

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

**Estudio comparativo *in vitro* de la microfiltración de restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo convencional y otras realizadas con un sistema adhesivo con nanorelleno.**

Clinton Rodrigo Beñaldo Fuentes

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
CIRUJANO DENTISTA

TUTOR PRINCIPAL

Profesor Dr. Marcelo Bader M.

TUTOR ASOCIADO

Profesor Dr. Manuel Ehrmantraut N.

SANTIAGO – CHILE

2005

## AGRADECIMIENTOS

- **A Mamá y Papá, por todo su amor, entrega y cariño, esto es fruto de su esfuerzo...**
- A los profesores, Dr. Marcelo Bader y Dr. Manuel Ehrmantraut, por su paciencia y entrega en la guía de este trabajo, y a la Sra. Patricia Herrera por su cooperación.
- A todas las personas que me ayudaron en mi camino: mi hermano Felipe, mi primo Víctor, Profesor Fernando Pardo, Dr. Juan Pablo Acevedo y familia, Dr. Enrique Torres, Dr. Milton Ramos, Dr. Danilo Ocaranza, Dr. Christian López.
- A las Sra. Silvia Kochin, Sra. Lilian Carvajal y Sra. Patricia Gutiérrez por creer en mi persona.
- A los doctores y funcionarios del Consultorio Batuco, Consultorio Symon Ojeda y Hospital Barros Luco (SEO y Posta de Urgencia), gracias por su guía.
- A todos los funcionarios de la Facultad de Odontología por su entrega.
- A mis amigos de Facultad: Oscar, Pachurro, Claudio, Paz, Lorena y a muchos más, por todos los buenos momentos compartidos.
- A los compañeros de TVU y a los habitantes de Calbuco y Cochamó, X región, que nos recibió con cariño en trabajos de verano.
- A Daniel, Jorge, Mónica, Verónica y Gloria por su amistad.
- A Bárbara por hacerme feliz.

## ÍNDICE

	<u>Página N°</u>
INTRODUCCIÓN.....	2
MARCO TEÓRICO.....	6
RESINAS COMPUESTAS.....	8
ADHESIÓN.....	13
ADHESIÓN A TEJIDOS DENTARIOS.....	15
ADHESIVOS DENTINARIOS.....	20
HIPÓTESIS.....	25
OBJETIVO GENERAL.....	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
MATERIAL Y MÉTODO.....	27
RESULTADOS.....	29
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	32
DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	36
SUGERENCIAS.....	37
RESUMEN.....	38
REFERENCIAS.....	40

## INTRODUCCIÓN

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

La caries es una enfermedad infectocontagiosa que provoca una pérdida localizada de miligramos de minerales en los dientes afectados, causada por ácidos orgánicos provenientes de la fermentación microbiana de los carbohidratos de la dieta. Esta enfermedad tiene un carácter multifactorial y es comúnmente crónica. Su aparición depende de tres factores primarios que son: el hospedero representado por los dientes, la microbiota de la región o microorganismos y la dieta consumida. Estos tres factores primarios representan la clásica tríada de Keyes, a la cual se ha agregado un cuarto factor que es el tiempo en que ellos coexisten. (2)

La caries provoca un deterioro que si no es detectado oportunamente, se hará irreversible desde el punto de su auto reparación, es decir, la remineralización de los tejidos afectados. Cuando así ocurre, su vía de tratamiento debe ser necesariamente quirúrgica, eliminando mecánicamente los tejidos irreversiblemente dañados y adoptando las medidas necesarias para que los tejidos remanentes permanezcan sanos. Sin embargo, esto dejará una secuela de la enfermedad sobre la pieza dañada, que se manifiesta por cavitación o pérdida de estructuras de mayor o menor envergadura según haya sido la severidad de la lesión. (3)

Son objetivos de la Odontología Restauradora, devolver la anatomía y funcionalidad de aquellas piezas dentarias afectadas por caries dental, traumatismos, malformaciones congénitas y/o hereditarias, que han dejado como secuela una pérdida de sustancia y/o debilitamiento de los tejidos dentarios. (4)

Para reparar estas secuelas se deberá recurrir al uso de biomateriales dentales, que permitan que dicha pieza recupere su morfología, y a través de ello, su función y estética (según las expectativas del paciente), además de preservar también así la salud y el equilibrio del ecosistema bucal. (3)

Hoy en día, dos aspectos tienen gran importancia en el desarrollo de nuevos biomateriales: uno es el aspecto estético, es decir, que sean lo más parecido posible a las estructuras dentarias, y el segundo, la posibilidad de obtener unión química primaria a los tejidos dentarios, de manera que al unirse íntimamente al diente, se elimine la interfase diente-restauración, y se evite la recurrencia de caries a ese nivel. Aunque se ha avanzado todavía no se obtiene un material ideal. (5)

Entre los Biomateriales Restauradores Estéticos que logran resultados ópticos satisfactorios encontramos a las Resinas Compuestas o Composites. Sin embargo, éstas no logran la deseada unión química con el tejido dentario, y es por esta razón que se recurre a lograr adhesión del tipo micromecánica que se obtiene a través de las técnicas de grabado ácido y el uso de adhesivos a esmalte y a dentina. (6)

Sin embargo, este tipo de biomaterial restaurador no obtiene una interfase cero con el diente debido a los fenómenos de contracción que sufre al polimerizar, lo que se traduce en un sellado marginal imperfecto que permite la aparición de una brecha con la consiguiente infiltración marginal. (7) Este proceso se conoce como microfiltración y es definido como un pasaje clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas y/o iones entre las paredes cavitarias y el material de restauración aplicado. Este fenómeno puede traer consecuencias tales como hipersensibilidad dentaria, irritación pulpar, permitir el paso de bacterias a través del margen de la restauración que pueden producir caries recurrentes y contribuir a la corrosión, disolución o decoloración de ciertos materiales dentales. (8)

Para que las resinas compuestas se adhieran de manera eficaz y duradera a la estructura dental se necesita utilizar un sistema adhesivo, para asegurar un sellado más hermético y que disminuya la brecha al máximo entre el diente y la restauración. Actualmente se utilizan los sistemas adhesivos que se unen a esmalte y dentina mediante la aplicación de la técnica de grabado ácido total, es decir, se graban el esmalte y la dentina con ácido fosfórico al 35%, durante un tiempo determinado para cada tejido. Esta técnica permite eliminar el barro dentinario, abrir los túbulos dentinarios, aumentar la permeabilidad dentinaria y desmineralizar la dentina peri e intertubular, dejando una matriz de colágeno expuesta que debe mantenerse húmeda. Como la resina compuesta presenta monómeros que son hidrofóbicos, se debe aplicar como segundo paso un primer o agente imprimante, sustancia hidrofílica que moja e impregna la malla de colágeno evitando su colapso. Posteriormente se realiza el tercer paso que consiste en la aplicación del agente adhesivo que es una resina sin relleno que penetra entre las fibras de colágeno expuestas, trabándose mecánicamente con ellas, y que copolimeriza con la resina compuesta actuando como enlace. (9)

Entre los diversos tipos de sistemas adhesivos están los denominados de quinta generación, de presentación en una botella, (10) en el cual se combina el primer y el agente adhesivo en un frasco, como por ejemplo el sistema adhesivo Single Bond (3M-ESPE). (11) Después del acondicionamiento del tejido de esmalte y dentina con ácido grabador, se aplican estos sistemas adhesivos en una o más capas según el tipo de agente adhesivo y de acuerdo a las instrucciones del fabricante. (9)

Cabe destacar que la mayoría de las investigaciones que se desarrollan en el ámbito mundial tienen como finalidad sintetizar nuevos sistemas adhesivos con mejores componentes y menor número de pasos clínicos, aunque esta simplificación de las fases clínicas en la técnica de adhesión no signifique necesariamente mejoras en la fuerza de

adhesión, microfiltración o una disminución importante del tiempo total de trabajo. En este contexto 3M-ESPE Dental ha desarrollado un nuevo sistema adhesivo con nanorelleno llamado Single Bond 2, el cual presentaría características de mayor estabilidad dimensional, menor contracción de polimerización y mejores propiedades mecánicas.

Dado que estas propiedades que dice tener el nuevo material provienen de los análisis de laboratorio del fabricante del sistema adhesivo o de investigadores relacionados a él, es que a través del presente estudio se busca analizar comparativamente los dos sistemas adhesivos *in vitro*, a saber, Single Bond y Single Bond 2, con el fin de evaluar si existen diferencias significativas en el grado de sellado marginal obtenido de restauraciones realizadas con estos dos sistemas adhesivos utilizando la técnica preconizada por el fabricante.

## MARCO TEÓRICO

Para restablecer los tejidos dentarios perdidos luego de extirpar una lesión cariosa, el odontólogo cuenta con múltiples materiales de restauración. Se debe seleccionar el material más adecuado a la situación que se nos presente y para ello se debe tener en consideración varios aspectos en relación a las propiedades de los materiales. Principalmente se opta por biomateriales capaces de unirse permanentemente a la estructura dentaria, que puedan ser aplicados directamente en una preparación cavitaria con la plasticidad adecuada y que tengan el aspecto de los tejidos naturales.

A lo largo de la historia se han desarrollado cuatro tipos de materiales para restauraciones estéticas directas:

- 1.- Cementos de Silicatos.
- 2.- Resinas Acrílicas (sin relleno).
- 3.- Resinas de Dimetacrilato con Refuerzos Orgánicos (Resinas Compuestas o Composites).
- 4.- Cementos de Ionómero Vítreo de Restauración.

Los **Cementos de Silicatos** empezaron a utilizarse a finales del siglo XIX y en Chile se usaron ampliamente hasta fines de la década de 1970. Como ventajas, estos materiales poseían un coeficiente de variación dimensional térmica similar al de los tejidos dentarios, propiedades anticariogénicas por la presencia de un 20% de fluoruros en la composición del polvo y bajo costo. Sin embargo, estos materiales eran muy solubles en el medio bucal y no resistían la desintegración; debido a ello, representaban un sistema de restauración a corto plazo. Por otra parte, los silicatos cambiaban de color y se opacificaban por la pigmentación y la deshidratación, lo que se traducía en que sus



cualidades estéticas se deterioraban con el paso del tiempo. Además ejercían una acción muy nociva sobre la pulpa dentaria, ya sea por su acidez y/o por su nula adhesión a los dientes que facilitaba la microfiltración, lo que obligaba a utilizar un protector pulpar que no siempre impedía injurias posteriores. (12)

Debido a estas malas propiedades se buscó un material alternativo. Lo cual dio origen hacia 1945 a las **Resinas Acrílicas sin relleno** las que fueron mejorando hasta convertirse en un material bastante utilizado en la década de 1960. Los acrílicos sin relleno, o resinas acrílicas, son materiales de origen orgánico, y por lo mismo poseen todas las propiedades que corresponden a estos materiales. (13) Aunque eran insolubles y no se deshidrataban como los silicatos, poseían desventajas tales como su gran contracción de polimerización y sus cambios dimensionales térmicos (que favorecían la microfiltración), además de su escasa rigidez y pobre resistencia mecánica al desgaste, todo lo cual finalmente derivaba en la pérdida de la restauración, la necesidad de recambio o la aparición de caries secundaria. (12) A todo esto se le sumaba la variación de color debido a la pigmentación que experimentaban a través del tiempo, a pesar que recién instalados su estética era aceptable. Estas propiedades negativas para su uso clínico se debían a la estructura química que tienen los materiales de origen orgánico, a la presencia de un monómero de bajo peso molecular, al sistema de activación utilizado y a la gran cantidad de monómero residual presente por unidad de volumen de la restauración. (13)

Los **Cementos de Ionómero Vítreo** aparecieron en 1972 y se utilizan fundamentalmente para restaurar lesiones cervicales. Sus principales características son su adhesión química al diente y la liberación de iones flúor al medio, sin embargo no tienen buenas propiedades mecánicas. (12)

## RESINAS COMPUESTAS

Las **Resinas de Dimetacrilato Reforzadas** surgen en la década de 1960 y su empleo se ha ido incrementando progresivamente, hasta convertirse en el material más usado en restauraciones estéticas directas. (9) Ellas tienen sus orígenes en las resinas acrílicas introducidas a la práctica Odontológica en 1945, la que consistía en una mezcla de finos granos de prepolímero (polvo), más un líquido, que contiene monómero de metacrilato de metilo, un agente de cadenas cruzadas y activadores, según fuera el sistema de polimerización. (14)

Sin embargo, estos materiales no satisfacían las expectativas clínicas y es así como se trató de incorporar un relleno a este monómero, con el fin de aumentar su resistencia mecánica y disminuir los cambios dimensionales atribuidos al metacrilato de metilo, y no es hasta la década de 1960 cuando R. L. Bowen sintetizó un nuevo monómero, derivado de la combinación de una molécula epóxica como el bisfenol A con un glicidil dimetacrilato. La molécula resultante fue denominada BisGMA y poseía un mayor peso molecular que los monómeros de las resinas acrílicas. A ella se le agregaron partículas de relleno inorgánico, las que fueron tratadas superficialmente con un vinil silano, con el fin de permitir una buena unión entre ambas partes. (15) De esta forma se lograba disminuir la contracción de polimerización, el alto coeficiente de expansión térmica y la baja resistencia mecánica, además del posible daño pulpar, todas estas propiedades atribuidas a las resinas acrílicas. (16)

Este nuevo polímero daba inicio a la era de las resinas compuestas, las que se definen como: “una combinación tridimensional de al menos dos materiales químicamente diferentes con una interfase distinta que une los componentes”. (17)

De acuerdo a esto, la composición de las resinas compuestas la constituyen tres fases a saber:

a) **Matriz Orgánica:** constituida por un monómero que puede ser BisGMA o un dimetacrilato de uretano (UDMA). Estos oligómeros de BisGMA y UDMA son líquidos muy viscosos, lo que hace que al ir incorporando el relleno, se produzca una masa poco trabajable, de allí que para controlar la consistencia de la pasta de composite, se les añaden monómeros de bajo peso molecular tales como el TEGDMA, el BISEMA6 o el BISEMA10, los que actúan como solventes del BisGMA o del DMU, controlando así su viscosidad, y permitiendo agregar mayores cantidades de relleno inorgánico, sin alterar la capacidad de trabajo del material resultante.

Sin embargo, estos monómeros solventes, al ser de menor peso molecular, aumentan el grado de contracción del material al polimerizar, motivo por el cual su adición debe ser muy controlada para evitar un efecto negativo sobre esta propiedad.

Los oligómeros y monómeros reaccionarán formando un polímero, por la presencia de dobles enlaces entre los carbonos de los grupos terminales de cada uno de ellos.

b) **Fase Inorgánica:** constituida por las partículas de relleno inorgánico, tales como el cuarzo, sílice, silicato de litio aluminio y cristales de bario, estroncio, cinc o yterbio.

c) **Fase de Unión o Acoplamiento:** con el fin de conseguir una óptima unión entre el relleno inorgánico y la matriz polimérica, se tratan las superficies de los rellenos, de manera de transformar su superficie organofóbica en una organofílica. El tratamiento más corriente es el que utiliza un derivado de silano, que corresponde a una molécula bifuncional, la que puede reaccionar con el relleno inorgánico y la matriz orgánica simultáneamente, consiguiendo de ese modo el acoplamiento del relleno y la matriz. (3)

Las Resinas Compuestas se presentaron en un comienzo en forma de un polvo, que era principalmente el relleno inorgánico silanizado y de un líquido, el que estaba constituido por la fase orgánica a polimerizar. Así al hacerse la mezcla y endurecer el material, quedaba constituida la resina compuesta.

Inicialmente los rellenos estaban constituidos por cristales de cuarzo, sílice y alúminosilicato, los que carecen de átomos de número atómico suficientemente elevado para ser radioopacos. Los rellenos de partículas finas que contienen bario, estroncio, cinc o yterbio son radioopacos, y esta radioopacidad depende del número atómico y es proporcional al porcentaje volumétrico de relleno. (16)

Los primeros composites contenían partículas de relleno, cuyo tamaño podía alcanzar entre 30 a 50  $\mu\text{m}$ , y por ello fueron denominados como de **macrorrelleno**. Estas partículas constituyentes eran muy largas y más duras que la matriz polimérica, por lo que estos materiales tenían gran dificultad para obtener una adecuada superficie pulida. Una alternativa la constituyeron los composites con partículas de 0.04  $\mu\text{m}$ , llamados de **microrrelleno**. Actualmente, la mayoría de los composites tiene partículas de relleno con un tamaño medio de 0.4  $\mu\text{m}$  a 0.9  $\mu\text{m}$  con partículas mayores y menores a ese tamaño, llamados composites **microhíbridos**, los cuales mezclan las características de resistencia de las resinas de macrorrelleno y las ventajas en el pulido y terminación superficial de las de microrrelleno. (3)

Para lograr el endurecimiento del material, este debe polimerizar, para lo cual los monómeros deben ser activados mediante el aporte de energía que logre desdoblarse el doble enlace de sus grupos terminales.

En un principio las resinas compuestas poseían un sistema de activación química, induciendo su polimerización por medio de un peróxido orgánico iniciador y una amina orgánica aceleradora, los cuales no se debían mezclar hasta el momento en que se fuera

a efectuar la restauración. Por lo anterior los sistemas de activación química se presentaban en forma de dos pastas, con el iniciador en una y el acelerador en la otra pasta del composite. Sin embargo, estos materiales presentaban inestabilidad en el color por esta reacción amina-peróxido, de allí entonces surge la activación física por luz UV primero y luz visible después, siendo esta última la utilizada en la actualidad. (14)

El sistema activado por luz visible utiliza una luz intensa, que es absorbida por una dicetona (agente fotosensible o fotoiniciador) en presencia de una amina orgánica alifática, iniciando así la reacción de polimerización en tiempos de exposición que van de 20 a 60 segundos. La amina y la dicetona forman parte de la pasta de composite, y no se produce ninguna reacción entre ellas hasta la exposición a la luz y por ello el material se presenta como una única pasta de composite, en una jeringa negra y opaca. (3)

La polimerización consiste en la reacción de transformación del monómero a polímero y en el caso de las resinas compuestas, es un tipo de reacción por adición mediante radicales libres, la que ocurre en tres etapas a saber:

**1. Etapa de Iniciación:** la molécula del iniciador (peróxido o dicetona), se energiza y se activa, formando radicales libres, lo que representa energía extra al sistema. Esta energía es transmitida a las moléculas de monómero, permitiendo el desdoblamiento del doble enlace del grupo terminal de los monómeros.

**2. Etapa de Propagación:** corresponde a la reacción en cadena hasta que se agota el monómero.

**3. Etapa de Terminación:** ocurre cuando dos moléculas de polímero se transfieren la energía (acoplamiento directo), inactivándose mutuamente. (17)

La reacción de polimerización se acompaña siempre de dos fenómenos: uno de ellos es la exotermia, que se produce debido a que el material pasa de un estado de mayor a otro de menor energía, donde la diferencia energética entre ambos se libera

calóricamente. El segundo fenómeno asociado a la polimerización es la contracción, que es el resultado del acortamiento de la distancia entre las moléculas del producto, ya que ellas deben aproximarse para poder reaccionar entre sí, disminuyendo así el volumen total de la masa.

Además de su uso masivo en restauraciones de piezas dentarias anteriores, las resinas compuestas pueden utilizarse en restauraciones oclusales que no estén sometidas a fuerzas oclusales intensas, en sellantes de puntos y fisuras, en restauraciones indirectas tipo inlays u onlays y como material de cementación. (18,19)

Un factor importante a considerar en el uso de los composites, es la adaptación marginal, pues la contracción de polimerización, según su grado, puede generar una brecha entre el diente y la restauración, lo que podría afectar la longevidad de la restauración, haciéndola fracasar. Es sabido que los composites que contienen partículas de relleno se contraen en menor medida que aquellos que no poseen relleno, pues dicha contracción es proporcional a la cantidad de matriz orgánica. Además, las tensiones generadas por la contracción de polimerización, pueden superar la fuerza de adhesión de los composites a la estructura dental, a pesar del grabado ácido del esmalte y el uso de adhesivos, lo que se traduce en filtraciones marginales, que hacen fracasar la restauración. (10)

Con el fin de limitar los efectos de la contracción de polimerización, se sugiere aplicar y polimerizar al composite por capas. Se puede reducir el estrés residual al interior de la masa a polimerizar si se guía la contracción de polimerización, se minimiza la masa de composite a polimerizar en la cavidad y se reduce la proporción de superficie de material adherido a las paredes cavitarias, en relación a la superficie que queda libre. (10)

En relación a los múltiples factores que influyen en el sellado marginal de las restauraciones de resinas compuestas, nos referiremos al concepto de adhesión y su influencia en el sellado.

## **ADHESIÓN**

Un factor de real importancia es la unión fuerte y duradera que se debe establecer entre el material restaurador y la estructura dentaria, unión que impida la microfiltración marginal y facilite su retención en boca, es decir, como ideal en Odontología buscamos la adhesión del material en forma permanente a las estructuras dentarias.

La palabra adhesión viene del latín adhaerere, formada por: ad (para) y haerere (pegarse). En terminología adhesiva, adhesión o enlace es la unión de una sustancia a otra. La adhesión se refiere a la interacción de las fuerzas o energías entre los átomos o moléculas en una interfase que mantiene juntas a dos estructuras. El período de tiempo que perdura la unión se denomina durabilidad. El fenómeno adhesivo es crítico en muchos biomateriales dentales, incluyendo la unión de porcelanas a metales y por supuesto la adhesión de resinas compuestas a estructuras dentales. (3)

Existen distintos tipos de adhesión, los que podemos agrupar de la siguiente manera:

**-Adhesión de Tipo Física o Mecánica:** que se produce a través de una trabazón o entrecruzamiento de 2 fases a unir o bien por la generación de tensiones entre las 2 superficies. De acuerdo a lo anterior, la adhesión mecánica a su vez puede ser: (3)

a) *Macromecánica*: en que las partes quedan trabadas en función de la morfología macroscópica de ellas, dadas por ejemplo a través de tallados cavitarios, que buscan retención y anclaje, tales como paredes retentivas, surcos, pines, etc.

b) *Micromecánica*: en que las partes quedan trabadas en función de la morfología microscópica de ellas. (16)

Ambos tipos de adhesión mecánica, pueden lograrse mediante efectos geométricos, reológicos o una combinación de ambos.

**-Adhesión de Tipo Química**: en que se generan fuerzas o enlaces químicos entre las partes basadas en la interacción entre los átomos y moléculas de sus componentes. Esta unión química puede ser mediante:

a) *Fuerzas de Valencia primarias entre átomos*: como uniones iónicas, covalentes y metálicas, las que son de alta energía de unión.

b) *Fuerzas de Valencia secundarias entre moléculas*: las que pueden ser de tipo dipolo permanentes o fluctuantes, como las fuerzas de Van der Waals, de dispersión de London, etc. Estas son relativamente débiles. (14)

Con el objeto de lograr una aceptable adhesión, se deben considerar algunas consideraciones importantes:

- **Adaptación**: en que cada una de las partes a unir, debe ser capaz de penetrar en las retenciones y rugosidades de la superficie sobre la que se pretende que quede fija, en el caso de la adhesión mecánica, o de contactar íntimamente entre ellas para que se produzcan las reacciones interatómicas, en el caso de la adhesión química. (3)

- **Energía Superficial**: es aquella fuerza de atracción que existe en la superficie de los cuerpos, debido a que los átomos a este nivel no tienen cubiertas todas sus



valencias, y estas son capaces de atraer partículas o bien otros cuerpos. En el caso de los sólidos, la energía de su superficie es mayor que la de su interior, porque dentro de la red que conforma el sólido las moléculas son atraídas entre sí en igual forma, a diferencia de las de su superficie. (3)

- **Humectación:** es aquella característica de los líquidos de fluir fácilmente por la superficie de un sólido creando una capa delgada y continua que facilita el contacto más íntimo de las superficies a unir, de este modo, el líquido interpuesto entre ambas superficies se introduce por los espacios vacíos, permitiendo la coadaptación de las partes. (3,14)

- **Ángulo de Contacto:** es aquel que se forma entre la tangente a la periferia de la gota que forma el líquido, y la superficie del sólido, con el fin de que el líquido moje la superficie sólida. Mientras más extendido sea el ángulo que se forma, es mejor la humectancia. (14, 16)

### **ADHESIÓN A TEJIDOS DENTARIOS**

La estructura dentaria está conformada por diferentes tejidos los que difieren en composición, orden y estructura. Esto determinará una forma específica de adhesión al material restaurador.

El **esmalte** recubre la corona anatómica de las piezas dentales. Es el tejido más mineralizado del cuerpo humano, compuesto por un 96 % de hidroxiapatita, 4 % de agua y 1 % de colágeno. (20) Su unidad estructural son los prismas de esmalte, los que aparentan varillas que se extienden desde el límite amelo-dentinario hasta la superficie externa. Su diámetro varía de 4  $\mu\text{m}$  a 6  $\mu\text{m}$  en su límite superficial. (9)

La adhesión a esmalte guarda relación con el **grabado ácido** de su superficie, que pretende cambiar una superficie suave y lisa a una irregular, la cual duplica su energía superficial. Así, una resina fluida de baja viscosidad puede humedecer esta superficie de alta energía y luego ser arrastrada dentro de las microporosidades creadas, por la condición de tracción capilar. Después de su polimerización in situ, estas extensiones de resina en las microporosidades, conocidos como “tags”, forman una fuerte trabazón micromecánica y reológica con el esmalte. (21)

Desde los primeros ensayos de Buonocore en el año 1955, el grabado ácido es el método más utilizado para tratar la superficie del esmalte, ya que no cambia la energía superficial alta del esmalte, pero remueve la contaminación y también aumenta la porosidad, facilitando la posibilidad de obtener adhesión específica y mecánica. (3, 7)

Generalmente se ha utilizado **ácido fosfórico** en concentraciones que varían entre el 35 % y el 40 % para grabar el esmalte. Al aplicar el ácido fosfórico, se pueden lograr diferentes patrones de grabado del esmalte, los que se pueden clasificar en tres tipos:

- **Tipo I:** remueve preferentemente el centro de los prismas del esmalte, quedando la periferia relativamente intacta.
- **Tipo II:** corresponde al proceso inverso en que se remueve preferentemente la periferia, quedando el centro relativamente intacto.
- **Tipo III:** se obtiene un desgaste regular de la superficie, por lo que no es el más adecuado para lograr adhesión. (10,21)

Sin embargo, en la mayoría de las situaciones clínicas, la resina compuesta se debe unir a esmalte y dentina. Esto significa que, como regla general, los sistemas adhesivos existentes se deben aplicar también a la superficie dentinaria humedecida.

La **dentina** es el tejido más abundante de la pieza dentaria. Está constituida por la matriz dentinaria calcificada y por las prolongaciones odontoblásticas. La dentina está constituida aproximadamente por un 70 % de materia inorgánica, un 18 % de materia orgánica y un 12 % de agua. Posee túbulos dentinarios excavados en su matriz que poseen un trayecto sinuoso en forma de S itálica, dentro de los cuales transcurre la prolongación del odontoblasto. Estos túbulos se encuentran más separados en las capas periféricas de la dentina y más próximos entre sí cerca de la superficie pulpar. (20)

La dentina está estructurada según el grado de calcificación en dos áreas diferentes:

a) **Dentina Peritubular:** zona anular que rodea el espacio canalicular, de un grosor menor a 1  $\mu\text{m}$ , de alto contenido mineral y escasas fibras colágenas. La dentina peritubular forma la pared de los túbulos dentinarios.

b) **Dentina Intertubular:** zona ubicada por fuera de la dentina peritubular, que constituye la mayor parte de la dentina. Está formada por numerosas fibrillas de colágeno y sustancia intercelular amorfa. (9,20)

La excavación mecánica de la dentina dada por la preparación cavitaria con instrumentos de corte, inevitablemente resulta en la formación de una capa de residuos que cubre la superficie de la dentina intertubular y ocluye la entrada de los túbulos llamado barro dentinario.

El **barro dentinario** se define como una película compuesta por materiales orgánicos e inorgánicos que se forma en la superficie dentinaria a partir de los procedimientos de corte realizados con instrumentos manuales y/o rotatorios y que mide aproximadamente de 0.5 a 5  $\mu\text{m}$ . Este actúa como una barrera de difusión que disminuye la permeabilidad de la dentina y que algunos consideran un impedimento que debe ser removido para poder unir la resina al sustrato dentinario. (22)

Estudios han mostrado que las fuerzas de unión a la dentina son menores en presencia de barro dentinario, en comparación a una superficie dentinaria libre de él. También se ha demostrado que la unión puede ser mejorada si la dentina es grabada previa aplicación de adhesivo.

Fusayama y colaboradores en 1979, con la aplicación de la técnica de **grabado ácido total**, concluyeron que el grabado ácido aumenta considerablemente la adhesión de la resina compuesta, no sólo al esmalte, sino que también a la dentina. Esta técnica consiste en grabar simultáneamente el esmalte y la dentina con ácido fosfórico. (23)

Para lograr lo anterior debemos:

**a) *Acondicionar la dentina:*** esta técnica permite eliminar la capa de barro dentinario, abrir los túbulos en una profundidad aproximada de 0.5  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ , aumentar la permeabilidad dentinaria y desmineralizar la dentina peri e intertubular, dejando así una matriz colágena expuesta sin sustentación debido a la remoción de los cristales de hidroxiapatita que puede, por lo tanto, colapsar por la pérdida de soporte inorgánico. Por ello es que, luego del grabado la dentina no debe ser desecada y debe mantenerse húmeda para evitar que la malla colágena colapse por deshidratación, ya que es el agua la que mantiene sustentadas en posición las fibras colágenas al perderse su base mineral. (24,25)

**b) *Aplicación de un primer:*** es un agente imprimante que contiene monómeros hidrofílicos que impregnan a la dentina interdigitándose con la malla de colágeno, dando así el soporte necesario para evitar su colapso y trabándose micromecánicamente con ellas. Estos agentes tienen un grupo hidrofílico que les permite infiltrar al sustrato húmedo dentinario y un grupo hidrofóbico que actúa como agente de enlace con el otro monómero adhesivo. (24,25)

c) **Aplicar la resina de enlace:** corresponde al monómero hidrofóbico que también compone el sistema adhesivo, y que copolimeriza con el primer o agente imprimante formando una capa entremezclada de colágeno y resina conocida como **capa híbrida**, descrita en 1982 por Nakabayashi y colaboradores. Por otro lado, al introducirse ambos monómeros dentro de los túbulos dentinarios y polimerizarse, se forman los denominados “tags” de resina que también ayudan a la retención micromecánica del material. (9,22)

Con la técnica de grabado ácido y el uso de primers y adhesivos dentinarios, se ha logrado obtener una adhesión a la estructura dentaria aceptable dada por uniones micromecánicas con valores que oscilan por sobre los 20 Mpa. (7) Sin embargo, no se ha llegado a obtener una unión química. Por esta razón, algunas restauraciones de resina compuesta presentan problemas de microfiltración marginal, con la consiguiente invasión microbiana, sensibilidad pulpar y el desarrollo de caries secundaria.

Parte de la investigación actual está enfocada al estudio de la microfiltración para poder mejorar el sellado marginal, siendo este último un factor crítico para el éxito de una restauración. La **microfiltración** es definida como un pasaje clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas y/o iones entre las paredes cavitarias y el material restaurador aplicado. Este fenómeno puede traer consecuencias tales como hipersensibilidad dentinaria, irritación pulpar, permitir el paso de bacterias a través del margen de la restauración que pueden producir caries recurrentes y contribuir a la corrosión, disolución o decoloración de ciertos materiales dentales. (26,27)

## **ADHESIVOS DENTINARIOS**

Para que las resinas compuestas se adhieran de manera eficaz y duradera a la estructura dental, es fundamental el empleo de una resina de baja viscosidad o adhesivo que sea capaz de penetrar en lo íntimo de la dentina y ahí polimerizar. Estos son los llamados adhesivos dentinarios que poseen varias clasificaciones, dentro de las cuales podemos mencionar:

### **Clasificación según orden de aparición:**

- **1° Generación:**

Fueron los primeros en aparecer y se decía que obtenían uniones químicas con la dentina no tratada. Ellos no modificaban la capa de barro dentinario y utilizaban resinas hidrofóbicas. Sin embargo obtuvieron resultados clínicos muy pobres tanto en valor de adhesión como de sellado marginal. Un ejemplo de ellos era el producto comercial Cervident (SS White), el que adicionó un comonomero activador superficial, como el metacrilato de glicidil fenilglicina-N, a la resina BisGMA, para facilitar la quelación del Calcio superficial. Se encontró que este sistema tenía pobre adhesión (2-3 Mpa) y ninguna ventaja con respecto a microfiltración comparado con la resina sin relleno.

- **2° Generación:**

Su uso clínico comenzó a principios de la década de 1980 con el fin de solucionar la falta de fuerza de adhesión del grupo anterior, pero no lograron sobrepasar las cifras de 7 Mpa. Se caracterizan porque modifican la capa de barro dentinario y las resinas que usan son hidrofóbicas e hidrofílicas. La mayoría de estos materiales fueron

ésteres halofosforados de resina sin relleno tales como bisfenol A-glicidil metacrilato (BisGMA) e hidroxietil metacrilato (HEMA). Se usó resina BisGMA con compuestos de fosfato polimerizables para promover la adhesión a componentes de Calcio del sustrato mineralizado. Su rendimiento clínico era pobre debido a que se unían más bien al barro dentinario que a la dentina misma, y además porque la unión era demasiado débil como para contrarrestar la contracción de polimerización de las resinas compuestas, lo que traía como consecuencia la separación de la resina compuesta de la dentina y la consecuente formación de brechas y microfiltración marginal. Fue así como estos productos no perduraron en el mercado a excepción de Scotchbond Dual-Cure (3M Dental) y Bondlite (Kerr).

- **3 ° Generación:**

Estos sistemas adhesivos se caracterizaron por modificar o remover completamente el barro dentinario para permitir la penetración de la resina adhesiva a la dentina subyacente, mejorando la humectabilidad y la adhesión a la dentina. Es así como estos sistemas adhesivos se aproximan más a la típica fuerza de unión de la resina compuesta al esmalte grabado (9-18 Mpa). (9) Además son más efectivos al reducir la microfiltración en comparación con sus predecesores, aunque no la eliminan completamente. Ejemplos de marcas comerciales son Scotchbond II (3M), Gluma (Bayer/Miles), Tenure (Dent-Mat), Prisma Universal Bond 3 (Caulk/Dentsply), Syntac (Ivoclar Vivadent) y XR Bond (Kerr).

- **4 ° Generación:**

Aparecieron a comienzos de la década del 1990. El mecanismo de unión de estos adhesivos es un proceso que consta de tres pasos clínicos: acondicionamiento (grabado

ácido), imprimación o “priming” (primer) y unión o “bonding” (adhesivo dentinario). En primer lugar se realiza el grabado con un acondicionador acídico que remueve el barro dentinario, abre los túbulos dentinarios, aumenta la permeabilidad de la dentina y descalcifica la dentina inter y peritubular. Luego que se remueve el ácido se aplica el primer, que es una resina hidrofílica en un solvente con monómeros como HEMA, BPDM y 4-META con 2 grupos funcionales, uno hidrofílico que es afín a la dentina y uno hidrofóbico (metacrilato) que es afín a la resina, penetrando el primer la malla colágena. Posteriormente se aplica el adhesivo que es una resina sin relleno que se basa en la difusión e impregnación de este en el sustrato de la dentina parcialmente descalcificada, seguida de la fotopolimerización para formar la denominada capa híbrida, la cual es el mecanismo principal de unión de los sistemas adhesivos más comunes. (13) Algunos ejemplos son All-Bond II (Bisco), EBS Multi (ESPE), OptiBond FL (Kerr) y Scotchbond Multi-Propósito Plus (3M).

- **5° Generación:**

Se crearon con la finalidad de simplificar los tres pasos clínicos anteriormente señalados, ya que son percibidos por algunos como muy complicados y demorosos, combinando alguno de los pasos. El método más común de simplificación es el que combina el primer y el adhesivo en un solo frasco siendo llamados “adhesivos de una sola botella”, “one bottle adhesives” o “monobotella”. Algunos ejemplos de ellos son Prime & Bond 2.1 (Dentsply Caulk), One-Step (Bisco), OptiBond Solo (Kerr), Single Bond (3M-ESPE), Tenure Quik with Fluoride (Den-Mat), Syntac Single Bond (Vivadent), One Coat Bond (Coltene/Whaledent), etc.

A esta generación de adhesivos se les llama inadecuadamente sistemas “monocomponentes”, porque su composición es múltiple en cuanto a los elementos que



los constituyen. Poseen un buen desempeño en cuanto a fuerza adhesiva y sellado marginal. (7, 9,22)

- **6° Generación:**

El otro método de simplificación son los llamados “self-etching primers”, en los cuales se combina simultáneamente el grabado ácido y el primer. Estos sistemas llamados “autograbantes”, se caracterizan por combinar el acondicionamiento, primer y adhesivo dentro de un solo tratamiento de 1 paso, lo que se traduciría en un ahorro de tiempo clínico. Los primers y ácidos obtienen la infiltración de los monómeros de resina a través del barro dentinario, mientras que simultáneamente desmineraliza e infiltra la dentina formando la capa híbrida.

Por último han aparecido en la actualidad nuevos **sistemas adhesivos con relleno**, que refuerzan el adhesivo con diminutas partículas aumentando su resistencia, pero manteniendo las propiedades esenciales de adhesión de alto rendimiento. Entre ellos, recientemente han aparecido los sistemas adhesivos con nanorrelleno, con un tamaño medio de la partícula entre 5 y 7 nanómetros (1 nanómetro = la milésima parte de una micra), lo que les permite penetrar sin problemas en los espacios de tamaño micrónico del esmalte y entre las fibras colágenas, así como también en los canales de dentina más pequeños. Además generaría una capa híbrida homogénea y más estable frente a las contracciones de polimerización propios de las resinas. Ellos corresponden a los adhesivos de 5° generación, su composición química es similar y sólo difiere en el agregado de partículas de relleno de distintos tamaños según la procedencia del adhesivo.

La mayoría de los sistemas adhesivos actuales presentes en el mercado dicen ser superiores a sus predecesores, sin embargo ninguno de estos sistemas aparece todavía como capaz de obtener una restauración herméticamente sellada, con márgenes libres de decoloración por un largo tiempo e impedir la infiltración marginal.

En relación particular sobre los sistemas adhesivos con nanorrelleno, existen pocas investigaciones que avalen sus ventajas con respecto a sistemas adhesivos convencionales o sólo existen datos de laboratorio obtenidos por los mismos fabricantes de los sistemas adhesivos. Es por esto que hemos decidido realizar esta investigación para poder analizar, comparar y evaluar la variación de la microfiltración marginal entre restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo convencional y otras realizadas con un sistema adhesivo con nanorrelleno, fabricados por una misma compañía.

## **HIPÓTESIS**

Existen diferencias significativas en la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo convencional y otro con nanorrelleno.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar si existen diferencias significativas en la microfiltración marginal en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo convencional y aquellas realizadas con un sistema adhesivo con nanorrelleno.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la microfiltración marginal en restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo convencional.
- Determinar la microfiltración marginal en restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo con nanorelleno.
- Analizar comparativamente los resultados obtenidos de los grupos en estudio.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

Este trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Biomateriales Odontológicos del Departamento de Odontología Restauradora de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Se utilizaron 20 piezas dentarias humanas sanas extraídas recientemente correspondientes a molares, con indicación de extracción o con enfermedad periodontal, los cuales se almacenaron en una solución de suero fisiológico con formalina al 2% en un recipiente cerrado, con el objeto de mantener su hidratación, hasta ser ocupados en la etapa experimental.

Previo a su utilización las piezas dentarias se limpiaron con curetas para el retiro de los restos de ligamento periodontal. Posteriormente se limpiaron con una suspensión de piedra pómez fina en agua aplicada con escobilla de copa blanda.

En cada pieza dentaria se realizaron dos preparaciones cavitarias clase V, una por vestibular y otra por palatino o lingual, estandarizadas en 6 mm de ancho, 3 mm de ancho y 3 mm de profundidad. Todas las preparaciones fueron efectuadas por el mismo operador y fueron ubicadas en el tercio medio de la cara en cuestión, a 1 mm hacia coronal del límite amelocementario, dejando la pared axial en dentina. Todas ellas se mantuvieron en suero fisiológico hasta ser restauradas.

Luego, en cada una de las piezas, en la cara vestibular se realizó una restauración de resina compuesta con el sistema adhesivo convencional Single Bond (3M-ESPE), y en la cara lingual o palatina se usó la misma resina compuesta con el nuevo sistema adhesivo con nanorelleno llamado Single Bond 2 (3M-ESPE) según el método preconizado por el fabricante para cada sistema adhesivo. La resina compuesta usada para obturar ambas cavidades fue Filtek Z250 (3M-ESPE).

Una vez hechas las restauraciones se cubrieron las raíces con una capa de cianocrilato, otra de esmalte de uñas, luego una tercera de acrílico rosado de autocurado para asegurar la impermeabilidad de las raíces de los molares, dejando al descubierto las restauraciones realizadas, con un margen aproximado de 1 mm.

Las piezas en estudio se conservaron en una estufa a  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y 100 % de humedad durante 1 semana, hasta el proceso de termociclado.

El termociclado consistió en 60 ciclos entre  $3^{\circ}\text{C}$  y  $60^{\circ}\text{C}$ , manteniéndose los especímenes 30 segundos en cada baño térmico y atemperándose a  $23^{\circ}\text{C}$  durante 15 segundos antes de cambiar de un baño a otro. El baño térmico de los tres recipientes en los que se sumergió a las piezas dentarias contaba con 200 ml de solución acuosa de azul de metileno al 1%, el cual servirá como indicador de la microfiltración en la interfase diente-restauración.

Posteriormente se cortaron las piezas dentarias en sentido perpendicular a su eje mayor a nivel coronario, con discos de carborundum sin refrigeración, pasando por las dos cavidades para exponer así la interfase diente-restauración. Se utilizó un disco nuevo por cada diente y a baja velocidad.

La microfiltración se midió con un microscopio óptico con aumento de lupa y consistió en observar la penetración del colorante entre el diente y la restauración midiendo la distancia que el colorante recorrió la interfase y obteniendo el porcentaje de infiltración en relación a la longitud total de la cavidad hasta la pared axial. Los resultados obtenidos se registraron en una tabla y fueron sometidos al test de varianza y se analizaron comparativamente mediante el test t..

## RESULTADOS

Los valores obtenidos fueron tabulados para facilitar su comprensión y se muestran en la tabla N° I.

**Tabla N° I**  
Porcentajes de infiltración

	<b>SINGLE BOND</b>	<b>SINGLE BOND 2</b>
MUESTRA N° 1	2.08 %	2.22 %
MUESTRA N° 2	4.44 %	2.43 %
MUESTRA N° 3	8.88 %	2.27 %
MUESTRA N° 4	4.54 %	4.76 %
MUESTRA N° 5	5 %	4.76 %
MUESTRA N° 6	9.3 %	2.5 %
MUESTRA N° 7	12.71 %	6.38 %
MUESTRA N° 8	3.77 %	4.87 %
MUESTRA N° 9	12.71 %	7.31 %
MUESTRA N° 10	12.71 %	6.86 %
MUESTRA N° 11	3.92 %	0 %
MUESTRA N° 12	2.43 %	6.86 %
MUESTRA N° 13	8.1 %	5.4 %
MUESTRA N° 14	2.5 %	2.22 %
MUESTRA N° 15	12.9 %	0 %
MUESTRA N° 16	5 %	8.88 %
MUESTRA N° 17	11.42 %	6.86 %
MUESTRA N° 18	4.76 %	4.16 %
MUESTRA N° 19	14 %	0 %
MUESTRA N° 20	8.57 %	0 %
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.49 %</b>	<b>3.94 %</b>

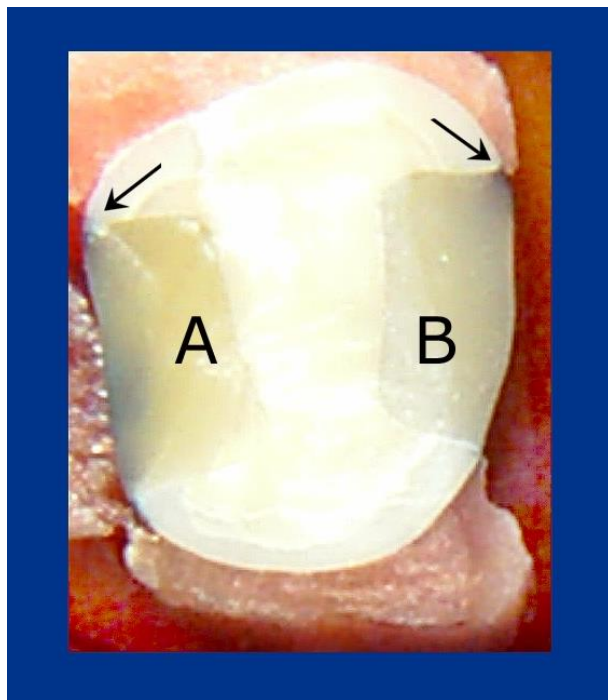


Fig. 1 Corte Transversal Muestra N° 5. Obsérvese el grado de penetración del colorante similar en restauraciones A (Single Bond) y B (Single Bond 2).

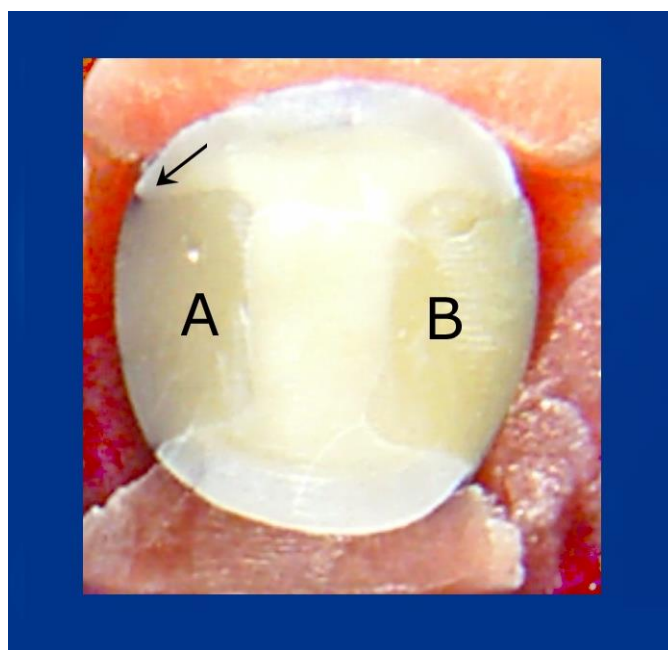


Fig. 2 Corte Transversal Muestra N° 6. Obsérvese el grado de penetración del colorante mayor en restauración A (Single Bond). En B (Single Bond 2), sólo es observable con aumento de lupa al microscopio.



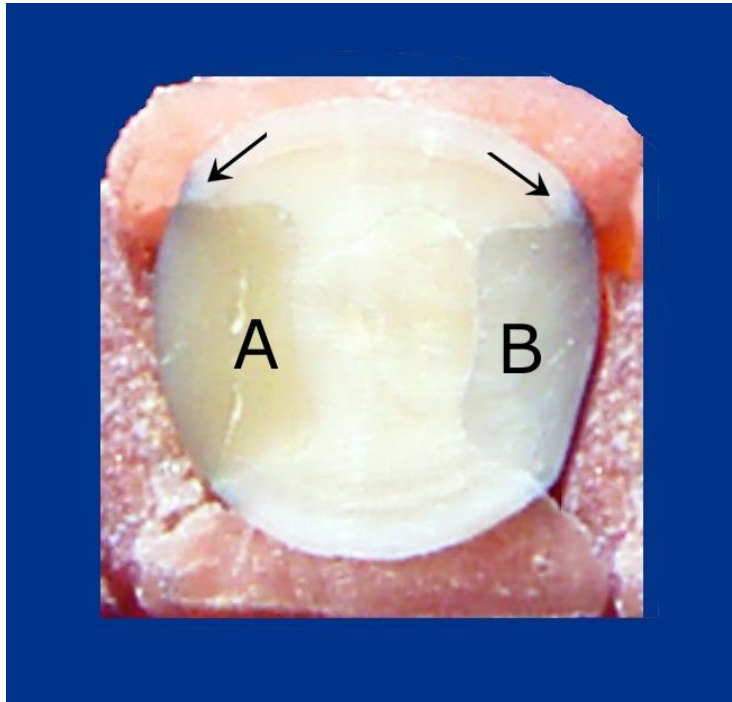


Fig. 3 Corte Transversal Muestra N° 16. Obsérvese el grado de penetración del colorante mayor en restauración B (Single Bond 2). A (Single Bond).

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un test de varianza, cuyos resultados se muestran en la tabla N° II.

**Tabla N° II**  
Resultados estadísticos descriptivos

<b>Grupo</b>	<b>N° muestras</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>SEM (*)</b>
Single Bond	20	7.49	4.10	0.92
Single Bond 2	20	3.94	2.78	0.62

(\*) **SEM**: Error estándar de medida.

Los valores de varianza se sometieron al test t con el fin de relacionar los dos grupos entre sí y determinar si existen o no diferencias significativas de la microfiltración entre ellos. Se grafican en la tabla N° III.

**Tabla N° III**  
Resultados test t.

<b>Grupo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>SEM (*)</b>
Single Bond	7.49	4.10	0.92
Single Bond 2	3.94	2.78	0.62

**Diferencia= 3.55**  
**t= 3.204**  
**p= 0.003**

**p < 0.05 indica una diferencia estadísticamente significativa.**

Finalmente queda determinado que si existen diferencias significativas en el porcentaje de infiltración marginal entre los dos grupos en estudio.

## DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos en este estudio, mediante el test t, indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos estudiados, es decir, realizar obturaciones de resina compuesta utilizando el sistema adhesivo convencional y por otro lado, un sistema adhesivo con nanorelleno.

Ambos grupos en estudio, aunque en pequeña proporción (7.49% y 3.94%), sufrieron microfiltración marginal, pero con diferencias: el grupo en que se utilizó el sistema adhesivo convencional Single Bond obtuvo mayores valores de microfiltración que el grupo en que se usó el sistema adhesivo con nanorelleno Single Bond 2.

Las diferencias entre los valores obtenidos para uno y otro adhesivo pueden explicarse por las diferencias en cuanto a composición. Según los datos aportados por los laboratorios de 3M-ESPE Dental, el adhesivo Single Bond 2 comparte con el adhesivo Single Bond convencional los siguientes componentes: BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, copolímero de vitrebo, etanol/agua y sistema fotoiniciador CPQ.

La gran diferencia, la hace un nuevo componente en el sistema adhesivo Single Bond 2, ésta es un **10% Peso de nanorelleno de sílice de 5nm de diámetro.** (28) Por esto, el comportamiento de éste adhesivo, se debe a que posee una carga de nanorelleno, que permite formar una capa de hibridación homogénea y más estable a los cambios dimensionales, debido a los cambios de temperatura y a la contracción producto de la polimerización.

Las nanopartículas actúan como relleno que se añade al sistema adhesivo, para aumentar su resistencia sin perder sus propiedades esenciales de adhesión al tejido dentario. Estas partículas de un tamaño promedio entre 5 y 7 nanómetros (1 nanómetro es igual a la milésima parte de una micra), podrían penetrar en los espacios de tamaño micrónico del esmalte, así como en los canales de dentina más pequeños. Por esto, las

partículas nanométricas refuerzan los “tags” de resina y la capa de adhesión, y su bajo peso molecular no comprometería la interdifusión por el esmalte acondicionado, con lo que se tendría un sellado marginal más estable.

Además de lo recién mencionado, no debe descartarse en el análisis de los resultados la influencia de las variaciones de temperatura ocurridas en el proceso de termociclado sobre la interfase diente-restauración, ya que si existen variaciones en el coeficiente de variación dimensional térmico entre los dos sistemas adhesivos, esto influiría en las variaciones de volumen total de la restauración, influyendo en el sellado marginal positivamente y negativamente.

Entre los pocos estudios publicados encontramos el de Perdigao J. y colaboradores en el año 1999, que comparó la fuerza de enlace a esmalte y dentina a incisivos de bovinos entre sistemas adhesivos desarrollados por el laboratorio Denstply, un sistema adhesivo convencional de aplicación de dos capas llamado Prime & Bond 2.1 versus un sistema adhesivo de aplicación de una capa con nanorrelleno llamado Prime & Bond NT. Los investigadores determinaron que, el nuevo sistema adhesivo con nanorrelleno de una sola aplicación, presentaba fuerza de unión e hibridación a dentina similar a los obtenidos por el sistema convencional de dos aplicaciones. (29)

Luego encontramos publicado el trabajo de Kim J.S. y colaboradores del año 2005, donde se analizaron diversos porcentajes de cantidad de nanorrelleno agregados a un sistema adhesivo, encontrándose que aumentaban la resistencia a la flexión y la fuerza de unión, siendo este último valor, estadísticamente, no significativo. Sin embargo, en algunos sistemas adhesivos, que poseían una alta carga de nanorrelleno, al observar las muestras en el microscopio electrónico, se encontró que las nanopartículas se agregaban en racimos grandes, disminuyendo la fuerza de unión al tejido dentinario. (30)

Dentro del marco de nuestro experimento, al comparar la composición de los sistemas adhesivos utilizados, aquel sistema adhesivo que posee una carga de nanorelleno, sufriría menores cambios dimensionales térmicos comparado con aquel que no lo posee, y esto se reflejó en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, mejorando su comportamiento frente a la microfiltración y obteniendo un mejor sellado marginal.

Los sistemas adhesivos con nanorelleno incorporan como relleno partículas nanométricas, que permitirían tener un mayor porcentaje volumétrico de relleno, y una menor cantidad de matriz orgánica, por lo que poseerían una menor contracción de polimerización y coeficiente de expansión térmica, lo que generaría que el estrés producido debido a la fotopolimerización, sea menor.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos concluir que:

1. Ninguno de los dos sistemas adhesivos en estudio, es decir, Single Bond (3M-ESPE) y Single Bond 2 (3M-ESPE), eliminó totalmente la microfiltración.
2. Las restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo con nanorelleno Single Bond 2 presentaron el menor porcentaje de infiltración marginal.
3. Aunque el grado de microfiltración obtenido no fue de gran magnitud en ambos casos, existen diferencias significativas con respecto a la microfiltración de las restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo con nanorelleno y el sistema adhesivo convencional, presentando un mejor sellado marginal las restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo con nanorelleno Single Bond 2.
4. En definitiva y conforme a los resultados obtenidos en este estudio se acepta la hipótesis planteada “Existen diferencias significativas en la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo convencional y otro con nanorelleno”.

## SUGERENCIAS

Sugerimos complementar el presente estudio con:

1. Realizar trabajos similares con una muestra de mayor tamaño.
2. Visualizar bajo microscopio electrónico la interfase diente-restauración para obtener resultados más exactos de la penetración del colorante.
3. Realizar el estudio comparativo *in vivo* de los mismos sistemas adhesivos usados y posteriormente evaluar la correlación *in vivo* – *in vitro*.
4. Observar la penetración del colorante en la interfase diente-restauración diferenciando esmalte de dentina y el número de paredes infiltradas para obtener resultados más precisos.
5. Realizar estudios similares en cavidades con protección pulpodentinaria.
6. Analizar los valores de adhesión obtenidos con ambos sistemas.

## **RESUMEN**

Se realizó un estudio comparativo *in vitro* con el fin de evaluar y comparar la microfiltración marginal entre restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo convencional (Single Bond, 3M-ESPE) y otras realizadas con un sistema adhesivo con nanorrelleno (Single Bond 2, 3M-ESPE).

Para ello se usaron 20 molares sanos, recientemente extraídos, a los cuales se les realizó dos cavidades clase V estandarizadas, ubicadas en el tercio medio de las caras vestibular y lingual/palatino.

Posteriormente se obturaron las cavidades vestibulares con una misma resina compuesta (Filtek Z250, 3M-ESPE), aplicando distintos sistemas adhesivos, siguiendo las indicaciones del fabricante. En las cavidades vestibulares se usó el sistema adhesivo convencional y en las cavidades linguales o palatinas el sistema adhesivo con nanorrelleno.

Realizadas las restauraciones, las muestras se conservaron durante una semana en una estufa a 37°C +/- 1°C y 100 % de humedad.

Con el fin de visualizar el grado de microfiltración marginal, los molares en estudio fueron sometidos a un proceso de termociclado en una solución acuosa de azul de metileno al 1% durante 60 ciclos.



Posteriormente se efectuaron cortes transversales pasando por las dos restauraciones, con el propósito de poder observar y medir el grado de microfiltración del colorante en la interfase diente-restauración con el microscopio óptico.

Los resultados obtenidos (en porcentajes) de los grupos de prueba, se sometieron a un análisis estadístico, encontrándose diferencias estadísticamente significativas a favor de las restauraciones en que se usó el sistema adhesivo con nanorrelleno, por sobre las restauraciones en que se utilizó el sistema adhesivo convencional.

## REFERENCIAS

1. Urzúa I., Stanke F., Mariné A. “Nuevas estrategias en cariología”. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1999.
2. Mariné A., Stanke F., Urzúa I. “Caries: Tratamiento de una enfermedad infectocontagiosa”. Primera Edición. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1997.
3. Astorga C., Bader M., Baeza R., Ehrmantraut M. et al. “Texto de biomateriales odontológicos”. Primera Edición. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1996. Tomos I y II.
4. Torres D. “Análisis comparativo *in vitro* de la microfiltración de restauraciones realizadas con resina de enlace Single Bond con y sin fotopolimerizar el adhesivo”. Trabajo de investigación para optar el título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 2003.
5. Ehrmantraut M., Bader M. “Unidad de resinas compuestas”. Área de Biomateriales Odontológicos. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 2002.
6. Barrios U. “Estudio comparativo *in vitro* de la microfiltración de restauraciones en resina compuesta realizadas con técnica adhesiva con grabado ácido total v/s un sistema adhesivo autograbante” Trabajo de investigación para optar el título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 2004.
7. Barrancos J. “Operatoria dental”. Tercera Edición. Editorial Panamericana. 1998.
8. Yacizi A. et al. “The effect of current-generation bonding systems on microleakage of resin composite restorations”. Quintessence Int. 33(10): 763-769. 2002.
9. Swift E., Perdigo J., Heymann H.O. “Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art”. Quintessence Int. 26(2): 95-110. 1995.

10. Phillips R. "La ciencia de los materiales dentales de Skinner". Octava Edición. Editorial Interamericana. 1988.
11. Itota T. et al. "Effect of two-step adhesive systems on inhibition of secondary caries around fluoride-releasing resin composite restorations in root dentine". *Journal of Dentistry*. 33: 147-154. 2005.
12. Craig R., O'Brien W., Powers J. "Materiales Dentales". Sexta Edición. Editorial Mosby. 1996.
13. Ehrmantraut M., Bader M. "Polimerización de resinas compuestas a través de estructuras dentarias". *Revista de la Facultad de Odontología. Universidad de Chile*. 12(2): 22-27. 1994.
14. Ramírez L. "Análisis comparativo in vitro de la adaptación marginal de restauraciones de resina compuesta con distinto módulo de elasticidad". Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 2000.
15. Leinfelder K. "New developments in resine restorative systems". *JADA*. 128: 573-581. 1997.
16. Acuña P.A. "Cementación de inlays de resina compuesta ¿Cementación de RC o VI?". Trabajo de investigación requisito para optar al título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1992.
17. Lopes G. et al. "Dental adhesion: Present state of the art and future perspectives". *Quintessence Int*. 33: 213-224. 2002.
18. ADA council on dental benefit programs. "Statement on posterior resin-based composites". *JADA*. 129(12): 1627-1628. 1998.
19. Alani A., Toh C. "Detection of microleakage around dental restorations: A review". *Operative Dent*. 22: 173-185. 1997.

20. Montenegro M.A., Mery C., Aguirre A. "Histología y embriología del sistema estomatognático". Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1986. cap. 5 y 6.
21. O'Brien W. "Dental materials and their selection". Segunda Edición. Editorial Quintessence Int. 1997. p. 39-48. cap. IV.
22. Swift E. Jr., et al. "Denton/Enamel adhesives: Review of the literature". *Pediatric Dentistry*. 24(5): 451-456. 2002.
23. Fusuyama T. et al. "Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin". *Journal of Dental Research*. 58(4): 1364-1370. 1979.
24. Toledano M. et al. "Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin". *Am. Journal of Dentistry*. 14(4):205-210. 2001.
25. Van Meerbeek B. et al. "The clinical performance of adhesives". *Journal of Dentistry*. 26(1): 1-20. 1998.
26. Pradelle-Plasse N. et al. "Effect of dentin adhesive on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage". *Am. J. Dent*. 14: 344-349. 2001.
27. Yacizi A. et al. "The effect of current-generation bonding systems on microleakage of resin composite restorations". *Quintessence Int*. 33(10): 763-769. 2002.
28. Folleto informativo de adhesivo Single Bond 2, 3M-ESPE Dental.  
<http://www.materialesdentales.cl/3m/ene-mar05/FichaSingleBond2.pdf>
29. Perdigao J., Baratieri L.N., Lopes M. "Laboratory evaluation and clinical application of a new one-bottle adhesive". *J. Esthet. Dent*. 11(1): 23-35. 1999.
30. Kim J.S. et al. "Effect of the hydrophilic nanofiller loading on the mechanical properties and the microtensile bond strength of an ethanol-based one-bottle dentin adhesive". *J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater*. 72(2): 284-91. 2005.