



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA RESTAURADORA  
ÁREA DE BIOMATERIALES DENTALES

**Estudio comparativo *in vitro* del sellado marginal de restauraciones realizadas con resina compuesta a base de siloranos al utilizar su adhesivo específico y dos adhesivos convencionales, uno de grabado/lavado y otro autograbante.**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, REQUISITO  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
CIRUJANO DENTISTA

Guillermo Andrés Barrientos Naranjo

Tutor Principal: Prof. Dr. Marcelo Bader M.

Tutor Asociado: Prof. Dr. Cristian Astorga

Santiago-Chile

2010

Dedicado a mi Papá, Mamá, Hermano, mis 2 abuelas y mi Tío Oscarito

## AGRADECIMIENTOS

-Al Dr. Marcelo Bader, por su excelente disposición y ayuda brindada durante el desarrollo de este trabajo.

-A todos los profesores que, en mi paso por esta Facultad, contribuyeron a mi formación como Profesional.

-A todos mis amigos y en especial a “Jorgete”, Pablo Alvarez, la Maca, Daniel Segovia, Rafita, “Ferni” y la Nati, quienes alegraron mi paso por esta Escuela y con quienes compartí grandes momentos.

-A mis amigos de toda la vida, Andres, Camilo, Diego, Claudio, Domecq, y Petaco

-A Rosario, por estar conmigo en todos los momentos, su compañía y amor.

-A Don “Pato”: sin su presencia esta Escuela y todos los Enadeos no serían lo mismo.

## INDICE

INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEORICO	8
HIPOTESIS	30
OBJETIVOS	31
MATERIALES Y MÉTODOS	32
RESULTADOS	39
DISCUSION	46
CONCLUSIONES	51
SUGERENCIAS	52
RESUMEN	53
REFERENCIAS	55

## INTRODUCCIÓN

El quehacer odontológico, destina sus esfuerzos a la investigación y tratamiento de las patologías que afectan el sistema estomatognático. Entre estas afecciones, la caries, enfermedad multifactorial e infectocontagiosa que afecta los tejidos duros del diente, constituye un problema de Salud Pública de relevancia mundial,<sup>(1)</sup> manifestándose en todos los grupos etáreos<sup>(2)</sup> y llegando a ser la enfermedad bucodental más prevalente en Latinoamérica,<sup>(2)</sup> cuyas consecuencias en la cavidad bucal pueden llegar a comprometer seriamente la calidad de vida de los pacientes afectados.<sup>(1)</sup>

Para el tratamiento de esta enfermedad, una vez superadas las medidas preventivas, es preciso eliminar el tejido irreversiblemente afectado, lo cual dejará como secuela una preparación cavitaria que deberá ser obturada mediante el uso de un material restaurador.

Entre estos materiales, las resinas compuestas cobran cada vez más vigencia y relevancia, dada la creciente demanda de los pacientes por restauraciones estéticas, así como la necesidad de la Odontología por desarrollar materiales cuyas propiedades físicas y mecánicas disten menos del tejido dentario.

No obstante los progresos en la evolución de las resinas compuestas, éstas aún no están exentas de problemas, siendo la contracción de polimerización uno de los más importantes.<sup>(3)</sup> Este evento está intrínsecamente ligado a la reacción de endurecimiento de estos materiales, en la cual para que los monómeros se asocien y conformen el polímero constituyente de su matriz orgánica, necesariamente se requiere de la aproximación de estas moléculas a fin de que puedan reaccionar entre sí, con la consiguiente reducción volumétrica.<sup>(3)</sup>

Uno de los mayores inconvenientes de este fenómeno, es que afecta el sellado marginal de las restauraciones. La relación se establece en que cuando la fuerza adhesiva que se pueda generar entre la resina

compuesta y las estructuras dentarias es superada por la tensión que implica dicha contracción, se posibilita la formación de una brecha y como consecuencia, la aparición de la filtración marginal<sup>(3,4,5)</sup> contribuyendo al fracaso de la restauración. La contracción de polimerización actuaría entonces como uno de los determinantes de la adaptación e integridad marginal de las restauraciones<sup>(6)</sup>. Asimismo, las tensiones generadas durante el proceso de contracción son transmisibles al tejido remanente, con el riesgo de debilitar su estructura<sup>(7)</sup> y eventualmente liberarse a expensas de microfisuras.<sup>(3)</sup>

Por estas razones, el procedimiento clínico para la confección de restauraciones en base a resinas compuestas se ha orientado a limitar este inconveniente mediante diferentes métodos tales como la prolongación de la fase pre-gel, fotoactivando a intensidad creciente con el fin de liberar tensiones mientras el material aún se exhibe plástico<sup>(3)</sup>, utilizando la técnica incremental o la polimerización por capas y la confección de incrustaciones previamente preparadas en boca o troquel, que luego son cementadas con resinas de baja viscosidad.<sup>(4,5,8)</sup>

Desde un punto de vista químico, este fenómeno se ha manejado variando las concentraciones y tipo de relleno, puesto que si es la matriz la que determina la contracción que experimenta el material al polimerizar, este fenómeno será directamente proporcional al contenido de ella en el material endurecido.<sup>(4)</sup>

Sin embargo, esto tiene cierto límite, ya que no es posible seguir modificando la contracción mediante el aumento de relleno sin menoscabo de las propiedades del material. De allí surgió la necesidad de abordar este problema mediante cambios en la composición de su matriz orgánica. Esto ha hecho necesario el desarrollo de nuevas formas de polímeros como base de la matriz de las resinas compuestas, cuya reacción de polimerización no implique solamente el aproximar sus monómeros, como ocurría con la polimerización vinílica o radicalica, mecanismo empleado por los acrilatos.

En respuesta a lo anterior, la industria de materiales odontológicos ha presentado al mercado resinas compuestas basadas en moléculas denominadas “siloranos” como constituyente de la matriz, en las cuales, estos monómeros en forma de anillos, al activarse experimentan un proceso de escisión y apertura de la unión cíclica que los conforma, lo cual a diferencia del ya citado mecanismo, implica una ganancia de espacio que se manifiesta con una contracción volumétrica significativamente menor.<sup>(9)</sup> Estudios sobre las propiedades de estos materiales en comparación a las resinas compuestas convencionales han demostrado que la tecnología de los siloranos permite desarrollar materiales con, hasta ahora, la más baja contracción de polimerización (inferior al 1 %), a la vez de poseer mayor estabilidad a la luz ambiental y propiedades mecánicas comparables clínicamente con las restauraciones en base a metacrilatos.<sup>(10,11)</sup>

Recientemente, la firma 3M-ESPE<sup>®</sup> ha presentado su producto Filtek<sup>®</sup> P90 basándose en la química de los siloranos y su polimerización vía apertura de anillos. La baja contracción que gracias a la tecnología de los siloranos exhiben estos nuevos materiales, ciertamente favorece el sellado marginal al disminuir las tensiones inducidas en las interfases de la articulación adhesiva. Por otro lado, dado que cambia la química en los monómeros utilizados en la matriz del material, se debió buscar también un nuevo sistema adhesivo que pudiera ser compatible con estos nuevos monómeros y así permitir la unión del material restaurador a la pieza dentaria. Este nuevo sistema adhesivo específico para siloranos, recomendado por su fabricante, consiste en un sistema autograbante en 2 pasos, que consta de una botella para el agente imprimante autograbante, de carácter hidrófilo, y otra con el adhesivo hidrófobo.

Sin embargo, según la composición del adhesivo que el fabricante señala se puede establecer que todos sus monómeros se basan en la química de los metacrilatos, siendo sus monómeros hidrófobos afines con las moléculas de oxirano presentes en la matriz del silorano, con las

cuales establecen unión química.<sup>(12)</sup> En consecuencia, en la composición que se explicita para el agente imprimante y el adhesivo de la resina Filtek<sup>®</sup> P90, figura la presencia de metacrilatos tales como el Bis-GMA, el HEMA y el TEGDMA.<sup>(12)</sup>

Siendo la polimerización de los siloranos mediante apertura de anillos un mecanismo diferente al empleado por los acrilatos y dado que en la composición del adhesivo específico no figura la presencia de siloxanos y oxiranos, sino la de monómeros empleados en la adhesión de restauraciones de resinas compuestas con matriz de metacrilato, es que se plantea la duda del porqué no tienen compatibilidad con otros sistemas adhesivos basados en la misma química de los metacrilatos. De allí que el motivo de esta investigación sea el estudiar la adhesión que pudiera generar la resina Filtek<sup>®</sup> P90 con su propio adhesivo en comparación con adhesivos convencionales. Para ello se evaluará el grado de microfiltración marginal de restauraciones realizadas con el adhesivo específico recomendado por su fabricante, y la exhibida al utilizar un sistema adhesivo convencional autograbante y otro de grabado y lavado, puesto que aún son escasos los estudios acerca de los mecanismos de adhesión de esta nueva gama de resinas compuestas.

## MARCO TEÓRICO

### Materiales resinosos y Contracción de polimerización:

Para el tratamiento de la caries una vez que ésta ha superado las medidas preventivas, es preciso reemplazar el tejido perdido o irreversiblemente afectado por un material restaurador. Entre los materiales restauradores de aplicación directa, **las resinas compuestas** cobran cada vez más relevancia, llegando a ser los más utilizados en la actualidad<sup>(4,18,19)</sup> dada la creciente demanda de los pacientes por restauraciones estéticas, así como la necesidad de la Odontología por desarrollar materiales cuyas propiedades físicas y mecánicas disten menos de las del tejido dentario remanente. Esto ha propiciado la realización de numerosos estudios sobre su composición y comportamiento tanto *in vitro* como *in vivo*, a fin de perfeccionar sus propiedades para satisfacer las crecientes expectativas que, respecto al desempeño de estos materiales en el tratamiento de afecciones dentales, tienen no sólo profesionales del área sino también los pacientes.

Por lo general, estos materiales se componen de una matriz o fase orgánica, una fase dispersa formada por un relleno inorgánico y un agente de acoplamiento entre ambas<sup>(20,21)</sup> (Fig. 1).



Fig 1: estructura básica de los composites

La matriz es un polímero obtenido mediante la reacción de monómeros entre sí a través de radicales libres con la subsecuente formación de enlaces covalentes, siendo los más empleados en las

formulaciones hasta la fecha, el BIS-GMA, el UDMA y el TEGDMA, todos ellos pertenecientes al grupo de los dimetacrilatos (Fig 2).

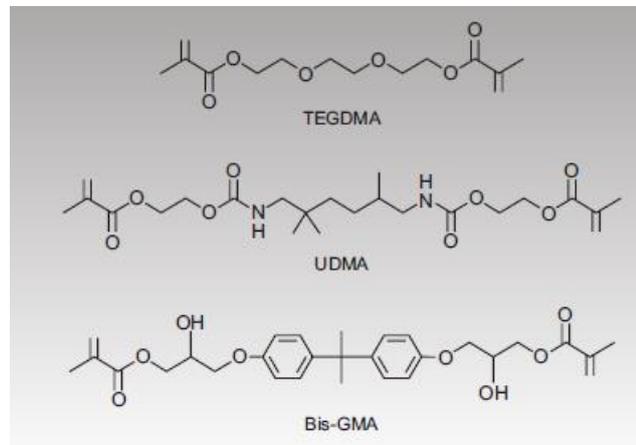


Fig.2: estructura química de monómeros TEGDMA, UDMA y Bis-GMA

El relleno consiste en partículas de sílice, cuarzo, silicatos, cristales de bario, estroncio, cinc o yterbio (cuyo tamaño nos permite clasificar el composite ya sea como de nano, micro, macrorelleno o híbridos (Fig.3), que estando sin polimerizar difieren en plasticidad, y una vez polimerizados, en su módulo de elasticidad y resistencia mecánica). Por otra parte, el relleno, además de reforzar las propiedades mecánicas, otorga características de radiopacidad.

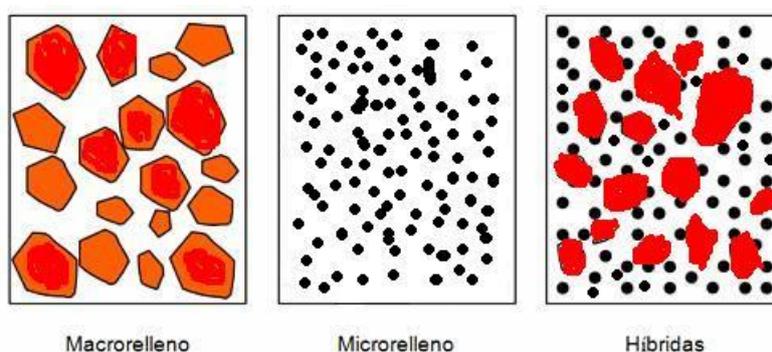


Fig.3: Tipos de relleno en función del tamaño de las partículas

Por último, la fase de acoplamiento consiste en una molécula bifuncional (Fig. 4), por lo común derivada de un organosilano, que por un extremo reacciona con los componentes reactivos del relleno y por el

otro, con los de la matriz de la resina, estableciéndose así la unión entre ambas fases.<sup>(8)</sup>

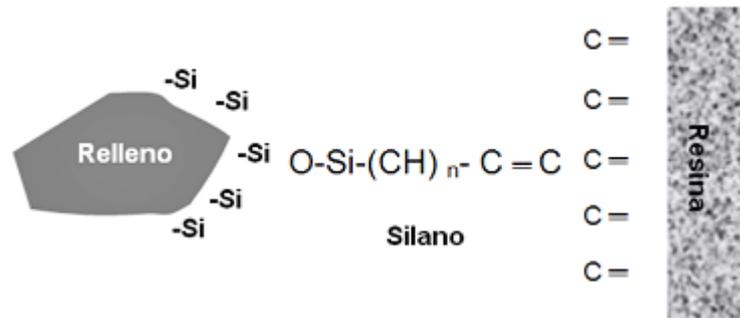


Fig. 4: acoplamiento entre relleno y matriz con la participación de un compuesto intermedio bifuncional

Respecto a la integración de la restauración en las paredes cavitarias, es preciso señalar que las resinas compuestas carecen de la capacidad de adherirse por sí mismas a los tejidos dentales, por lo cual requieren la mediación de un agente de unión o sistema adhesivo, también de carácter resinoso. Debido a esto, menester de la Odontología Adhesiva moderna ha sido el estudio exhaustivo de los diferentes métodos de adhesión gracias a los cuales las resinas compuestas son capaces de adherirse a las diferentes estructuras dentarias. Así, tal como se revisan constantemente las formulaciones de las resinas compuestas, los adhesivos resinosos han experimentado una continua evolución.

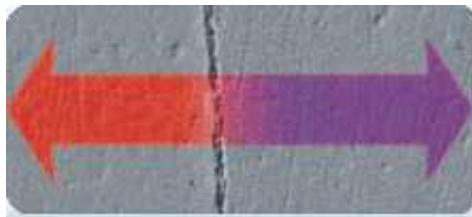
Sin embargo, no obstante los progresos en la evolución de los materiales resinosos, éstos todavía distan de estar exentos de problemas, atribuyéndose a su reacción de polimerización dos especialmente relevantes: la exotermia y la contracción de polimerización, siendo este último uno de los más importantes.<sup>(3)</sup>

Este evento está intrínsecamente ligado a la reacción mediante la cual los monómeros se asocian para formar el polímero constituyente de su matriz orgánica, puesto que su mecanismo de polimerización implica la aproximación de moléculas, con la consiguiente reducción

volumétrica.<sup>(3)</sup> Se ha descrito que la contracción que experimenta una resina compuesta de metacrilato fluctúa entre el 2% y el 6% de su volumen.<sup>(22,23,25)</sup>

Uno de los mayores inconvenientes de este fenómeno, es que afecta el **sellado e integridad marginal** de las restauraciones<sup>(6)</sup> pues induce stress y tensión en el complejo diente/restauración.<sup>(2)</sup> El sellado marginal se ve afectado cuando la fuerza adhesiva lograda con el diente es superada por la tensión que genera la contracción del material restaurador al endurecer con respecto a la pared cavitaria, posibilitándose entonces la formación de una brecha y, como consecuencia, la aparición de filtración marginal<sup>(3,4,5)</sup>, la cual se define como el paso clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas e iones entre las paredes cavitarias y el material restaurador aplicado.<sup>(25,26,27)</sup> La microfiltración, a diferencia de la nanofiltración, que se ha definido como la difusión iónica a través de la interfase en ausencia de discontinuidad interfacial<sup>(27)</sup>, implica la presencia de una brecha entre las fases (Figs 5 y 6).

Fig. 5: Resistencia adhesiva / Tensión de polimerización



brecha

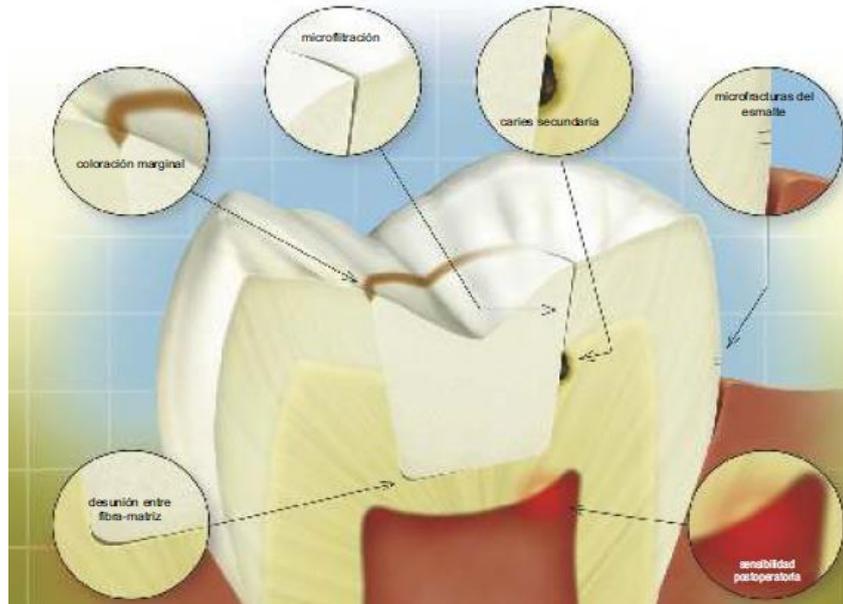


Fig. 6: Fenómenos asociados a la formación de brechas marginales

Si bien reportes actuales señalan que la microfiltración por sí sola no basta para provocar caries secundaria,<sup>(2)</sup> sin duda que contribuirá al fracaso de la restauración o bien o será un importante factor que la propicie. Se le atribuye además, relación con la posible generación de hipersensibilidad dentaria y el eventual desarrollo de patologías pulpares.<sup>(28,29,30)</sup>

Es de considerar también que las tensiones generadas durante el proceso de contracción son transmisibles al tejido remanente, con el riesgo de debilitar su estructura<sup>(7)</sup> y eventualmente liberarse a expensas de microfisuras.<sup>(3)</sup>

### **Variables condicionantes del efecto de la contracción de polimerización**

**a) Factor “C”:** El factor de configuración cavitaria, también conocido como “factor C”, se define como la razón o cociente entre el área de la resina compuesta con superficies adheridas y el área de ella con superficies libres o no adheridas<sup>(31)</sup> Mientras mayor sea este cociente (por ejemplo, en cavidades clase I), mayor será el stress o tensión

generada por la resina al contraerse sobre la pared cavitaria e interface adhesiva, debido a la mayor superficie de contacto implicada. Se ha señalado también, que el efecto del factor C en la adhesión también depende del tamaño de la cavidad, siendo más afectadas aquellas cavidades de mayor volumen que aquellas más pequeñas.<sup>(32)</sup>

**b) Técnica de colocación del material:** Existe consenso en que la aplicación de materiales resinosos en pequeños incrementos no más gruesos que 2mm<sup>(33,34)</sup> permite mejorar la integridad marginal, minimizar la distorsión de la pared cavitaria y permitir una mejor polimerización del material.<sup>(35)</sup> La colocación de incrementos pequeños seguido de la fotoactivación permite optimizar la acción de la energía lumínica en las zonas profundas de la restauración<sup>(36)</sup> y, por otra parte, la colocación de cada nuevo incremento implica una reducción del factor C para el subsiguiente<sup>(35,37)</sup> minimizando el stress interfacial.<sup>(36)</sup> Diversos estudios señalan que en cavidades de mayor volumen, la aplicación de la resina compuesta en un solo incremento resulta en menores valores de fuerza adhesiva, formación de brechas marginales y mayor contracción de polimerización.<sup>(36,37,38)</sup>

**c) Método de Fotoactivación:** Los materiales resinosos para obturación requieren la captación de energía lumínica para dar inicio a la reacción de polimerización (gracias al desdoble de los enlaces químicos no saturados de sus grupos terminales), y el protocolo de activación, es decir, el modo en que se entrega esta energía, puede también generar diferencias con respecto al efecto de la contracción de polimerización y en el grado de conversión y entrecruzamiento de las cadenas poliméricas, afectando con ello las propiedades físicas y mecánicas del material restaurador.<sup>(39,40,41)</sup>

Esto se debe a la relación existente entre la manera en que se lleva a cabo la polimerización y la posibilidad de liberar tensiones mientras ocurre el proceso, aconteciendo esto en la misma masa del material restaurador, sin que afecte la interfase ni la pared dentaria.<sup>(3)</sup>

En la etapa pre-gel del material, mientras aún se exhibe plástico, es posible lograr lo señalado. Las tensiones generadas en esta etapa pueden liberarse o relajarse gracias a la aún presente posibilidad de deformación del material. Por el contrario, en la etapa post-gel o vítrea, la rigidez alcanzada por el material dificulta la relajación, pudiendo afectar la interfase y pared cavitaria o transmitirse al tejido dentario.<sup>(3)</sup> Con el fin de alargar la fase pre-gel, se ha buscado regular el régimen de entrega de energía fotoactivadora.

Entre los métodos de fotoactivación destacan el convencional o continuo y los de “inicio suave” (polimerización retardada y polimerización incremental). Mientras en el primero la intensidad de la luz es la máxima emitida por la lámpara y de modo constante, en la técnica de polimerización retardada se emite un corto pulso inicial, que luego de una interrupción de aproximadamente 1 minuto continúa con una emisión a máxima intensidad para la polimerización final, y en la técnica de polimerización incremental la intensidad va en aumento paulatinamente,<sup>(42)</sup> lo cual se logra con aparatos especialmente diseñados para trabajar de ese modo. No obstante, este efecto puede conseguirse no sólo gracias a estos equipos especialmente diseñados, sino que también se puede alcanzar iluminando primero desde una distancia mayor y luego acercando gradualmente la fuente de emisión lumínica.<sup>(3)</sup>

Sin embargo, aunque existen reportes que señalan menor contracción y menor formación de brechas marginales con los métodos de inicio suave,<sup>(43)</sup> otros estudios sugieren que esto se llevaría a cabo a expensas de una reducción en el grado de conversión, en el largo y en el grado de entrecruzamiento de las cadenas poliméricas en la matriz, dando como resultado un material con menores propiedades físicas y mecánicas.<sup>(43)</sup>

**d) Grado de conversión:** Por último, este factor nos señala que tan completa fue la reacción de polimerización. Este dependerá tanto de variables relacionadas con las propiedades de la matriz resinosa, como por ejemplo su color (que incide en el paso de la luz) o composición (por

ejemplo la adición de monómeros pre-polimerizados), como de aspectos de la técnica empleada (por ejemplo el protocolo de fotoactivación utilizado). Al optimizarse el proceso de polimerización de la matriz de la resina, la fracción de monómeros sin reaccionar se reduce. Debido a que la contracción que experimenta el material está relacionada con la aproximación de monómeros necesaria para la formación de polímeros, al aumentar el grado de conversión, se incrementa la magnitud de la contracción de polimerización<sup>(44)</sup> y simultáneamente el módulo de elasticidad,<sup>(45)</sup> pues el polímero formado es más rígido que el conglomerado de monómeros sin reaccionar.

### **Manejo clásico de la contracción de polimerización y el enfoque químico para contrarrestarla:**

Debido a las indeseables consecuencias clínicas que la contracción volumétrica implica, la manipulación de las resinas compuestas se ha orientado a limitar este inconveniente mediante diversos métodos, tales como la prolongación de la fase pre-gel, fotoactivando a intensidad creciente con el fin de liberar tensiones mientras el material se exhibe plástico,<sup>(3)</sup> la técnica incremental en la colocación del material o polimerización por capas y la confección de incrustaciones previamente preparadas en boca o en un troquel, que posteriormente serán cementadas con resinas de baja viscosidad.<sup>(4, 5, 8)</sup>

Desde un punto de vista químico, este fenómeno se ha manejado variando las concentraciones y el tipo de relleno puesto que es la matriz la que determina la contracción que experimenta el material al polimerizar, siendo su porcentaje directamente proporcional a la cantidad de ésta.<sup>(4)</sup>

Así, al aumentar el contenido de rellenos, existe menor volumen de matriz, lo cual disminuye el potencial de contracción. Sin embargo esto conlleva consecuencias indeseables desde el punto de vista estratégico para contrarrestar la contracción, tales como un descenso en

la eficiencia del material para absorber y liberar el stress, debido al incremento del módulo de elasticidad.<sup>(46,47)</sup>

Entonces, una vez alcanzado cierto límite, al no poder seguir modificándose la contracción mediante el aumento de la cantidad de relleno sin menoscabo de las propiedades del material, surge la necesidad de abordar este problema mediante cambios en la composición de su matriz orgánica. Esto ha hecho necesario el desarrollo de nuevas formas de polímeros como base de la matriz de las resinas compuestas, cuya reacción de polimerización no implique solamente el aproximar sus monómeros, como ocurría con la polimerización vinílica o radicalica, mecanismo empleado por los acrilatos.<sup>(3)</sup>

### La incorporación de los siloranos en Odontología Restauradora:

En respuesta a lo anterior, la industria de materiales odontológicos ha presentado al mercado resinas compuestas basadas en **siloranos** como constituyente de la matriz. Este nombre deriva de la composición de sus monómeros, resultantes de la combinación de moléculas de siloxanos y oxiranos (Fig. 7).

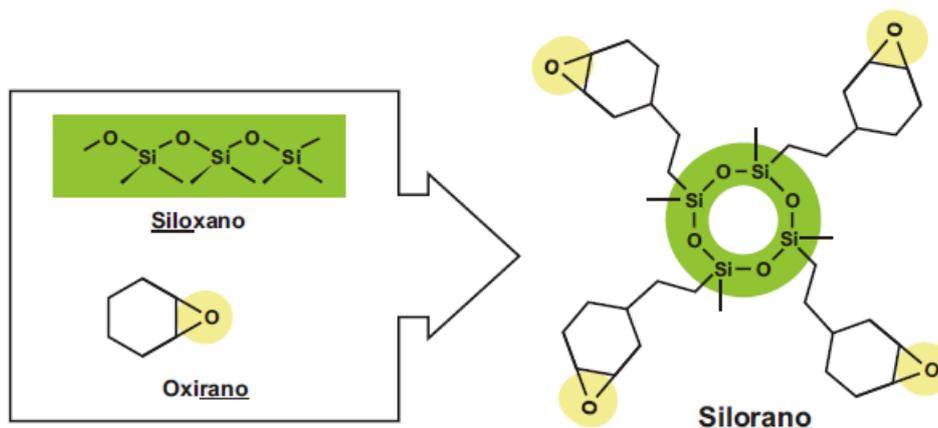


Fig. 7: composición y estructura del silorano

Gracias a este cambio en la química de los componentes de su matriz, el mecanismo de polimerización que exhibe este material permite la obtención de, hasta la fecha, la más baja contracción de polimerización – inferior al 1%-, lo cual conlleva a beneficios en lo que respecta a integridad marginal.<sup>(9,10,48)</sup>

Por otra parte, estudios sobre las propiedades de estos materiales en comparación a las resinas compuestas convencionales, han demostrado que la tecnología de los siloranos posee ventajas en cuanto a la estabilidad química y propiedades mecánicas clínicamente comparables con las restauraciones en base a dimetacrilatos.<sup>(10,11)</sup> A continuación, analizamos su composición y propiedades:

### **Química de los siloranos:**

#### **Composición de Filtek® P90:**

La resina compuesta a base de silorano Filtek® P90, de acuerdo a la clasificación general en base al tipo de relleno que posee, debiese clasificarse como microhíbrida.<sup>(12,49)</sup> Por otro lado, su composición en porcentaje, a continuación explicitada, consta de:

23% matriz de silorano, 76% de relleno, 0,9% iniciadores, 0,13% estabilizadores y 0,005% pigmentos (Fig. 8).<sup>(12)</sup>

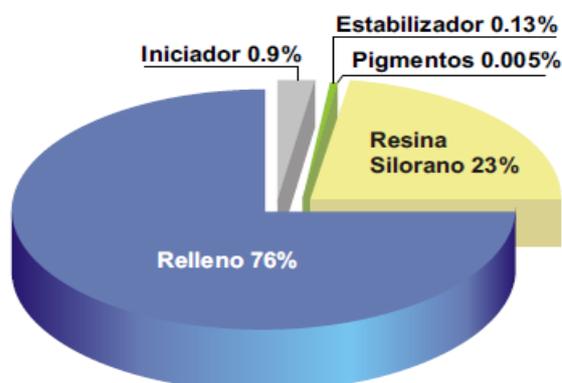


Fig. 8: composición porcentual del silorano

El relleno (76%) consiste en partículas de cuarzo fino silanizado y fluoruro de itrio radiopaco.

### Mecanismo de polimerización vía apertura de anillos:

Debido a la presencia de la estructura cicloalifática (en forma de anillo) de los grupos oxiranos, el tipo de polimerización que experimenta este material, minimiza la magnitud de la contracción. Esto sucede porque al activarse los monómeros, ellos experimentan un proceso de escisión y apertura de la unión cíclica que los conforma, lo cual, a diferencia de la polimerización lineal que emplean los dimetacrilatos, implica una “ganancia de espacio” que es lo que explica esta contracción volumétrica significativamente menor<sup>(9)</sup> (Fig. 9).

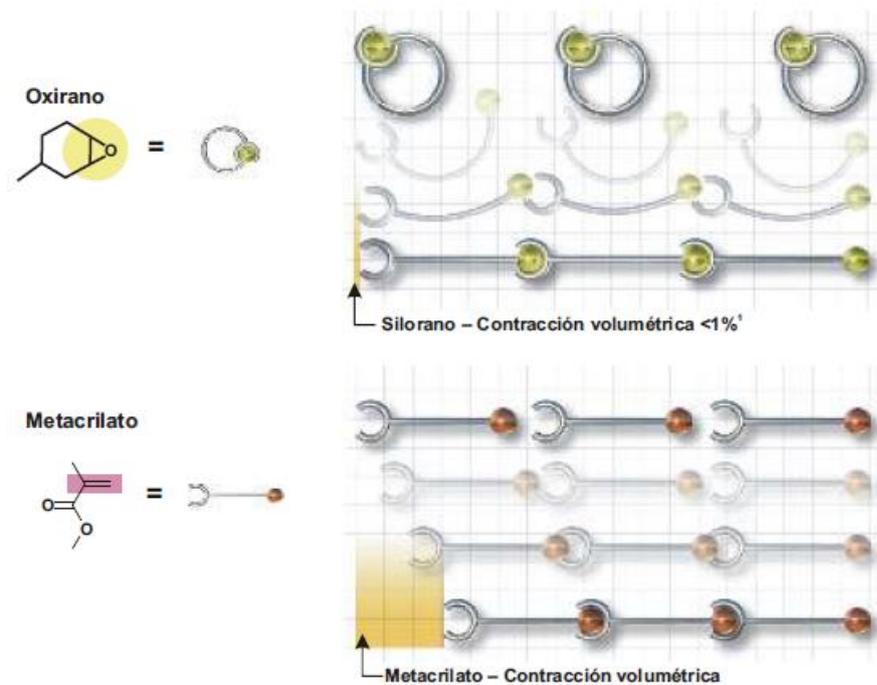


Fig. 9: comparación entre ambos mecanismos de polimerización

La canforoquinona, las sales de iodonio y las especies donantes de electrones, son componentes activos del sistema de iniciación (Fig 10). La reacción se inicia cuando, debido a la degradación de las sales aromáticas de iodonio mediante una reacción de oxido-reducción, se forman carbocationes (especies con un átomo de carbono cargado positivamente). Estos carbocationes reaccionan con el grupo epoxi de la molécula de oxirano en forma de anillo, posibilitando su apertura y posterior enlazamiento entre los monómeros, para formar la trama que conforma la matriz de la resina.<sup>(49)</sup>

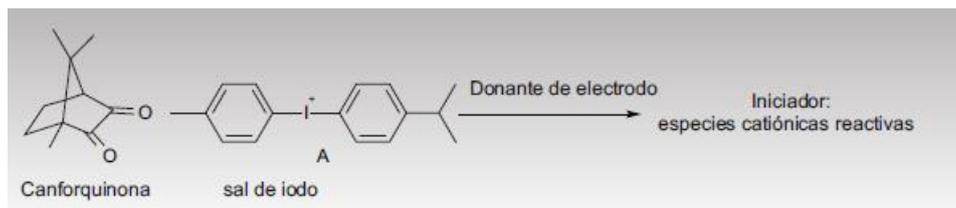


Fig. 10: sistema iniciador de la reacción de polimerización

Otro aspecto que ha sufrido modificación como consecuencia de la nueva química empleada, es la cinética de la polimerización, es decir, la velocidad con la cual ocurre la reacción. Para el caso de los siloranos, dicha velocidad es menor puesto que se requiere una “masa crítica” de especies catiónicas reactivas para iniciar la polimerización. Según la información otorgada por el fabricante, la consecuencia clínica deseada gracias a este comportamiento “umbral”, es permitir un mayor tiempo de trabajo bajo la luz operatoria por parte del profesional y, por otra parte, una disminución de la tensión o stress de polimerización que experimenta el material una vez finalizada la reacción (por ser este factor, junto a la magnitud de contracción y la capacidad de fluidez del material, determinantes en la tensión de polimerización<sup>(12)</sup>)

### Otras ventajas de los siloranos

Además de la baja contracción de polimerización como consecuencia del ya señalado mecanismo, estos materiales poseen otras características relevantes tales como:

**-Ausencia de la capa de inhibición<sup>(50)</sup>:** en los metacrilatos, ésta es la capa de material sin polimerizar debido a la presencia de oxígeno y que se elimina en el momento del pulido final. En el caso del silorano, la ventaja clínica de este hecho es una mayor simpleza de pulido y acabado estético.

**-Sorción acuosa limitada:** debido a la naturaleza altamente hidrofóbica del siloxano, el cual provee al polímero resultante esta característica, se benefician las propiedades mecánicas finales al minimizar la posibilidad de degradación hidrolítica.<sup>(50,51)</sup>

**-Mayor estabilidad de color:** diversos estudios han concluido que este tipo de resinas poseen la más alta estabilidad del color, lo cual se puede explicar por su mayor estabilidad en medios acuosos y menor sorción acuosa, en comparación con los metacrilatos<sup>(51,52)</sup>

**-Disminución de la deflexión cuspeada:**<sup>(53,54,55)</sup> lo cual ocurre gracias a la menor contracción que experimenta el material, si bien el fenómeno flexural que sufren los tejidos dentarios todavía no es eliminado, ocurre en un nivel menor.<sup>(49,54,55)</sup> Esto se debe a la disminución de las tensiones inducidas en las interfases de la articulación adhesiva,<sup>(53)</sup> lo cual a su vez optimiza la integridad marginal.

Sin embargo, aún para las restauraciones en base a siloranos, es preciso señalar que la técnica incremental sigue siendo el protocolo a utilizar para la colocación del material en la cavidad.<sup>(49)</sup>

#### **Sistema adhesivo de Filtek® P90:**

Dada la nueva química del material restaurador, se formuló un nuevo sistema adhesivo para permitir su integración con las estructuras dentarias. Con el fin de lograr una adecuada adhesión entre este nuevo tipo de resina y los tejidos duros del diente, el fabricante desarrolló un sistema adhesivo específicamente diseñado para ella, el cual se ha señalado como el único recomendado para el empleo de Filtek® P90. Este sistema consiste en un agente imprimante hidrófilo de tipo autograbante y un adhesivo hidrófobo y altamente viscoso, compatible con el material a base de silorano. Sin embargo, al analizar la composición química del sistema adhesivo, pareciera estar basada en la química de los metacrilatos. La presentación del sistema adhesivo consta de 2 botellas, una con el agente imprimante y otra para el adhesivo, cada uno de los cuales se analizará a continuación:

### **a) Composición del Agente imprimante:**

El sistema del agente imprimante autograbante, específico para Filtek® P90, posee un ph de 2,7 y su composición se basa en metacrilatos fosforilados como monómeros ácidos, co-monómeros de Bis-Gma, Hema y copolímero de Vitrebond (cuyo ácido carboxílico provee cierto grado de adhesión química con la hidroxiapatita).

El sistema solvente consiste de agua y etanol para ionizar los ácidos y para humectar y penetrar los sustratos dentales. El sistema de fotoiniciación está basado en canforquinona.

El agente imprimante también presenta en su composición un relleno nanométrico, el cual consiste en sílice tratado con silano cuyo tamaño de partícula es de aproximadamente 7 nm, disperso en forma fina para prevenir la sedimentación y cuya función reside en mejorar la resistencia mecánica y propiedades formadoras de película una vez aplicado.

Debido a su ph, el Sistema de Primer autograbante para Filtek® P90 proporciona, según su fabricante, un grabado y desmineralización leve de la estructura dental, pero una adhesión fuerte y durable a través de su patrón de nanograbado, así como también una adhesión química a la hidroxiapatita (esto último gracias a la presencia de ácido policarboxílico). Asimismo, sobre la adhesión en esmalte, la misma fuente indica que si el Sistema Adhesivo para Filtek® P90 es aplicado a esmalte sin corte, se recomienda un grabado previo con la aplicación de ácido ortofosfórico, mientras que esto no sería estrictamente necesario si es que el esmalte ha sido preparado. Sobre este particular, estudios recientes sugieren que la fuerza adhesiva puede optimizarse mediante el grabado con ácido fosfórico previo, selectivamente confinado al esmalte (obteniéndose valores de hasta 27,7 Mpa) lo cual puede explicarse por la mayor penetración intra e interprismática de los monómeros activos en el esmalte pre-grabado.<sup>(49)</sup>

Sobre el desempeño en dentina, una vez aplicado en ella se produce una intensa descalcificación intertubular y exposición de la trama colágena<sup>(56)</sup> necesaria para su hibridización. Estudios recientes acerca de la infiltración del agente imprimante para Filtek® P90 en dentina exhiben, mediante microscopía electrónica de barrido, efectiva penetración de los monómeros en ella con la subsecuente formación de tags resinosos de aproximadamente 10µm<sup>(48)</sup> y la formación de una capa híbrida bien definida y de comparable grosor a la observada luego de la aplicación de sistemas autograbantes de 1 paso.<sup>(57)</sup> Esto último puede fundamentarse en que el agente imprimante - que contiene los monómeros ácidos responsables del grabado - es fotoactivado previo a la aplicación del adhesivo, razón por la cual desde el punto de vista de la formación de la capa híbrida, debiera compararse con los sistemas autograbantes de un paso.<sup>(57,62)</sup> El efecto del grabado ácido previo a la aplicación del agente imprimante autograbante en dentina aún requiere mayor investigación,<sup>(27,49,58,59)</sup> aunque hay reportes de que independiente del empleo de esta técnica o de las indicaciones del fabricante se consiguen valores aceptables de fuerza adhesiva.<sup>(27)</sup>

Otro aspecto que cabe destacar en cuanto a las propiedades de este agente imprimante, es su alto grado de conversión, el cual según un reciente estudio in vitro<sup>(64)</sup> supera el 90% (valor significativamente mayor a otros sistemas de adhesivos autograbantes testeados en estudios previos), disminuyendo hacia la capa adhesiva hidrofóbica a un 70%. Esta diferencia entre grado de conversión de capa formada por el agente imprimante y capa formada por el sistema adhesivo, podría fundamentarse en la menor viscosidad respecto a la capa adhesiva, lo cual incide en la mayor velocidad de difusión de los radicales y movilidad de las cadenas<sup>(69)</sup>, optimizando la cinética de polimerización. En consecuencia, una capa híbrida cuyo espesor contenga tags de resina con un alto grado de conversión de sus monómeros, podría contribuir en gran medida a la estabilidad interfacial en la unión al sustrato dentinario.<sup>(69)</sup>

## **b) Composición del Adhesivo para Filtek® P90:**

El Sistema Adhesivo para Filtek® P90 también se basa en la química de metacrilato. Su composición consta de: Metacrilatos hidrofóbicos, Metacrilatos fosforilados, TEGDMA y relleno de sílice tratado con silano. Otros componentes incluirían los monómeros ácidos que inician el curado catiónico de apertura de anillo del restaurador Filtek® P90, proporcionando de esta forma la adhesión química a la resina compuesta Filtek® P90. El sistema fotoiniciador se basa en la canforquinona.

El relleno de sílice tratado con silano empleado en el Sistema adhesivo mejora la resistencia mecánica del material y también incide en su alta viscosidad, mayor que la normalmente exhibida por otros sistemas de auto-grabado en 2 pasos. El fabricante justifica esta alta viscosidad en una mayor facilidad de aplicación ( no se cae del pincel y puede dirigirse a voluntad con el chorro de aire hacia donde se desee y además mantenerse en ese sitio) y también señala que el grosor de la película formada está en el rango de lo observado en otros sistemas autograbantes de 2 pasos.<sup>(12)</sup> Se ha reportado, sin embargo, una tendencia a formar un importante grosor de película con este sistema adhesivo, consecuencia probable de su alta viscosidad (y alto peso molecular de sus componentes ) lo que debiera tenerse en cuenta en el caso de técnicas indirectas.<sup>(48)</sup>

El estudio de la composición y propiedades del Sistema Adhesivo para Filtek® P90 debiera orientarnos en la búsqueda de una explicación del porqué realmente es el único recomendado para realizar la técnica adhesiva para la aplicación de restauraciones de este material. Al respecto, resulta necesario abordar el tema de la adhesión a las estructuras dentales y las características de las interfaces implicadas.

## La articulación adhesiva

La adhesión es un proceso de interacción de sólidos y/o líquidos entre un material (adherendo) y otro (adhesivo o adherente) a nivel de una misma interfaz.<sup>(60)</sup> De la técnica de adhesión empleada para la colocación de la restauración de resina compuesta en la cavidad, resulta una articulación adhesiva formada por 2 adherendos, que son la superficie de tejido dentario y la de la restauración, más la participación de un material intermedio, que corresponde al adhesivo. Esto a su vez implica la presencia de 2 interfases (Fig.11), una entre la resina compuesta y el adhesivo; y la otra entre el adhesivo y la superficie dental.<sup>(60)</sup>

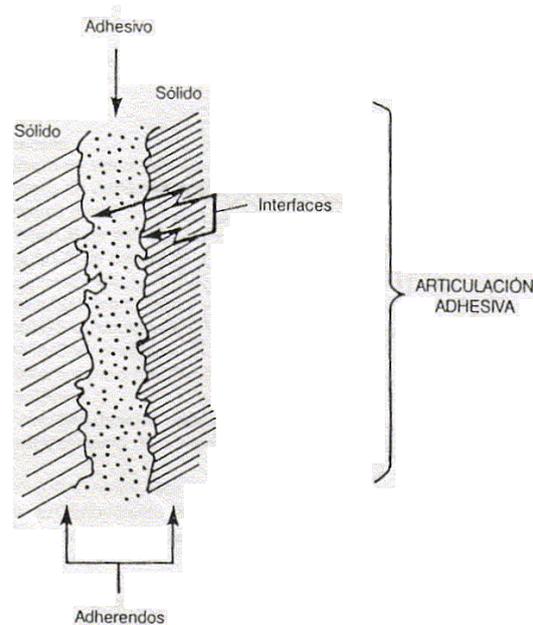


Fig.11: interfases implicadas en la articulación adhesiva

La estructura de la primera dependerá de la afinidad entre los componentes de la restauración y el adhesivo – razón por la cual es relevante el estudio del comportamiento de los siloranos en relación a los metacrilatos - , mientras en el segundo caso el sellado está sujeto a variables dependientes tanto de las propiedades del sustrato (esmalte o dentina, que difieren en composición y estructura) como del adhesivo (dinámica de la difusión de los monómeros, ph, tipo de solvente y factores de aplicación tales como viscosidad<sup>(57)</sup> ).

## Compatibilidad entre siloranos y metacrilatos

Aún son escasos los estudios acerca de la posibilidad de compatibilidad o afinidad química existente entre siloranos y metacrilatos e incluso existe información contradictoria, sin embargo, cada vez surgen más investigaciones que otorgan luces sobre este particular. Ente los antecedentes actuales al respecto, cabe destacar lo siguiente:

-A diferencia de los metacrilatos, en donde para la unión entre incrementos se precisa de la participación de la **capa inhibida** (resultante de la inhibición de la polimerización vinílica a causa de la presencia de oxígeno), los siloranos exhiben una ausencia de ésta.<sup>(62,49)</sup> La unión entre capas del mismo material, por ende, depende solamente de la reactividad intrínseca del material.<sup>(62)</sup> De acuerdo a lo anterior, el silorano es de por sí un material con menores propiedades autoadhesivas que los dimetacrilatos.<sup>(62)</sup>

-Sin embargo, el fabricante otorga como información la factibilidad de reparación de Filtek<sup>®</sup> P90 mediante el uso de resinas compuestas de metacrilato y viceversa, señalando la mediación de un adhesivo apropiado.<sup>(12)</sup> Asimismo, señala que los adhesivos convencionales pueden utilizarse para unir resinas de metacrilato a Filtek<sup>®</sup> P90 una vez polimerizado.<sup>(12)</sup>

-Por otra parte, el adhesivo específico y recomendado por el fabricante se basa principalmente en la química de los metacrilatos,<sup>(12)</sup> y por ende, debiera ser compatible con las resinas compuestas convencionales.<sup>(49,56)</sup>

El mecanismo detallado que explica el cómo el adhesivo de Filtek<sup>®</sup> P90 enlaza con la matriz de silorano no es del todo conocida, pero de acuerdo con la información que provee el fabricante 3M-ESPE, el adhesivo contiene un monómero hidrofóbico bifuncional que permitiría dicha unión (Figs.12 y 13).<sup>(57,61)</sup> Según la misma fuente, este último figura como el principal componente del adhesivo específico para Filtek<sup>®</sup> P90.<sup>(12)</sup>

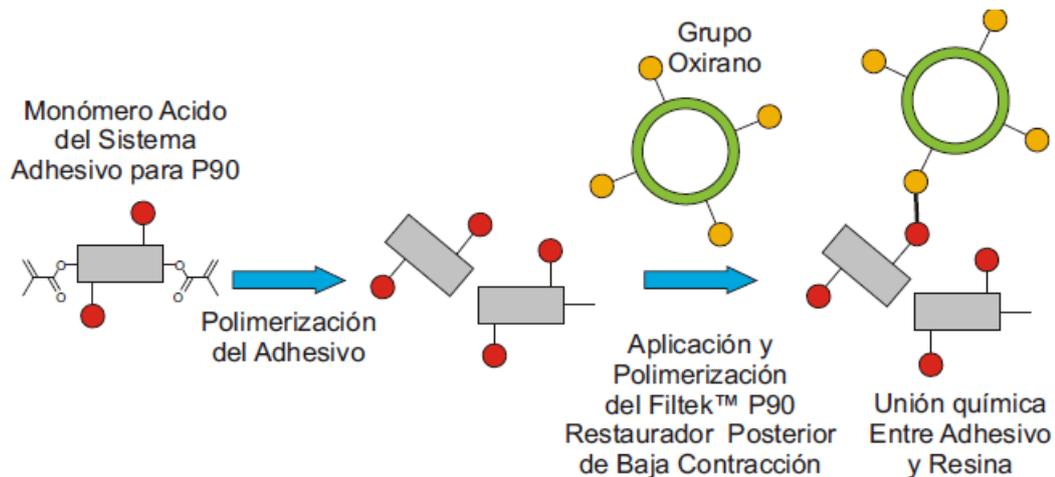


Fig. 12: mecanismo de unión entre adhesivo y resina compuesta Filtek® P90

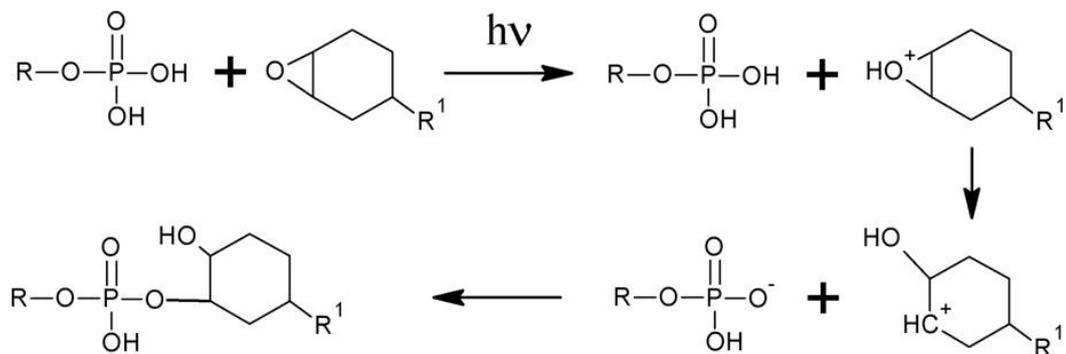


Fig 13: Reacción química entre grupos fosfato y oxiranos: mecanismo propuesto como responsable de la afinidad química entre ambos tipos de monómero

-Sobre la composición del citado monómero, algunos estudios señalan que para unir ambos tipos de resina compuesta entre sí, es preciso la existencia de una capa que contenga metacrilatos fosfatados,<sup>(49,62)</sup> pues el grupo fosfato reacciona con el oxirano presente en la matriz del silorano, mientras el metacrilato es afín con los acrilatos, generándose con ello la unión entre los 2 tipos de materiales.<sup>(27,49, 62)</sup> Es preciso señalar al respecto, que el fabricante explicita en la composición del material, la presencia de aquel compuesto.<sup>(12)</sup> Sin la mediación de un adhesivo que contenga metacrilatos fosfatados entre un incremento de silorano y otro de dimetacrilato, los valores de resistencia adhesiva disminuirían dramáticamente desde aproximadamente 15Mpa (valor registrado al emplear el adhesivo) a menos de 5 Mpa, derivando en falla adhesiva.<sup>(27,62)</sup>

-Aunque hay consenso en que el adhesivo específico de Filtek<sup>®</sup> P90 es compatible con siloranos y metacrilatos (debido a la presencia de este agente y por basarse en la química de los metacrilatos, respectivamente), existen reportes de que la fuerza adhesiva entre silorano y otros adhesivos (tales como Singlebond<sup>®</sup>) es débil pudiendo causar falla y eventual desalajo.<sup>(27)</sup> Un estudio reciente que comparó la adhesión entre siloranos y metacrilatos<sup>(63)</sup> mediante adhesivo específico de silorano y otro convencional (Heliobond<sup>®</sup>), mostró que los menores valores se obtuvieron al utilizar este último, mientras que con el adhesivo específico de silorano, el desempeño era comparable ya sea reparando con metacrilato o con silorano. Sin embargo, mientras parte de la información hasta la fecha disponible sugiere franca incompatibilidad con otros adhesivos<sup>(12,27,49)</sup>, otros muestran una afinidad menor<sup>(63)</sup> sin descartarla por completo.

-Si bien se han realizado estudios que relacionan adhesión entre siloranos y tejidos duros dentales empleando diversos adhesivos y utilizando como parámetro de comparación la resistencia adhesiva, no existen suficientes reportes que, en la misma situación, expliciten comparativamente lo que ocurre en lo que respecta a la microfiltración. La aparición de ésta precisa la formación de una brecha, la cual a su vez es generada por el vencimiento de la resistencia adhesiva frente a la contracción de polimerización.

### **Siloranos y Microfiltración:**

Con la técnica de grabado con ácido fosfórico y el uso de agentes imprimantes y adhesivos dentinarios, se ha logrado obtener una adhesión a la estructura dentaria aceptable, dada por uniones micromecánicas que alcanzan valores que oscilan por sobre los 20 Mpa,<sup>(3,7)</sup> pero la unión específica o química aún es de tipo secundaria y, por otra parte, la contracción de polimerización aún se presenta como un desafío para la integridad marginal.

Así, la contracción de polimerización cuya generación de tensiones en la interface desafía el desempeño de los sistemas adhesivos sobre el sellado marginal - siendo este último un factor crítico para el éxito de una restauración- sigue siendo una de las principales causas de **microfiltración**, con sus ya comentadas consecuencias. En el caso de los siloranos, la incidencia de este factor ciertamente se ha reducido exitosamente, pero no eliminado del todo.

El adhesivo específico que su fabricante recomienda para Filtek® P90 consiste, como fue señalado, en un sistema autograbante en 2 pasos, que consta de una botella para el agente imprimante autograbante, de carácter hidrófilo, y otra con el adhesivo hidrófobo.

Sin embargo, según la composición del adhesivo que el fabricante señala se puede establecer que todos sus monómeros se basan en la química de los metacrilatos, siendo sus monómeros hidrófobos afines con las moléculas de oxirano presentes en la matriz del silorano, con las cuales establecen unión química.<sup>(12)</sup> En consecuencia, en la composición que se explicita para el agente imprimante y el adhesivo de la resina Filtek® P90, figura la presencia de metacrilatos tales como el Bis-GMA, el HEMA y el TEGDMA,<sup>(12)</sup> sin mencionar cuál es el monómero bifuncional afín a las moléculas de oxiranos.

Siendo la química y mecanismo de polimerización de los siloranos diferentes a lo ya visto en los dimetacrilatos, y dado que en la composición del adhesivo específico para Filtek® P90 no figura la presencia de siloxanos y oxiranos, sino la de monómeros empleados en la adhesión de restauraciones de resinas con matriz de dimetacrilato, es que se plantea la duda del porqué no tienen compatibilidad con otros sistemas adhesivos basados en la química del dimetacrilato. De allí que el motivo de esta investigación sea el estudiar la adhesión de la resina Filtek® P90 utilizando como parámetro de comparación la microfiltración marginal experimentada al utilizar el adhesivo específico recomendado

por su fabricante, cotejando con la exhibida al utilizar un sistema de adhesivo convencional autograbante y otro de grabado / lavado, puesto que aún son escasos los estudios acerca de los mecanismos de adhesión de esta nueva gama de resinas compuestas y de la microfiltración que exhiben al ser adheridos con adhesivos convencionales.

## **HIPOTESIS:**

Existen diferencias significativas en el grado de microfiltración marginal *in vitro* que experimenta una restauración de resina compuesta a base de siloranos al utilizar el adhesivo específico que recomienda su fabricante, en comparación con dos adhesivos convencionales, uno de grabado/lavado y otro autograbante.

### **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar si existen diferencias significativas en el grado de microfiltración marginal *in vitro* que experimenta una restauración de resina compuesta a base de siloranos al utilizar el adhesivo específico que recomienda su fabricante, en comparación con dos adhesivos convencionales, uno de de grabado/lavado y otro autograbante.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

-Determinar el grado de microfiltración *in vitro* de la resina Filtek<sup>®</sup> P90 utilizando su sistema de adhesión específico.

-Determinar el grado de microfiltración *in vitro* de la resina Filtek<sup>®</sup> P90 utilizando el adhesivo convencional de grabado y lavado SingleBond<sup>®</sup> 2.

-Determinar el grado de microfiltración *in vitro* de la resina Filtek<sup>®</sup> P90 utilizando adhesivo convencional autograbante Adper<sup>®</sup> SE plus.

-Analizar comparativamente los resultados obtenidos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

Este estudio se realizó en el Laboratorio de Biomateriales Dentales del Departamento de Odontología Restauradora de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Se midió y comparó *in vitro* la penetración por capilaridad de una tinción de azul de metileno en la interface adhesiva existente entre el composite Filtek® P90 y la pared cavitaria luego de utilizar: a) el sistema adhesivo específico para Filtek® P90; b) sistema adhesivo de grabado y lavado SingleBond®2 y c) sistema adhesivo autograbante 3M Adper® SE plus.

### **Muestra:**

Para esta experiencia se usaron 60 molares humanos sanos seleccionados, extraídos por causa periodontal o terceros molares erupcionados con indicación de extracción. Éstos fueron almacenados en una solución de suero con Formalina al 2 % para evitar la deshidratación dentinaria sin afectar el desempeño adhesivo.<sup>(13)</sup>

Los remanentes de ligamento periodontal se eliminaron utilizando curetas de marca American Eagle® (11-12 y 13-14). También fueron limpiadas sus coronas mediante escobillas de copa dura a baja velocidad (contra-ángulo marca NSK).

### **Confección de las cavidades:**

Se labraron cavidades vestibulares clase V realizadas por un mismo operador utilizando una turbina NSK y piedras de diamante cilíndricas de extremo redondeado N° ISO 806 314 de 1,4mm de diámetro en su parte activa (Meisinger®, Alemania) y refrigerando con abundante agua. Las fresas serán recambiadas cada 8 preparaciones para evitar su desgaste.

Estas cavidades tuvieron un ancho mesio-distal de 4 mm, una altura ocluso-gingival de 3 mm y una profundidad de 3 mm. Dichas cavidades se situaron en las caras vestibular y palatino/lingual de cada pieza dentaria, ocupando su tercio medio y quedando el borde cavo superficial en esmalte y pared axial en dentina.<sup>(14)</sup> (Fig 14)



Fig.14: Pieza dentaria con cavidad clase V (cara vestibular).

Una vez realizadas las cavidades en ambas caras, cada pieza se conservó en suero fisiológico isotónico hasta realizar las restauraciones. Ambas cavidades fueron efectuadas en cada pieza antes de tratar una siguiente.

#### **Distribución de la muestra:**

Para la confección de las restauraciones con los diferentes sistemas adhesivos, las piezas fueron aleatoriamente distribuidas en 3 grupos, **A, B y C.**

#### **Grupo A:**

20 piezas restauradas con la resina compuesta Filtek<sup>®</sup> P90, en donde en la cara vestibular se utilizó el adhesivo específico para silorano y en la palatino/lingual, adhesivo de grabado y lavado Single Bond<sup>®</sup> 2.

**Grupo B:**

20 piezas restauradas con la resina compuesta Filtek® P90, en donde en la cara vestibular se utilizó el adhesivo específico para silorano y en la palatino/lingual, adhesivo autograbante Adper® SE plus.

**Grupo C:**

20 piezas restauradas con la resina compuesta Filtek® P90, en donde en la cara vestibular se utilizó el adhesivo Adper® SE plus y en la cara palatino/lingual, adhesivo de grabado y lavado SingleBond® 2.

**Aplicación del agente adhesivo:**

Cada pieza fué restaurada con la resina compuesta Filtek® P90 en sus dos caras (vestibular y palatino/lingual), pero variando en ambos lados el sistema adhesivo empleado. La técnica de aplicación del agente de grabado o agente imprimante autograbante y aplicación del adhesivo fué la descrita por cada uno de los 3 fabricantes.

**Para SingleBond® 2:**

Primero se realizó el grabado ácido total con  $H_3PO_4$  al 37% en gel el cual se aplicará con jeringa. Primero se aplicó sólo en esmalte en los márgenes cavosuperficiales por 15 segundos para luego lavar por 30 segundos y secar con un chorro de aire. Posteriormente, se aplicó sobre la totalidad de la preparación por 10 segundos adicionales y se lavó por 20 segundos, secándose luego la dentina colocando un papel absorbente y el esmalte con chorro de aire, evitando así la desecación dentinaria<sup>(14)</sup>, obteniendo con ello un grabado diferencial para esmalte por 25 segundos y para dentina por 10 segundos. Luego, se aplicó mediante un microbrush el adhesivo en la totalidad de la preparación, en forma de 2 capas por 20 segundos cada una, homogeneizando luego de cada aplicación con el uso de aire en forma suave. La fotoactivación se realizó durante 30 segundos, con una lámpara halógena 3M ESPE Elipar®.

**Para adhesivo específico de silorano:**

Primero se aplicó el agente imprimante (botella “A”) mediante un microbrush procurando abarcar toda la cavidad durante 15 segundos y luego, previa aplicación de aire hasta homogeneizar, se fotoactivó durante 10 segundos utilizando una lámpara halógena 3M ESPE Elipar®. Posteriormente, con un segundo microbrush se procedió a aplicar el adhesivo (botella “B”), luego de lo cual se utiliza aire hasta lograr una dispersión homogénea para finalmente fotoactivar por 10 segundos con la citada lámpara halógena.<sup>(12)</sup>

**Para adhesivo Adper® SE plus:**

Primero se aplicó el primer- activador (botella “A”) mediante un microbrush procurando abarcar toda la cavidad, guiándose por el indicador rosado. Luego, utilizando un segundo microbrush, se aplicó una capa de adhesivo (botella “B”) hasta desaparecer el color rosado, lo cual indica la activación del ácido. El sistema se dejó actuar agitando por 20 segundos, y luego se secó durante 10 segundos utilizando aire. Finalmente, es aplicada una nueva capa de adhesivo (botella B), la cual se secó por 10 segundos para luego fotoactivar por 20 segundos <sup>(17)</sup> utilizando para ello una lámpara halógena 3M ESPE Elipar®.

**Técnica de restauración:**

Se realizó una técnica incremental en 3 pasos utilizando una espátula para resina (Hu-Friedy). El primer incremento se aplicó en forma diagonal desde la mitad de la pared axial hacia el borde cavo superficial cervical, para luego, una vez condensado y adaptado, fotoactivar con una lámpara halógena 3M ESPE Elipar® durante 10 segundos incidiendo en 45 grados a través de la pared por transluminación. Luego por se fotopolimerizó por 40 segundos en forma perpendicular. Para la colocación del segundo incremento, se aplicó del mismo modo

abarcando desde la zona medial de la pared axial hacia la totalidad de la pared oclusal y su borde cavo superficial, fotopolimerizando por 10 segundos con 45 grados de incidencia a través de la respectiva pared, y luego por 40 segundos en forma perpendicular. El tercer incremento se aplicó hasta llenar completamente la cavidad, condensándolo y evitando sobrecontornos, para finalmente fotopolimerizar con incidencia perpendicular durante 40 segundos (Fig.15).

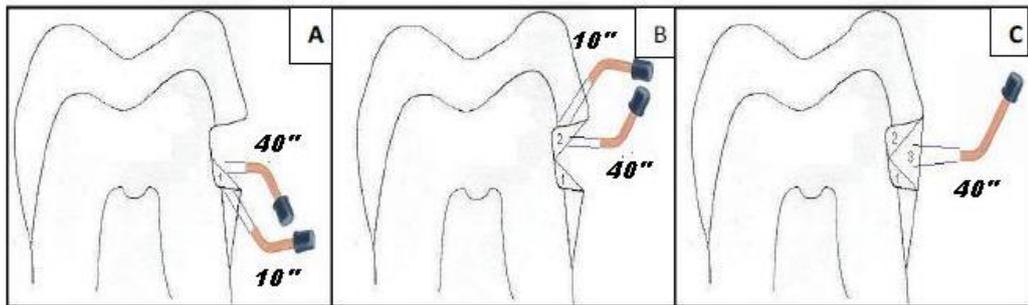


Fig. 15: Técnica incremental de restauración (3 pasos).

### **Termociclado y tratamiento previo de cada muestra:**

Una vez realizadas las restauraciones, se dejaron en una estufa marca Heraeus, a 37°C con un 100% de humedad relativa durante 48 hrs.

Previo al termociclado, y con el fin de evitar errores de filtración por vías distintas a las deseadas, se sellaron los ápices dentarios con aberturas evidentes mediante el uso de cemento de Vidrio Ionómero<sup>(14,15)</sup> (cemento restaurador de Vidrio Ionómero radiopaco, GC Fuji II<sup>®</sup>). Luego se re-selló la superficie radicular y ápice con cianoacrilato, el cual, una vez seco, fue cubierto junto con la corona con dos capas de esmalte para uñas, dejando un margen de 1 mm alrededor de las restauraciones.<sup>(14)</sup> Finalmente se cubrió con acrílico de autocurado, siguiendo las superficies pintadas con barniz de uñas, quedando la ventanilla que expone las restauraciones (Fig 16).



Fig. 16: Pieza dentaria cubierta conacrílico de autocurado.

Luego de 48 horas después de este sellado, las piezas dentarias fueron sometidas a un proceso de termociclado, en una solución acuosa de azul de metileno al 1% como indicador de microfiltración.<sup>(14,15, 16)</sup>

El régimen de termociclaje fué de de 100 ciclos entre 4°C y 60°C manteniendo las muestras 30 segundos en cada baño térmico y llevando a temperatura ambiente (aprox. 23°C) durante 15 segundos entre un baño y otro.<sup>(14,15)</sup>

Una vez terminado el termociclaje las piezas dentarias fueron lavadas con abundante agua para retirar el exceso de colorante. Luego, se realizaron cortes perpendiculares al eje mayor del diente, pasando por el centro de las cavidades con el fin de exponer las restauraciones y evaluar el grado de penetración del colorante. Éstos se llevaron a cabo mediante discos de carburundum en forma intermitente y sin refrigeración con el fin de disipar el calor producido y no diluir el agente marcador.

Cada preparación cortada se observó por medio de un microscopio estereoscópico óptico (marca Carl Zeiss TM, serie 4251402 hecho en Alemania) utilizando lente lupa (10x) graduado con una reglilla, para medir la penetración del colorante a nivel de la interfase diente/restauración (microfiltración marginal), en la pared donde se registre mayor microfiltración (Fig.17).



Fig.17: Visualización de un corte perpendicular al eje mayor de un diente restaurado, observado con 10x de magnificación en el microscopio óptico. La zona marcada en el círculo muestra la penetración de la tinción en la interfase diente-restauración.

Se utilizó una escala de análisis basada en la 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. Esta medida (en porcentaje), fué obtenida basándose en la razón existente entre el grado de penetración del colorante y profundidad total de la cavidad<sup>(14, 15,16)</sup>, es decir:

$$\text{Penetración del colorante en la interfase (mm) / Profundidad total de la cavidad (mm) x 100}$$

Los resultados obtenidos para cada muestra (porcentajes de microfiltración marginal) fueron tabulados y analizados estadísticamente a través del programa SPSS (Statistical Product and Service Solutions) con el cual se obtuvo la media aritmética, desviación estándar, error estándar y análisis de varianzas (ANOVA) para determinar la diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los porcentajes de microfiltración marginal de los grupos en estudio, a fin de establecer la aceptación o rechazo de la hipótesis propuesta.

## RESULTADOS:

Los valores de microfiltración marginal (expresados en porcentaje) para cada grupo de restauraciones de resina compuesta Filtek® P90 realizadas en las caras vestibular y palatino/lingual de cada pieza dentaria, se detallan a continuación en la tabla I:

GRUPO A		GRUPO B		GRUPO C	
Adhesivo P90	Singlebond 2	Adhesivo P90	Adper SE	Singlebond 2	Adper SE
12.5	33.33	11.11	22.22	16.6	25.
3.3	42.8	12.5	25.	5.45	25.
25.	33.33	12.5	18.18	12.5	22.22
2.8	16.6	11.9	9.09	6.66	31.25
11.9	25.	12.5	16.6	23.80	23.8
12.5	30.	13.3	23.3	22.5	40.
22.5	25.	8.5	22.22	10.	37.5
22.22	22.22	9.09	40.	16.6	22.22
12.5	37.5	9.09	27.27	25.	33.33
15.6	16.6	11.11	25.	22.5	25.
14.28	25.	25.	13.33	14.28	15.55
12.5	22.22	8.5	16.6	12.5	16.6
12.5	31.25	11.62	22.22	22.5	33.33
10.63	12.5	13.5	25.	12.5	25.
9.09	20.	9.09	37.5	11.62	15.5
22.22	10.	25.	16.6	30.	25.
13.4	23.5	12.5	40.	33.33	25.5
9.09	22.5	11.11	9.09	40.	23.3
15.5	40.	15.5	20.	10.	25.
8.5	25.	12.5	15.6	40.	18.18

En la tabla II se muestra el porcentaje de microfiltración marginal del total de muestras analizadas para cada variable:

Restauración	Adhesivo P90	Singlebond 2	Adper SE
1	12,50	33,33	22,22
2	3,30	42,80	25,00
3	25,00	33,33	18,18
4	2,80	16,60	9,09
5	11,90	25,00	16,60
6	12,50	30,00	23,30
7	22,50	25,00	22,22
8	22,22	22,22	40,00
9	12,50	37,50	27,27
10	15,60	16,60	25,00
11	14,28	25,00	13,33
12	12,50	22,22	16,60
13	12,50	31,25	22,22
14	10,63	12,50	25,00
15	9,09	20,00	37,50
16	22,22	10,00	16,60
17	13,40	23,50	40,00
18	9,09	22,50	9,09
19	15,50	40,00	20,00
20	8,50	25,00	15,60
21	11,11	16,60	25,00
22	12,50	5,45	25,00
23	12,50	12,50	22,22
24	11,90	6,66	31,25
25	12,50	23,80	23,80
26	13,30	22,50	40,00
27	8,50	10,00	37,50
28	9,09	16,60	22,22
29	9,09	25,00	33,33
30	11,11	22,50	25,00
31	25,00	14,28	15,55
32	8,50	12,50	16,60
33	11,62	22,50	33,33
34	13,50	12,50	25,00
35	9,09	11,62	15,50
36	25,00	30,00	25,00
37	12,50	33,33	25,50
38	11,11	40,00	23,30
39	15,50	10,00	25,00
40	12,50	40,00	18,18
<b>Promedio</b>	13,11	22,57	23,80

En el gráfico 1 se muestra el promedio de microfiltración para cada adhesivo en estudio:

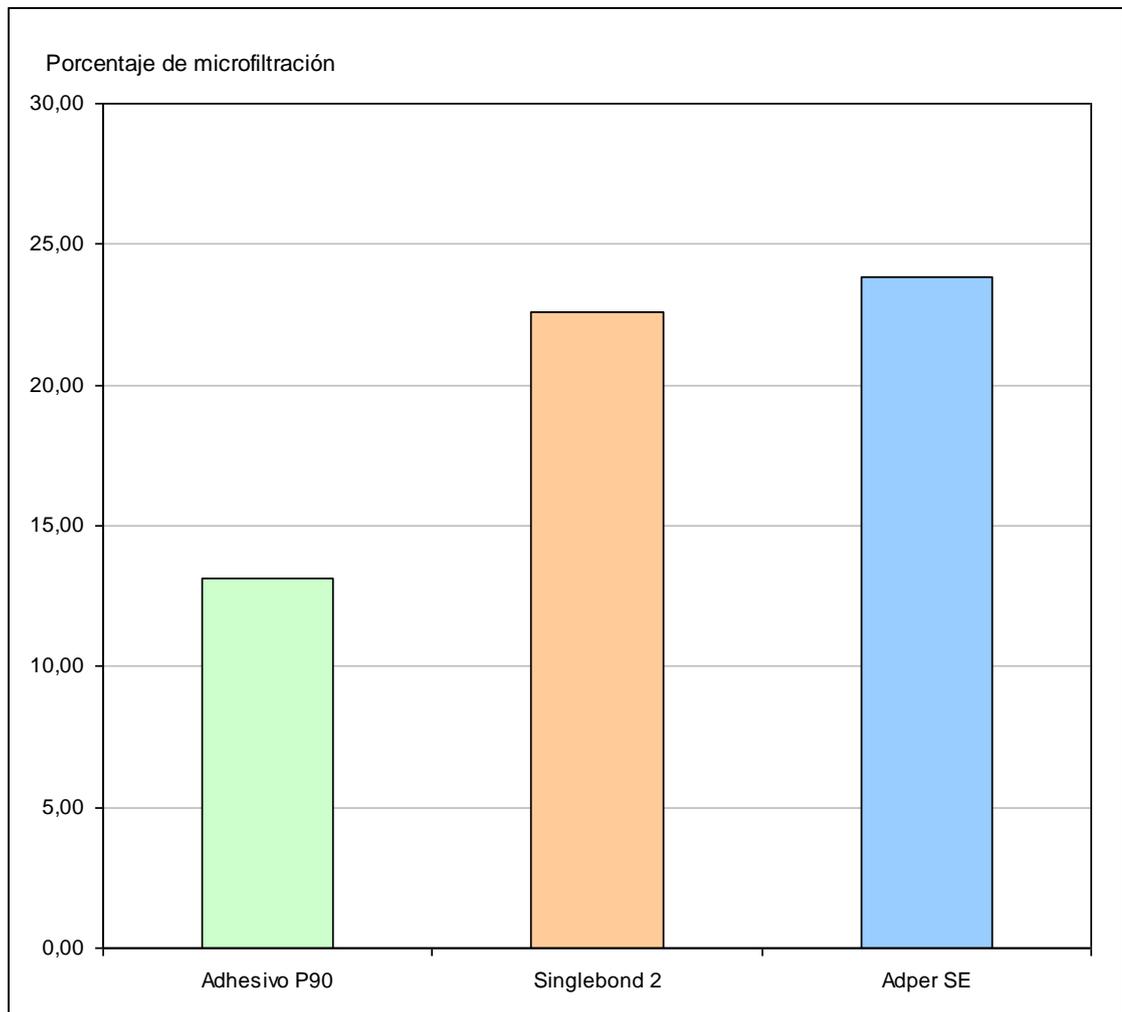


Gráfico 1: Promedios de los porcentajes de microfiltración marginal

## Análisis de los Resultados:

A continuación, se ilustra la distribución normalizada (ocurrencias observadas dividido en el total de ocurrencias) de los datos obtenidos, expresado en la tabla III y representado en el gráfico 2:

% microfiltración marginal	5	10	15	20	25	30	35	40	45
AdhesivoP90	0,05	0,20	0,53	0,08	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00
Singlebond 2	0,00	0,05	0,23	0,10	0,23	0,13	0,15	0,03	0,10
Adper SE	0,00	0,05	0,03	0,23	0,23	0,28	0,08	0,05	0,08

Tabla III: Distribución de frecuencias

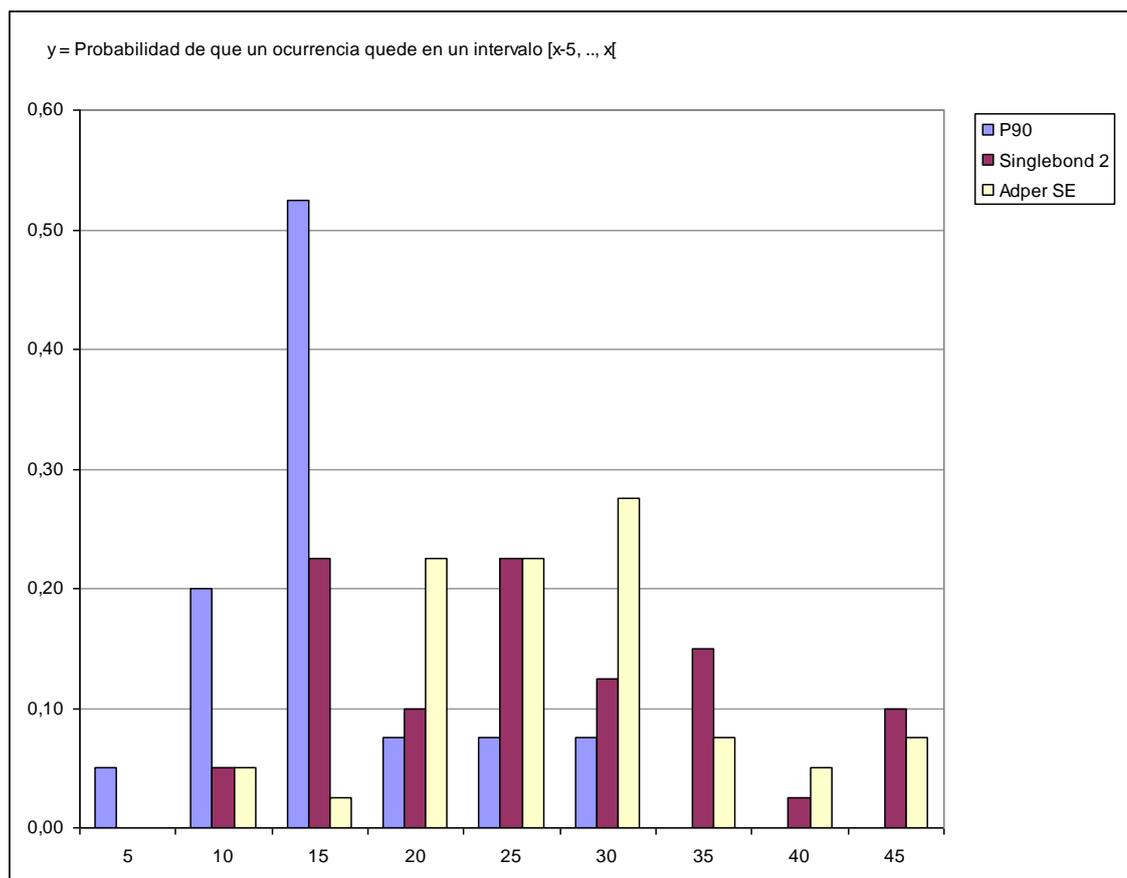


Gráfico 2: Distribución de frecuencias

En el gráfico se puede apreciar la concentración de observaciones asignada a cada intervalo de porcentajes de microfiltración. La mayoría de las observaciones en el caso de adhesivo para P90 se sitúa entre 10% y 15%; mientras en el caso de Singlebond® 2 y Adper® SE plus se sitúan entre 15%-25% y 20%-30% respectivamente. Esto se puede también representar mediante un gráfico de “cajas”, como se expone a continuación (Grafico 3):

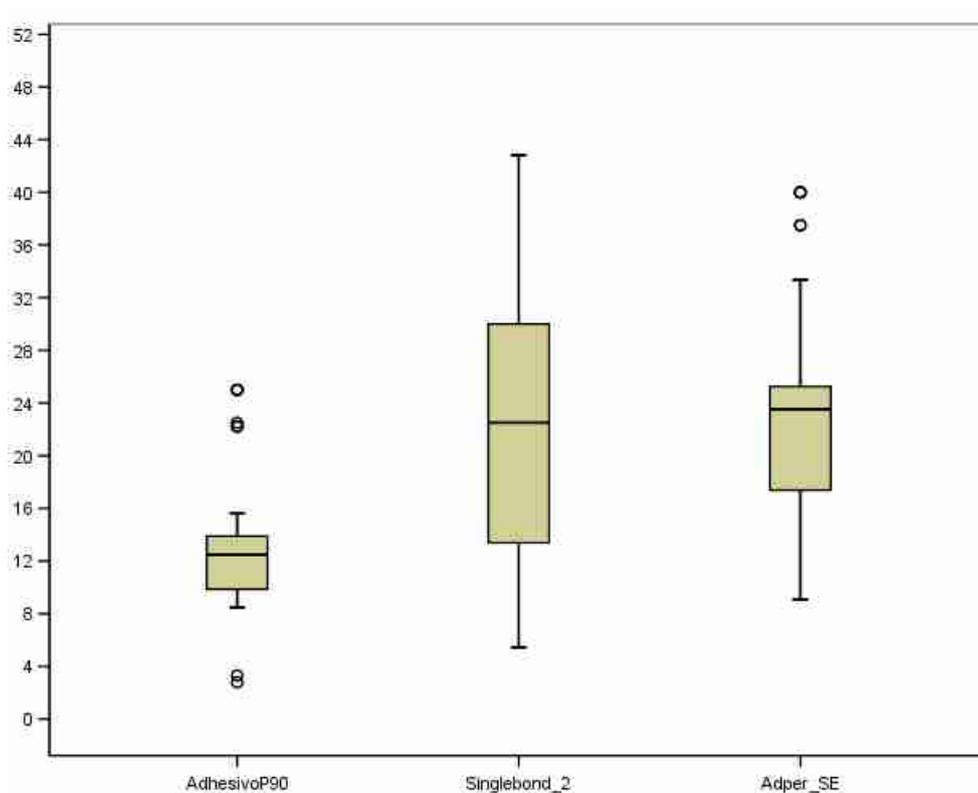


Grafico 3: Las cajas representan el 50% de las observaciones, mientras que el área comprendida entre los dos bigotes representa la zona donde se distribuye la mayoría de las observaciones. La línea horizontal representa la mediana de ambas poblaciones. Los puntos aislados representan las observaciones fuera de rango.

Los estadísticos descriptivos Media, Desviación Estándar y Error Típico de la Media de los porcentajes de microfiltración marginal de los grupos en estudio se presentan a continuación:

#### Descriptivos

grado infiltracion									
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95 %		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
p90	40	13,1312	5,50378	,87022	11,1011	14,6214	2,50	25,00	
sb	40	22,5673	9,96465	1,57555	19,3804	25,7541	5,45	42,80	
adper	40	23,8275	7,96183	1,25888	21,2812	26,3738	9,09	40,00	
Total	120	19,7520	9,35158	,85368	18,0616	21,4424	2,50	42,80	

La diferencia entre las medias obtenidas con Adhesivo para Filtek® P90 respecto a Singlebond® 2 y Adper® SE sugiere ser estadísticamente significativa.

Para probar esta hipótesis, y dado de que se trata de 3 grupos, se plantea un test ANOVA para comparar las medias entre grupos como sigue a continuación:

#### ANOVA

grado infiltracion					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2880,711	2	1440,355	22,392	,000
Intra-grupos	7526,087	117	64,326		
Total	10406,797	119			

El valor en el test ANOVA es menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, de modo que se concluye que las muestras definidas por la variable si poseen diferencias estadísticamente significativas. Esto nos señala que existen diferencias, pero no nos indica entre qué grupos.

Por ende, se procede a realizar una prueba “post hoc” (Games-Howell) de comparaciones múltiples:

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: grado infiltracion

	(I) adhesivo	(J) adhesivo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Games-Howell	p90	sb	-9,7060*	1,79990	,000	-14,0302	-5,3818
		adper	-10,9663*	1,53038	,000	-14,6316	-7,3009
	sb	p90	9,7060*	1,79990	,000	5,3818	14,0302
		adper	-1,2602	2,01671	,807	-6,0832	3,5627
	adper	p90	10,9663*	1,53038	,000	7,3009	14,6316
		sb	1,2602	2,01671	,807	-3,5627	6,0832

\*. La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

En este cuadro se aprecia que luego de comparar los 3 grupos entre sí, no existen diferencias significativas en la microfiltración marginal exhibida muestras obturadas con Filtek® P90 al utilizar los adhesivos Adper® SE y Singlebond® 2; en cambio para las demás comparaciones (adhesivo específico de P90 v/s Adper® SE y adhesivo específico de P90 v/s Singlebond® 2) si existe diferencia estadísticamente significativa.

## DISCUSIÓN

En este trabajo experimental realizado *in vitro* se ha puesto a prueba la integridad marginal de restauraciones realizadas con resina compuesta a base de silorano Filtek<sup>®</sup> P90 de 3M-ESPE al comparar la utilización de 3 sistemas adhesivos: el específico para Filtek<sup>®</sup> P90 (recomendado por su fabricante) y los sistemas convencionales Adper SE<sup>®</sup> (autograbante) y Singlebond<sup>®</sup> 2 (grabado y lavado), estableciendo como parámetro de comparación, el grado de microfiltración marginal.

Los resultados obtenidos a partir de esta experiencia exhiben diferencias en el grado de microfiltración marginal registrada luego del empleo de los sistemas adhesivos citados en la adhesión del material restaurador Filtek<sup>®</sup> P90. Esta diferencia es estadísticamente significativa entre el adhesivo específico para Silorano y los sistemas adhesivos Singlebond 2 y Adper<sup>®</sup> SE plus. No hubo, sin embargo, diferencias estadísticamente significativas en el grado de microfiltración luego de la utilización de estos dos últimos.

Estos resultados podrían tener explicación en ciertos aspectos atinentes a la composición de los adhesivos empleados. Los 3 sistemas adhesivos se basan en la química de los metacrilatos, sin embargo el nexo entre la matriz del silorano y los componentes del sistema adhesivo sería, según el fabricante, debido a la presencia de un monómero bifuncional<sup>(12)</sup> el cual es químicamente afín tanto a los dimetacrilatos existentes en la composición del sistema adhesivo, como a los oxiranos que forman parte de las moléculas de silorano.<sup>(12)</sup> Estudios recientes señalan que para la unión química entre resinas compuestas a base de dimetacrilato y resinas compuestas a base de silorano, es preciso la presencia de metacrilatos fosfatados<sup>(49,62)</sup>, pues los grupos fosfato reaccionan con los grupos oxiranos que forman parte de las moléculas de silorano mientras el metacrilato es químicamente afín con los demás monómeros basados en dimetacrilatos, presentes en la composición del adhesivo. Por ende, el monómero bifuncional que el fabricante señala

como responsable de la afinidad del sistema adhesivo específico con la matriz del material restaurador, correspondería a los metacrilatos fosfatados.<sup>(57,61)</sup>

Este componente aparece explicitado en la información que el fabricante facilita sobre la composición del sistema adhesivo específico. Sin embargo, también está presente en la composición de Adper<sup>®</sup> SE plus, como se puede notar en el recuadro a continuación expuesto, donde figuran los componentes de los adhesivos empleados en este estudio:

**Composición Adper SE plus:**

Líquido A: Agua, HEMA, Surfactante , agente de tinción rosada

Líquido B: UDMA, HEMA fosfatado, metacrilatos fosfatados trimetacrilato hidrofobico Iniciadores, nanorelleno

**Composición Sistema adhesivo para Silorano:**

AGENTE IMPRIMANTE: Metacrilatos fosfatados, copolímero Vitrebond, Bis-GMA, HEMA, agua, etanol, relleno silanizado, iniciadores, estabilizadores

ADHESIVO: Dimetacrilato hidrofóbico, metacrilatos fosfatados, TEGDMA, relleno silanizado, iniciadores, estabilizadores

**Composición Singlebond 2:**

BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, copolímero Vitrebond, agua, etanol, nanorelleno

Esto ocurre porque tanto el Sistema adhesivo específico para silorano, como el adhesivo Adper<sup>®</sup> SE plus, son autograbantes. Los metacrilatos fosfatados son un componente común a este tipo de adhesivos, dado que son monómeros acídicos cuyo ph les permite desempeñarse como tales.

No obstante, en este estudio hubo diferencias estadísticamente significativas al utilizar Adper<sup>®</sup> SE plus y el adhesivo específico para Filtek<sup>®</sup> P90 favorables a este último, cuyos valores de porcentajes de microfiltración fueron menores. En consecuencia, y según estos resultados, la sola presencia de metacrilatos fosfatados - que en teoría es el compuesto responsable de la afinidad entre metacrilatos y siloranos - no bastaría para que un adhesivo diferente del recomendado por su fabricante se desempeñe del mismo modo que el específico. Ambos

adhesivos, aún presentando este compuesto, podrían entonces diferir en las concentraciones de los componentes comunes a ambos, sin embargo esa información no es facilitada por los fabricantes. Existen otras diferencias en cuanto a la composición, tales como la presencia de copolímeros de Vitrebond, responsables de un mayor potencial de establecer unión química con la fracción mineral del barro dentinario, y de acidez (  $\text{ph}=1$  para el caso de Adper<sup>®</sup> SE plus y  $\text{ph}=2,7$  en el caso del adhesivo específico), sin embargo por sí solas no explican el mejor desempeño en cuanto a filtración marginal observado con el adhesivo recomendado por el fabricante. Por otro lado, dadas las características de relleno del adhesivo para Filtek<sup>®</sup> P90, y en consecuencia, de su menor fluidez (se trata de un sistema altamente viscoso en comparación con Adper<sup>®</sup> SE plus) el grosor de capa tiende a ser superior al de otros adhesivos<sup>(48)</sup> y podría comportarse en cierta medida, como una “capa elástica” capaz de absorber en parte la tensión de polimerización que ocurre en la interface enfrentada con la resina compuesta.<sup>(62)</sup> Esto, sumado a la baja contracción que experimenta el material restaurador en base a siloranos, puede ser un aspecto favorable para el sellado marginal, aún si se compara con otros adhesivos en teoría químicamente afines a este tipo de materiales, pero cuyos grosores de capa adhesiva sean menores. Es probable también que el alto grado de conversión, descrito como mayor al 90% en la capa formada por el agente imprimante, sea otro factor que favorezca particularmente la integridad marginal de Filtek<sup>®</sup> P90.

Por otra parte, la diferencia en los grados de microfiltración utilizando Adper<sup>®</sup> SE plus y Singlebond<sup>®</sup> 2, no fue significativa. En el caso de Singlebond<sup>®</sup> 2, cuya composición está exenta de metacrilatos fosfatados, debiera esperarse la menor afinidad con la matriz de resinas compuestas basadas en siloranos y por ende, inferior desempeño en el sellado marginal en comparación con Adper<sup>®</sup> SE plus. Sin embargo, ello no pudo corroborarse en este estudio, lo cual deja abierta la interrogante para próximas investigaciones, sobre cuáles serían los eventuales fenómenos fisicoquímicos implicados en la adhesión de siloranos a

metacrilatos, mas allá del nexo que representan los metacrilatos fosfatados.

Sobre este particular, se debe señalar que los resultados aquí obtenidos difieren de lo señalado por otros estudios, en donde se indica que Singlebond<sup>®</sup> 2 carece de la capacidad de adherirse a los siloranos, lo cual se traduce en el desalojo espontáneo de restauraciones, incluso al cabo de pocas horas<sup>(27,49)</sup>. Por el contrario, durante el presente trabajo no se registró desalojo de las restauraciones en ninguna de las muestras, ya sea antes, durante o después del corte realizado para analizarlas. Si bien es posible que esto se deba en parte a que las cavidades clase V realizadas en ellas favorezcan la retención desde un punto de vista geométrico en comparación a lo que ocurre cuando se adhiere el material a una superficie dentaria plana, expuesta a fuerzas horizontales y con ausencia de paredes de contención (como es el caso de los estudios en donde se acusa la falta de adhesión entre siloranos y tejido dentario con la utilización de Singlebond<sup>®</sup> 2), se requieren más estudios acerca de la resistencia adhesiva de las restauraciones de este tipo de resinas adheridas a tejido dentario mediante sistema adhesivo Singlebond<sup>®</sup> 2, en diferentes casos (esmalte/dentina preparados o sin preparar, en diferentes configuraciones cavitarias ) como para reafirmar o descartar su capacidad de adherirse eficazmente a restauraciones en base a siloranos.

Aunque el desempeño de Singlebond<sup>®</sup> 2 fue inferior en lo que respecta a microfiliación que el adhesivo específico para Filtek<sup>®</sup> P90, lo cual podría deberse a una menor afinidad química, en este estudio exhibió resultados comparables a Adper<sup>®</sup> SE plus en cuanto a sellado marginal (incluso levemente superior, si bien la diferencia no fue estadísticamente significativa y podría deberse a aspectos de la técnica empleada en el tratamiento de las muestras así como a diferencias de sustrato). Lo anterior, pese a no poseer metacrilatos fosfatados y por ende, contrario a lo que se esperaba.

Si bien la microfiltración no nos señala directamente la afinidad química existente entre los compuestos de adhesivo y la resina compuesta, resulta esperable que exista mayor posibilidad de formación de brechas en la interfase existente entre el adhesivo y material restaurador en tanto menor sea la afinidad entre sus componentes. Sin embargo, es probable que aún si existiendo diferencias en la afinidad química y en la resistencia adhesiva, la baja contracción que experimenta Filtek® P90 minimice la incidencia de tales factores en la obtención del sellado marginal, puesto que las fuerzas resultantes de la tensión de polimerización en las interfases implicadas en la articulación adhesiva son menores.<sup>(53)</sup> Por otra parte, el grabado de esmalte con ácido ortofosfórico 37% realizado previo al uso de Singlebond® 2 (lo cual no se realizó en las restauraciones en las cuales se empleó el adhesivo para Filtek® P90 y Adper® SE plus, siguiendo las respectivas instrucciones otorgadas por el fabricante) pudo haber implicado un efecto positivo desde el punto de vista de sellado marginal, compensando en cierta medida, su menor afinidad química. Sin embargo, dadas las limitaciones de la metodología empleada en este estudio, no es posible determinar cuál de las interfases que forman la articulación adhesiva se ve mayormente afectada en los casos en que, para restauraciones realizadas con Filtek® P90, se utilicen adhesivos diferentes al recomendado por su fabricante.

## CONCLUSIONES:

A partir de los resultados obtenidos en este estudio experimental y en virtud de la metodología en él empleada, podemos concluir que:

-Existen diferencias estadísticamente significativas en relación al grado de microfiltración marginal que experimenta una restauración de resina compuesta a base de silorano al utilizar el adhesivo que recomienda su fabricante, en comparación con el adhesivo convencional de grabado y lavado Singlebond<sup>®</sup> 2.

-Existen diferencias estadísticamente significativas en relación al grado de microfiltración marginal que experimenta una restauración de resina compuesta a base de silorano al utilizar el adhesivo que recomienda su fabricante, en comparación con el adhesivo convencional autograbante Adper<sup>®</sup> SE plus.

-No existen diferencias estadísticamente significativas en relación al grado de microfiltración marginal que experimenta una restauración de resina compuesta a base de silorano comparando el sellado marginal logrado luego de la utilización de de adhesivos convencionales Singlebond<sup>®</sup> 2 y Adper<sup>®</sup> SE plus.

-Dado que existe diferencia estadísticamente significativa en relación al grado de microfiltración marginal que experimenta una restauración de resina compuesta a base de silorano al utilizar el adhesivo que recomienda su fabricante, en comparación con los adhesivos convencionales de grabado/lavado y autograbante empleados en este estudio, se acepta la hipótesis propuesta.

## **SUGERENCIAS:**

Dadas las limitaciones de la metodología empleada en esta experiencia y por tratarse de un estudio *in vitro*, es preciso corroborar o refutar las conclusiones aquí enunciadas mediante próximos estudios con el fin de que éstos resultados tengan una real aplicación en la práctica clínica. Para ello, sería ideal:

-Realizar, mediante metodologías que incluyan el uso de microscopía electrónica, estudios que revelen cuál de las interfases implicadas en la articulación adhesiva se ve mayormente afectada por la microfiltración cuando se utilizan los adhesivos empleados en este estudio, al realizar restauraciones en base a siloranos.

-Realizar estudios de similar metodología, pero utilizando adhesivos diferentes a los aquí empleados. Esto podría otorgar mas luces acerca de la potencial afinidad que diferentes composiciones tengan con las resinas compuestas en base a siloranos.

## RESUMEN

Se realizó un estudio experimental, *in vitro*, para comparar el grado de microfiltración marginal que experimenta una resina compuesta en base a silorano (Filtek<sup>®</sup> P90 de 3M) cuando se utiliza el adhesivo específico que recomienda su fabricante y dos adhesivos convencionales, uno autograbante (Adper<sup>®</sup> SE plus de 3M) y otro de grabado/lavado (Singlebond<sup>®</sup> 2 de 3M).

Se utilizaron 60 piezas dentarias humanas sanas (molares) recientemente extraídas, en las cuales se realizaron cavidades estandarizadas Clase V a nivel de sus caras libres. Las piezas cavitadas fueron divididas para su restauración en tres grupos:

**Grupo A:** 20 piezas restauradas con la resina compuesta Filtek<sup>®</sup> P90, en donde en la cara vestibular se utilizó el adhesivo específico para silorano y en la palatino/lingual, adhesivo de grabado y lavado Single Bond<sup>®</sup> 2.

**Grupo B:** 20 piezas restauradas con la resina compuesta Filtek<sup>®</sup> P90, en donde en la cara vestibular se utilizó el adhesivo específico para silorano y en la palatino/lingual, adhesivo autograbante Adper<sup>®</sup> SE plus.

**Grupo C:** 20 piezas restauradas con la resina compuesta Filtek<sup>®</sup> P90, en donde en la cara vestibular se utilizó el adhesivo Adper<sup>®</sup> SE plus y en la cara palatino/lingual, adhesivo de grabado y lavado SingleBond<sup>®</sup> 2.

Posteriormente, las piezas dentarias fueron sometidas a un proceso de termociclado, el que consistió en la aplicación de 100 ciclos entre 4°C y 60°C, usando como marcador una solución de azul de metileno al 1%.

Una vez concluído el régimen descrito, las piezas se cortaron en forma perpendicular a su eje mayor, pasando este corte por el centro de las restauraciones, y mediante el uso de un microscopio óptico, se observó, con 10x de magnificación, la penetración de la tinción en la interfase diente/restauración. Los valores registrados fueron tabulados y analizados mediante el programa estadístico SPSS.

Los resultados concluyeron que existen diferencias estadísticamente significativas en el grado de microfiltración marginal que experimenta una restauración en base a silorano al utilizar el adhesivo que recomienda su fabricante, en comparación con los adhesivos Adper® SE plus (autograbante) y de Singlebond® 2 (grabado/lavado), siendo esta diferencia favorable al adhesivo específico; y no existen diferencias estadísticamente significativas en el grado de microfiltración marginal cuando se utiliza Adper® SE plus en comparación con Singlebond® 2.

## REFERENCIAS:

1. Brown P., Nicolini S. Onetto J.E. "Caries", Universidad de Valparaíso, Chile, 1991, 148p. pag 140. cap 11 "epidemiología de la caries"
2. Moncada C. Gustavo, Urzúa A. Iván (eds) "Cariología Clínica: bases preventivas y restauradoras", Santiago, Chile 2008 181p. p 20 cap 1; p173-181 cap. 9
3. Henostroza H. Gilberto "Adhesión en odontología" Ed. Curitiba . 2003 454p. pags 69, 102 – 114 cap 3 Ricardo L. Macchi "polimerización y adhesión"
4. Craig Robert G, O'Brien Williams J., Powers John M. "Materiales dentales" 6ta Edición Editorial Hartcourt Brace, Madrid, España 1996 294p , pags 55-70 cap 4 "materials para restauraciones estéticas directas"
5. Craig Robert G "Materiales Dentales Restauradores" 7ma edición, Editorial Mundi S.A.I.C. y F Buenos Aires, Argentina 1988 570p. pags 243-244 cap. 10 "Materiales para restauraciones estéticas directas"
6. Rie Kurokawa, Finger J Werner, Hoffman Marcus, Tatsuo Endo, Masafumi Kanehira, Masashi Komatsu, Atsufumi Manabe, "Interactions of self-etch adhesives with resin composites", Journal of dentistry 2007, 35: 923-929
7. Gordon J. Christensen. "Remaining challenges with Class II resin-based composite restorations" J Am Dent Assoc 2007, 138 (11): 1487-1489
8. Anusavice Kenneth J. (ed). "La Ciencia de los Materiales Dentales, de Phillips" Editorial Mc Graw Hill Interamericana , Mexico, 1998 746p pag 309 cap. 12 Johan S. Karl "Resinas para restauraciones"
9. Asmussen E., Peutzfeld A. "Polymerization contraction of a silorane-based resin composite and four methacrylate –based composite" European Cells and Materials, 2005; 10 (4): p 8
10. Weinmann Wolfgang, Thalacker Christoph, Guggenberger Rainer, "Siloranes in dental composites" , Dental Materials 2005 , 21: 68-74
11. Braga R.R., Ferracane J.L., "Alternatives in polymerization contraction stress management", Crit Rev. Oral Biol. Med 2004; 15 (3):176-184
12. 3M "Filtek® Silorane Low Shrink Posterior Restorative System Product Profile" 2007, disponible en <http://solutions.3m.co.uk/wps/portal/>

3M/en\_GB/3M-ESPE/dental-professionals/products/category/direct-restorative/filtek-silorane

13. Jonghyuk J., Nettey-Marbel A., Cook Archie, Luiz A.F Pimienta, Leonard Ralph, Ritter André "Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths", J. Am. Dent. Assoc 2007;138;1599-1603.
14. Cruz, Jaime "Análisis comparativo *in vitro* del grado de microfiltración marginal de restauraciones de Resina Compuestas de una misma marca realizadas con una fabricada en USA y otra en Brazil" Trabajo de Investigación requisito para optar al título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología Universidad de Chile. Santiago de Chile 2008
15. Rich M. "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". Trabajo de Investigación requisito para optar al Título de Cirujano-Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2005
16. Fleet C. "Análisis comparativo *in vitro* de la microfiltración marginal de una Resina Compuesta microhíbrida convencional y tres de nanorrelleno". Trabajo de Investigación requisito para optar al Título de Cirujano-Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2004.
17. 3M "Adper ® SE Plus Self-etch Adhesive technical product profile" 2007, [http://solutions.3mchile.cl/wps/portal/3M/es\\_CL/3M-ESPE-LA/profesionales/productos/productos-por-categoria/adhesivos/adper-se-plus/](http://solutions.3mchile.cl/wps/portal/3M/es_CL/3M-ESPE-LA/profesionales/productos/productos-por-categoria/adhesivos/adper-se-plus/) pag 6 "Application technique"
18. Ehrmantraut N., Bader M. "Polimerización de Resinas Compuestas a través de Estructuras Dentarias". Rev. Fac. Odont. Univ. de Chile 1994; 12(2): 22-27.
19. Seguel B., et al. "Efecto del Eugenato de Zinc sobre la Resistencia Adhesiva de Restauraciones de Resinas Compuestas". Rev. Fac. Odont. Univ. de Chile 2003; 21(1): 33-40.
20. Ehaideb AA AL., Mohamed H. "Microleakage of One Bottle dentin adhesives". Operative Dentistry 2000: 26: 172-175.
21. Hervás A., et al. "Resinas Compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas". Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006: 11: E215-20.
22. Perdigao J. "New developments in dental adhesion" Dent Clin North 2007, 51(2):333-357,

23. Deliperi S, Bardwell D "An alternative method to reduce polymerization shrinkage in direct posterior composite restorations" J Am Dent Assoc 2002; 133:1387-1398.
24. Davidson CL, De Gee AJ, Feilzer AJ. "The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress." J Dent Res 1984; 63:1396–9.
25. Fraunhofer JA., et al. "The Effect of Tooth preparation on Microleakage Behavior". Operative Dentistry 2000; 25:526-533.
26. Taylor M., Lynch E. "Microleakage, Review". J Dent 1992, 20:3-10
27. Sillas Duarte Jr, Jin-Ho Phark, Fabiana Mansur Varjao, Avishai Sadan, "Nanoleakage, ultramorphological characteristics, and microtensile bond strengths of a new low-shrinkage composite to dentin after artificial aging" Dental Materials 2009, 25: 589-600.
28. MJÖR I., Toffeneti F. "Secondary caries: A literature review with case reports". Quintessence International 2000: 3: 165-179.
29. Gladys S. et al. "Microleakage of adhesive restorative materials". American Journal of Dentistry 2001: 14(3): 170-176.
30. Batista E. "Effect of the cavity configuration factor on the marginal microleakage of esthetic restorative materials. Am. J. Dent 2003; 16(3): 211-214.
31. Yoshikawa T., Sano H., Burrow M.F., J. Tagami, Pashley D.H. "Effects of Dentin Depth and Cavity Configuration on Bond Strength" J. Dent Res. 1999; 78; 898
32. Zhengdi Hea, Yasushi Shimadaa, Junji Tagami "The effects of cavity size and incremental technique on micro-tensile bond strength of resin composite in Class I cavities" Dent. Mater 2007 ;23: 533–538
33. Davidson CL. "Resisting the curing contraction with adhesive composites" J Prosthet Dent 1986; 55:446-7.
34. Lutz F, Krejci I, Barbakow F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. Dent Mater 1991;7 (2):107-13.
35. Deliperi S, Bardwell D "An alternative method to reduce polymerization shrinkage in direct posterior composite restorations" J Am Dent Assoc 2002; 133:1387-1398.

36. Maan M. Nayif, Masatoshi Nakajima, Richard M. Foxton, Junji Tagami "Bond strength and ultimate tensile strength of resin composite filled into dentine cavity; effect of bulk and incremental filling technique" *journal of dentistry* 36 (2008) 228–234
37. Liebenberg WH. "Successive cusp build-up: an improved placement technique for posterior direct resin restorations". *J Can Dent Assoc* 1996; 62:501-7.
38. Nikolaenko SA, Lohbauer U, Roggendorf M, Petschelt A, Dasch W, Frankenberger R. "Influence of C-factor and laying technique on microtensile bond strength to dentin." *Dent Mater* 2004; 20:579–85.
39. Peutzfeldt A., Asmussen E.. "Resin composite properties and energy density of light cure". *J Dent Res* 84 (2005), pp. 659–662.
40. Asmussen E., Peutzfeldt A., "Two-step curing: influence on conversion and softening of a dental polymer". *Dent Mater* 19 (2003), pp. 466–470
41. Calheiros F.C., Kawano Y., Stansbury J.W., Braga R.R.."Influence of radiant exposure on contraction stress, degree of conversion and mechanical properties of resin composites". *Dent Mater* 22 (2006), pp. 799–803
42. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E. "Effect of pulse-delay curing on in vitro wall-to-wall contraction of composite in dentin cavity preparations". *Am J Dent* 2001;14:295–6.
43. Magali Deawele et al, "Influence of curing protocol on selected properties of light curing polymers: degree of conversion, volume contraction, elastic modulus and glass transition temperature", *Dent Mater* 2009; 25: 1576-1584.
44. Braga R.R., Rafael Y. Ballester, Jack L. Ferracane "Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: A systematic review", *Dent Mater* 2005; 21: 962-970
45. Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 2000; 16:292–6.
46. Dimitris Papadogiannis Kakaboura, George Palaghias, George Eliades "Setting characteristics and cavity adaptation of low-shrinking resin composites", *Dent Mater* 2009 25:1509-1516
47. Braem M, Lambrechts P, Van Doren V, Vanherle G. The impact of composite structure on its elastic response. *J Dent Res* 1986;65(5):648–652

48. Cabral Ricardo Juan, Mazzola Ignacio, "Capacidad de penetración del adhesivo Adper Silorano en dentina humana", RAOA 2009, vol 97;101-107
49. Sillas Duarte Jr, Ana Carolina Botta, Jin-Ho Phark, Avishai Sadan "Selected mechanical and Physical properties and clinical application of a new low-shrinkage composite restoration", Quintessence International 2009, vol 40.
50. Eick JD, Smith RE, Pinzino CS, Kostoryz EL. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. J Dent 2006; 34:405–410.
51. Nick Silikas , David C. Watts, "Colour-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging" journal of dentistry 2008; 36: 945 – 952.
52. Cemal Yesilyurt, Oguz Yoldas, Subutay Han Altintas, Adem Kusgoz "Effects of food-simulating liquids on the mechanical properties of a silorane based dental composite", Dental Mater 2009 ;28(3):362-367.
53. William M. Palin, Garry J.P.Fleming, Henal Nathwani, F.J. Trevor Burke, Ros C. Randall "in vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites" Dental Mater 2005; 21:324-335.
54. Laughlin GA, Sakaguchi RL "Cusp movement during polymerization using experimental low-shrinkage composites" J Dent Res 2005; 84(Spec Iss A):622.
55. Hofmann N, Grünhagen S. "Cusp deflection during polymerization of a silorane or control materials" J Dent Res 2008;87(Spec Iss A):546.
56. Annelies Van Ende et al "Does a low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface?" Dental materials 2009
57. Ario Santini, Vesna Miletic "Comparison of the hibrid layer formed by silorane adhesive, one step self-etch and etch and rinse systems using confocal micro-Raman spectroscopy and SEM", journal of dentistry 36:683-691, 2008
58. Proenca JP, Polido M, Osorio E, et al. Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. Dent Mater 2007; 23: 1542–1548.
59. Erhardt MC, Osorio E, Aguilera FS, Proenca JP, Osorio R, Toledano M. Influence of dentin acidetching and NaOCl-treatment on bond strengths of self-etch adhesives. Am J Dent 2008; 21:44–48.

60. Theodore M. Roberson, Harald O. Heymann, John R. Sturdevant "Operatoria dental: Arte y Ciencia" Ed. Harcourt Brace ,Madrid , España 1999, 825p, p 243 Cap 6
61. Sauro S, Pashley DH, Mannocci F, Tay FR, Pilecki P, Sherriff M, Watson TF. Micropermeability of current self-etching and etch-and-rinse adhesives bonded to deep dentine: a comparison study using a double-staining/confocal microscopy technique. Eur J Oral Sci 2008; 116:184–93.
62. Tezvergil-Mutluay A, Lassila LV, Vallittu PK. "Incremental layers bonding of silorane composite: The initial bonding properties". J Dent 2008; 36:560–563
63. S. Moser, R. Hickel N. Ilie "Are Silorane compatible with methacrylate-based composites?" Dental Materials 2009; 25 (5): e14-e15
64. Navarra CO et al "Degree of conversion of Filtek Silorane Adhesive System and Clearfil SE Bond within the hybrid and adhesive layer: an in situ Raman analysis" Dental Materials 2009; 25(9) 11178-85.