la restauración final (4,5,6).

Es por este motivo que se realizó el presente estudio para determinar si la evaporación del solvente de los sistemas adhesivos influye en el grado de microfiltración de las restauraciones de resina compuesta.

MARCO TEÓRICO

La odontología tiene como principal objetivo mantener la integridad del Sistema Estomatognático. Por ello cada vez que se presenta alguna alteración en este sistema se deben otorgar soluciones adecuadas, recurriendo a métodos y técnicas que permitan devolverle su integridad (1).

La problemática odontológica actual se ha esforzado por dar solución a las patologías bucales de mayor prevalencia en la población mundial, como son las enfermedades periodontales y la caries en sus diversas formas (1-2). Precisamente es en la caries, junto con otras patologías de menor incidencia como los traumatismos dentoalveolares, donde la odontología restauradora tiene su acción puesto que es la especialidad encargada de rehabilitar la estructura dentaria dañada por la pérdida de tejido (1,10).

La caries es una enfermedad infecciosa, transmisible, polimicrobiana, localizada que afecta los tejidos duros del diente, vale decir, una enfermedad multifactorial infectocontagiosa que afecta la estructura dentaria a través de un ataque ácido continuo, que causa la desmineralización progresiva del diente en el tiempo llegando así a instalarse una lesión cariosa, la cual provoca una pérdida de estructura dentaria cuantitativamente variable. Esta patología afecta a un alto porcentaje de la población mundial, constituyendo un gran problema de salud pública (2-11). Los

factores primarios que interaccionan de forma dinámica para originar la caries, son tres. En primer lugar, debe existir un hospedero susceptible que corresponde a las piezas dentarias, el cual coexisten con un segundo elemento formado por bacterias acidogénicas, predominando en particular un microorganismo con gran potencial cariogénico, el *S. Mutans* (2). Junto a ellos el tercer elemento participante lo conforma una dieta rica en azúcares refinados. Estos tres elementos principales grafican la llamada “Triada de Keyes” (11), la que al presentarse y desarrollarse favorablemente en el tiempo, asociada a factores secundarios predisponentes como la composición, posición y características morfológicas del diente, factor salival, enfermedades sistémicas, edad, condiciones locales en cuanto a restauraciones odontológicas previas, entre otros, conducen a la progresión de la lesión que va afectando en profundidad al tejido dentario (12). Así la prevención es el principal método de tratamiento para evitar su instalación y progresión, sin embargo, cuando se traspasan las etapas iniciales, la lesión se hace evidente clínicamente, y por lo tanto, la única opción terapéutica es la remoción del tejido dañado mediante diversos elementos de corte, dejando el remanente sano (1). Como secuela del ataque carioso y de su eliminación, la pieza dentaria quedará cavitada y con pérdida de sus características naturales, motivo por el cual se hace indispensable la rehabilitación de dicha pieza dentaria (1) mediante el uso distintos materiales que permitan restaurar su anatomía normal, suplir en algún grado las propiedades perdidas y devolverle su aspecto estético, para que de ese modo se devuelva la funcionalidad al

diente y la armonía al sistema (1,10).

Por lo tanto, la labor del odontólogo es rehabilitar las estructuras dentarias dañadas con materiales de restauración que cumplan con requisitos biológicos, mecánicos, físicos, químicos, estéticos, de manipulación y de sellado marginal mínimos. Precisamente de esto se encarga la Odontología restauradora (1,10), cuyos principales objetivos son:

1. Devolver la forma anatómica a la pieza dentaria.
2. Obtener una armonía óptica, para que así la zona restaurada pase desapercibida en el resto de la pieza dentaria.
3. Devolver y mantener en el tiempo la salud del complejo pulpodentinario y óseo peridentario, para dar un buen sustento al tratamiento rehabilitador.
4. Lograr integridad marginal, para evitar la microfiltración y recidiva de la enfermedad.
5. Mantener el equilibrio del ecosistema bucal (1).

Para lograr estos fines, la industria odontológica ha desarrollado a lo largo del tiempo diversos materiales de restauración, cada uno de ellos con precisas indicaciones de uso aunque lamentablemente aún no se ha logrado obtener un material “ideal”(1,13,14).

Pese a la gran cantidad de materiales de restauración alternativos, actualmente la creciente demanda estética por parte de los pacientes y la disminución progresiva del uso de las amalgamas, apuntan a la obtención de restauraciones estéticas, ya no solamente en el sector anterior, sino también en el sector posterior de la boca, lo que ha generado una intensiva investigación de materiales adhesivos (4,5,15,16).

En la actualidad, los materiales estéticos mayormente utilizados en la clínica odontológica son los cementos de vidrio ionómero y las resinas compuestas; pero son estas últimas las de mayor uso debido a que logran una buena mimetización con las estructuras dentarias y un muy buen pulido, y por lo tanto una mejor estética, sobretodo en el sector anterior de la boca. Se utilizan como sellantes de puntos y fisuras, restauraciones operatoria del sector anterior y posterior de la boca, restauraciones provisionales, en restauraciones radiculares, sellado de apisectomías, para cementación de pernos, coronas y puentes y restauraciones estéticas indirectas (13,17).

Este material, también conocido como composite, fue introducido comercialmente a mediados de los años 1960 y desde su advenimiento ha experimentado un significativo desarrollo (7). Un material de resina compuesta ha sido definido como la combinación tridimensional de por lo menos dos materiales químicamente diferentes, unidos entre sí por un agente de enlace, con una clara interfase separando los componentes (4,7). Por lo tanto, las resinas compuestas dentales contienen una mezcla

de partículas inorgánicas duras unidas por una matriz resinosa suave, y por ello se componen básicamente de tres fases:(10,7)

-Fase orgánica o Matriz: Corresponde a una combinación de monómeros junto a un sistema iniciador para la polimerización por radicales libres y estabilizadores para maximizar la estabilidad de almacenamiento de la resina compuesta no polimerizada y la estabilidad química de la resina polimerizada (7). Esta fase orgánica, como ya se dijo, fue desarrollada a partir de una resina epóxica, cuyos grupos terminales son reemplazados por grupos metacrilato que son más susceptibles de polimerizar. Como resultado no se obtiene una resina epóxica, sino un metacrilato aromático que da más rigidez y resistencia a la molécula. Debido a que el BisGMA es muy viscoso para utilizarse solo, se utilizan otros monómeros de dimetacrilato con peso molecular más bajo con el objeto de lograr una adecuada viscosidad para la incorporación de rellenos. Generalmente, los monómeros utilizados como diluyentes del BisGMA son el metacrilato de metilo (MMA), el dimetacrilato de tetraetilenglicol (TEGMA) y el etilenglicol dimetacrilato (EDMA). Al bajar la viscosidad de la mezcla monomérica se puede incorporar más relleno dentro de ella (7). En otras resinas compuestas, el BisGMA es reemplazado por dimetacrilato de uretano o por una mezcla de ambos (5-7,19).

-Relleno inorgánico: Representado por partículas inorgánicas que se

agregan en forma dispersa a la matriz resinosa con el objeto de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Esta fase inorgánica potencia en gran medida las propiedades de las resinas compuestas, en comparación a los antiguos materiales estéticos, de tal forma que refuerza al material mejorando las características de su resistencia; además mejora la manipulación del composite, le otorga radiopacidad y aminora los cambios dimensionales térmicos y la contracción de polimerización (4,7,18). En general, las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica que equivale a un tercio o a la mitad del correspondiente a las resinas acrílicas sin relleno, y por lo tanto se aproximan más al valor que posee la estructura dentaria (17).

Se han utilizado diversos tipos de relleno en las resinas compuestas. Originalmente, se utilizó partículas de cuarzo de forma irregular, de gran tamaño (30 a 50 μ) y dureza. Posteriormente, se utilizó partículas de Sílice coloidal esféricas de entre 0.02 a 0.04 μ m de diámetro, así como también se reemplazó el cuarzo por Borosilicato, Estroncio o Circonio; también se ha incluido Silicato de litio y Aluminio, y diversos vidrios de de Aluminosilicatos. Actualmente, los rellenos más usados son vidrio de bario, zinc e itrio (10).

Es destacable el uso de silicato y aluminio como rellenos, ya que poseen un coeficiente de expansión negativo, motivo por el cual se reduce aún más este coeficiente en la resina compuesta (17,18).

Las partículas de relleno pueden tener forma de fibra, forma esférica,

forma irregular y plana, y su tamaño puede variar hasta un máximo de 40 μm o incluso 60 μm . sin embargo, actualmente la tendencia es de reducir el tamaño de las partículas de tal manera que el diámetro promedio actual es del orden de 0.4 a 0.8 μm (17,18).

Generalmente las resinas compuestas contienen entre un 70 a 75% de relleno en su matriz, aunque hay productos que indican un 80% en peso de partículas de relleno (10,17,18).

Por otro lado, la composición del relleno suele modificarse con otros iones para lograr obtener propiedades determinadas. Por ejemplo, añadiendo bario, zinc, boro, circonio e itrio se consiguen partículas de relleno más radiopacas. Sin embargo, si la modificación es excesiva y se reemplaza la estructura de sílice se puede afectar la eficacia del agente acoplador (17,18).

-Agente de acoplamiento: Es evidente que para tener un comportamiento mecánico adecuado del material, debe haber una buena unión entre la matriz y el relleno, esto es necesario no solo para lograr las mejores propiedades mecánicas sino también para evitar que penetre agua en la interfase matriz-relleno. El agente de acoplamiento cubre el sustrato inorgánico y actúa como elemento de unión química a la matriz orgánica otorgando cohesión al material (10). Los más utilizados son los compuestos órgano-silanos, que son moléculas con doble polaridad, es decir, bifuncionales, ya que pueden reaccionar mediante enlaces de tipo covalente con la superficie orgánica y por enlaces iónicos a la superficie inorgánica, de esta manera este organo-silano une

químicamente el relleno reforzado a la matriz resinosa (7). Hoy en día, la mayoría de los fabricantes someten a las partículas de relleno a un proceso de silanización, para cubrir la superficie de relleno, volviendo a las partículas hidrófobas y capaces de reaccionar químicamente con el monómero de la matriz orgánica. En todo caso, el tipo de silano usado en cada producto particular normalmente se desconoce (3,18).

Otro aspecto a considerar es el endurecimiento de las resinas compuestas, el cual se lleva a cabo mediante reacciones químicas que ocurren entre las pequeñas moléculas que las componen, los monómeros, para formar una gran molécula o polímero. Para que este proceso llamado polimerización ocurra, los monómeros deben ser activados a través de un agente iniciador; este iniciador forma radicales libres en los monómeros, de tal forma que al quedar con un electrón impar se transforma en un compuesto altamente reactivo (7).

A su vez, para que el iniciador pueda actuar debe ser activado por otro agente llamado activador. El activador le entrega la energía necesaria para combinarse con una molécula de BisGMA y rompe la unión $C=C$, apareándose con una de ellas y dejando libre la otra, la que reaccionará con más BisGMA hasta completar el proceso de polimerización (3).

El iniciador puede ser activado en forma química o física. La activación química ocurre a través de un proceso de Oxido-Reducción, para lo cual se utiliza

peróxido de benzoilo como iniciador y una amina terciaria aromática como activador. El sistema de activación física puede actuar por medio de temperatura o a través de una luz con determinada longitud de onda; el uso de la activación por calor se limita a la confección de incrustaciones de resina compuesta (inlays-onlays), carillas, coronas y puentes, es decir, para procesos indirectos. Por otro lado, el iniciador que actúa en la activación lumínica es una α -dicetona (canforoquinona), la cual es activada por luz visible con longitud de onda de 470 nm (3).

De esta manera, la primera presentación comercial de las resinas compuestas fue como polvo (relleno silanizado) y líquido (monómero) para mezclar. Posteriormente, el material se cambió a dos pastas, una base y una catalizadora o activadora de la reacción, de tal forma que la primera contenía el peróxido iniciador y la otra la amina activadora y así, al mezclarse en iguales cantidades, se producía el proceso de polimerización (10). Con el paso de los años se dejó de lado el sistema de activación químico al aparecer la activación por medio de luz visible que originó las resinas fotopolimerizables. Estos composites se presentan como una sola pasta contenida en una jeringa de plástico opaco para evitar la exposición del material a la luz y así prolongar su longevidad. Por sus múltiples beneficios, que serán detallados más adelante, este último sistema es el más utilizado en la actualidad (4,10).

De acuerdo a lo anterior, las resinas compuestas se clasifican como Resinas Compuestas Autocurables y Resinas Compuestas Fotocurables, aunque en la

actualidad las primeras están en franco desuso.

Sin embargo, este no ha sido el único aspecto estudiado en los composites. Otra gran area de estudio para mejorar las propiedades de las resinas compuestas, fueron los rellenos inorgánicos, tanto en el tipo de relleno, como el tamaño de sus partículas. Este último punto ha permitido clasificar a este material de acuerdo al tamaño de las partículas del relleno que contiene. Así, existen seis grupos de resinas compuestas:

1. Resinas Compuestas Tradicionales o de Macrorrelleno:

Ellas a la primera generación de Resinas Compuestas. También fueron llamadas Resinas Compuestas de Macropartículas, Convencionales o Tradicionales.

Estas resinas contenían una carga inorgánica de partículas grandes, con tamaños que fluctuaban entre 1 a 100 micrómetros, las que eran preparadas por molido. Debido a esta producción de tipo mecánico, las primeras partículas tenían una forma poliédrica irregular. Más tarde, con el objeto de lograr una distribución de fuerzas más uniforme a través de la resina para así disminuir la posibilidad de formación de grietas o cortes en la superficie de la restauración junto con mejorar la unión partícula-agente silánico, se intentó redondear estas partículas con lo que se redujo su tamaño a valores de entre 1 y 35 micrómetros.

Estas primeras resinas compuestas tenían un alto porcentaje de relleno de

cuarzo, que alcanzaba al 70% u 80% en peso (50% en volumen), esto le proporcionó un aumento de la resistencia mecánica y una disminución de la contracción de polimerización en relación con las resinas acrílicas.

Sin embargo, esto también se tradujo en una excesiva dureza superficial y gran dificultad para abrasionar las partículas de relleno en el pulido, lo que implicaba restauraciones con superficies irregulares que facilitaban el depósito de placa bacteriana. Además, el desgaste producido por el estrés y la fatiga termodinámica, hacía que las partículas fueran expulsadas de la matriz formándose poros y cracks internos. Debido a esto, esa clase de resinas compuestas tuvo poca aceptación clínica, ya que sufrían importantes desgastes y pigmentaciones (3). Por lo mismo, se intentó mejorar estos materiales, y así surgieron las resinas compuestas de partículas finas

2. Resinas Compuestas de Partículas Finas o Minipartículas:

En estas resinas se disminuyó el tamaño de las partículas de relleno uniformándolas a rangos de entre los 0.5 y 6 μm ; con lo cual se logró mejorar la textura superficial pero sin lograr un óptimo resultado (3).

3. Resinas Compuestas de Micropartículas o de Microrelleno:

Estas resinas surgieron ante la dificultad de pulido que presentaban las resinas hasta ese momento desarrolladas. Se utilizó como material de relleno el dióxido

de Silicio obtenido químicamente por hidrólisis y precipitación, dando origen a partículas refinadas de entre 0.007 y 0.14 μm de tamaño, aunque las usadas más frecuentemente tienen un tamaño de 0.04 a 0.05 μm en promedio (3).

Al disminuir el tamaño de las partículas de relleno se logró conseguir una óptima superficie pulida, pero desmejorando el rendimiento mecánico. Por lo mismo, estas resinas compuestas son utilizadas en la zona bucal anterior como sustituto del esmalte, debido a sus características de buena textura superficial, estabilidad de color, gran resistencia al desgaste y excelentes cualidades de pulido. Sin embargo, su desventaja es que al tener bajo contenido de relleno poseen menores propiedades mecánicas, motivo por el que se buscó lograr resultados intermedios entre resistencia y superficie pulida, surgiendo así las Resinas Compuestas Híbridas (3).

4. Resinas Compuestas Híbridas:

Nacen como alternativa a las resinas compuestas de macrorrelleno y las de microrrelleno, y se denominan así porque contienen dos tipos de relleno: Macropartículas optimizadas con tamaños que varían en 1 a 15 μm y micropartículas de alrededor de 0.04 μm (3).

El propósito de esta mezcla fue la obtención de materiales con las mejores propiedades de las resinas de macrorrelleno y de las resinas de microrrelleno; por ello el resultado fue una resina compuesta con propiedades intermedias, vale decir,

con resistencia mecánica mejorada en comparación con las resinas de microrrelleno y con un mejor pulido y terminación que las de macrorrelleno. Este composite es más resistente al desgaste, su coeficiente de expansión térmica es similar al de las resinas de micropartículas, tiene buenas propiedades físicas, y con un pulido intermedio entre los materiales de macro y microrrelleno (3).

Aún más, de acuerdo al tamaño de partículas que estas resinas híbridas contienen, estas se pueden dividir en Resinas Compuestas Híbridas de partículas medianas (con un tamaño entre 5 a 15 μm) y Resinas Compuestas Híbridas de partículas pequeñas (tamaño de partículas de 1 a 5 μm) (3).

5. Resinas Compuestas Microhíbridas:

Como una forma de mejorar el comportamiento de las Resinas Compuestas Híbridas, se desarrollaron los materiales microhíbridos, los que constituyen materiales muy similares a las resina híbridas, pero con la diferencia que la fracción de partículas grandes se ha uniformado a rangos entre 0.1 y 3 μm , de tal forma que el tamaño de partículas promedio oscila entre los 0.4 y 0.8 μm . Con esto se logró aumentar la carga de relleno, disminuir los cambios dimensionales, aumentar la resistencia mecánica y al desgaste, y mejorar la capacidad de pulido asemejándose más en este aspecto a las resinas de microrrelleno. Actualmente, la mayoría de las resinas compuestas en el mercado nacional y mundial corresponden a este tipo (19).

Resinas Compuestas de Nanorrelleno

Son las de más reciente aparición, llegando al mercado a fines del 2002, y cuya novedad es que poseen nanorrelleno compuesto por partículas esféricas de 5 a 100 nanómetros (un nanómetro es la milésima parte de un micrómetro (μm)). Las primeras experiencias indicarían que son útiles para restauraciones anteriores y posteriores, fáciles de esculpir sin que se deformen, con buena variedad en colores opacos, elevados y fáciles de pulir. Ejemplos: Filtek Supreme (3M ESPE), Simile (Pentron), Ice (SDI), Grandio (Voco) (19).

De esta manera, como resultado del gran desarrollo que han experimentado estos materiales, los odontólogos disponen actualmente de una gran variedad de resinas compuestas para uso clínico, utilizándose principalmente con el transcurso de los años aquellas resinas fotoactivadas por presentar grandes ventajas respecto a sus predecesoras, como son:

- Superior estabilidad de color respecto a los sistemas de autocurado, debido al cambio del acelerador que ya no es una amina terciaria, sino una tipo alifática o lineal que no se oxida y que reacciona con un elemento fotosensible, permitiendo mayor estabilidad de color (4,21).
- Mayor tiempo de trabajo útil, ya que la polimerización sólo comienza al activarse con luz. Esto permite modelar la restauración hasta que se está conforme con la anatomía lograda y en ese momento se activa el material para su endurecimiento (10).

- Mayor integridad estructural, debido a que no requiere espatular para lograr la mezcla como en los sistemas de autocurado, ya que viene en una sola pasta con lo que se reduce la incorporación de aire, la presencia de poros, y la acción de inhibición del oxígeno sobre la polimerización (10).

- Mayores cualidades estéticas, por presentarse en una amplia gama de colores y opacidades, permitiendo colocar distintos colores para caracterizar la restauración según el tejido dentario (21).

- Mejor capacidad de sellado marginal, por la posibilidad de guiar la dirección de la contracción de polimerización hacia la superficie dentaria más próxima de la fuente luminosa, además de utilizar el sistema o técnica incremental en la construcción de la restauración, al contrario de las resinas compuestas químicamente activadas, donde la contracción de polimerización ocurre en dirección al centro de la masa única de resina (1).

Inicialmente, las indicaciones de las resinas compuestas se limitaban a restauraciones de piezas dentarias anteriores en cavidades clase III, IV y V, sellantes de puntos y fisuras, y en restauraciones indirectas tipo onlays e inlays. Actualmente, tales indicaciones se han expandido hacia su uso como restauraciones directas para piezas posteriores en cavidades clase I y II (en condiciones masticatorias favorables), material

de cementación para prótesis fija, corrección de defectos estéticos de forma, tamaño y color, adhesión de braquets ortodóncicos, reparación de porcelanas o composites fracturados, material restaurador de abfracciones y erosiones cervicales y en el tratamiento de hipersensibilidad dentinaria (1,8,10,22).

Ante la indicación de realizar una restauración en una pieza dentaria, cualquiera sea el material a utilizar, se busca que dicho material se adhiera a la pieza dentaria a través del proceso conocido como adhesión, en el cual dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales, las que pueden ser de tipo físico, químico o una combinación de ambas (18).

En general, los materiales de restauración existentes actualmente ofrecen dos grandes tipos de adhesión:

1. Adhesión Física o Mecánica: (1,13,15)

Corresponde a la unión entre dos superficies a través de una trabazón entre las partes a unir o por la generación de tensión entre dichas partes.

Este tipo de adhesión la podemos subdividir en:

a. Adhesión Macromecánica: Que es aquella en la que las partes quedan trabadas en función de la morfología macroscópica de ellas. Por ejemplo la retención de una restauración por medio de formas cavitarias específicas (13).

b. Adhesión Micromecánica: Consiste en el mismo principio anterior, pero aquí las partes quedan trabadas en función de la morfología microscópica de ellas, y por lo tanto, la diferencia entre ambos tipos de adhesión es la magnitud del fenómeno que genera la adhesión (que sea o no visible al ojo humano). (13) La retención micromecánica es considerada el más importante mecanismo de adhesión de las resinas compuestas al esmalte y la dentina. Esta retención ocurre cuando la resina infiltra completamente las porosidades generadas por el grabado ácido en el esmalte y en la superficie dentinaria grabada, creando la llamada capa híbrida. (7,23)

Por otro lado, cualquiera de los dos tipos de retención mecánica se puede lograr por medio de:

- **Efectos geométricos:** Que son aquellos que están en relación a las formas que presentan las superficies, ya sea de tipo macroscópico o microscópico, tales como poros, rugosidades, diseño cavitario, etc. Estas formas producen la trabazón necesaria para mantener unidas las partes. Una forma de adhesión mecánica por efecto geométrico es el diseño de una preparación cavitaria a través del cual se retiene una restauración o por otro lado, la penetración de un adhesivo en las irregularidades microscópicas en la superficie dentaria, lo que se explicará más adelante (13).

- **Efecto reológico:** Son los que ocurren por los cambios volumétricos o dimensionales que sufren los materiales al endurecer, generando tensiones que ayudan a producir la adhesión (13).

2. Adhesión Específica o Química:

Es la generación submicroscópica de fuerzas que impiden la separación de las partes, y que se originan en la interacción de los componentes de su estructura, vale decir, átomos o moléculas (13).

En este tipo de adhesión existen:

- **Uniones químicas primarias o interatómicas:** Que son aquellas que se dan entre átomos, siendo de tipo iónicas, covalentes o metálicas. Para que este tipo de unión ocurra, las partes a unir deben estar a una distancia de Amstrong entre sí. Son uniones de alta energía y muchos la consideran como el verdadero mecanismo de adhesión (13,15).

- **Uniones químicas secundarias:** Éstas son uniones que se dan entre moléculas, pudiendo ser de tipo dipolos permanentes o fluctuantes. Son uniones relativamente débiles, como por ejemplo las Fuerzas de Van der Waals (13).

En la adhesión como proceso, intervienen diversos factores y principios que vale la pena conocer:

- **Superficie de contacto:** Tanto los tejidos dentarios como las restauraciones poseen superficies irregulares, y aunque parezcan lisas al ojo humano están lejos de serlo a nivel microscópico y atómico. De esta manera, al juntarlas quedarán separaciones entre ambas superficies, es decir no se podrán coaptar tan

íntimamente como para generar adhesión específica entre ellas. De allí para lograr una adhesión óptima deben eliminarse estos vacíos provocados por las irregularidades de ambas superficies, lo que reducirá el problema al lograr compatibilizar ambas superficies sólidas y mantendrá en posición los materiales que participan en el proceso de unión (1,14, 18).

- **Adaptación:** Las superficies que se van a unir deben, en lo posible, entrar en contacto en su totalidad, para que así quede la menor distancia entre ambas partes de tal forma que se favorezca una unión de tipo química. Cuando esto no es posible de realizar, un elemento fluido facilitará la adaptación (1,18).

- **Energía superficial:** La energía superficial corresponde a la fuerza de atracción que producen los enlaces no saturados en la superficie de los cuerpos. Estos enlaces no saturados se producen porque los átomos ubicados hacia la superficie no tienen todos sus enlaces saturados en relación a los que están en el espesor de la materia. La energía superficial es un reflejo de la energía de cohesión del material. En los líquidos esta energía superficial se denomina tensión superficial, siendo el fenómeno que hace posible la formación de gotas (1,14, 18).

Par que exista adhesión las superficies deben atraerse entre sí hacia su interfase, independientemente del estado en que se encuentren dichas superficies (sólido, líquido, gaseoso). Por lo tanto, a mayor energía superficial, mayor capacidad de adhesión.

- **Humectación:** La capacidad de un líquido de fluir y adaptarse íntimamente a una superficie se llama humectación o humectancia. Para ello se requiere que el líquido adhesivo a utilizar tome contacto íntimo y fluya fácilmente por la superficie generando una delgada capa continua. Esta forma se utiliza para poder mejorar situaciones como por ejemplo la de poner en contacto dos superficies sólidas, donde siempre quedan espacio entre ambas a nivel microscópico que no permiten su total e íntima coaptación, siendo necesaria esta proximidad a nivel atómico para poder generar adhesión de tipo primaria. Así, interponiendo un líquido entre ambas superficies de tal forma que se introduzca por los espacios vacíos, se permite que por medio de él se genere una coaptación total con ausencia de poros o espacios (1,14, 18).

- **Ángulo de Contacto:** Para que un líquido (adhesivo) se adapte bien a la superficie, es decir humecte una superficie sólida, es necesario que la superficie atraiga al líquido y que éste se deje atraer. La manera para evaluar como se produce este fenómeno, es midiendo la magnitud del ángulo que se forma entre la gota de líquido y la superficie del sólido. Mientras menor el ángulo que se forma entre la tangente a la periferia de la gota del líquido y la superficie del sólido, es mejor la humectancia y por lo tanto, la capacidad de adhesión. Si las moléculas del adhesivo son atraídas por las moléculas del adherente con igual o mayor intensidad que la atracción entre ellas mismas, el líquido adhesivo difunde completamente sobre la superficie del sólido sin formar ningún ángulo (1,14,18).

Durante las últimas décadas, la odontología ha experimentado muchos cambios en lo que se refiere a materiales adhesivos. Esto comenzó con la introducción y comercialización, a mediados de los años 60, de las resinas compuestas, que como gran ventaja permitieron modificar los conceptos de preparación y diseño cavitario establecidos por Black, reemplazándolos por la idea de diseños cavitarios más conservadores que permiten preservar la estructura dentaria.

Sin duda el mecanismo de adhesión que busca el “material ideal” es la unión química primaria al diente, pero aún hasta el día de hoy no se ha logrado resolver este problema de unión específica (24). Pese a esto, se siguen buscando mecanismo de retención que aseguren la mayor permanencia de una restauración en la pieza dentaria y un correcto sellado de la interfase diente-restauración.

El mecanismo utilizado durante años ha sido la retención macromecánica dada por el diseño cavitario, pero junto con la introducción de las resinas compuestas se introdujo la posibilidad de aumentar la retención a través del acondicionamiento de la estructura dentaria con la técnica de grabado ácido introducida por Bunocore en 1955, para “volver a la superficie dentaria más receptiva para la adhesión” (8) facilitando la adhesión de la resina compuesta al esmalte. La técnica de grabado ácido al esmalte consistía en grabar la superficie adamantina con ácido fosfórico a una concentración de entre 30 al 40% durante 60 segundos, con lo cual se logró cambiar la morfología del esmalte obteniendo microporosidades, incrementando la humectabilidad y el área total

de contacto expuesta para la adhesión, lo que permitió generar una unión micromecánica con el material resinoso Bis-GMA. Entre la superficie grabada y la resina compuesta se colocaba una resina sin relleno a base de monómeros de Bis-GMA y otros, la que impregna la superficie grabada actuando como un agente de enlace entre la restauración y el diente (7,25). Esta técnica consigue mejorar la unión de la resina al diente por medio de una mayor superficie de contacto de las áreas microretentivas generadas por el ataque ácido.

Buonocore introdujo la técnica de grabado ácido específicamente a esmalte dentario, lo que en conjunto con la resina reforzada de Bowen, inició la era de los grandes progresos en la Odontología Adhesiva.

Según las investigaciones de Gwinnett en 1967, se descubrió que el grabado ácido del esmalte remueve una capa superficial de aproximadamente $10\mu\text{m}$, dejando una capa porosa de entre 5 a $50\mu\text{m}$ de profundidad donde fluye la resina de enlace de baja viscosidad hacia las microporosidades (8), una vez que la resina de enlace polimerizó se evidenció la presencia de prolongaciones de resina en las microporosidades del esmalte, siendo este el mecanismo de adhesión primario al esmalte grabado. El grabado también incrementa la humectabilidad y el área superficial de contacto del sustrato de esmalte (8).

Como se sabe, el esmalte dentario es un derivado epitelial calcificado constituido por un 96% de sales inorgánicas, un 2% de sustancia orgánica y un 2% de

agua. La fracción inorgánica está representada principalmente por cristales de hidroxiapatita junto con elementos traza como magnesio, hierro, flúor, etc. La matriz orgánica del esmalte es escasa y está representada por un gel sin estructura en el cual están incluidos los cristales, por lo tanto, el esmalte es un tejido constituido por cristales inorgánicos rodeados de una matriz orgánica y agua que dejan microporos para el paso de sustancias químicas. En cuanto a la disposición espacial que adoptan sus componentes, podemos decir que su unidad estructural son los prismas del esmalte que tienen la apariencia de varillas y se extienden desde el límite amelodentinario hasta la superficie externa. Estos prismas están formados por los cristales de hidroxiapatita, los cuales toman diferentes orientaciones en el interior del prisma. Los prismas al corte transversal presentan una forma de paleta de ping-pong, donde se describe una cabeza y una cola. Ellos se relacionan entre sí de tal manera que entre dos cabezas se intercala la cola de un prisma contiguo. Aún hoy se sugiere que la unidad básica del esmalte es solo la cabeza del prisma, mientras que a la cola se le llama sustancia interprismática (26).

De acuerdo a la morfología estructural del esmalte, Gwinnett y Silverstone describieron a comienzos de los años sesenta, tres posibles patrones de grabado a esmalte, y que según a su orden de frecuencia corresponden a:

- Tipo 1: Donde se disolvía el centro de los prismas manteniendo la periferia interprismática relativamente intacta.

- Tipo 2: En este tipo de mostraba un modelo en el que se disolvía preferentemente la zona interprismática dejando los centros prismáticos intactos.

- Tipo 3: Este incluye áreas semejando a cada uno de los otros patrones, así como regiones en las cuales el patrón de grabado aparece sin relación a la morfología de los prismas (5,8).

Posteriormente, se comprobó que altas concentraciones del ácido grabador en una aplicación de 60 segundos de ácido fosfórico al 50% producía precipitados de sales como fosfato monocálcico y que concentraciones menores a 27%, generaban precipitados de fosfato dicálcico que eran difíciles de remover de la superficie y que interferían con la adhesión (8), motivo por el que se aceptó el uso rutinario de ácido fosfórico al 37% de concentración, ya que se reportó que concentraciones de ácido fosfórico entre 30% y 40% proporcionaban superficies de esmalte con aspecto retentivo (8).

Además, con los años se fue disminuyendo el tiempo de grabado ácido del esmalte, que inicialmente era de 60 segundos, llegando a 30 segundos e incluso en los últimos años se comprobó que un grabado de 15 segundos logra la misma superficie rugosa y con fuerzas de unión equivalentes a las logradas con 60 segundos de acondicionamiento (25,8,27).

Por otro lado, las resinas compuestas endurecen por un proceso de polimerización que lleva implícita una contracción, lo que hace que de no haberse

generado suficiente adhesión entre una porción inicial del material y la estructura dentaria, se produzca una separación entre diente y restauración que lleve a la filtración marginal y al fracaso por falta de integración en el comportamiento mecánico de ambas estructuras.

La fuerza de contracción de la resina compuesta al polimerizar llega a un mínimo de 7Mpa, lo cual es relativo al tipo de superficie donde es colocada, o sea, al colocar el material sobre una superficie plana, al polimerizar y contraerse, el estrés interno que se produce se liberará hacia la parte externa (superficie no adherida) a medida que va cambiando de estado el material (8,28). Pero en una cavidad tridimensional solo la superficie externa del material está libre, quedando todo su interior adherido a las paredes cavitarias por lo que se acumulará mayor tensión en esas zonas durante la polimerización, ya que el material al contraerse buscará separarse del diente y a su vez el adhesivo lo tratará de mantener adherido, pero como esto sucede simultáneamente en paredes cavitarias distintas, puede ocurrir que la adhesión lograda inicialmente ceda en una de ellas, poniendo en riesgo los márgenes de la restauración.

De acuerdo a esto, se ha definido que es necesaria una resistencia adhesiva de 17 a 24 Mpa para poder contrarrestar la contracción de la resina (28,29), y poder así lograr restauraciones sin brechas marginales, que permitan reducir la microfiltración en la interfase diente-restauración, disminuyendo la sensibilidad postoperatoria, y logrando una restauración de mayor durabilidad.

Los sistemas de resina se contraen durante la polimerización debido a que las moléculas monoméricas están localizadas a distancia de enlaces de Van der Waals unas de otras, mientras que en el correspondiente polímero, las unidades monoméricas están dentro de distancias de enlaces covalentes unas de otras, y así en el polímero los átomos están más cerca entre sí que como estaban sin polimerizar (7).

Las fuerzas logradas de unión a esmalte con la técnica de grabado ácido y el uso de agentes de enlace son generalmente adecuadas para prevenir las brechas de los márgenes por la contracción de polimerización (8). Pero debido a las sustanciales diferencias en la composición y estructura entre esmalte y dentina, la adhesión a dentina ha sido significativamente más problemática que la adhesión a esmalte. La técnica de grabado ácido en esmalte es simple y bien aceptada como procedimiento clínico, pero en dentina el proceso es más complejo principalmente por su histología, cercanía con la pulpa dentaria y presencia de la capa de barro dentinario, motivo por el cual, en sus inicios la adhesión a dentina no fue muy alentadora (22, 28, 30).

Como es sabido, la dentina es el tejido que forma la mayor parte del diente. Corresponde a un tejido conjuntivo avascular mineralizado compuesto por un 70% de materia inorgánica (cristales de hidroxiapatita, fosfatos cálcicos y sales minerales), 18% de material orgánico (principalmente colágeno tipo I, polisacáridos y lípidos) y un 12% de agua. Además, en contraste con la disposición regular de los cristales de hidroxiapatita en el esmalte, la hidroxiapatita dentinaria tiene una

distribución al azar en una matriz orgánica compuesta principalmente de colágeno (8). Una de sus principales características es que se conecta con el órgano pulpar a través de canalículos que contienen las prolongaciones de las células odontoblásticas, las cuales forman dentina. Los canalículos dentinarios promedian 45.000 por mm^2 en la cercanía de la región pulpar, luego divergen en forma radial hacia el límite amelodentinario donde alcanzan una cantidad promedio de 20.000 por mm^2 (8). El diámetro de los canalículos va en promedio desde 0.8 a $25\mu\text{m}$ y en el interior de ellos, junto con las prolongaciones odontoblásticas, existe un fluido dentinario de composición similar al plasma o fluido sinovial, que probablemente deriva del plexo capilar odontoblástico (9). Este se encuentra bajo una presión leve y continua de 25 a 30 mm Hg que se estima es la presión intrapulpar (8). Cada túbulo está rodeado por dentina hipermineralizada, es decir con alto contenido mineral y escasas fibras colágenas, llamada dentina peritubular que posee un grosor menor a $1\mu\text{m}$. La matriz o dentina intertubular es aquella que llena los espacios entre las áreas peritubulares formando la mayor parte de la dentina. Si bien está altamente mineralizada su contenido inorgánico es menor que el de la matriz peritubular y está compuesta por fibrillas colágenas las cuales se disponen en forma de red alrededor de los túmulos dentinarios. Las fibrillas colágenas de ambas zonas se entrecruzan libremente (5, 9, 26, 27, 28).

Por lo tanto, las diferencias de calcificación, contenidos orgánicos y cambios zonales de la dentina, se traduce en características diferentes de permeabilidad

y reacción ante los agentes desmineralizantes en las distintas zonas del diente.

Además, como resultado de los procedimientos de corte manual o rotatorio, en la superficie dentaria se forma una película de componentes orgánicos, inorgánicos, agua y bacterias denominada barro dentinario, cuyo grosor varía de 0.5 a 5 μm . Este barro dentinario ocluye los túbulos dentinarios actuando como una barrera de difusión, que disminuye la permeabilidad y afecta a la unión con la dentina subyacente, además de permitir que bacterias puedan sobrevivir y multiplicarse debajo de las restauraciones (8,28).

Por este motivo, Fusayama desarrolló la técnica de grabado ácido total en el año 1980, técnica mediante la cual se desmineraliza esmalte conjuntamente con dentina, permitiendo eliminar la capa de barro dentinario, abrir los túbulos, aumentar la permeabilidad dentinaria y descalcificar la dentina tanto peri como intertubular, logrando mejorar los valores de resistencia adhesiva existentes hasta la época al utilizar esta técnica de acondicionamiento previa al procedimiento de adhesión (5, 8, 28).

Estudios realizados en los años setenta le atribuían un efecto tóxico al grabado dentinario con ácido fosfórico, mencionándolo como la principal causa de inflamación pulpar posterior a la realización de la técnica, lo que llevó a la conclusión que el grabado ácido en dentina era perjudicial para la pulpa al igual que el contacto directo del composite con la dentina grabada (8). Sin embargo, Kanca evidenció posteriormente que es poco probable que el ácido sea el responsable del daño pulpar,

primero porque muy poco ácido llega a penetrar la dentina, y segundo porque la ausencia de un adecuado sellado marginal provoca una invasión bacteriana hacia la pulpa, siendo la primera causa de inflamación pulpar. Además se comprobó que la técnica de Fusayama permitía alcanzar valores de resistencia cercanos a los 30-35 Mpa en esmalte y 17-24 Mpa en dentina, sin provocar daño pulpar si se utiliza con un adhesivo dentinario que selle los túbulos previo a la restauración con composite, y por otro lado, que el procedimiento de adhesión se podía realizar en presencia de humedad.

La profundidad de descalcificación del grabado ácido está afectada por diversos factores, incluyendo el PH, concentración, y tiempo de aplicación del ácido (8).

La remoción de los cristales de hidroxiapatita deja una malla de colágeno que puede colapsar y contraerse debido a la pérdida de soporte inorgánico (8). Por ello, luego del grabado ácido del tejido dentario, debe aplicarse un agente imprimante (primer) que contiene monómeros hidrofílicos que difunden a través de la dentina desmineralizada, estabiliza la malla de colágeno hidratada y desplaza el agua con monómeros polimerizables, evitando su colapso (23). Para lograr este objetivo, el agente imprimante posee moléculas bifuncionales como HEMA, BPDM y 4-META (4-metacriloetil trimetilato anhídrido) (8), que por un lado poseen un grupo hidrofílico y por el otro un grupo hidrofóbico (metacrilato); así, el grupo hidrofílico se une al sustrato húmedo de la dentina dejando expuesto al grupo hidrofóbico que copolimeriza con una resina sin relleno que penetra en la dentina imprimada y actúa como agente de enlace

para el composite. De esta manera se forma la llamada “capa híbrida” compuesta por la dentina desmineralizada, intertubular y peritubular, la malla de colágeno impregnada por el agente imprimante y la resina de enlace polimerizada. Se considera que la formación de esta capa híbrida fue primero descrita por Nakabayashi et al en 1982, y es el mecanismo de adhesión primario en la mayoría de los sistemas adhesivos actuales (5, 8, 24, 27).

La capa híbrida brinda unión micromecánica para la resina compuesta y tanto ésta como las proyecciones de resina en el interior de los túbulos dentinarios (tags) son imprescindible para obtener un buen sellado y una buena adhesión, especialmente la capa híbrida. Los tags de resina van a contribuir a mejorar la fuerza de adhesión siempre y cuando se encuentren firmemente unidos a las paredes de los túbulos, además mantendrán los túbulos taponados reduciendo la permeabilidad tubular y su potencial para desencadenar una irritación pulpar (22, 8, 31).

Se ha demostrado que la desecación excesiva de la dentina ácido condicionada puede jugar un rol decisivo en la penetración del primer, por causar un colapso de las fibras colágenas de las superficie dentinaria e interferir con la penetración del monómero del agente imprimante entre ellas (23,30).

Por lo tanto, para que se verifique la formación de la capa híbrida es necesario (24, 19):

- a) No desnaturalizar los péptidos dentinarios, incluyendo el colágeno, cuando la dentina se descalcifica.
- b) Utilizar resina de enlace que incluya moléculas bifuncionales, con un componente hidrofílico.
- c) El catalizador debe activar la polimerización en presencia de agua y oxígeno.

Diversas investigaciones han dado valores del grosor de la capa híbrida, fluctuando entre 3 a 8 μm , considerándose como espesor promedio 4 a 5 μm (23, 19, 31). Por otro lado, también se ha determinado que la penetración de los tags de resina que se introducen dentro de los tubulillos dentinarios llega a valores de entre 50-100 μm , con una medida de 80 μm (19).

Otro concepto ampliamente descrito en la literatura mundial es la llamada “membrana adhesiva” o “capa adhesiva”, formada por la unión de la capa de adhesivo a la dentina tratada. Esta membrana adhesiva es frágil y endeble frente a las agresiones como la fuerza de contracción de polimerización de la resina compuesta, (la cual dura hasta 24 hrs); además de la fuerza de compresión en el caso de los composites condensables y la fuerza de masticación (19).

Como membrana que es, separa dentina-adhesivo-material restaurador, distinguiéndose en ella dos vertientes, una dentinaria y la otra de la restauración, con un total de 100-150 μ m de espesor (19).

En la vertiente dentinaria se distinguen (unión adhesivo-dentina): (19)

- Tags de resina.
- Capa híbrida.

En la vertiente material restaurador (unión adhesivo-restauración) se distinguen:

- Adhesivo polimerizado, capa de 5 μ m como mínimo, aunque ahora se valora positivamente mayor espesor para dar cierta elasticidad y compensar las cargas y las tensiones (19).

- Capa inhibida por el oxígeno: Puesto que éste elemento inhibe la polimerización de la resina, una capa de alrededor de 15 μ m se forma siempre en la parte superior de la resina adhesiva, aún después del fotocurado. Esta capa presenta suficientes uniones metacrilato dobles para copolimerizar con la resina restaurativa aplicada sobre ella (19, 22).

La adhesión a esmalte se logró relativamente fácil y ha sido probada repetidamente en procedimientos odontológicos rutinarios, así también los sistemas adhesivos, esencialmente están compuestos por uno o más agentes químicos, los cuales tienen carácter bifuncional, es decir, una parte de la molécula se unirá a algún componente de la dentina mientras que la otra parte debe copolimerizar con la resina de restauración (24).

Se encuentran constituidos básicamente por tres compuestos químicos; un grupo metacrilato que se ubica en el extremo de la cadena y cuyo propósito es el de polimerizar y formar una unión covalente con la resina compuesta; un grupo espaciador que se encuentra formado por moléculas de gran tamaño y que separa ambos grupos funcionales con el objeto de permitir una óptima área de reacción con la resina compuesta por un lado y la acción de un grupo funcional sobre la dentina por el otro; y finalmente poseen un grupo funcional que está presente en el otro extremo de la molécula, cuya función es reaccionar con algún componente de la dentina para unirse a ella; este grupo funcional es de carácter hidrofílico y se cree que sería capaz de unirse a la superficie dentinaria a través de dos vías. Podría buscar unirse a la parte inorgánica de la dentina, que está representada por el ión Calcio, o bien, a la parte orgánica de ella representada por los grupos aminos e hidroxilos.

Los sistemas adhesivos desarrollados hasta ahora, han sido agrupados de diferentes formas en el tiempo.

Así se les ha clasificado:

- Según su orden de aparición en el mercado, denominada clasificación clásica.
- De acuerdo con el tratamiento que ellos le dan al barro dentinario.
- De acuerdo a su unión a dentina.
- Según al mecanismo de polimerización de los adhesivos.
- De acuerdo a su procedimiento clínico de aplicación.
- Según el tipo de solvente que contienen.

1. Clasificación clásica:

a) Adhesivos de primera generación:

Estos fueron los primeros adhesivos que aparecieron en el mercado. El primer antecedente histórico es del año 1951 con el adhesivo Sevriton (ácido glicerofosfórico-dimetacrilato) que no era estable en medio húmedo. El primer adhesivo comercial fue el Carvident, de la casa SS White que buscaba la quelación con el calcio superficial para lo cual utilizó un comonomero de superficie activa NPG-GMA (metacrilato glicidil N-fenilglicina) buscando así buscar una unión química con el tejido

dentario. Con ellos se lograron resistencias del orden de 1-3 Mpa (25,19). Eran adhesivos utilizados para pequeñas restauraciones clase III y clase V, siendo las cavidades similares a las utilizadas para amalgama. Frecuentemente se observaba sensibilidad postoperatoria con su uso.

Las principales características de estos adhesivos dentinarios son que no trataban la dentina con ácidos, vale decir, no eliminaban la capa de barro dentinario, y que estaban constituidos por resinas hidrofóbicas que se veían en gran medida afectadas por inmersión de agua (28,8).

b) Adhesivo de Segunda Generación:

Estos adhesivos intentaron usar el barro dentinario como superficie de unión. La mayoría de estos materiales fueron ésteres halofosforosos de resina sin relleno tales como Bis-GMA (Bisfenol A Glicidil dimetacrilato) o HEMA (hidroxietil metacrilato). La adhesión a la estructura mineralizada de la pieza dentaria ocurría a través de una reacción iónica entre los grupos fosfatos que tienen carga negativa y el calcio que posee carga positiva. Posteriormente se evidenció que la humedad hidrolizaba esta unión, motivo por el cual los valores de resistencia logrados con estos adhesivos sólo eran del orden de 6 a 10 Mpa (8,25). Las fuerzas de unión en este rango son consideradas demasiado débiles para neutralizar la contracción de polimerización de la resina compuesta (8,28).

Su mayor problema es que tuvieron un bajo rendimiento clínico debido a que se unían mayormente a la capa de barro dentinario que a la dentina subyacente. En consecuencia, sus fuerzas de unión estaban limitadas por la fuerza cohesiva de la capa de barro dentinario o por la adhesión de la capa de barro dentinario a la dentina subyacente (8).

c) Adhesivos de Tercera Generación:

Con el concepto de grabado ácido total se desarrolló un acondicionador dentinario en conjunto con el agente de unión, estos son los adhesivos de tercera generación, que eliminaban o modificaban la capa de barro dentinario superficial logrando la penetración de la resina hacia la dentina, buscando unión micromecánica en vez de química.

Estos adhesivos dentinarios fueron generalmente más efectivos que sus predecesores en la reducción de la microfiltración en los márgenes diente-restauración, aunque ellos no pueden eliminar completamente la microfiltración marginal (8).

Ellos introdujeron el uso de un sistema de dos componentes: primer y adhesivo. Lograron mayor humectabilidad y adhesión a dentina con valores de resistencia sobre los 10 Mpa (10-18 Mpa), disminución de la sensibilidad postoperatoria en restauraciones oclusales posteriores y pese a la necesidad de cavidades retentivas se necesitaban diseños menos retentivos que aquellos necesarios para los adhesivos

anteriores. Sus principales características son que eliminan la capa de barro dentinario y que se componen de resinas hidrofílicas.

d) Adhesivos de Cuarta Generación:

Son los llamados adhesivos universales, ya que se unen a esmalte, dentina, amalgama, metal y cerámica. Su principal característica es la formación de la llamada capa híbrida, que se basa en la impregnación y difusión de la resina de enlace en la dentina descalcificada, la que polimeriza en forma interdigitada con la malla de colágeno. Propios de esta generación de adhesivos son los conceptos de grabado total y adhesión sobre dentina húmeda.

Estos adhesivos pueden ser autopolimerizables, fotopolimerizables o duales.

Presentan una alta adhesión, dando valores de resistencia adhesiva del orden de 16 a 23 Mpa, y presentan una baja sensibilidad postoperatoria (13,32).

e) Adhesivos de Quinta Generación:

Son aquellos adhesivos conocidos erróneamente como “monocomponentes” pero que en realidad corresponden a sistemas “monobotellas”, ya que no están formados por un solo componente sino que mezclan en una misma solución (botella) el agente imprimante (primer) con el adhesivo, requiriendo un paso previo de acondicionamiento dentario con ácido fosfórico (32,33).

Las instrucciones de uso son simples y no tienen la necesidad de mezclar componentes, pero son menos versátiles que los anteriores adhesivos, ya que solamente son fotopolimerizables; los tiempos operatorios son igualmente largos respecto a los otros sistemas. Presentan una baja sensibilidad postoperatoria.

f) Adhesivos de Sexta Generación:

Corresponden a los adhesivos autograbantes que poseen en su composición un ácido débil como el ácido poliacrílico al 10%, el cual modificaría la superficie dentaria acondicionándola, pero al mismo tiempo la dejaría suficientemente húmeda para realizar una buena adhesión. Todo esto se lleva a cabo en un solo paso operatorio, es decir eliminan los pasos clínicos de grabado y enjuague, con lo que se elimina el riesgo de colapso de las fibras colágenas; ellos desmineralizan parcialmente la capa de barro y la superficie dentinaria subyacente sin remover los remanentes de la capa de barro disueltos ni destapando los orificios tubulares (5,22).

Tabla I. Clasificación Clásica de los Adhesivos Dentinarios

Generación	Características	Adhesión a dentina	Ejemplos
Primera generación	Adhesión débil	2 Mpa	Cervident
Segunda generación	Adhesión débil Cavidades retentivas	4-5 Mpa	Scotchbond (3M)
Tercera generación	Dos componentes Adhesión a metales Baja sensibilidad	8-14 Mpa	Tenure (Den-Mat) Scotchbond II (3M)
Cuarta generación	Hibridación Grabado total Pequeña sensibilidad	20-35 Mpa	All Bond II (BISCO) Scotchbond MP (3M)
Quinta generación	Monocomponente Adhesión en húmedo Sin sensibilidad	20-35 Mpa	Prime&Bond 2.1 (Dentsply) Single Bond (3M)
Sexta generación	Autograbado Primer + Adhesivo Ácido leve	20 Mpa	Optibond Solo Plus Con primer (Kerr) Adper Prompt (3M)

2. Clasificación de los adhesivos según el tratamiento de la dentina

(4,19,24).

- a) Adhesivos dentinarios que no acondicionan la dentina, es decir, mantienen intacta la capa de barro dentinario.
- b) Adhesivos dentinarios que modifican la capa de barro dentinario.
- c) Adhesivos dentinarios que eliminan la capa de barro dentinario y descalcifican la dentina conservando la malla colágena intertubular y peritubular, promoviendo la formación de la capa híbrida.

3. De acuerdo a su unión a dentina:

- a) Adhesivos dentinarios con unión a la parte inorgánica de la dentina.
- b) Adhesivos dentinarios con unión a la parte orgánica de la dentina (18).

4. Según el mecanismo de polimerización de estos adhesivos:

- a) Adhesivos fotopolimerizables: como son Optibond Solo Plus, Excite, Single Bond.
- b) Adhesivos autopolimerizables: como por ejemplo Clearfil SE Bond.
- c) Adhesivos duales: All Bond, Optibond (34).

5. Según el procedimiento clínico de aplicación existen: (4)

a) Un primer grupo de adhesivos que modifican la capa de barro dentinario y la incorporan en el proceso de adhesión, dentro de los cuales se distinguen sistemas adhesivos de uno o dos pasos clínicos según la presentación de una resina de enlace única o un agente imprimante más resina de enlace. Estos adhesivos requieren de un acondicionamiento del esmalte por seprado (22).

b) Un segundo grupo que elimina completamente la capa de barro dentinario, dentro de los cuales existen sistemas adhesivos de dos o tres pasos clínicos ya sea que usen separados o combinados el agente imprimante y la resina de enlace. Estos sistemas necesitan un paso previo de grabado ácido total. Su mecanismo y función principal se basa en la formación de la llamada “capa híbrida” y las prolongaciones intracanaliculares de resina. Algunos de estos sistemas adhesivos otorgan como agentes grabantes acondicionadores dentarios a ácidos tales como el ácido cítrico, maleico, nítrico, y oxálico como alternativa al ácido fosfórico, aspecto sobre el que existen algunas controversias sobre la real eficacia de los primeros pero que aún no ha sido bien aclarado (22).

c) El tercer grupo de adhesivos son los sistemas autograbantes que disuelven y remueven al mismo tiempo la capa de barro dentinario puesto que combinan en un solo frasco el agente imprimante y el ácido, sin requerir la etapa previa de grabado ácido convencional. (5,22) La base de estos adhesivos es que a medida que

desmineralizan superficialmente la dentina, la van infiltrando con los monómero que polimerizan in situ, así existe una continuidad desde la dentina subyacente hasta la resina de enlace sin dejar la capa de primer hidrofílico en la base de la zona descalcificada. Estos productos son sensibles de acuerdo al tejido en el que se aplican, vale decir, según el tipo de barro dentinario, caries, erosiones, etc.

En general, durante la última década se han establecido dos sistemas adhesivos como los de mayor desarrollo: los adhesivos monobotellas y los adhesivos con primer autograbante. Por su puesto, este mayor desarrollo ha sido en respuesta a la búsqueda de una simplificación de los pasos clínicos para disminuir el tiempo ocupado en su aplicación así como para lograr una menor sensibilidad de la técnica y un funcionamiento equivalente en esmalte y dentina.

Los adhesivos monobotellas están constituidos por sustancias como HEMA que realizan la función del agente imprimante, combinados con resinas de baja viscosidad. En su composición, aparte de estas moléculas ambifílicas, poseen solventes que facilitan el intercambio de agua por el monómero de tal forma que fijan la porción hidrofílica del sistema adhesivo a la estructura dentaria dejando expuesta la porción hidrofóbica que posteriormente se unirá a la resina compuesta; por lo tanto, los solventes de los adhesivos remueven la humedad residual y mejoran la penetración y humectación de la resina, puesto que actúan como intercambiadores de agua, desplazándola y llevándola el primer de resina hacia la dentina desmineralizada (5,7,8,25,27,28).

Los principales solventes ocupados en los sistemas adhesivos son: etanol y acetona como solventes orgánicos, que son solventes captadores de agua y que se utilizan para facilitar la penetración de los monómeros y para obtener un contacto directo de la resina con las fibras colágenas; además pueden usar el agua que es considerada un solvente inorgánico, y combinaciones de los solventes mencionados en proporciones adecuadas para asegurar un óptimo resultado (6).

De acuerdo a esto, los adhesivos también se han clasificado de acuerdo al solvente que poseen.

6. Clasificación según el solvente del sistema adhesivo:

a) Adhesivos con solvente acuoso: El agua puede rehumedecer la estructura dentaria que ha sido reseca y por lo tanto evitaría el colapso de las fibras colágenas al utilizarse sobre la dentina en estas condiciones; por este motivo, estos adhesivos no requieren utilizarse sobre dentina húmeda, pero pueden correr el riesgo de sobrehumedecer (6,34,19).

En general, el agua tiene buena capacidad de penetración, posibilita el autograbado, tiene una evaporación lenta por lo que dificulta la remoción, su temperatura de ebullición casi dobla a la de la acetona, por lo que el remanente de el agua podría poner trabas en la penetración y polimerización de la resina, y se ha demostrado en estudios que dan una fuerza de unión menor (29).

Ejemplo: Syntac Single Component (Vivadent) (19).

b) Adhesivo con solvente alcohólico: Uno de los más utilizados es el etanol, el cual ha demostrado mejorar la penetración de la resina y cuyo uso debe hacerse preferentemente en dentina húmeda (19).

El alcohol tiene excelente capacidad de penetración, adecuada evaporación, y buena energía superficial para humectar la capa de fibras colágenas expuestas.

Ejemplo: Scotchbond-1 (3M), Excite (Vivadent), Optibond Solo (Kerr)(19).

c) Adhesivos con solvente acetónico: La acetona puede remover eficientemente el agua desde el sustrato, sin embargo, no puede prevenir la consecuencia del colapso de fibras colágenas cuando se usa sobre dentina desecada, es por ello que para usarlo es imprescindible la presencia de dentina húmeda. Las principales características de la acetona son ser más volátil por lo que se evapora rápidamente, al tener una baja temperatura de ebullición requiere una cuidadosa conservación, es un excelente removedor de agua, aunque es un fuerte agente de secado por lo que existe el riesgo de desecar la dentina. Ha sido sugerido que la acetona es el mejor solvente para llevar la resina hacia la superficie del diente acondicionadas (19,24,29,30,35).

Ejemplo: Primer&Bond NT (Dentsply), All-Bond-II y One Step (Bisco)(19).

Teniendo en cuenta que estos solventes son volátiles y que su principal función es facilitar la llegada de los monómeros hacia todos los lugares de la dentina donde exista agua, puede especularse que cualquier cambio que ocurra en sus proporciones producto de su evaporación, ya sea durante el almacenaje o manipulación previa a su colocación, puede producir diferencias en el resultado final de la restauración.

Estudios han demostrado que los productos que incluyen acetona tienen los más altos porcentajes de pérdida de masa seguido por un grupo constituido por productos que combinan la acetona con otros solventes o que contienen etanol o etanol y agua; los valores más bajos de pérdida de masa fueron para productos en base a agua. Los porcentajes de pérdida de masa fueron aproximadamente 91% para acetona, 28% para etanol, y solo 3% para agua (6).

Este problema habría que tenerlo en cuenta en una situación clínica, cuando el contenedor del adhesivo no es apropiadamente sellado o el producto no es usado inmediatamente después de ser dispensado (6).

La mayoría de las pruebas indican que la falta de un sellado marginal adecuado es la causa principal de inflamación pulpar asociada con restauraciones permanentes junto a ser un factor precursor de las caries en los bordes de las restauraciones (8,15). Solo una adaptación perfecta es capaz de prevenir la microfiltración y consecuentemente caries recurrente e irritación pulpar, garantizando la

longevidad de una restauración (36). La mayoría de los estudios sugieren que la principal causa de la microfiltración es debido a la contracción de polimerización y el coeficiente de expansión térmica diferente entre la estructura dentaria y la resina compuesta. Ambas pueden ejercer fuerzas significativas en la interfase entre diente y material restaurador, resultando en fallas adhesivas y formación de espacios, los cuales pueden alterar la adhesión a lo largo de las paredes de la preparación (32).

Los coeficientes de variación dimensional térmica del diente y la resina son de aproximadamente 1:4, por lo cual la restauración estará constantemente expuesta a tensiones que la alejan o acercan al diente, produciéndose entrada y salida de fluidos y microorganismos, fenómeno que se denomina percolación (1).

Es claro que el problema de microfiltración es más grave en resinas compuestas de obturación directa que en cualquier otro tipo de material. Casi todos los biomateriales tienen algún mecanismo que impide la filtración marginal; por ejemplo la amalgama forma productos corrosivos en la interfase entre restauración y diente provocando de esta manera un sellado. Algunos materiales como el vidrio ionómero contienen fluoruros, los cuales sirven para inhibir las caries secundarias (14).

Para estudiar la capacidad de sellado de los materiales de restauración adhesiva, durante años han sido usados muchos sistemas, generalmente se basan en estudios in vitro. Uno de los más populares es sumergir el espécimen de prueba a ser

analizado en diferentes soluciones coloreadas, y observar su difusión a través de la interfase diente material de restauración (9).

Estos tipos de métodos utilizan una escala numérica en términos de la profundidad de penetración de la tinción (9).

El medio ambiente bucal es muy diferente a las condiciones ambientales. Sin embargo, los parámetros de temperatura y humedad relativa intraoral parecen tener una influencia deletérea sobre la fuerza de unión a dentina (16).

Los modelos pueden ser expuestos al colorante durante el termociclado (ciclos térmicos que van de 4 a 60° C en lapsos de 30 segundos) así este penetraría en la interfase durante la contracción y expansión del material y el diente, tal como ocurre con el paso de fluidos y bacterias dentro de la cavidad bucal.

Por esta razón, es que el presente trabajo se realiza el termociclado de las piezas dentarias en conjunto con la penetración del colorante, utilizando en este caso una solución acuosa de azul de metileno al 1% para determinar si la evaporación del solvente de los sistemas adhesivos influye en los valores de microfiltración marginal.

Por lo tanto, el propósito de este proyecto es determinar si la evaporación del solvente de los sistemas adhesivos influye en los valores de microfiltración de las restauraciones de resina compuesta, además de comparar diferentes marcas comerciales de sistemas adhesivos entre si. Entendiendo por microfiltración un espacio microscópico entre el material de restauración y la estructura dental.

HIPÓTESIS

Existen diferencias significativas en el grado de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas utilizando adhesivos con y sin evaporar sus solventes.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el grado de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas utilizando adhesivos con y sin evaporar sus solventes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Single Bond con su solvente sin evaporar previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Single Bond con su solvente evaporado previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Prime & Bond NT con su solvente sin evaporar previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Prime & Bond NT con su solvente evaporado previo a colocarse en la cavidad.

- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Onecoat Bond con su solvente sin evaporar previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Onecoat Bond con su solvente evaporado previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo STAE con su solvente sin evaporar previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo STAE con su solvente evaporado previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Admira Bond con su solvente sin evaporar previo a colocarse en la cavidad.

- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Admira Bond con su solvente evaporado previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Opti Bond Solo Plus con su solvente sin evaporar previo a colocarse en la cavidad.
- Determinar la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta al utilizar sistema adhesivo Opti Bond Solo Plus con su solvente evaporado previo a colocarse en la cavidad.
- Analizar comparativamente los valores de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta obtenidos con solvente evaporado y sin evaporar para el sistema adhesivo Single Bond.
- Analizar comparativamente los valores de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta obtenidos con solvente evaporado y sin evaporar para el sistema adhesivo Prime & Bond NT.

- Analizar comparativamente los valores de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta obtenidos con solvente evaporado y sin evaporar para el sistema adhesivo Onecoat Bond.
- Analizar comparativamente los valores de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta obtenidos con solvente evaporado y sin evaporar para el sistema adhesivo Stae.
- Analizar comparativamente los valores de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta obtenidos con solvente evaporado y sin evaporar para el sistema adhesivo Admira Bond.
- Analizar comparativamente los valores de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta obtenidos con solvente evaporado y sin evaporar para el sistema adhesivo Optibond Solo Plus.
- Analizar comparativamente los resultados obtenidos entre los seis tipos de sistemas adhesivos con y sin evaporar sus solventes.

MATERIAL Y MÉTODO

El trabajo experimental se llevó a cabo en el laboratorio del área de biomateriales odontológicos del Departamento de Odontología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Se trabajó con 60 terceros molares sin caries extraídos recientemente, los cuales fueron depositados en suero fisiológico isotónico en un recipiente cerrado, mantenidos a temperatura ambiente hasta ser utilizados. Previo a su utilización, las piezas dentarias fueron limpiadas con agua y escobillas.

A cada pieza dentaria se le realizaron 2 cavidades operatorias clase V, estandarizadas en sus dimensiones, siendo de 3 mm de profundidad, 3 mm de alto y 6 mm de ancho, todas ellas fueron realizadas por un mismo operador, ubicadas en vestibular, palatino / lingual de cada diente, ocupando el tercio medio de la cara correspondiente y quedando la pared axial en dentina (Foto N°1).

Estas cavidades se realizaron con una turbina refrigerada con agua y piedras de diamante de alta velocidad cilíndrica con extremo redondeado N° ISO 806 314 de 014 mm. La piedra fue reemplazada cada 4 preparaciones para evitar su desgaste.

Luego de realizadas las cavidades, cada diente fue conservado en suero fisiológico isotónico hasta realizar la restauración.

Foto N° 1: Pieza dentaria con cavidad clase V en su cara vestibular.



Los dientes fueron divididos en 2 grupos cada uno de 30 dientes elegidos al azar, un grupo con solvente sin evaporar y el segundo grupo con el solvente evaporado. Estos grupos se subdividieron en 3 subgrupos de 10 dientes cada uno donde en el primer subgrupo las cavidades vestibulares se utilizó el adhesivo Single Bond y en las cavidades palatino/lingual se utilizó el adhesivo Prime & Bond NT, en el segundo subgrupo las cavidades vestibulares se utilizó el adhesivo Onecoat Bond y en las cavidades palatino/lingual se utilizó el adhesivo Stae, en el tercer subgrupo las cavidades vestibulares se utilizó el adhesivo Admira Bond y en las cavidades palatino/lingual se utilizó el adhesivo Optibond Solo Plus. Como se detalla a continuación.

Grupo 1: (Sistema adhesivo con solvente sin evaporar)**- Subgrupo 1:**

- Cavidad Vestibular: Sistema adhesivo Single Bond con su solvente sin evaporar.
- Cavidad Palatino/Lingual: Sistema adhesivo Prime & Bond NT con su solvente sin evaporar.

-Subgrupo 2:

- Cavidad Vestibular: Sistema adhesivo Onecoat Bond con su solvente sin evaporar.
- Cavidad Palatino/Lingual: Sistema adhesivo Stae con su solvente sin evaporar.

-Subgrupo 3:

- Cavidad Vestibular: Sistema adhesivo Admira Bond con su solvente sin evaporar.
- Cavidad Palatino/Lingual: Sistema adhesivo Optibond Solo Plus con su solvente sin evaporar.

Grupo 2: (Sistema adhesivo con solvente evaporado)**- Subgrupo 1:**

- Cavidad Vestibular: Sistema adhesivo Single Bond con su solvente evaporado.
- Cavidad Palatino/Lingual: Sistema adhesivo Prime & Bond con su solvente evaporado.

-Subgrupo 2:

- Cavidad Vestibular: Sistema adhesivo Onecoat Bond con su solvente evaporado.
- Cavidad Palatin/Lingual: Sistema adhesivo Ste con su solvente evaporado.

-Subgrupo 3:

- Cavidad Vestibular: Sistema adhesivo Admira Bond con su solvente evaporado
- Cavidad Palatino/Lingual: Sistema adhesivo Optibond Solo Plus con su solvente evaporado.

- Se grabaron todos los grupos con gel ácido ortofosfórico al 37% grabando primero el esmalte 20 seg para luego llenar toda la cavidad con ácido y grabar por otros 10 seg. De esta manera se completó un tiempo de 30 seg de grabado en esmalte y de 10 seg para la dentina.

- Luego se lavó con abundante agua por 20 seg.
- Se secó con papel absorbente la cavidad en dentina dejando el tejido dentinario visiblemente hidratado pero sin exceso de humedad, el esmalte se secó con aire soplando suavemente por 5 seg.

Los subgrupos en los que se utilizó el sistema adhesivo con su solvente sin evaporar se llevaron a cabo como aconseja el fabricante, polimerizándolos durante 20 seg. Los subgrupos en los que se utilizó el sistema adhesivo con su solvente evaporado, el adhesivo se dejó previamente depositado en un dispensador por un lapso de 1 minuto expuesto al medio y luego se aplicó en la cavidad de acuerdo a como recomendaba el fabricante polimerizándolo también durante 20 seg.

Posteriormente, las restauraciones fueron hechas con sistema incremental, aplicando la primera capa de composite sobre una pared cavitaria polimerizándola durante 30 seg con luz visible a través de la pared dentaria hacia la restauración, luego se colocó una segunda capa de igual forma en la otra pared de la cavidad y se polimerizó también por 30 seg a través de la estructura dentaria, Por último, se terminó de rellenar la cavidad con resina compuesta y se polimerizó durante 30 seg. Para todos los adhesivos se utilizaron resina compuestas TPH (Dentsply, U.S.A.).

Después de realizadas las restauraciones, las piezas dentarias fueron mantenidas durante una semana en estufa a 37°C y 100% de humedad relativa ambiental.

Transcurrido este tiempo, para evitar errores de filtración por otras vías no deseadas, los ápices dentarios fueron sellados con vidrio ionómero y cianoacrilato, luego se pincelaron las raíces desde el límite amelocementario hasta e ápice, con dos capas de esmalte para uñas y posteriormente se cubrieron las raíces con acrílico de autocurado. También se sellaron los surcos y cúspides coronarios con dos capas de esmalte para uñas y acrílico de autocurado 1 mm por sobre las restauraciones.

Luego de 24 hrs, después de este sellado, las piezas dentarias fueron sometidas a un proceso de termociclado, en una solución acuosa de azul de metileno al 1% en 65 ciclos térmicos entre 4°C y 60°C, manteniéndolas por 30 seg en cada baño térmico y atemperándolas a 23°C por 30 seg antes de cambiar entre un baño y otro.

Terminado este ciclo térmico, las piezas se dejaron reposar por 24 hrs a 37°C y 100% de humedad relativa ambiental.

Pasado este tiempo, se cortaron transversalmente al eje mayor del diente con disco de carburundum fino exponiendo las restauraciones y el grado de infiltración.

Finalmente se observó el grado de penetración del colorante (azul de metileno) en la interfase diente restauración utilizando un microscopio óptico.

Se utilizó una escala de análisis de profundidad de la tinción expresado en porcentaje de 0 a 100%, dependiendo de la distancia abarcada entre el borde cavo superficial y la pared axial de la restauración.

Los resultados obtenidos se analizarán comparativamente mediante el Análisis de Varianza, “t de Students” para establecer si se comprueba o rechaza la hipótesis.

Foto N° 2: Pieza dentaria que al corte transversal muestra un 0% de infiltración marginal.



Fotos N° 3 y N° 4: Muestran distintos porcentajes de infiltración marginal, observándose la coloración con azul de metileno en los márgenes de la restauración.



RESULTADOS

Los valores de microfiltración obtenidos fueron tabulados para facilitar su comprensión y posterior análisis

Tabla II. Valores en porcentaje de microfiltración para Single Bond y Primer Bond NT con su solvente sin evaporar.

N° muestra	Single Bond %	Prime & Bond %
N° 1	20.00	50.50
N° 2	34.35	45.23
N° 3	34.32	51.40
N° 4	42.33	100
N° 5	33.68	39.5
N° 6	32.18	53.90
N° 7	57.12	55.15
N° 8	37.36	57.21
N° 9	40.34	55.51
N°10	45.33	80.00
Promedio	37.70	58.84

Tabla III. Valores en porcentaje de microfiltración para Single Bond y Primer Bond NT con su solvente evaporado.

N° muestra	Single Bond %	Prime & Bond %
N° 1	68.9	100
N° 2	57.00	87.92
N° 3	79.32	100
N° 4	42.41	100
N° 5	65.70	100
N° 6	58.20	100
N° 7	64.32	100
N° 8	58.60	92.31
N° 9	100	100
N°10	53.12	100
Promedio	64.76	98.02

Tabla IV. Valores en porcentaje de microfiltración para Onecoat Bond y Stae con su solvente sin evaporar.

N° muestra	Onecoat Bond %	Stae %
N° 1	40.00	55.20
N° 2	35.53	61.31
N° 3	35.47	60.62
N° 4	38.90	58.42
N° 5	26.72	75.40
N° 6	44.30	58.80
N° 7	62.54	100
N° 8	28.21	52.31
N° 9	32.37	71.00
Promedio	38.23	65.90

Tabla V. Valores en porcentaje de microfiltración para Onecoat Bond y Stae con su solvente evaporado.

N° muestra	Onecoat Bond %	Stae %
N° 1	42.91	79.21
N° 2	88.91	100
N° 3	60.23	100
N° 4	90.12	88.61
N° 5	58.81	85.45
N° 6	56.73	100
N° 7	50.00	90.16
N° 8	42.51	100
N° 9	64.72	85.62
Promedio	61.66	92.12

Tabla VI. Valores en porcentaje de microfiltración para Admira-Bond y Optibond Solo Plus con su solvente sin evaporar

N° muestra	Admira-Bond %	Optibond Solo Plus %
N° 1	50.00	69.21
N° 2	44.32	58.82
N° 3	37.12	51.35
N° 4	58.81	37.03
N° 5	27.52	35.64
N° 6	52.01	43.12
N° 7	39.82	54.66
N° 8	43.21	38.25
N° 9	40.00	52.20
Promedio	43.65	48.92

Tabla VII. Valores en porcentaje de microfiltración para Admira-Bond y Optibond Solo Plus con su solvente evaporado

N° muestra	Admira-Bond %	Optibond Solo Plus %
N° 1	100	100
N° 2	100	100
N° 3	82.91	100
N° 4	100	100
N° 5	95.12	100
N° 6	100	100
N° 7	90.33	100
N° 8	100	100
N° 9	100	100
Promedio	96.48	100

Nota: la muestra número 10 en tablas 4,5,6 y 7 fueron desechadas por presentar filtración del colorante por otras vías no deseadas tales como ápices radiculares, surcos coronarios, etc. (Foto N° 5)

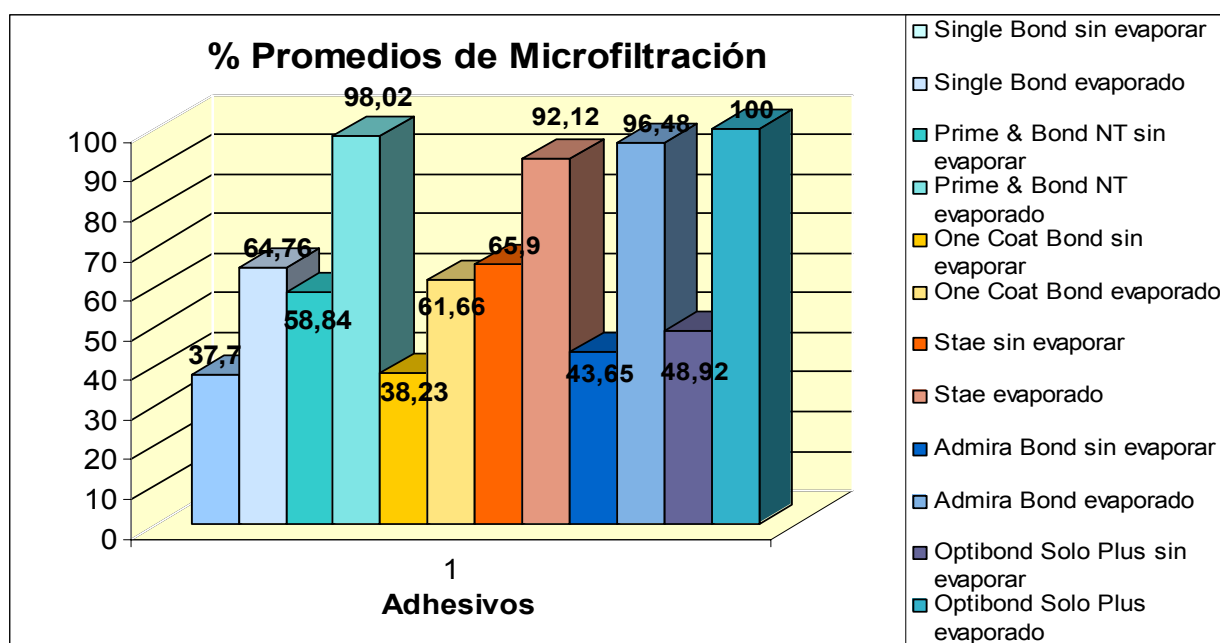
Foto N° 5: Pieza dentaria desechada por presentar infiltración del colorante azul de metileno por otra vía no deseada; En este caso los ápices radiculares.



Tabla VIII. Promedio de porcentaje de microfiltración de los seis sistemas adhesivos utilizados con su solvente sin evaporar y evaporado

Tipo de adhesivo	Con su solvente Sin evaporar (% promedio)	Con su solvente Evaporado (% promedio)
Single Bond	37.70	64.76
Prime & Bond NT	58.84	98.02
One Coat Bond	38.23	61.66
Stae	65.90	92.12
Admira Bond	43.65	96.48
Optibond Solo Plus	48.92	100

Gráfico N° 1: Promedios de porcentajes de microfiltración para los seis sistemas adhesivos con su solvente “sin evaporar” y “evaporados”.



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos para los seis sistemas adhesivos fueron sometidos a un análisis de varianza cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IX. Análisis de Varianza.

Grupo	Nº Muestra	Promedio	Desviación Estandar
Single Bond s/e	10	37.70	9.70
Single Bond e	10	64.76	15.81
Prime & Bond NT s/e	10	58.84	17.88
Prime & Bond NT e	10	98.02	4.29
One Coat Bond s/e	9	38.23	10.69
One Coat Bond e	9	61.66	17.50
Stae s/e	9	65.90	14.72
Stae e	9	92.12	8.05
Admira Bond s/e	9	43.65	9.16
Admira Bond e	9	96.48	6.10
Optibond Solo Plus s/e	9	48.92	11.32
Optibond Solo Plus e	9	100.00	0.00

s/e = Sin evaporar e = Evaporado

Estos grupos fueron sometidos al test “t de Students” con el fin de relacionar los doce grupos entre si y ver si existen o no diferencias estadísticamente significativas de microfiltración entre ellos.

- Grupo 1 = Single Bond sin evaporar
- Grupo 2 = Prime & Bond sin evaporar
- Grupo 3 = Single Bond evaporado
- Grupo 4 = Prime & Bond evaporado
- Grupo 5 = One Coat Bond sin evaporar
- Grupo 6 = Stae sin evaporar
- Grupo 7 = One Coat Bond evaporado
- Grupo 8 = Stae evaporado
- Grupo 9 = Admira Bond sin evaporar
- Grupo 10 = Optibond Solo Plus sin evaporar
- Grupo 11 = Admira Bond evaporado
- Grupo 12 = Optibond Solo Plus evaporado

Tabla 10. test t de Students.

Grupos	Diferencia estadística	Grupos	Diferencia estadística	Grupos	Diferencia estadística
1 v/s 2	SI	3 v/s 5	SI	5 v/s 12	SI
1 v/s 3	SI	3 v/s 6	NO	6 v/s 7	NO
1 v/s 4	SI	3 v/s 7	NO	6 v/s 8	SI
1 v/s 5	NO	3 v/s 8	SI	6 v/s 9	SI
1 v/s 6	SI	3 v/s 9	SI	6 v/s 10	NO
1 v/s 7	SI	3 v/s 10	SI	6 v/s 11	SI
1 v/s 8	SI	3 v/s 11	SI	6 v/s 12	SI
1 v/s 9	NO	3 v/s 12	SI	7 v/s 8	SI
1 v/s 10	NO	4 v/s 5	SI	7 v/s 9	NO
1 v/s 11	SI	4 v/s 6	SI	7 v/s 10	NO
1 v/s 12	SI	4 v/s 7	SI	7 v/s 11	SI
2 v/s 3	NO	4 v/s 8	NO	7 v/s 12	SI
2 v/s 4	SI	4 v/s 9	SI	8 v/s 9	SI
2 v/s 5	SI	4 v/s 10	SI	8 v/s 10	SI
2 v/s 6	NO	4 v/s 11	NO	8 v/s 11	NO
2 v/s 7	NO	4 v/s 12	NO	8 v/s 12	NO
2 v/s 8	SI	5 v/s 6	SI	9 v/s 10	NO
2 v/s 9	SI	5 v/s 7	SI	9 v/s 11	SI
2 v/s 10	NO	5 v/s 8	SI	9 v/s 12	SI
2 v/s 11	SI	5 v/s 9	NO	10 v/s 11	SI
2 v/s 12	SI	5 v/s 10	NO	10 v/s 12	SI
3 v/s 4	SI	5 v/s 11	SI	11 v/s 12	NO

DISCUSIÓN

El adhesivo dentinario puede ser expuesto al medio ambiente antes de su uso clínico, por diferentes lapsos de tiempo. Esto puede generar que parte del solvente se evapore con su consiguiente efecto sobre la capacidad del adhesivo de adherirse al tejido dentario y por lo mismo, rellenar la interfase diente restauración.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la evaporación del solvente sobre la capacidad de sellado de los adhesivos al realizar restauraciones de resina compuesta directas. Al observar los resultados obtenidos, se puede establecer que existen variaciones de importancia en el grado de sellado obtenidos en las restauraciones realizadas utilizando el adhesivo dispensado inmediatamente antes de la obturación, relacionadas con aquellos en las que el adhesivo fue expuesto al medio ambiente durante 1 minuto antes de su uso. Es así que al observar los porcentajes promedios de microfiltración marginal en los seis sistemas adhesivos dentinarios utilizados con su solvente sin evaporar y evaporado, se ve claramente la influencia, dentro de una misma marca comercial, de la evaporación del solvente en el grado de sellado marginal y por lo mismo en la microfiltración marginal, encontrándose los mayores porcentajes en las preparaciones en que fueron utilizados los adhesivos dentinarios después de ser expuestos al medio ambiente durante 1 minuto.

Al someter estos resultados al análisis estadístico mediante el test “t de Student”, indica que existe diferencias estadísticamente significativas, esto es con $p < 0.05$, entre los grupos de adhesivos con su solvente sin evaporar comparados con sus respectivos adhesivos utilizados con su solvente evaporado, demostrando así que la exposición del adhesivo al ambiente antes de ser utilizado influye en el grado de microfiltración de la restauración, lo que concuerda con lo expresado en trabajos previos (6), aunque en el presente estudio los porcentajes de microfiltración marginal tanto para los adhesivos con su solvente sin evaporar y evaporados fueron mayores a los informados en trabajos anteriores similares (6,20,37), esto debido probablemente a la metodología empleada y/o al manejo del operador.

Los valores de microfiltración marginal de los adhesivos Stae y Prime & Bond con su solvente sin evaporar fueron mayores que la de los adhesivos sin evaporar Single Bond, One Coat Bond y Admira Bond existiendo diferencia estadísticamente significativa con ellos, al igual estos valores también fueron superiores al adhesivo Optibond Solo Plus con su solvente sin evaporar, sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

Por otro lado los valores de microfiltración marginal de los adhesivos Single Bond y One Coat Bond con sus solventes evaporados fueron menores en comparación al resto de los adhesivos utilizados también con sus solventes evaporados, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Esto demostraría que los solventes

de los adhesivos Single Bond (solvente resultante de una combinación de agua y etanol) y One Coat Bond (solvente en base a agua) serían más estables que los usados en los adhesivos Prime & Bond y Admira Bond (solvente en base a acetona), Stae (solvente mezcla de acetona y agua), y Optibond Solo Plus (solvente en base a etanol) siendo estos últimos más volátiles. Esto coincide con lo expresado por Abate et al.(6) , que afirma que los adhesivos en base a agua poseen los porcentajes más bajos de evaporación, seguidos por el grupo constituido por adhesivos que combinan solventes como etanol y agua, siendo los valores más altos para los adhesivos en base a acetona. Por lo tanto cuando el sistema adhesivo pierde o disminuye la concentración del solvente, este no será capaz de establecer una capa híbrida eficaz porque no logrará eliminar el remanente hídrico del substrato dentinal y como consecuencia, los monómeros no se difundirán en la totalidad de la trama colágena, por lo que se formarán zonas hibridoides, el sellado biológico de los túbulos dentinales será ineficaz al igual que la polimerización del adhesivo.

Por lo anterior es importante considerar que la exposición del adhesivo dentinario al medio ambiente por tiempos tan leves como de 1 minuto; puede influir de manera significativa en los resultados obtenidos en la restauración de una pieza dentaria, independiente del tipo de solvente, aunque se aprecia un menor porcentaje de microfiltración en los adhesivos que utilizan como solvente agua o una combinación de agua y etanol en comparación con aquellos que utilizan como solvente acetona o etanol,

sin embargo, todos los solventes sufren una importante evaporación que modifica el grado de microfiltración de la restauración en comparación con el uso del adhesivo con su solvente sin evaporar.

Es importante destacar que a la observación clínica, el comportamiento de los adhesivos One Coat Bond y Single Bond resultaron ser más estables en lo que respecta a la evaporación durante el minuto de exposición ambiental en comparación al resto de los adhesivos utilizados (Prime & Bond , Stae , Admira Bond, Optibond Solo Plus) donde se evidenció una marcada evaporación, reduciéndose considerablemente la masa del adhesivo expuesto que se encontraba depositada en el dispensador. El hecho de la mayor pérdida de masa mostrada se puede atribuir a la evaporación del solvente del adhesivo, lo que hace requerir una cuidadosa conservación y manipulación del adhesivo dentinario para mantener la proporción óptima entre sus componentes al momento de ser usado. Por estas razones cuando se selecciona un sistema adhesivo se debe conocer el solvente que utiliza para tomar las precauciones necesarias y así lograr un óptimo resultado. Ya que cuando el sistema adhesivo pierde o disminuye la concentración de su solvente, este no será capaz de captar y eliminar el remanente de agua del sustrato dentinario, y como consecuencia los monómeros del adhesivo no difundirán por la totalidad de la red colágena provocando que el sellado de los túbulos dentinarios sea ineficaz y por lo tanto afectará la longevidad de la restauración y podría además,

conducir a una sensibilidad post-operatoria, tinción marginal, caries recurrente o la pérdida de la restauración.

CONCLUSIONES

- Existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de microfiltración de los seis adhesivos dentinarios utilizados con su solvente “**sin evaporar**” y “**evaporado**”, siendo mayor la microfiltración encontrada en los casos de evaporación del solvente.

- Los valores de microfiltración del adhesivo Stae (SDI, Australia) y Prime & Bond (Dentsply, U.S.A.) con su solvente “**sin evaporar**” fueron mayores que la de los adhesivos Single Bond (3M, U.S.A.), One coat bond (Coltene, Suiza) y Admira Bond (Voco, Alemania) utilizados también con su solvente “**sin evaporar**”, Existiendo diferencias estadísticamente significativa con ellos.

- No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los valores de microfiltración obtenidos utilizando adhesivos con su solvente “**sin evaporar**” Stae (SDI, Australia) v/s Prime & Bond (Dentsply, U.S.A.).

- Los valores de microfiltración de los adhesivos Stae (SDI, Australia) y Prime & Bond (Dentsply, U.S.A.) con su solvente “**sin evaporar**” fueron mayores a los obtenidos utilizando el adhesivo Optibond Solo Plus (Kerr, Alemania) con su solvente “**sin evaporar**”, sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.
- Los valores de microfiltración de los adhesivos Single Bond (3M, U.S.A.) y One Coat Bond (Coltene, Suiza) con sus solventes “**evaporados**” fueron menores en comparación al resto de los adhesivos utilizados también con sus solventes “**evaporados**”, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.
- Los valores de microfiltración de los adhesivos Single Bond (3M, U.S.A.) y One Coat Bond (Coltene, Suiza) con su solvente “**evaporado**” no mostraron diferencia estadísticamente significativa, entre ellos.
- Los valores de microfiltración entre los adhesivos “**evaporados**” Prime & Bond (Dentsply, U.S.A.), Stae(SDI, Australia), Admira Bond (Voco, Alemania) y Optibond Solo Plus (Kerr, Alemania) fueron similares y no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ellos.

- Los valores de microfiltración del adhesivo One Coat Bond (Coltene, Suiza) con su solvente “**evaporado**” fueron similares a los obtenidos con los adhesivos Prime & Bond (Dentsply, U.S.A.), Admira Bond (Voco, Alemania), Optibond Solo Plus (Kerr, Alemania) y Stae (SDI, Australia) utilizados con su solvente “**sin evaporar**”, no encontrándose diferencias estadísticamente significativa entre estos valores.

- Los valores de microfiltración del adhesivo Single Bond (3M, U.S.A.) con su solvente “**evaporado**” fueron similares a los obtenidos con los adhesivos Prime & Bond (Dentsply, U.S.A.) y Stae (SDI, Australia) utilizados con su solvente “**sin evaporar**”, no encontrándose diferencias estadísticamente significativa entre estos valores.

RESUMEN

Se realizó un estudio comparativo “in vitro” propuesto por la cátedra de Biomateriales Odontológicos, para evaluar la microfiltración provocada por la evaporación del solvente en seis sistemas adhesivos dentinarios tipo monobotella. Fueron usados los adhesivos Single Bond (3M, U.S.A.) que utiliza agua y etanol como solvente, One Coat Bond (Coltene, Suiza) que utiliza agua como solvente, Prime & Bond NT (Dentsply, U.S.A.), Admira Bond (Voco, Alemania) que utilizan solventes en base a acetona, Stae (SDI, Australia) que utiliza como solvente una mezcla de acetona y agua y Optibond Solo Plus (Kerr, Alemania) que utiliza etanol.

Para ello se utilizaron 60 terceros molares sanos recientemente extraídos a los que se le hicieron 2 cavidades clase V, a 30 de ellos se dejó evaporar el solvente del adhesivo por un tiempo de un minuto a temperatura ambiente antes de realizar la restauración con una resina compuesta marca TPH (Dentsply, U.S.A.). Hechas las restauraciones fueron sometidas a un proceso de termociclado y luego se midió el grado de microfiltración obtenido de acuerdo al porcentaje de penetración del colorante a través de la interfase diente restauración.

Los resultados obtenidos fueron sometidos al Análisis de Varianza, y al test “t de Students”, para verificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados. Se analizaron los seis sistemas adhesivos con sus solventes sin evaporar y luego con su solvente evaporado.

Finalmente se concluye que los valores de microfiltración aumentan cuando el solvente es evaporado y con ello perjudica el sellado marginal de la restauración, existiendo diferencia estadísticamente significativa entre los adhesivos “sin evaporar” y “evaporados”, al igual que entre las diferentes marcas comerciales de adhesivos utilizados en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bader M., Astorga C., y col. “Biomateriales Dentales” Propiedades Generales. Tomo I. Primera edición. U. de Chile. 1996. 73 p. Págs. 6-15, 49-62. Cap. I, IV, VI.
2. Urzúa I., Stanke F., Mariné A. “Tratamiento de la caries como enfermedad infectocontagiosa: Estudio preliminar”. Rev. Dent. Chile. 87 (3): 25-29, Noviembre 1996.
3. Uribe J., Spadileiro M., Cabral J. “Operatoria Dental. Ciencia y Práctica: Sistemas Resinosos Compuestos” 3º Edición. Editorial Avances Médicas Centrales. Madrid, 1990. 381p. Págs. 15-41. Cap. I, VIII.
4. Jaque V.: Trabajo de Investigación para optar al título de Cirujano Dentista. “Análisis comparativo in-vitro de la resistencia al cizallamiento de restauraciones de resina compuesta realizadas con la resina de enlace Single Bond polimerizando y no polimerizando la primera capa de aplicación”. U. de Chile. Santiago de Chile, 2001
5. Frankenberger R., Perdigao J., Rosa B. T., Lopes M. “ No-bottle v/s Multi-bottle dentin adhesives- a microtensile bond strength and morphological study”. Dental Materials 17:373-380. 2001.
6. Abate P. F., Rodriguez V. I., Macchi R. L. “Evaporation of solvent in one-bottle adhesives”. Journal of Dentistry 28: 437-440. Febrero, 2000

7. Peutzfeldt A. "Resin composite in dentistry: the monomer systems". *Eur J Oral Sci* 105: 97-116. 1997.
8. Swift E., Perdigao J., Heymann H. "Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995". *Quintessence International* 26 (2): 95-110. 1995.
9. Del-Nero M., Escribano N., De la Macorra J. C. "Análisis of Sealing v/s tensile Bond Strength of Eight Adhesive Restorative Material Systems". *J Adhesive Dent* 2: 117-127.2000.
10. Craig R. "Materiales Dentales Restauradores". 7º Edición. Editorial Mundi S.A.I.C. y F. Argentina, 1988. 570p. Págs. 237-266. Cap. 10.
11. Mariné A., Stanke F., Urzúa I. "Tratamiento de una enfermedad infectocontagiosa". Primera Edición. Editor Dr. Felipe Stanke. Chile, 1997. 54p. Págs. 9-26. Cap. 1,2,3,4 y 5.
12. Mariné A., Stanke F., Urzúa I. "Nuevas estrategias en cariología". Primera Edición. Editores Dr. F. Stanke y Dr. I. Urzúa. Chile, 1999. 125p. Págs. 5-48. Cap. 1,2,3 y 4.
13. Barrancos M. "Operatoria Dental". 3º Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina, 1999. 1176p. Págs. 567-578, 609-634, 657-690. Cap. 17,19,21,22.
14. Phillips. "Ciencia de los Materiales Dentales". 10º Edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. 1998. 745p. Págs 13-32, 313-326. Cap. 2 y 3.

- 15.** Craig R., O'Brien W., Powers J. "Materiales Dentales. Propiedades y Manipulación: Materiales para Restauraciones Estéticas Directas". 6º Edición. Times Mirror Internacional Publisher División Iberoamericana. Madrid, 1996. Págs. 55-75. Cap. IV.
- 16.** Besnault C., Attal J-P. "Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II composite restorations". Journal of Dentistry 30: 1-6. 2002.
- 17.** Ribera C., Quevedo E., Bader M. "Análisis comparative in vitro de las propiedades físicas mecánicas de dos resinas compuestas de reciente aparición v/s su antecesora". Rev. Fac. Odontología. U. de Chile. 18:25-33.2000.
- 18.** Castro P.: Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista. "Análisis comparativo in Vitro de la resistencia adhesiva de cuatro resinas compuestas con sus respectivos adhesivos". U. de Chile. Santiago de Chile.2002.
- 19.** Ariño p. "Adhesivos Dentales del Nuevo Milenio: "La Membrana Adhesiva". Industria y Profesionales N° 110. Septiembre 2000. Ciencia. www.gacetadental.com
- 20.** Garrido P.: Trabajo de Investigación para optar al título de Cirujano Dentista. "Análisis comparativo in Vitro de microfiltración de restauraciones realizadas con dos adhesivos dentinarios distintos". Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2003.

- 21.** Rojas M.: Trabajo de Investigación para optar al título de Cirujano Dentista.
“Análisis comparativo in Vitro de microfiltración de restauraciones de resina compuesta tratadas con distinto número de capas de adhesivo”. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2001.
- 22.** Van Meerbeek B., Perdigao J., et. al. “The Clinical performance of adhesives”. J. Dent. 26 (1): 1-20. 1998.
- 23.** Bouillaguet S., Gysi P., Wataha J. C., et.al. “Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems” Journal of Dentistry 29: 55-61. 2001.
- 24.** Llena P., Forner M. C. “Relación de la permeabilidad dentinaria con los nuevos sistemas adhesión dentinaria”. EJDR. Junio 1997.
- 25.** Barkmeier W., Hammesfahr P., Latta M. “Bond Strength of Composite to Enamel and Dentón Using Prime & Bond 2.1”. Oper. Dent. 24(1):51-56. 1999.
- 26.** Mery C., Montenegro M. A., et. al. “Histología y Embriología del Sistema Estomatognático”. Primera Edición. Ediciones Universidad de Chile. Santiago de Chile, 1986. 138p. Págs. 61-75. Cap. V, VI.
- 27.** Roig Cayón M., Brau Aguadé E., Canalda Salí C. “Consideraciones generales sobre el uso clínico de los adhesivos dentinarios”. Oper Dent Endod 1(1): 10. 1997.
- 28.** Watson V. et.al. “Adhesión estado actual”. Acta Odontológica Venezolana. 34(1): 11-16. 1996.

29. Swift E., Perdigao J., Heymann H. "Enamel bond strengths of "one-bottle" adhesives". *Pediatric Dentistry* 20(4): 259-262. 1998.
30. Asmussen E., Peutzfeldt A. "The influence of Relative Humidity on the Effect of Dentin Bonding Systems". *J Adhesive Dent* 3(2): 123. Febrero 2001.
31. Arroyo S., Martinez J. "Un Adhesivo Autograbador: XENOIII" Unidad de Patología y Terapéutica Dental. Universidad de Barcelona. Mayo 2003.
32. Al-Ehaideb A., Mohammed H. "Microleakage of one bottle Dentin Adhesives". *Op. Dent.* 26: 172-175. Marzo 2001.
33. Tanumiharja M. et.al. "Field-Emission scanning electron Microscopy of resin-Dentin Interfase Morphology of seven Dentin Adhesive Systems". *J Adhesive Dent* 2(4): 259-269. 2000.
34. Van Meerbeek et.al. "Adhesives and cements to promote preservation dentistry". *Operative Dentistry Supplement* 6: 119-144. 2001.
35. Kanca III J. "Resin Bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin". *Quintessence International* 23(1):39-41. 1992.
36. Pilo R. & Ben-Amar A. "Comparison of Microleakage for three One-Bottle ante three Multi-Step Dentin Bonding Agents". *J. Prosthetic Dent.* 82(2): 209-213. 1999.

37. Torres D.: Trabajo de Investigación para optar al título de Cirujano Dentista.”Análisis comparativo in Vitro de microfiltración de restauraciones realizadas con resina de enlace Single Bond con y sin fotopolimerizar el adhesivo”. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2003.