



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

“Estudio descriptivo *in vitro*, al microscopio electrónico de barrido, de la unión a dentina de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP BOND con y sin grabado ácido previo”.

Ingeborg Bevensee Canavati

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL
Prof. Dr. Marcelo Bader M.**

**TUTOR ASOCIADO
Dr. Manuel Ehrmantraut N.**

**Santiago - Chile
2012**

Índice

	Pág.
Resumen.....	1
Marco teórico.....	2
Hipótesis.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos.....	22
Materiales y métodos.....	23
Resultados.....	27
Discusión.....	29
Conclusiones.....	34
Sugerencias.....	35
Referencias bibliográficas.....	36

Dedicatoria

A Emilia y Osvaldo.

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Manuel Ehrmantraut N., a la Sra. Nancy Olea R., a la Dra. Florencia Ruiz R. y al Dr. Ricardo Álvarez C., ya que hicieron posible realizar este trabajo.

Y agradezco al Prof. Dr. Marcelo Bader M., por haberme dado el privilegio de trabajar con un hombre de ciencia ejemplar. En él siempre prevalece el profesionalismo y la entereza, sin soslayar la dedicación a sus alumnos. Una eminencia que ha dedicado su vida al estudio, y que aún ocupa su valioso tiempo en compartir su conocimiento desinteresadamente. Es un honor haber sido su alumna.

Resumen

Introducción: Recientemente ha aparecido un nuevo adhesivo, XP BOND Adhesivo universal de grabado total (Dentsply, EEUU), que debido a la presencia de monómeros acídicos en su composición, podría ser utilizado como adhesivo autograbante en dentina, sin realizar el acondicionamiento ácido previo. Sin embargo, el fabricante lo indica como un adhesivo para ser utilizado con grabado ácido, y también lo presenta como un adhesivo autograbante en el folleto de instrucciones de uso, por lo cual se produce una contradicción en la información que entrega el mismo fabricante. Es por esto que se realizó un estudio descriptivo *in vitro* con el objetivo de describir y comparar la interfase diente restauración en dentina utilizando el adhesivo XP BOND con y sin grabado ácido previo.

Materiales y Métodos: En la cara palatina/lingual de cuatro premolares sanos se realizaron restauraciones clase V de resina compuesta utilizando el adhesivo XP BOND mediante la técnica adhesiva de grabado ácido y lavado convencional, mientras que en las caras vestibulares se realizaron restauraciones utilizando el sistema adhesivo como autograbante, es decir sin grabado ácido ni lavado. Se obtuvo cortes transversales de las piezas dentarias y se observaron bajo el Microscopio Electrónico de Barrido, se fotografió la interfase diente-restauración a nivel dentinario a 500, 1000, 2000, 3000 y 5000X, con el fin de describir y comparar los parámetros presencia de unión o de brecha diente-restauración y presencia o ausencia de *tags* de resina.

Resultados: En las restauraciones realizadas con técnica de grabado ácido total se observó unión visible como un todo continuo entre el material de restauración y el tejido dentinario, junto con la formación de numerosos *tags* de resina dentro de los túbulos dentinarios expuestos por acción del acondicionamiento ácido. A diferencia de lo apreciado en las restauraciones realizadas con técnica de autograbado, donde es posible distinguir una clara brecha diente-restauración de una magnitud cercana a los 14 micrones y ausencia total de *tags* de resina, situación explícita en todos los aumentos utilizados.

Conclusión: El adhesivo XP Bond debería utilizarse como adhesivo de grabado ácido total.

Marco Teórico

Un diente sano se encuentra en equilibrio funcional, biológico, y estético, al igual que todo el organismo. Cuando estos equilibrios son alterados por alguna causa, la Odontología Restauradora puede ser capaz de restituirlo mediante algún tipo de acción, ya sea preventiva, conservadora o restauradora ¹.

La restauración de las piezas dentarias se hace necesaria ante la falta de estructura dentaria, que puede ocurrir por lesiones de caries o traumatismos, como también ante malformaciones congénitas que afectan sus estructuras. De este modo, la técnica de rehabilitación de las piezas dentarias requiere de un material restaurador que reemplace la estructura faltante, recuperando las funciones perdidas del diente². Esta restauración puede ser realizada directamente en boca del paciente o indirectamente, con ayuda del laboratorio dental².

De la amplia gama de materiales de restauración directa e indirecta existentes en el mercado, las Resinas Compuestas constituyen uno de los materiales de mayor uso en el mundo, y han adquirido un protagonismo indudable entre los materiales de restauración que se usan mediante técnicas directas en la actualidad. Sus grandes posibilidades estéticas le dan variadas indicaciones terapéuticas, que se incrementan gracias a la versatilidad de presentaciones que ofrecen; por otra parte, al tratarse de materiales cuya retención se obtiene por técnica adhesiva y no depende de un diseño cavitario, la preservación de la estructura dentaria es mayor.³

Definición de Resina Compuesta

Una resina compuesta o *composite* es un material compuesto de dos o más fases distintas.⁴ Por definición, un material compuesto es una mezcla de varios componentes que logra propiedades superiores a las de sus constituyentes

individuales.⁵

El término de resina compuesta se utiliza para definir un material constituido por tres fases diferentes: la fase matriz o resina, la fase dispersa o de relleno, y la fase interfásica o de unión, constituida por agentes acoplantes de silano. Cada una de estas fases es la responsable de una serie de propiedades de los *composites* y es una fuente potencial de clasificación y estudio de los mismos.⁵

Origen y desarrollo de las Resinas Compuestas

Las resinas compuestas surgieron a inicio de los años '60 como resultado de numerosas tentativas para obtener un material restaurador estético superior a los materiales hasta entonces existentes como las resinas acrílicas y los cementos de silicato.⁵ Se introdujeron en el campo de la Odontología Conservadora para minimizar los defectos de las resinas acrílicas.⁶

Las resinas compuestas fueron formuladas para combinar la estética y el fácil uso de una base de resina polimerizable, con propiedades mejoradas producto de la adición de un relleno cerámico.⁴

La estructura orgánica de las resinas acrílicas fue modificada para mejorar su estabilidad y propiedades mecánicas. A inicio de los años '60 Bowen desarrolló la molécula de BIS-GMA (Bis fenol A glicidil metacrilato), más estable dimensionalmente que el metacrilato de metilo, pues sufría menos contracción de polimerización. Posteriormente, a esta matriz orgánica se le añadieron partículas inorgánicas, que recibían un tratamiento con un agente silanizador para que hubiese una mejor interacción entre las fases orgánicas e inorgánicas.⁵

Las resinas compuestas fueron utilizándose cada vez más, y hubo la necesidad de mejorar sus propiedades mecánicas, químicas y estéticas.⁵ De este modo se fueron realizando cambios en la composición del material hasta obtener las resinas mejoradas desde el punto de vista mecánico y estético que se utilizan en la actualidad.

Composición de las Resinas Compuestas

Las propiedades físicas, mecánicas, estéticas y el comportamiento clínico dependen de la estructura del material. Básicamente, los *composites* dentales están compuestos por tres materiales químicamente diferentes: la matriz orgánica o fase orgánica; la fase inorgánica, constituida por el material de relleno o fase dispersa;⁶ y un órgano-silano o agente de unión entre la resina orgánica y el relleno, cuya molécula posee grupos silánicos en un extremo (unión iónica con SiO₂), y grupos metacrilatos en el otro extremo (unión covalente con la resina).⁷

La matriz orgánica de las resinas compuestas está constituida básicamente por:⁸

- Un **sistema de monómeros** mono, di- o tri-funcionales
- Un **sistema iniciador de la polimerización** de los radicales libres, que en las resinas compuestas fotopolimerizables es una alfa-dicetona (canforoquinona), usada en combinación con una agente reductor, que es una amina alifática terciaria (4-n,n-dimetilaminofetil alcohol, DMAPE), y en las resinas quimiopolimerizables es un per-compuesto, el peróxido de benzoilo, usado en combinación con una amina terciaria aromática (n,n-dihidroxietil-p-toluidina)
- Un **sistema acelerador** que actúa sobre el iniciador y permite la polimerización en un intervalo clínicamente aceptable (el dimetilaminoetilmetacrilato DMAEM, el etil-4-dimetilaminobenzoato EDMAB o el N,N-cianoetil-metilanilina CEMA)
- Un **sistema de estabilizadores o inhibidores**, como el éter monometílico de hidroquinona, para maximizar la durabilidad del producto durante el almacenamiento antes de la polimerización y su estabilidad química tras la misma
- Por último, los **absorbentes de la luz ultravioleta** por debajo de los 350 nm, como la 2- hidroxí-4-metoxibenzofenona, para proveer estabilidad del color y eliminar sus efectos sobre los compuestos amínicos del sistema iniciador capaces de generar decoloraciones a medio o largo plazo.⁸

El sistema de monómeros puede ser considerado como la columna sobre la que se vertebra la resina compuesta. El Bis-GMA, sigue siendo el monómero más utilizado en la fabricación de los *composites* actuales, solo o asociado al dimetacrilato de uretano e integra la composición estándar de las resinas compuestas en una proporción cercana al 20% (v/v). Como regla general, se admite que, cuanto más bajo sea el peso molecular promedio del monómero o de su mezcla, mayor será el porcentaje de contracción volumétrica. Esta resina es altamente viscosa, por lo que para facilitar el proceso de fabricación y su manipulación clínica, se diluye con otros monómeros de baja viscosidad (bajo peso molecular), considerados como controladores de esta viscosidad, como el dimetacrilato de bisfenol A (Bis-MA), el etilenglicol-dimetacrilato (EGDMA), el trietilenglicol-dimetacrilato (TEGDMA) o el metilmetacrilato (MMA).^(9,10)

Las partículas de relleno son incorporadas a la fase orgánica para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la matriz orgánica, de ahí que la incorporación del mayor porcentaje de relleno posible, sea un objetivo fundamental. Gracias al relleno se consigue reducir el coeficiente de expansión térmica, disminuir la contracción final de la polimerización, proporcionar radioopacidad, mejorar la manipulación e incrementar la estética.¹¹

Deficiencias en el uso de las Resinas Compuestas

Sin embargo, las resinas compuestas presentan algunas falencias en su uso, tales como la falta de adhesión química a estructuras dentarias y la contracción de polimerización.¹² La polimerización de un sistema resinoso consiste en una reacción de poliadición por radicales libres, que origina una contracción volumétrica por el cambio de estado que produce el endurecimiento del material.¹³ La contracción de polimerización de los sistemas resinosos es, dentro de los factores negativos, uno de los más importantes, ya que se extrapola directamente al comportamiento clínico de estos materiales.¹³

Estos problemas como consecuencia pueden conducir a la microfiltración marginal, es decir, el paso de fluidos orales, al interior del diente, por una interfase diente restauración no sellada¹, provocando consecuencias tales como hipersensibilidad dentaria o permitiendo el paso de bacterias a través del margen de la restauración, lo que podrá traducirse en caries primaria adyacente a la restauración o recidivante bajo ella, irritación pulpar y deterioro del material restaurador utilizado.¹⁴

Una excelente adaptación marginal extiende la longevidad de las restauraciones. Desafortunadamente, la contracción de polimerización de las restauraciones de *composite* afecta adversamente la calidad de este requerimiento. El estrés residual dentro de la resina fotocurada compromete las propiedades del material, causando brechas marginales y flexionando las paredes cavitarias.¹⁴ Toda metodología que retrase y disminuya el inicio de la etapa de gelación del sistema resinoso, reducirá las tensiones generadas, aumentará la adaptación a las paredes cavitarias y atenuará la filtración marginal.¹³

Estos problemas que finalmente disminuyen la vida útil de la restauración en boca, podrían ser superados si se logra una óptima adhesión de la restauración de resina a la estructura dentaria, ya que con esto se impide la formación de brechas y se sella cualquier interfase existente, imposibilitando de esta forma la microfiltración y sus consecuencias. La adhesión consiste en un complejo mecanismo revisado a continuación.

Adhesión

La adhesión en Odontología Restauradora significa unir a un sustrato sólido (las estructuras dentales) el biomaterial a aplicar, manifestándose la adhesión como tal, en la interfaz diente-restauración, vale decir, entre sus superficies o caras en contacto, en las cuales se deben producir fuerzas que las mantengan fijadas en forma permanente. Se define como interfaz a la superficie de contacto entre dos superficies no miscibles.¹³

Realizada la preparación cavitaria, el profesional debe decidir entre efectuar yuxtaposición o adhesión a esmalte y dentina, para efectuar la restauración del elemento dentario.¹³

Si elije hacer yuxtaposición, deberá entender que no logrará sellado interfásico, que aumentará la filtración, la percolación marginal, y podría existir sensibilidad y dolor postoperatorio. Los sistemas resinosos, las amalgamas, las incrustaciones y las restauraciones coronarias parciales o totales no se adhieren a esmalte y dentina, por lo que las brechas deben ser selladas por un sistema de unión o adhesión, cuya función será obliterar la interfaz e integrar la restauración con los tejidos duros del diente.¹³

Si opta por hacer adhesión, deberá conocer que logrará fenómenos beneficiosos como, adhesión a las estructuras, resistencia adhesiva similar a esmalte y dentina, eliminación de los hiatos de desadaptación, disminución de la filtración y percolación marginal, eliminación de las retenciones por socavado y por lo mismo, mayor conservación de tejido sano, disminución de la permeabilidad y difusión dentinarias, obliteración de los túbulos y medio interno con protección del complejo dentinopulpar y ausencia de sensibilidad postoperatoria.¹³

De este modo la adhesión disminuye el riesgo de microfiltración marginal consecuente a la contracción de polimerización, y a su vez, disminuye la posibilidad que se produzca percolación producto de la variación dimensional térmica del material que es diferente al de la estructura dentaria que va a reemplazar y que lo rodea en la preparación dentaria.

Tipos de Adhesión

Entendiendo el fenómeno de adhesión como cualquier mecanismo que se emplea para mantener dos partes en contacto, podremos entonces clasificarla según sea el mecanismo que se utilice para conseguirla. De acuerdo a esto existen dos formas para lograrla: Adhesión química o específica y mecánica o física.²

Adhesión mecánica: Corresponde a la unión que se realiza entre dos superficies a través de una trabazón entre las partes a unir, las cuales se mantienen en contacto en base a la penetración de una de ellas, o de un adhesivo, en las irregularidades que presenta la superficie de la otra, impidiéndose la separación al quedar ambas partes trabadas.²

La adhesión mecánica se puede subdividir a su vez en:

- **Macroscópica:** las partes quedan trabadas en función de la morfología macroscópica de ellas,^(2, 15) como por ejemplo la preparación cavitaria y el material restaurador.
- **Microscópica:** existe la penetración de un adhesivo en pequeñas irregularidades, lo cual generará micro-trabazones si el adhesivo posee una adecuada fluidez para penetrar en ellas.²

Por otro lado, cualquiera de las dos formas anteriores, puede lograrse a través de efectos geométricos, esto es, en directa relación con las irregularidades que presentan las superficies a contactar, porosidades, rugosidades y retenciones, de tipo macro y/o microscópicas,² y a través de efectos reológicos, producidos por cambios dimensionales que generarán tensiones que ayudarán a la adhesión, ya sean contracciones o expansiones de los materiales al pasar de un estado de la materia a otro.²

Adhesión química: Las partes se mantienen unidas por la presencia de enlaces químicos, los cuales se pueden lograr a través de uniones de tipo primaria (iónicas, covalentes, metálicas) o secundaria (fuerzas de Van Der Waals o enlaces intermoleculares, puentes de Hidrógeno, etc.).^(2, 16)

Factores determinantes en adhesión

Es necesario, además, analizar los diversos factores que se deben tener en cuenta para lograr una buena adhesión:

Adaptación: Se requiere un íntimo contacto para que se puedan producir las reacciones interatómicas o intermoleculares, lo que permitiría lograr la formación de uniones químicas específicas. Sin embargo, esto es casi imposible conseguir en condiciones normales entre dos sólidos, por lo que sólo un líquido más o menos viscoso, puede adaptarse muy bien a un sólido, constituyendo el adhesivo que compatibilizaría las superficies que entrarán en contacto.²

Energía superficial: Es la fuerza de atracción que producen los enlaces no saturados en la superficie de los cuerpos, generada porque los átomos ubicados hacia la superficie no tienen todos sus enlaces saturados a diferencia de los que están en el interior. La superficie de un sólido debe poseer una alta energía superficial para atraer el adhesivo y así permitir lograr la adhesión, y para que esta energía se pueda manifestar, la superficie no debe estar contaminada.² Esto en los líquidos se denomina Tensión Superficial. Por lo tanto, un sólido con una elevada energía superficial favorece el esparcimiento de un elemento de menor energía superficial; por otra parte, un líquido o adhesivo con baja tensión superficial tenderá a mojar más fácilmente la superficie de un sólido.²

Ángulo de contacto: Para que un líquido se adapte bien a la superficie de un sólido, es necesario que la superficie de este atraiga hacia sí al líquido y que éste se deje atraer. La forma de evaluar si esto se produce adecuadamente, es determinando el ángulo que forma una gota del líquido sobre la superficie del sólido (ángulo de contacto), lo que determinará la medida en que el adhesivo puede mojar la superficie del adherente. Entre menor sea el ángulo de contacto, mejor será la humectación y por consiguiente la capacidad de adhesión.²

Humectación: Es la capacidad de que un líquido fluya fácilmente por una superficie y se adhiera a ésta, creándose una capa delgada y continua.²

A su vez se debe tomar en cuenta la presencia de rugosidades o lisura de una superficie. Una superficie lisa facilita que un adhesivo corra sobre ella en forma continua. Sin embargo la presencia de rugosidades es deseable si lo que se busca es adhesión por trabazón mecánica.²

Por otro lado, un adhesivo puede ver dificultada su capacidad de humectación por una falta de limpieza de las partes a unir, lo que dificulta el contacto entre éste y el adherente, y al mismo tiempo, porque las sustancias que contaminan la superficie actuarían captando la energía superficial del sólido, lo que atentaría contra su capacidad de atraer y por lo mismo, dejarse mojar por el adhesivo.²

Dado que las Resinas Compuestas no poseen adhesión específica a las estructuras dentarias, para fijarlas a ellas se debe recurrir a un procedimiento clínico que involucra el acondicionamiento previo de dichas estructuras para hacerlas más receptivas, en conjunto con el uso de resinas adhesivas adecuadas.¹⁷

Acondicionamiento superficial del Esmalte

Buonocuore en 1955, comunica que las soluciones de ácido fosfórico al 85% aumentaban considerablemente la retención de las resinas acrílicas al tejido adamantino. Es a partir de esta publicación cuando se comienzan a solucionar los fracasos clínicos que presentaban las resinas simples y las primeras resinas compuestas.¹⁸

El grabado ácido de esmalte es una de las formas más efectivas de mejorar la adhesión mecánica y asegurar los defectos de sellado entre las fases. Este procedimiento ha permitido extender el uso de los materiales de restauración a base de resina compuesta debido a que proporciona una unión fuerte con las estructuras dentarias.¹⁶

El hecho de que usemos ácidos para nuestros tratamientos de superficie, presta un gran respaldo a la idea de que la adhesión se logra debido a un gran aumento en el área superficial de contacto y que el efecto puede ser puramente un fenómeno físico. Además, el uso del ácido puede incrementar la humectabilidad de la superficie, permitiendo un contacto más íntimo entre la resina acrílica y el esmalte, favoreciendo así la adhesión.¹⁸

La activación de la superficie del sustrato se puede lograr eficientemente a través del acondicionamiento adamantino con ácido fosfórico al 15, 32, 35, 37 y 40% que aplicados sobre la superficie del esmalte desmineraliza y disuelve la matriz inorgánica de hidroxiapatita de las varillas adamantinas, dando lugar a la formación de microporos y microsurcos.¹³

Estos ácidos cambian la superficie del esmalte intacto que es de baja energía superficial, pues se presenta contaminada con distintos grados de impurezas, glicoproteínas salivales y biofilms, transformándola en un área activa, limpia, desmineralizada y de alta energía superficial.¹³

La profundidad de descalcificación es afectada por varios factores tales como el pH, la concentración, la viscosidad y el tiempo de aplicación del ácido.¹⁹

Este grabado ácido del esmalte está fundamentado principalmente en la diferencia de solubilidad que presentan las distintas partes de los cristales de hidroxiapatita que conforman los prismas, dependiendo si se trata de la superficie del centro o de la periferia del mismo, con lo que se puede lograr distintos patrones de grabado: ^(19, 20)

TIPO I: se disuelve más el centro de cada prisma, adquiriendo el aspecto de depresiones o poros entre ellos, quedando su periferia intacta. ^(19, 20)

TIPO II: se disuelve más la periferia que el centro del prisma, con lo que quedan pequeñas "islas" de esmalte rodeadas de surcos y grietas. ^(19, 20)

TIPO III: mezcla de los dos tipos anteriores. Incluye áreas parecidas a los otros patrones, así como regiones en las cuales el patrón de grabado parece no relacionado con la morfología de los prismas adamantinos. ^(19, 20)

El grabado ácido en el esmalte permite²:

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

Tras el grabado ácido se aplica una resina adhesiva, la cual tiene que infiltrar este frente de desmineralización. El resultado de este tratamiento es la creación de una capa híbrida que es una mezcla entre el tejido biológico descalcificado y la resina adhesiva aplicada².

Las variables del sustrato al que se requiere adherir ha sido considerado el factor de mayor impacto en la efectividad clínica de los sistemas adhesivos. Debido a diferencias en la composición y estructura de esmalte y dentina, la unión a dentina ha sido significativamente más problemática que la unión a esmalte, la cual fue lograda con relativa facilidad y con éxito temprano.²¹

Características morfológicas y estructurales de la Dentina

La dentina es una estructura compuesta e hidratada que constituye el cuerpo de cada diente, proporcionando una cubierta protectora para la pulpa y que sirve de soporte para el esmalte que la recubre. Está compuesta de aproximadamente 45-50% de material inorgánico, 30% de material orgánico, y 20% de agua en volumen.^(22, 23)

El mineral de la dentina es una apatita rica en carbonato y deficiente calcio.^(22,24,25)

El componente orgánico es predominantemente colágeno de tipo I con una menor contribución de otras proteínas que pueden ser categorizadas como fosfoproteínas, glicoproteínas y proteínas que contienen carboxiglutamato.^(23, 26) La dentina no debería ser considerada como una entidad separada, si no como parte de

un complejo con la pulpa, ya que contiene numerosos canales o túbulos llenos de fluido que corren desde la pulpa hacia la unión amelodentinaria.^(12,27) La composición del fluido dentinario es similar a la del plasma.^(22,28) Un proceso odontoblástico se extiende desde la pulpa hacia la porción interna de cada túbulo.^(12,19,22,29)

El fluido pulpar en los túbulos está bajo ligera pero constante presión desde la pulpa hacia el exterior. La presión intrapulpar se estima que oscila entre 25-30 mm Hg.³⁰

El diámetro del túbulo dentinario mide aproximadamente 2,5 micrones cerca de la pulpa y 0,9 micrones cerca del límite amelodentinario.^(22,31) La densidad y orientación varían de lugar a lugar; la densidad es menor en el límite amelodentinario y la más alta, en la superficie dentinaria adyacente a la cámara pulpar.²²

El área relativa de dentina ocupada por los túbulos desciende desde aproximadamente 45.000/mm² en la pulpa hasta alrededor de 20.000/mm² en la unión amelodentinaria. Los investigadores han calculado que los túbulos ocupan de un 22 a un 28% del área seccional cerca de la pulpa y sólo de un 1 a 4% cerca del esmalte.^(12,19, 27)

En contraste con la dentina radicular, los túbulos de la dentina coronaria están rodeadas por un collar de dentina peritubular altamente mineralizada.^(22,32)

La composición de la dentina peritubular es apatita carbonatada con cantidades muy pequeñas de matriz orgánica mientras que la dentina intertubular, es decir, la dentina que separa los túbulos, es de una matriz de colágeno tipo I reforzada con apatita. Así, la composición de la dentina intertubular es principalmente fibrillas de colágeno mineralizadas.^(22,33)

En la dentina sana, la mayoría de las fibrillas de colágeno mineralizadas se encuentran perpendiculares a los túbulos.^(22,34) Es importante reconocer que la composición de la dentina no es estática. Está influenciada por la posición relativa de la dentina dentro del diente, la edad de la dentina, y la presencia y/o ausencia

de enfermedad.^(22,35) Entender que la estructura de la dentina se ve afectada por la edad, enfermedad, o trauma es fundamental para el desarrollo de mejores adhesivos dentinarios, pero los esfuerzos en esta área han presentado numerosos problemas.^(22,36)

Dificultades en la unión a dentina

La adhesión de la resina a la dentina es mucho más difícil y menos predecible que la adhesión a esmalte. La dentina no sólo tiene una estructura histológica más compleja que el esmalte, sino que también varía más según la localización. En promedio el esmalte es 92% de hidroxiapatita inorgánica en volumen, y la dentina es sólo un 45% inorgánica. Los cristales de hidroxiapatita dentinarios están aleatoriamente distribuidos en una matriz orgánica que consiste principalmente de colágeno, y no están regularmente distribuidos como en el esmalte.^(12,19)

Las variaciones en la estructura y composición dentinaria existen no sólo con diferencias de profundidad, sino también entre regiones del diente. Las características de permeabilidad o conductancia hidráulica de la dentina ilustran claramente estas variaciones regionales. Por ejemplo, la permeabilidad de la dentina oclusal es mayor sobre los cuernos pulpares que en el centro de la superficie oclusal, la dentina proximal es más permeable que la dentina oclusal y la dentina coronaria es más permeable que la dentina radicular.^(12,19,37,38)

Las alteraciones en el contenido mineral y en la estructura dentinaria, como en las áreas escleróticas o afectadas por caries, representan otra fuente de dificultad en la unión de resinas a la dentina.³⁹ La penetración de la resina en la dentina esclerótica es menor que en la dentina normal, y esto puede comprometer el resultado de los procedimientos adhesivos.¹²

Cuando las resinas adhesivas son unidas a la dentina expuesta durante la preparación cavitaria, la complejidad inherente de la morfología dentinaria es aún más complicada por la formación del barro dentinario.⁴⁰

Barro dentinario

El barro dentinario consiste en detritus formados producto del fresado de la dentina, que se aglutina sobre la superficie de ésta, durante la instrumentación.²² La generación de calor por fricción y deformación plástica/elástica durante el corte y abrasión son todos factores influyentes en la formación de la capa de barro.²² Dependiendo en parte del tipo de instrumento de corte utilizado, el barro dentinario puede llegar a medir entre 0,5-5 micrones de grosor, pero ocluye los orificios de los túbulos dentinarios,^(12,19,41) cubriendo los componentes estructurales normales, es decir, la dentina intertubular y penetra varios micrómetros en los túbulos, formando un tapón de barro.²² Aunque el barro dentinario actúa como una barrera de difusión que disminuye la permeabilidad dentinaria, este también puede ser considerado una obstrucción que impide a la resina alcanzar el sustrato dentinario subyacente.^(12,19,41)

Mediante microscopía electrónica de barrido, Eick⁴² observó directamente la superficie de los dientes después del corte e informó que la capa de barro dentinario podría ser descrita como una película desorganizada de partículas orgánicas e hidroxiapatita, colágeno parcialmente desnaturalizado y mineral,^(40,42,43) generalmente de menos de 2 micrones de espesor.²²

Acondicionamiento superficial de la Dentina

Los ácidos con una tasa de reactividad elevada con el componente mineral de la dentina se han considerado como un buen reactivo para quitar la capa de barro dentinario.²²

Fusayama⁴⁴ propuso la eliminación completa de la capa de barro dentinario, a través de un grabado con ácido ortofosfórico al 37%, aplicándolo directamente al tejido dentinario y a la vez en el esmalte, por un tiempo de 15 seg., y lavado por 60 seg. aproximadamente; esta es la denominada técnica de grabado ácido total. De esta manera los túbulos quedan completamente expuestos al medio, con su parte superficial parcialmente desmineralizada, y las fibras colágenas libres de sustancia mineral.⁴⁵ Sin embargo, luego del acondicionamiento ácido, aún quedan los restos

de colágeno del barro dentinario, por la incapacidad de los ácidos para actuar como un disolvente del colágeno.^(22,43,46) La caracterización microspectroscópica de Raman de la capa de barrillo que cubre la dentina intertubular, proporciona una clara evidencia de que el colágeno de la capa de barro no se elimina mediante grabado al ácido.^(22,47,48) Los resultados espectrales indican que el colágeno desorganizado dentro de la capa de barrillo es desnaturalizado por una exposición de 15 s al ácido fosfórico al 35%. En el colágeno desnaturalizado y gelatinizado puede quedar mineral residual atrapado, y esta capa gelatinosa podría inhibir la formación de un sello impermeable en la interfase adhesivo/dentina; este podría ser un factor que contribuya al débil acoplamiento del adhesivo a la dentina.²²

La Capa Híbrida

La evidencia morfológica de la penetración de la resina entre las fibras de colágeno expuestas fue reportada primero por Nakabayashi⁴⁵ y llamó a la zona distintiva entre el adhesivo y la dentina no desmineralizada como "capa híbrida". Los actuales sistemas adhesivos que utilizan grabado ácido de la dentina se unen particularmente a través de la hibridación.²²

El ataque ácido a la dentina imitando la técnica de grabado ácido usada para esmalte, desmineralizándola y formando sales de fosfato de calcio por reacción ácido-base, que son eliminadas por lavado, remueve la capa de barro dentinario y es responsable de la desmineralización dentinaria con una profundidad de 0.5 a 7.5 micrómetros, dependiendo del tipo, concentración, pH, viscosidad del ácido y la duración de su aplicación, todo esto con la finalidad de activar y generar una superficie de alta energía para facilitar la adhesión al exponer las fibras del colágeno dentinario que puede ser imprimado por un monómero hidrófilo-hidrófugo presente en el adhesivo, dando lugar a la formación de una capa de hibridación o de interdifusión.^(22,45,49-52)

Los actuales adhesivos hidrófilos tienen la capacidad de interpenetrar el enmarañado de fibras colágenas resultante de la desmineralización de la dentina, formando una capa híbrida de colágeno, hidroxiapatita y resina, (de ahí el término híbrida = mezcla); es decir, formada por la difusión de la resina en la dentina previamente acondicionada por ácido.⁵³

Todo esto es posible gracias a la incorporación en las resinas adhesivas de monómeros hidrofílicos diluidos en solventes orgánicos que desalojan la humedad desde la dentina acondicionada y logran una íntima interacción con la dentina desmineralizada intertubular y peritubular.^(54,55)

En definitiva la adhesión se logra en una zona de dentina que ha sido modificada por el tratamiento realizado. Esa zona o capa contiene los componentes dentinarios pero combinados con las sustancias que la han impregnado. Corresponde entonces fundamentalmente a la difusión del monómero hidrofílico en la capa colágena de la dentina.¹⁵

El principal rol de la resina adhesiva es la estabilización de la capa híbrida formada y la formación de *tags* de resina en los túbulos dentinarios expuestos. Además de contribuir a la fuerza de unión entre resina y dentina, el principal rol de los *tags* de resina es el de taponar los orificios de los túbulos, reduciendo la posibilidad de permeabilidad y así la potencial irritación pulpar.²¹

Los dos procesos fundamentales involucrados en la unión de un adhesivo a la dentina son: la eliminación de la fase mineral del sustrato dentinario sin alterar la matriz de colágeno y el llenado de los vacíos dejados por el mineral con resina adhesiva que sufra una completa polimerización in situ, es decir, la formación de una capa de dentina reforzada con resina o capa híbrida. La capa híbrida ideal sería caracterizada como una red tridimensional de polímero/colágeno que proporciona un enlace continuo y estable entre la masa de adhesivo y el sustrato dentinario. Hay evidencia sustancial para sugerir que este objetivo ideal no ha sido alcanzado.²² En lugar de servir como una conexión estable entre la masa de adhesivo y la dentina subyacente intacta, la capa híbrida se ha transformado en el

eslabón más débil de la unión adhesivo/dentina.^(22,56,57)

Las características de los adhesivos son también importantes, donde un sistema adhesivo eficiente depende de la polimerización, capacidad de penetración y su reacción hacia la dentina superficial.⁵⁸ Además, la difusión eficiente de los agentes imprimantes y la saturación de los espacios alrededor de las fibras colágenas es esencial.⁵⁹

Con la eliminación de la fase mineral, las fibras de colágeno están suspendidas en agua. Si hay una zona de desmineralización sustancial y el agua que sostiene la red de colágeno se elimina mediante secado por aire, el colágeno colapsará.^(22,46,60) Una red de colágeno colapsada reduce la porosidad e inhibe la penetración de la resina a través de la porción desmineralizada.^(22,46) Forma una barrera entre la capa desmineralizada y la superficie de la dentina subyacente intacta o sin reaccionar.^(22,61,62) Una red de colágeno colapsada compromete seriamente la unión adhesivo/dentina.^(22,58,60,61)

Adhesión Húmeda

En la década de 1990, la adhesión húmeda se introdujo para contrarrestar los problemas de colapso del colágeno.^(22,62-67) Adhesión húmeda significa que la dentina se mantiene totalmente hidratada a lo largo del procedimiento de unión, la morfología de la superficie de la capa desmineralizada no cambia porque el agua que sustenta la matriz de colágeno no es removida. Las fuerzas de adhesión superiores con esta técnica reflejan el colapso mínimo del colágeno dentinario con la adhesión "húmeda" vs cuando se seca con aire.⁴⁶ Se especula que la dentina húmeda proporciona una red de colágeno más porosa y que el aumento de la porosidad significa más espacio para la infiltración del adhesivo.^(22,46,61,63-65,68)

Con las técnicas de unión húmedas, los canales entre las fibrillas de colágeno de dentina desmineralizada se llenan con agua, solvente, acondicionador y/o fluidos orales.^(22,46) El único mecanismo disponible para la infiltración de resina adhesiva, es la difusión de la resina en el fluido que se encuentre en los espacios del

sustrato y a lo largo de las fibrillas de colágeno. Idealmente, el solvente en combinación con los monómeros hidrófilos, permite al colágeno permanecer expandido durante la infiltración del adhesivo.²²

El hecho de aplicar ácido fosfórico sobre la dentina, dependiendo del tiempo de grabado, podría generar una profundidad de desmineralización mayor a la que puede ser susceptible de imprimir, lo cual sumado al colapso del colágeno dentinario, podría llevarnos a fracasos en el procedimiento. Del mismo modo, esta técnica es compleja y con muchas posibilidades de generar errores en cada una de sus etapas.¹⁷

Es por ello que nacen los adhesivos autograbantes para resolver estos problemas.

Adhesivos autograbantes

Las superficies dentinarias pueden ser acondicionadas para crear una superficie de alta energía superficial, por mecanismos semejantes a los aplicados en esmalte, mediante ácidos en alta concentración, pero dadas las características estructurales del tejido y su dinamismo biológico, dichas áreas también podrían activarse con el empleo de ácidos débiles en baja concentración y monómeros acídicos.^(69,70)

Las estrategias actuales para promover la unión de los materiales resinosos a sustratos intrínsecamente húmedos incluyen la incorporación de monómeros iónicos e hidrófilos en el adhesivo.^(22,71) Estos adhesivos graban e impriman simultáneamente, resolviendo los problemas de colapso del colágeno y simplificando el protocolo de adhesión.²² El aumento de la concentración de monómeros acídicos proporciona un sistema de grabado de la dentina y el esmalte simultáneamente.²²

En el diseño de los agentes imprimantes y adhesivos de autograbado, los monómeros ácidos adhesivos son componentes imprescindibles ya que influyen decisivamente en el rendimiento de unión a los tejidos duros dentales, gracias a la

capacidad de su fracción hidrófila para interactuar con la hidroxiapatita.⁷²

Las ventajas que se obtendrían de estos sistemas adhesivos son la menor sensibilidad post operatoria y los promisorios resultados de adhesión en dentina, además de que con menor cantidad de etapas en un procedimiento clínico no sólo se economiza tiempo, sino también se reduce la posibilidad de cometer errores. Sin embargo se discute su real efectividad en esmalte.¹⁷

Los agentes imprimantes ácidos de los adhesivos autograbantes tienen un pH 2, mientras que el ácido fosfórico tiene un pH alrededor de 0,6, por eso los “*primers*” autoacondicionadores son incapaces de acondicionar correctamente el esmalte sin biselar y la dentina esclerosada.^(13,17)

Recientemente ha aparecido un nuevo adhesivo, XP BOND Adhesivo universal de grabado total (Dentsply, EEUU) que por su composición, que incluye los monómeros ácidos dimetacrilato modificado con ácido carboxílico (resina TCB) y resina acrílica modificada con ácido fosfórico (PENTA)⁷³, podría desempeñarse de ambas formas, es decir, con y sin grabado ácido.⁷²

Composición de XP BOND:⁷³

- Dimetacrilato modificado con ácido carboxílico (resina TCB)
- Resina acrílica modificada con ácido fosfórico (PENTA)
- Dimetacrilato de Uretano (UDMA)
- Dimetacrilato de Trietilenglicol (TEGDMA)
- 2 -hidroxietilmetacrilato (HEMA)
- Benzenediol Butilato (estabilizador)
- 4-Etil-dimetilaminobenzoato
- Camforquinona
- Sílice amorfo
- t-butanol (solvente)

Sin embargo, el fabricante lo indica como un adhesivo para ser utilizado con grabado ácido, y también lo presenta como un adhesivo autograbante en una parte del folleto de instrucciones de uso, por lo cual se produce una contradicción en la información que nos entrega el mismo fabricante.

Estudios recientes realizados por Castillo B. y col⁷⁴, y Cari P. y col⁷⁵, muestran un resultado dispar de este sistema adhesivo sobre las estructuras dentarias al ser utilizado sin grabado ácido. Mientras que en dentina mostró resultados satisfactorios y sin diferencias respecto al procedimiento con grabado ácido, en esmalte muestra un comportamiento similar al de otros adhesivos autograbantes, indicando que sobre esta estructura requerirían del uso de acondicionamiento ácido.

En virtud de los resultados promisorios encontrados por Castillo⁷⁴ en su estudio sobre resistencia adhesiva en dentina con y sin grabado ácido previo, así como también para aprovechar las ventajas de evitar la desmineralización de zonas que posiblemente no serán restauradas, evitar el colapso de las fibras colágenas del tejido dentinario, y como una forma de facilitar el procedimiento operatorio, al no utilizar el acondicionamiento previo con ácido fosfórico, se abriría la oportunidad de contar con un adhesivo que presente todas éstas ventajas de manipulación en dentina combinándolo con el grabado selectivo del esmalte, lo que permitiría un buen resultado en cuanto al sellado marginal, resistencia adhesiva y sellado de la dentina sin riesgos de sensibilidad post operatoria. Debido a todos estos motivos el presente estudio busca realizar un análisis descriptivo al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) de la interfase lograda en dentina con el adhesivo XP BOND, al ser utilizado con y sin grabado ácido previo, para así poder determinar qué parámetros estructurales coinciden o varían en ambas interfases de unión a nivel microscópico y clarificar la contradicción existente en el folleto de instrucciones de uso de XP BOND.

Hipótesis

No existen diferencias, a nivel de microscopía electrónica de barrido, en las interfases adhesivas obtenidas en restauraciones de Resina Compuesta realizadas con XP BOND con y sin grabado ácido previo.

Objetivo General

Describir la interfase diente restauración utilizando XP BOND con y sin grabado ácido previo.

Objetivos Específicos

1. Describir la interfase diente restauración utilizando XP BOND con grabado ácido previo.
2. Describir la interfase diente restauración utilizando XP BOND sin grabado ácido previo.
3. Analizar comparativamente las interfases observadas.

Materiales y Métodos

Este estudio fue realizado en el Laboratorio de Biomateriales Dentales del departamento de Odontología Restauradora de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile y en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Se utilizaron 4 piezas dentarias (premolares) sanas con indicación de extracción. Una vez extraídos se les retiraron todos los restos de ligamento periodontal con cureta Gracey # 5/6Hu-Friedy y fueron colocados en una solución de suero fisiológico con formalina al 2%. (2 ml. de formalina/98 ml de suero fisiológico).

Se utilizó como criterio de exclusión, que las piezas dentarias tuviesen lesiones cariosas o caries incipientes.

Preparación de las muestras

Las piezas dentarias fueron lavadas con suero fisiológico, antes de su preparación.

Posteriormente, en cada pieza se realizaron 2 preparaciones estandarizadas de V clase de Black en vestibular y palatino/lingual, manteniendo toda su periferia en esmalte, cada cavidad de las siguientes dimensiones: 4 mm de ancho mesiodistal, 3 mm de alto oclusogingival y 3 mm de profundidad. Se utilizaron fresas de diamante para alta velocidad con abundante agua como refrigeración para realizar tales cavidades.

En las preparaciones vestibulares de cada pieza dentaria se realizó la técnica de autograbado utilizando el adhesivo XP BOND de acuerdo al siguiente protocolo:

Protocolo de restauración de cavidades vestibulares con técnica de autograbado

Se frotó cada cavidad con el adhesivo XP BOND dispensado en un microbrush durante 20 segundos. El adhesivo se sopló con aire de la jeringa triple con leve presión, durante 5 segundos, a una distancia aproximada de 10 cm. Se dispensó otra gota de XP BOND en el microbrush y se frotó nuevamente durante 20 segundos, soplando el adhesivo por otros 5 segundos. Se polimerizó el adhesivo con la lámpara Elipar 2500 (3M ESPE) calibrada en 500 mW/cm² por 40 segundos, colocando la boquilla de la lámpara directamente sobre la cavidad y en contacto con la pieza dentaria. Se frotó una tercera capa de adhesivo y se sopló con aire de la misma manera antes mencionada para finalmente polimerizar el adhesivo por 40 segundos colocando la lámpara de la misma manera recién descrita.

Técnica de restauración

Se colocó la resina compuesta Ceram X nano ceramic restorative (Dentsply), en tres incrementos: un primer incremento oclusal de forma triangular, que fue polimerizado con la misma lámpara anteriormente utilizada durante 10 segundos desde la cara oclusal del diente, a través de la superficie dentaria, y 20 segundos directamente sobre el material restaurador, desde la cara vestibular. El segundo incremento, en la cara cervical y de forma triangular, siendo polimerizado durante 10 segundos, a través de la superficie dentaria cervical, y 20 segundos directamente sobre el material restaurador. Por último, un tercer incremento vestibular, para completar la cavidad, dejándola ligeramente sobreobturada. Dicho incremento fue polimerizado por 40 segundos directamente sobre el material.

En las preparaciones palatinas/linguales de cada pieza dentaria se realizó la técnica de grabado ácido total utilizando el adhesivo XP BOND de acuerdo al siguiente protocolo:

Protocolo de restauración de cavidades palatinas/linguales con técnica de grabado ácido total

Para todas las muestras, se utilizó técnica de grabado ácido en dos tiempos y adhesión húmeda, siendo durante 15 segundos en esmalte, lavado con *spray* de agua por 10 segundos a 10 cm de distancia aprox. y secado con aire. Se utilizó ácido fosfórico en gel al 37% Súper Etch (SDI). Luego por 10 segundos más en dentina y esmalte conjuntamente, realizando el lavado de la cavidad en su totalidad por 50 segundos, utilizando agua y *spray* en forma continua y abundante, para finalmente secar dicha cavidad con una mota de papel secante, procurando que la dentina permaneciera húmeda.

Técnica de restauración

Se utilizó la misma técnica anteriormente descrita para las cavidades vestibulares.

Luego, una vez obtenidos los dientes con sus respectivas restauraciones, se procedió a numerarlos del 1 al 4, para posteriormente realizar sección de ellos mediante el uso de disco diamantado modelo 919p (Komet), montado en pieza de mano, con el fin de exponer las restauraciones para luego ser observadas al microscopio electrónico de barrido.

A todas las piezas dentarias se les realizó un corte transversal que pasaba por el centro de ambas restauraciones (vestibular y palatino), desechando la sección oclusal obtenida. Luego se les realizó un segundo corte, 2 mm hacia cervical del corte anterior, con el objeto de desechar las raíces dentarias. Finalmente se obtuvo, por cada diente, una sección transversal de éste de 2 mm de grosor aproximado que albergaba ambas restauraciones.

Las muestras fueron divididas por la mitad para separar la restauración vestibular de la palatina, obteniendo un total de 8 muestras, las cuales fueron finalmente almacenadas en frascos plásticos rotulados del 1 al 8.

Todas las muestras fueron marcadas en la superficie opuesta a tratar, con lápiz grafito, para identificar la superficie que sería observada, para finalmente ser catalogadas y presentadas al microscopio electrónico de barrido (MEB) de la siguiente forma:

N° de muestra	Descripción
1	XP BOND con grabado ácido
2	XP BOND sin grabado ácido
3	XP BOND con grabado ácido
4	XP BOND sin grabado ácido
5	XP BOND con grabado ácido
6	XP BOND sin grabado ácido
7	XP BOND con grabado ácido
8	XP BOND sin grabado ácido

Luego de ser fijadas, secadas, montadas y metalizadas, las 8 muestras fueron analizadas en un MEB marca Zeiss, modelo DMS 940, que posee un poder de magnificación de hasta 20.000X. La toma de la fotografía se realiza con una cámara digital Cannon EOS REBEL XT de una resolución de 8 Mega Píxeles. Finalmente, se fotografió la interfase diente-restauración a nivel dentinario con distintos aumentos, con el fin de describir y comparar los parámetros presencia de unión o de brecha diente-restauración y presencia o ausencia de *tags* de resina. Las imágenes obtenidas fueron analizadas comparativamente entre sí para evaluar diferencias entre ambos grupos.

Resultados

Simbología:

D: Dentina

R: Restauración

Flecha negra: *tags* de resina

Flecha blanca: brecha diente-restauración

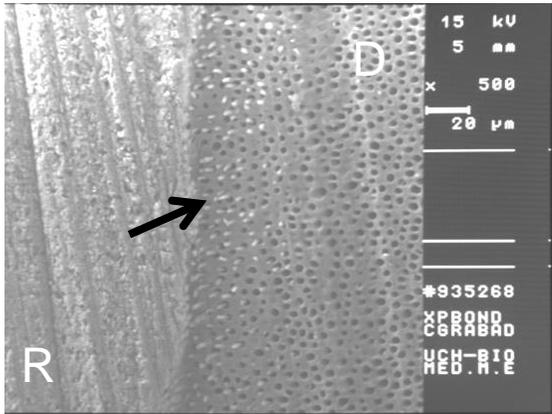


Fig 1 XP BOND con grabado ácido 500x.

A este aumento se observa un todo continuo diente-restauración. Nótese la presencia de numerosos *tags* de resina dentro de los túbulos dentinarios abiertos.

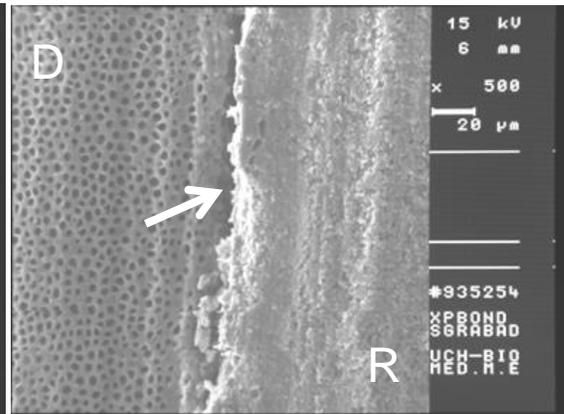


Fig 2 XP BOND sin grabado ácido 500x.

Ya a este aumento se distingue una zona negra entre dentina y restauración que podría corresponder a una brecha diente-restauración. Se aprecian los túbulos dentinarios abiertos, pero no es posible distinguir *tags* de resina.

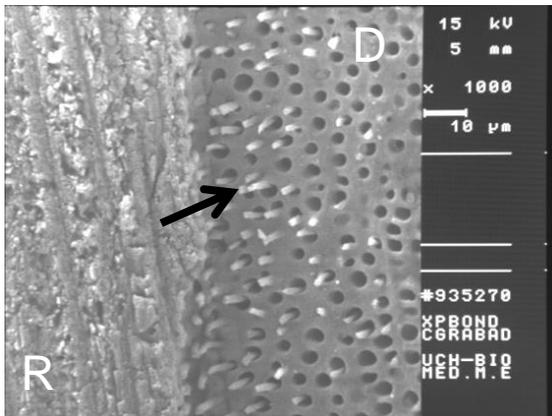


Fig 3 XP BOND con grabado ácido 1000x.

Al igual que en la fig 1, se sigue apreciando un todo continuo diente-restauración y la presencia de numerosos *tags* de resina dentro de los túbulos dentinarios abiertos.

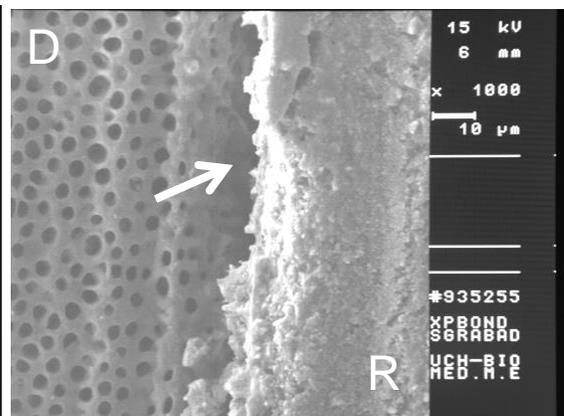


Fig 4 XP BOND sin grabado ácido 1000x.

Al igual que en la fig 2, se distingue una zona negra entre dentina y restauración que podría corresponder a una brecha diente-restauración. Se aprecian los túbulos dentinarios abiertos, pero no es posible distinguir *tags* de resina dentro de ellos.

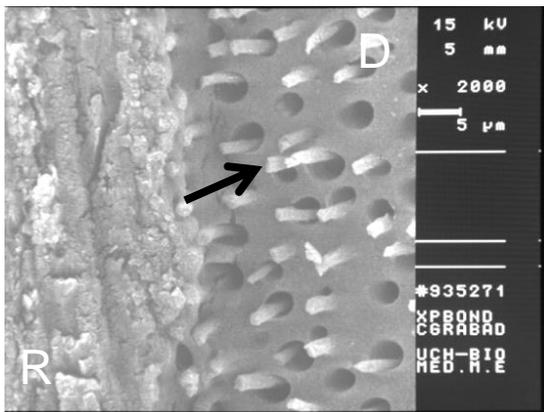


Fig 5 XP BOND con grabado ácido 2000x. Se aprecia continuidad diente-restauración y la presencia de numerosos *tags* de resina al interior de los túbulos dentinarios.

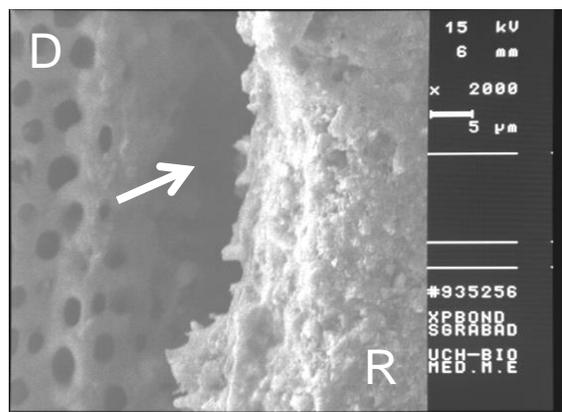


Fig 6 XP BOND sin grabado ácido 2000x. Se distingue claramente un espacio que correspondería a la brecha diente-restauración. No se observan *tags* de resina.

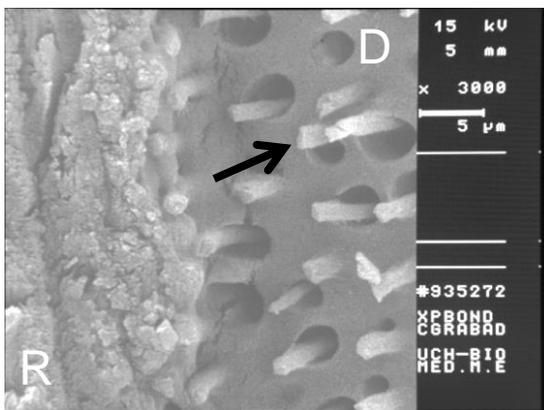


Fig 7 XP BOND con grabado ácido 3000x. Sigue apreciándose ausencia de brecha diente-restauración. Se distinguen claramente los *tags* de resina al interior de los túbulos dentinarios.

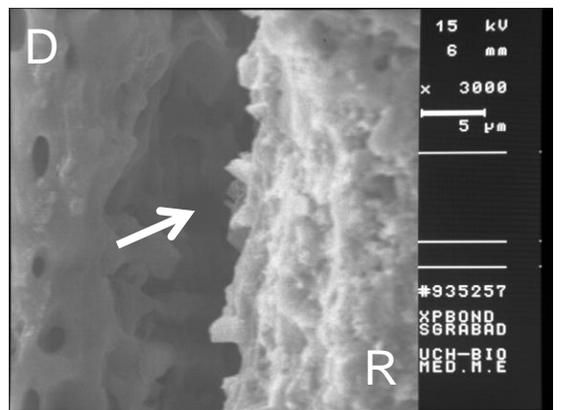


Fig 8 XP BOND sin grabado ácido 3000x. Se ve claramente una discontinuidad diente-restauración. No se aprecian *tags* de resina.

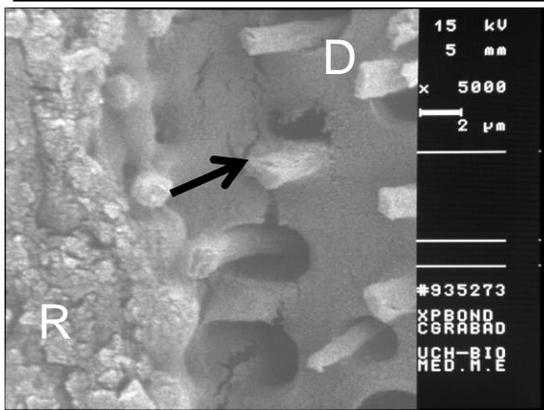


Fig 9 XP BOND con grabado ácido 5000x. Se confirma ausencia de brecha diente-restauración. Se observan claramente los *tags* de resina al interior de los túbulos dentinarios.

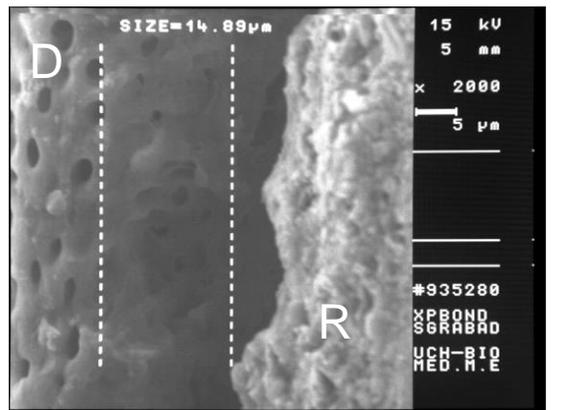


Fig 10 XP BOND sin grabado ácido 2000x. La medición de esta discontinuidad observada es de una magnitud cercana a los 14 micrones.

Discusión

A lo largo de muchas décadas, la Odontología mantuvo la remoción de dentina sana como procedimiento para crear áreas retentivas, mediante la profundización de cavidades, con la finalidad de mantener las restauraciones en posición.¹³

La odontología Adhesiva, en virtud de sus mecanismos de acción, que permiten una verdadera adhesión a las estructuras dentarias, hizo posible modificaciones significativas en los conceptos de la extensión de las preparaciones cavitarias, los cuales se tornaron más conservadores.¹³

Innumerables investigaciones en odontología restauradora hicieron posible el hecho de proveer adhesivos para esmalte, así como también para dentina. Sin embargo, el rendimiento óptimo en este tejido es difícil de alcanzar debido a que el proceso de unión a dentina, al ser más húmeda y orgánica, hace que la adhesión sea una tarea difícil.⁷⁶

El intento más común de la odontología adhesiva por simplificar los procedimientos clínicos adhesivos, es acortar el tiempo de aplicación del sistema adhesivo y reducir el número de pasos operatorios. Los sistemas de autograbado reducen el tiempo clínico de trabajo ya que no requieren un acondicionamiento ácido y lavado por separado. La intensidad de la interacción de los adhesivos autograbantes con la dentina es principalmente dependiente de la acidez y agresividad del primer usado, gracias a sus co-monómeros acídicos adhesivos, los que simultáneamente desmineralizan e infiltran en la dentina.⁷⁶

Debido a la presencia en su composición de los monómeros acídicos de dimetacrilato modificado con ácido carboxílico (resina TCB) y resina acrílica modificada con ácido fosfórico (PENTA),⁷³ XP Bond podría ser utilizado como adhesivo autograbante en dentina, sin realizar el acondicionamiento ácido previo. Es por ello que este estudio buscó realizar un análisis descriptivo mediante microscopía electrónica de barrido, de la interfase lograda en dentina con el

adhesivo XP BOND, al ser utilizado con y sin grabado ácido previo en dentina.

Para ambas técnicas adhesivas realizadas, es decir, grabado ácido total y autograbado, se evaluó la adhesión del material restaurador en la interfase diente-restauración a nivel dentinario.

Luego de realizada la apreciación y descripción de las fotografías expuestas, se pudo distinguir que en las restauraciones realizadas con técnica de grabado ácido total, existe unión visible desde un punto de vista microscópico como un continuo entre el material de restauración y el tejido dentinario, junto con la formación de numerosos *tags* de resina dentro de los túbulos dentinarios expuestos por acción del acondicionamiento ácido. A diferencia de lo apreciado en las restauraciones realizadas con técnica de autograbado, donde es posible distinguir una clara brecha diente-restauración de una magnitud cercana a los 14 micrones y ausencia total de *tags* de resina, situación explícita en todos los aumentos utilizados (figs. 2,4,6,8,10).

De estos resultados podemos deducir que el pH de los monómeros acídicos que contiene XP BOND (resina TCB y PENTA) no son lo suficientemente ácidos para permeabilizar los túbulos dentinarios y con eso permitir que penetre la resina, se formen los *tags* y se produzca efectivamente adhesión a la dentina, ya que está demostrado que la profundidad de desmineralización depende del pH del agente acondicionador⁷⁷, por lo que a menor pH, mayor es la profundidad del grabado. Al comparar el pH del ácido ortofosfórico, cercano a 0.5, con el de los adhesivos que presentan monómeros acídicos, cercano a 2^(13,17), podemos deducir que los adhesivos autograbantes presentan un grabado de menor profundidad y por tanto una adhesión de menor profundidad y calidad en dentina.

Además podemos agregar a lo anterior que la resistencia adhesiva en los sistemas de autograbado podría ser afectada por diferencias en la cantidad y calidad de barro dentinario, ya que, al no ser lavados, estos materiales incorporan el barro dentinario o sus componentes dentro de sus capas de adhesión, lo cual disminuiría el grado de penetración de los agentes imprimantes al interior de la

dentina,¹⁷ afectando directamente también al grado de adhesión.

Numerosos estudios se han realizado con el fin de comprobar la efectividad de los adhesivos autograbantes versus los adhesivos convencionales de grabado ácido total. Un gran número de estos estudios se basa en la resistencia adhesiva a las fuerzas de tensión y cizallamiento. Algunos estudios, incluyendo el trabajo de Castillo⁷⁶ que utilizó específicamente el adhesivo XP BOND, arrojan como resultado que la resistencia adhesiva de restauraciones adheridas a dentina utilizando sistemas de grabado ácido total es mayor que la fuerza adhesiva de restauraciones realizadas con sistemas autograbantes, concordando en parte con los resultados de este estudio, aunque estas diferencias no serían estadísticamente significativas, por lo que estos estudios concluyen que los adhesivos autograbantes podrían ser tan efectivos como los adhesivos de grabado ácido total en dentina.^(17,74,78-81)

En cambio, otros estudios avalan la superioridad del grabado ácido versus la técnica autograbante. El estudio de Burrow y col.⁸² si concuerda con que la resistencia a la fuerza de cizalla de restauraciones adheridas a dentina utilizando sistema de grabado ácido total y el adhesivo XP BOND es mayor que la fuerza adhesiva de restauraciones realizadas con sistemas autograbantes, arrojando diferencias estadísticamente significativas.⁸² Este resultado concuerda con un estudio realizado por Torres y col. con adhesivos de grabado ácido y autograbantes en dentina de dientes primarios.⁷⁷

El estudio de Cabezas⁸³ concluye que las restauraciones de resina compuesta realizadas con la técnica de grabado ácido convencional, utilizando el adhesivo XP BOND, presentaron en promedio un menor porcentaje de microfiltración marginal, en comparación a las restauraciones realizadas con el mismo adhesivo sin grabado ácido previo. Estos resultados concuerdan con lo expresado en el trabajo realizado por Oleksiuk⁸⁴, que utilizó la misma metodología en cuanto a la comparación de microfiltración de adhesivos de grabado total, con adhesivos autograbantes.

El estudio realizado por Rosales⁸⁵ el año 2007, arrojó una mínima microfiltración

marginal para el adhesivo XPBOND, utilizado con la técnica de grabado ácido total, comparado con otros adhesivos que utilizan la misma técnica adhesiva.

Mithra y col.⁷⁶ concluyeron que XP BOND, entre los adhesivos de grabado total testeados en su estudio, mostró una buena penetración de la resina en la dentina por la presencia de largos *tags* de resina y una gruesa, nítida y continua capa híbrida de 3-8 micrones al observar la interfase al MEB, en contraste con los adhesivos autograbantes testeados que formaron una capa híbrida muy delgada. Esto concuerda con un estudio acerca de la formación de la capa híbrida tanto en sistemas adhesivos de grabado total, como en adhesivos autograbantes, bajo microscopio electrónico de barrido⁸⁶, demostrándose que cuando se utilizan adhesivos autograbantes, se observa una capa adhesiva muy irregular y, en algunas ocasiones, inexistente. En cambio, cuando se utilizan adhesivos de grabado y lavado, se observa una capa híbrida totalmente regular.

Los promisorios resultados como adhesivo de grabado ácido total que ha demostrado XP BOND podrían deberse principalmente a su particular composición. Investigaciones recientes con espectroscopía de Raman han mostrado evidencia de la formación de la unión covalente entre el grupo éster PENTA y el calcio en la dentina y el esmalte.⁸⁷ Esto implicaría la formación de enlaces químicos entre XP Bond y la estructura dentaria, proporcionando además una verdadera adhesión química.

En adición a los monómeros promotores de adhesión, XP BOND utiliza butanol terciario como solvente acarreador para la mezcla de resina adhesiva. La estructura química de este alcohol parece impartir propiedades únicas a la fórmula del adhesivo cuando se aplica en la dentina ya sea húmeda o seca, lo cual ha sido corroborado con microscopía electrónica de barrido por J. Perdigao.⁸⁸

Según Latta,⁸⁸ XP BOND sería capaz de infiltrarse completamente y desmineralizar la dentina que se encuentra debajo de la capa colapsada de colágeno.⁸⁸ Esto significa que también actuaría en la capa mineralizada subyacente a la desmineralización producto del acondicionamiento ácido,

formando una importante capa híbrida, lo cual se explica por la presencia de PENTA, el cual podría ser responsable de la alta humectancia e infiltración, combinando las ventajas del acondicionamiento ácido de la superficie a adherir con las ventajas de la composición de un adhesivo autograbante, es decir, este monómero acídico de altas propiedades.

Por lo tanto, y de acuerdo a los resultados obtenidos, el adhesivo XP BOND se desempeñaría como un adhesivo de grabado ácido total en dentina, destacando entre los adhesivos actuales que utilizan esta misma técnica adhesiva, y no lograría resultados satisfactorios como adhesivo autograbante en dentina.

Numerosas pruebas de laboratorio^(85,89-91), y resultados clínicos tempranos⁹², muestran una excelente promesa del novedoso sistema adhesivo de grabado con ácido y lavado XP BOND.

Conclusiones

De acuerdo a la metodología aquí empleada y a los resultados obtenidos de este estudio descriptivo, es posible concluir que:

1.- Las restauraciones aquí observadas y realizadas con técnica de grabado ácido total y el adhesivo XP BOND, lograron unión a dentina visible desde un punto de vista microscópico como un continuo entre el material de restauración y el tejido dentinario, junto con la formación de numerosos *tags* de resina dentro de los túbulos dentinarios expuestos por acción del acondicionamiento ácido previo.

2.- Las restauraciones aquí observadas y realizadas utilizando el adhesivo XP BOND sin acondicionamiento ácido previo, esto es, como adhesivo autograbante, no lograron una adaptación satisfactoria a dentina, produciéndose una clara brecha diente-restauración, que en este caso fue de una magnitud cercana a los 14 micrones, además de la ausencia total de *tags* de resina.

3.- De este modo, y de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se podría inferir que el adhesivo XP BOND debería utilizarse como adhesivo de grabado ácido total.

Sugerencias

Luego de realizar este trabajo y analizar los resultados obtenidos, se sugiere:

- 1.- Realizar un estudio descriptivo *in vitro*, al microscopio electrónico de barrido, de la unión a dentina de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP BOND con y sin grabado ácido previo, pero con un número mayor de muestras con el fin de confirmar los resultados obtenidos en este estudio.
- 2.- Realizar un estudio *in vitro* que evalúe el grado de resistencia adhesiva que alcanzan restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP BOND, utilizado con y sin grabado ácido previo.
- 3.- Realizar un estudio *in vivo* para evaluar el comportamiento clínico a largo plazo de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP BOND, utilizado con grabado ácido previo.

Referencias Bibliográficas

- 1.- Steenbecker G., "Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva". 1ª Edición, Editorial Universidad de Valparaíso.
- 2.- Astorga C., Bader M., Baeza R., Ehrmantraut M., Ribera C., Vergara J. "Texto de Biomateriales Odontológicos". 1ª Edición. Facultad de Odontología Universidad de Chile. 2004.
- 3.- Terry DA, Geller W. Selection defines design. J EsthetRestor Dent 2004;16:213-25.
- 4.- William J. O'Brien. Dental Material and Their selection. Fourth edition. Quintessence Publishing Co, Inc. 2009.
- 5.- Manuel Toledano Perez, Arte y ciencia de los materiales odontológicos. Ediciones Avances Médico-Dentales, 2003
- 6.- Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composites resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006;11:E215-20.
- 7.- Goldstein RE. Sistemas adhesivos de los composites. En: Goldstein RE. Odontología estética vol I. Barcelona: stm Editores; 2002.
- 8.- De la Macorra JC. La contracción de polimerización de los materiales restauradores a base de resinas compuestas. Odontol Cons 1999;2:24-35.
- 9.- Holter D, Frey H, Mulhaupt R. Branched bismethacrylates based on Bis-GMA. a systematic route to low shrinkage composites. Polymer Preprints 1997;38:84-5.

- 10.- Culbertson BM, Wan Q, Tong Y. Preparation and evaluation of visible light-cured multi-methacrylates for dental composites. *J MacromolecSci-Pure ApplChem* 1997;34:2405-21
- 11.- Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater* 1999;15:128-37
- 12.-Swift E. Jr., et al. "Dentin/Enamel adhesives: Review of the literature". *PediatricDentistry*. 24(5): 451-456. 2002.
- 13.- Gilberto Henostroza, Adhesion en odontología Restauradora 1º Edición, Editorial Maio, 2003
- 14.-Lutz F, Krejci I, Barbakow F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. *Dent Mater*. 1991 Apr;7(2):107-13.
- 15.- Barrancos J. "Operatoria dental". 4º Edición. Editorial Panamericana. 2006.
- 16.- Phillips, R. "La Ciencia de los Materiales dentales de Skinner". 11ª Edición. Editorial Interamericana, 1986.
- 17.- Monsalves B., Astorga M., Bader M. Evaluación del Grado de Adhesión a la Dentina de Dos Tipos de Adhesivos de Uso Clínico Actual. *Revista Dental de Chile* 2011; 102 (1) 4-12
- 18.- BUONOCORE MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955 Dec;34(6):849-53.
- 19.- Swift EJ Jr, Perdigão J, Heymann HO Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence International* (Berlin, Germany : 1985) [1995, 26(2):95-110]

- 20.- Silverstone LM et al Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res* 1975;9:373-87
- 21.- Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent*. 1998 Jan;26(1):1-20.
- 22.- Spencer P, Ye Q, Park J, Topp EM, Misra A, Marangos O, Wang Y, Bohaty BS, Singh V, Sene F, Eslick J, Camarda K, Katz JL. Adhesive/Dentin interface: the weak link in the composite restoration. *Ann Biomed Eng*. 2010 Jun;38(6):1989-2003. Epub 2010 Feb 27.
- 23.- Ten Cate, AR. Repair and regeneration of dental tissue. In: Ten Cate, AR., editor. *Oral Histology Development, Structure, and Function*. St. Louis: Mosby; 1994. p. 456-468.
- 24.- LeGeros, RZ. Calcium phosphates in oral biology and medicine. In: Meyers, HM., editor. *Monographs in Oral Science*. Basel: Karger; 1991. p. 121
- 25.- Marshall GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997;25:441–458. [PubMed: 9604576]
- 26.- Butler WT. Dentin extracellular matrix and dentinogenesis. *Oper Dent* 1992;Supplement 5:18–23.
- 27.- Pashley DH. Clinical correlations of dentin structure and function. *J Prosthet Dent*. 1991 Dec;66(6):777-81. Review
- 28.- Marshall GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997;25:441–458. [PubMed: 9604576]

- 29.- Thomas HF, Carella P. Correlation of scanning and transmission electron microscopy of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol.* 1984;29(8):641-6.
- 30.- Terkla LG, Brown AC, Hainisch AP, Mitchem JC. Testing sealing properties of restorative materials against moist dentin. *J Dent Res.* 1987 Dec;66(12):1758-64.
- 31.- Ten Cate, AR. *Oral Histology.* St. Louis: Mosby; 1994. p. 174
- 32.- Wang R, Weiner S. Human root dentin: structure anisotropy and vickersmicrohardness isotropy. *Connect Tissue Res* 1998;39:269–279. [PubMed: 11063007]
- 33.- Weiner S, Veis A, Beniash E, Arad T, Dillon JW, Sabsay B, Siddiqui F. Peritubular dentin formation: crystal organization and the macromolecular constituents in human teeth. *J StructBiol* 1999;126:27–41. [PubMed: 10329486]
- 34.- Kinney JH, Pople JA, Marshall GW, Marshall SJ. Collagen orientation and crystallite size in human dentin: a small angle X-ray scattering study. *Calcif Tissues Int* 2001;69:31–37
- 35.- GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997;25:441–458. [PubMed: 9604576]
- 36.- Spencer P, Wang Y, Katz JL, Misra A. Physicochemical interactions at the dentin/adhesive interface using FTIR chemical imaging. *J Biomed Optics* 2005;10:031104.
- 37.- Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1987;32(7):519-23.
- 38.-Pashley DH, Pashley EL. Dentin permeability and restorative dentistry: a status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent.* 1991 Feb;4(1):5-9. Review.

- 39.- Kwong SM, Tay FR, Yip HK, Kei LH, Pashley DH. An ultrastructural study of the application of dentine adhesives to acid-conditioned sclerotic dentine. *J Dent*. 2000 Sep;28(7):515-28.
- 40.- Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res*. 1970 Nov-Dec;49(6):Suppl:1359-68.
- 41.- Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*. 1981 Nov;46(5):531-7.
- 42.- Eick JD. Smear layer--materials surface. *Proc Finn Dent Soc*. 1992;88Suppl 1:225-42.
- 43.- Pashley DH. Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc* 1992;88(Suppl 1): 215–224. [PubMed: 1508877]
- 44.- Fusayama T. Factors and prevention of pulp irritation by adhesive composite resin restorations. *Quintessence Int*. 1987 Sep;18(9):633-41.
- 45.- Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*. 1982 May;16(3):265-73.
- 46.- Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quint Int* 1993;24:618–631.
- 47.- Spencer P, Wang Y, Walker MP, Swafford JR. Molecular structure of acid-etched dentin smear layers-in situ study. *J Dent Res* 2001;80:1802–1807. [PubMed: 11926237]

48.- Wang Y, Spencer P. Analysis of acid-treated dentin smear debris and smear layers using confocal Raman microspectroscopy. *J Biomed Mater Res* 2002;60:300–308. [PubMed: 11857437]

49.- Nakabayashi N. Interpenetration of monomers into dentin and their adhesion. *KokubyoGakkaiZasshi*. 1984 Jun;51(2):447-54. Review.

50.- Leinfelder KF. Acid etching of dentin: too early to recommend. *Quintessence Int*. 1992 Apr;23(4):229

51.- Nakabayashi N, Saimi Y. Bonding to intact dentin. *J Dent Res*. 1996 Sep;75(9):1706-15.

52.- Van Meerbeek B, Yoshida Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K, Pashley DH. Hybridization effectiveness of a two-step versus a three-step smear layer removing adhesive system examined correlatively by TEM and AFM. *J Adhes Dent*. 1999 Spring;1(1):7-23.

53.- Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent*. 1991 Jul-Aug;3(4):133-8.

54.- Van Meerbeek et Al., “Adhesives and cements to promote preservationdentistry”, *Operative Dentistry Supplement*, v. 6, Pág. 119-144, 2001.

55.- Carpena G. et Al., “Dental Adhesión: Present state of the art and futuresperspectivas”, *Dental MaterialsQuintessenceInt.*, v. 33: Pág. 213-224, 2002.

56.- Sano H, Yoshikawa T, Pereira PNR, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res* 1999;78:906–911. [PubMed: 10326735]

- 57.- Soappman MJ, Nazari A, Porter JA, Arola D. A comparison of fatigue crack growth in resin composite, dentin and the interface. *Dent Mater* 2007;23:608–614. [PubMed: 16806452]
- 58.- Eick JD, Robinson SJ, Chappell RP, Cobb CM, Spencer P. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part III. *Quintessence Int.* 1993 Aug;24(8):571-82.
- 59.- Manabe A, Itoh K, Wakumoto S. The optimum combination of dentin bonding systems. *Dent Mater.* 1991 Jul;7(3):145-7.
- 60.- Gwinnett AJ. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 1993;6:7–9. [PubMed: 8329167]
- 61.- Tam LE, Pilliar RM. Fracture surface characterization of dentin-bonded interfacial fracture toughness specimens. *J Dent Res* 1994;73:607–619. [PubMed: 8163731]
- 62.- Wieliczka DM, Kruger MB, Spencer P. Raman imaging of dental adhesive diffusion. *Appl Spectrosc* 1997;51:1593–1596.
- 63.- Gwinnett AJ. Altered tissue contribution to interfacial bond strength with acid conditioned dentin. *Am J Dent* 1994;7:243–246. [PubMed: 7986445]
- 64.- Gwinnett AJ. Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am J Dent* 1994;7:144–148. [PubMed: 7993603]
- 65.- Gwinnett AJ, Yu S. Effect of long-term water storage on dentin bonding. *Am J Dent* 1995;8:109–111. [PubMed: 7546480]
- 66.- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000;79:1385–1391. [PubMed: 10890717]

67.- Kanca J. Improved bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. J Am Dent Assoc 1992;123:235–243.

68.- Gwinnett AJ. Chemically conditioned dentin: a comparison of conventional and environmental scanning electron microscopy findings. Dent Mater 1994;10:150–155. [PubMed: 7758856]

69.- Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. Oper Dent Suppl. 1984;3:13-29

70.- Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. Dent Mater. 2001 Sep;17(5):430-44.

71.- Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. J Dent Res. 2005 Aug;84(8):741-6. Erratum in: J Dent Res. 2006 Apr;85(4):384.

72.- Ikemura K., Kadoma Y., Endo T. A review of the developments of self-etching primers and adhesives- Effects of acidic adhesive monomers and polymerization initiators on bonding to ground, smear layer-covered teeth. Dental Materials Journal 2011; 30(6): 769-789. Review.

73.- XP BOND Universal Total-etch Adhesive. Directions for use.

74.- Castillo B., Estudio comparativo in vitro del grado de resistencia adhesiva en dentina de restauraciones de resina compuesta realizadas con XP BOND con y sin grabado ácido previo. Trabajo de investigación requisito para optar al título de Cirujano Dentista, Facultad de Odontología, U. Finis Terrae, 2011.

75.- Cari P., Evaluación del grado de sellado marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con XP BOND, con y sin grabado ácido previo. Trabajo de investigación requisito para optar al título de Cirujano Dentista, Facultad de Odontología, U. Finis Terrae, 2011.

- 76.- Mithra N Hegde, PriyadarshiniHegde, and C Ravi Chandra. Morphological evaluation of new total etching and self etching adhesive system interfaces with dentin.J ConservDent. 2012 Apr-Jun; 15(2): 151–155.
- 77.- Torres CP, Corona SA, Ramos RP, Palma-Dibb RG, Borsatto MC. Bond strength of self-etching primer and total-etch adhesive systems to primary dentin. J DentChild (Chic). 2004 May-Aug;71(2):131-4.
- 78.- Alfaro C., Estudio comparativo in vitro de la resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta realizadas con técnica adhesiva convencional y autograbante de última generación. Trabajo de investigaciónrequisito para optar al título deCirujano Dentista, Facultad de Odontología, U. de Chile, 2005.
- 79.- Senawongse P, Harnirattisai C, Shimada Y, Tagami J. Effective bond strength of current adhesive systems on deciduous and permanent dentin.Oper Dent. 2004 Mar-Apr;29(2):196-202.
- 80.- Yazici AR, Celik C, Ozgünaltay G, Dayangaç B. Bond strength of different adhesive systems to dental hard tissues.Oper Dent. 2007 Mar-Apr;32(2):166-72.
- 81.- Hegde MN, Manjunath J. Bond strength of newer dentin bonding agents in different clinical situations.Oper Dent. 2011 Mar-Apr;36(2):169-76.
- 82.- Burrow MF, Kitasako Y, Thomas CD, Tagami J. Comparison of enamel and dentin microshear bond strengths of a two-step self-etching priming system with five all-in-one systems.OperDent. 2008 Jul-Aug;33(4):456-60.
- 83.- Cabezas JP., Análisis comparativo *in vitro* del grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP BOND™ utilizado con y sin grabado ácido total. Trabajo de investigaciónrequisito para optar al título deCirujano Dentista, Facultad de Odontología, U. de Chile, 2012
- 84.- Oleksiuk N.; “Análisis comparativo *in vitro* del sellado marginal de

restauraciones de Resina Compuesta realizadas con dos adhesivos de distinta técnica de aplicación”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2008, Universidad de Chile.

85.-Rosales-Leal JI. Microleakage of Class V composite restorations placed with etch-and-rinse and self-etching adhesives before and after thermocycling. J Adhes Dent. 2007;9Suppl 2:255-9. Erratum in: J Adhes Dent. 2007 Dec;9(6):546.

86.- Arcos A.; “Análisis al microscopio electrónico de barrido de la magnitud de interfase diente-restauración en resinas compuestas en base a dimetacrilatos y a siloranos utilizando diferentes tipos de adhesivos (estudio *in vitro*)”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2011, Universidad de Chile.

87.-Lattaa MA. Shear bond strength and physicochemical interactions of XP Bond. J Adhes Dent. 2007;9Suppl 2:245-8.

88.- Latta MA. Perspectivas clínicas sobre los adhesivos dentales actuales. Curso en línea, Dentsply Caulk.

89.-Braem M. Microshear fatigue testing of tooth/adhesive interfaces. J Adhes Dent. 2007;9Suppl 2:249-53. Erratum in: J Adhes Dent. 2007 Dec;9(6):546.

90.-Manhart J, Trumm C. Microleakage of XP Bond in Class II cavities after artificial aging. J Adhes Dent. 2007;9Suppl 2:261-4. Erratum in: J Adhes Dent. 2007 Dec;9(6):546.

91.- Baracco B, Fuentes MV, Garrido MA, González-López S, Ceballos L. Effect of thermal aging on the tensile bond strength at reduced areas of seven current adhesives. Odontology. 2012 Jul 13. [Epub ahead of print]

92.- Blunck U, Knitter K, Jahn KR. Six-month clinical evaluation of XP BOND in noncarious cervical lesions. J Adhes Dent. 2007;9Suppl 2:265-8. Erratum in: J Adhes Dent. 2007 Dec;9(6):546.

