

1. INTRODUCCIÓN

Muchos beneficios pueden derivarse del tratamiento de ortodoncia incluyendo mejoras en la función dental del paciente, estética y en general su autoestima y actitud. Sin embargo los efectos positivos del tratamiento de ortodoncia pueden verse eclipsados por la antiestética, insalubre e irreversible desmineralización del esmalte de los dientes en contacto con los brackets. El uso de aparatos fijos es un importante desafío al paciente para mantener una buena higiene oral para evitar o reducir al mínimo la descalcificación del esmalte durante el tratamiento, lo que se convierte en un compromiso tanto de la estética como de la salud oral. Goerlick y colaboradores encontraron lesiones de manchas blancas en un 50% de pacientes tratados, en contraste a un 25% de pacientes control sin tratamiento. En otro estudio, 97% de los pacientes desarrollaron lesiones durante el tratamiento y estas se desarrollan con mayor frecuencia en la zona gingival adyacente a los brackets.^{38, 39, 4, 55, 31, 57.}

La estética es la principal razón por la que los pacientes acuden al ortodontista. Para alcanzar este objetivo de una sonrisa bella, se invierte mucho tiempo y habilidad por parte del especialista. El día de retirar los aparatos de ortodoncia es un día emocionante para los pacientes. Sin embargo, este momento puede verse comprometido por la descalcificación, como resultado de una inadecuada higiene durante el tratamiento. La descalcificación se produce cuando bacterias específicas se retienen sobre la superficie del esmalte por largos

períodos. Las bacterias metabolizan carbohidratos fermentables y producen ácidos orgánicos. Estos ácidos disuelven el mineral del fosfato de calcio del esmalte y dentina, dando lugar a la descalcificación. La descalcificación se observó por primera vez clínicamente como lesiones de mancha blanca. La zona desmineralizada por debajo de la placa dental y del cuerpo de la lesión del esmalte puede perder hasta un 50% de los minerales que originalmente posee.^{24.}

Debido a la creciente dificultad en la eliminación de placa bacteriana en forma adecuada cerca de los brackets, la terapia adyuvante con flúor en distintas formas (barniz, gel, enjuague dentífrico) selladores de esmalte, regímenes rigurosos para la higiene bucal y la modificación de aparatos, se utilizan comúnmente para ayudar a prevenir la desmineralización. Una relación dosis-respuesta ha sido encontrada entre la frecuencia de aplicación de flúor y la protección del esmalte. Sin embargo, la protección eficaz en caso del fluoruro requiere el cumplimiento del paciente. La inconsistencia y la falta de cooperación de los pacientes es un aspecto difícil en el tratamiento de ortodoncia. Este problema fue señalado por Geiger y colaboradores quienes en dos estudios encontraron que solo del 12 al 13% de los pacientes tenían una excelente colaboración en el cumplimiento de un programa de enjuagues de flúor en casa.^{38, 60, 27, 31, 9.}

Durante años se han ido modificando las técnicas para la colocación de aparatos ortodónticos (bandas, tubos y brackets), pasando por la técnica de multibandas hasta la técnica de adhesión directa e indirecta, las cuales nos ofrecen ahorro de tiempo y trabajo gracias al aporte de nuevos materiales de

adhesión como las resinas compuestas, ionómeros, compómeros, ormocerams, etc.

52.

Muchos materiales de ortodoncia proveen las condiciones adecuadas para la colonización de los microorganismos orales, porque impiden el acceso a la limpieza de las superficies dentales y proveen sitios adicionales para la adherencia de estas bacterias (particularmente *Streptococcus mutans* y *Lactobacilos*) que aumentan el riesgo de descalcificación produciendo ácidos orgánicos que causan disolución de iones de calcio y fosfato de la superficie del esmalte. Como resultado del aumento de retención de placa, aumenta el riesgo de la desmineralización localizada del esmalte, se producen cambios cariogénicos en los sitios relacionados a los brackets, bandas, arcos, ligaduras y otros dispositivos ortodónticos, provocados por una disolución del esmalte en presencia de carbohidratos fermentables en tan sólo cuatro semanas.^{1, 52, 4, 60, 27, 55.}

Las resinas compuestas tienden a acumular más bacterias o placa que otros materiales de restauración in vitro e in vivo. La acumulación de placa se relaciona con la rugosidad de la superficie del esmalte, y su baja tensión superficial, con el tipo de resina, y el tamaño del relleno, el porcentaje del relleno puede tener relación o no.^{23.} Los componentes de la resina compuesta tienen actividad bacteriostática y son metabolizados por microorganismos, lo que indica que los adhesivos de ortodoncia son propensos al ataque microbiano de manera que la

adición de agentes antimicrobianos al adhesivo lo harían resistente ante la invasión de micro-organismos.^{55, 21.}

La desmineralización del esmalte durante los tratamientos ortodóncicos, resulta en descalcificaciones blancas o grises y se aprecian en el esmalte durante el des-cementado, es comúnmente un efecto antiestético del tratamiento con aparatos fijos en ortodoncia. Es conocido que los brackets, bandas y varios elementos ortodóncicos hacen que la higiene oral sea más difícil y que se facilite la acumulación de placa. Como resultado, la descalcificación del esmalte y lesiones de manchas blancas alrededor de los aparatos ortodóncicos puede ocurrir. Los diseños y las características de las superficies tanto de los brackets como de los adhesivos pueden influenciar en la formación y acumulación de placa. El *Streptococcus mutans* es asociado con descalcificación del esmalte, y muchos estudios han demostrado el incremento de *E. mutans* luego de la colocación de aparatos fijos ortodóncicos.^{23.}

Varios intentos realizados por investigadores para evitar la acumulación de placa en las superficies de materiales restauradores incorporando clorhexidina, triclosan y cloruro de benzalconio (un compuesto de amonio cuaternario que se ha utilizado como conservante en soluciones oftálmicas para lentes de contacto) en pequeñas cantidades, podrían impartir características antibacterianas a las resinas ortodóncicas sin que afecte sus propiedades mecánicas^{55.}

Goma de mascar de xilitol (por un tiempo prudente), es aceptada por pacientes de ortodoncia ya que ayudan a minimizar el desarrollo de descalcificaciones y gingivitis, también es posible la colocación de xilitol dentro de placas removibles y retenedores.^{49.}

El rápido desarrollo en este campo tiene capacidad para producir cambios significativos en varias de las ideas, sugerencias clínicas y principios presentados. Se han analizado factores importantes y se formulan recomendaciones (basadas en la experiencia clínica y de investigación), para ayudar a realizar la adhesión de los adminículos de ortodoncia con eficiencia y sin inconvenientes a mediano y largo plazo.^{28.}

La simplicidad de la adhesión puede ser engañosa. Indudablemente, la técnica puede ser mal utilizada, no solo por un clínico inexperto, sino también por ortodontistas más experimentados que no realizan los procedimientos con el debido cuidado. El éxito de la adhesión requiere la comprensión y el cumplimiento de los principios aceptados de la ortodoncia y de la odontología preventiva.^{28.}

La adhesión debe considerarse como una parte de un moderno enfoque preventivo, que también incluye un programa de higiene oral estricto, la implementación de fluoruros y el uso de aparatos sencillos pero eficaces. Aparatos con muchos resortes y arcos de ansas múltiples se prestan bien para la

adhesión, pero pueden comprometer fácilmente la integridad del esmalte dental y del tejido gingival en torno a brackets.^{28.}

No sorprende que algunos clínicos hayan experimentado problemas tales como: aflojamiento de los brackets, aplicación incorrecta de estos, descalcificación durante el tratamiento y el tiempo que exige el despegado. Esos problemas pueden evitarse y, en muchos casos, las malas experiencias vividas cuando la adhesión se basa en una información inadecuada.^{28.}

Estudios anteriores in vitro mostraron que los sellantes aplicados posterior al grabado ácido al 37%, alrededor y debajo de los brackets proporcionan protección del esmalte en un 50 % contra la caries y aumentan la fuerza de unión de la resina, siempre y cuando no se vea comprometida la integridad de la capa de sellador ante el cepillado dental y el ataque químico bacteriano, sobre todo para los sellantes sin relleno.^{60, 27, 31.}

La aplicación continua de una dosis baja de flúor tiene un mayor efecto cariostático que las soluciones individuales de dosis alta. Para resolver estos problemas, el fluoruro se agrega a los materiales de fijación adhesiva de los brackets. El efecto preventivo de los adhesivos adyacentes a los brackets ha sido investigado in vivo e in vitro para cuantificar la profundidad de la desmineralización y la pérdida mineral con varios métodos de evaluación.^{46.}

Una revisión de la literatura por Mandall y colaboradores no fué concluyente en determinar qué tipos de adhesivos de ortodoncia eran más o menos eficientes para prevenir la descalcificación. Sin embargo, el esfuerzo continúa mejorando los adhesivos ortodóncicos mediante la creación de fórmulas de adhesivos que mantienen la resistencia de unión adecuada minimizando las posibilidades de descalcificación.^{39, 51.}

El presente trabajo se realizó con la finalidad de comparar mediante la observación al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) la cantidad y calidad de cubrimiento con dos marcas diferentes de adhesivos: Illuminate™ enamel bonding resin y 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer de la superficie dental preparada con ácido orto-fosfórico, además de la importancia de seguir minuciosamente la técnica de adhesión y las instrucciones del fabricante de cada marca comercial, con esta investigación es posible recomendar alguno de estos adhesivos y así disminuir la aparición de lesiones de descalcificación post-tratamiento ortodóncico con aparatología fija.

1. MARCO TEÓRICO

2.1 LA ADHESIÓN EN ORTODONCIA

Desde que Buonocore introdujo la técnica de adhesión con grabado ácido, varias resinas para el esmalte han desarrollado aplicaciones en todos los campos de odontología incluyendo la adhesión de brackets de ortodoncia, esto tiene varias ventajas como: mejorar la capacidad de remoción de placa por el paciente, minimizar la irritación de tejidos blandos y gingivitis hiperplásica, eliminación de la necesidad del uso de separadores en molares, ausencia de espacios post-tratamiento producidos por las bandas en molares, facilitación de aplicación de accesorios en dientes parcialmente erupcionados, minimización del peligro de descalcificación por bandas flojas, fácil detección y tratamiento de caries y mucha mejor apariencia estética del paciente. Se encontró que los mayores patrones de grabados uniformes y adecuados fueron obtenidos por la aplicación de ácido fosfórico en concentración del 30 al 40%.^{9, 7.}

Los primeros adhesivos utilizados se basaban en el grabado selectivo del esmalte con ácido orto-fosfórico; actualmente se usa la técnica del grabado total. La introducción de las técnicas de adhesión con grabado ácido ha originado cambios espectaculares en la práctica de la ortodoncia.^{52, 28.}

En 1.955, Buonocore introduce el concepto del grabado del esmalte usando ácido fosfórico al 85%, primer paso de la odontología adhesiva. Sin embargo, sus

trabajos tardaron casi veinte años en pasar a la clínica.^{52, 28, 39.} Años más tarde, en 1.962, Bowen introduce las resinas Bis-GMA, primer agente de unión al esmalte. La resina Bis-GMA es un monómero epóxico híbrido, relativamente grande, de tipo resina, en el cual los grupos epóxicos se sustituyen con otros metacrilatos. Este compuesto incluye la polimerización rápida, característica del metacrilato y la mínima contracción de polimerización propia de las resinas epóxicas. Casi todos los materiales restaurativos de la resina se basan en la fórmula del Bis-GMA y se diferencian de los selladores en que los materiales restaurativos incluyen partículas de relleno como cuarzo, vidrio y porcelana para mejorar su resistencia, mientras que la mayor parte de los selladores son resinas Bis-GMA sin relleno o con pocas partículas para esta función. Con el advenimiento de la adhesión con resina epóxica, Newman en 1.965 comenzó a aplicar estos descubrimientos en la adhesión directa de adminículos ortodóncicos. Posteriormente Smith introdujo en 1.968 el poliacrilato (carboxilato) de zinc y se presentaron informes sobre adhesión de brackets con este cemento.^{52, 28.}

Más tarde aparecieron numerosos artículos sobre fijación de adminículos con diferentes adhesivos. Miura y colaboradores en 1.970 describieron una resina acrílica (Orthomite) en la cual se usaba un catalizador trialquilborano modificado, que demostró ser particularmente eficaz para adherir brackets de plástico y para mejorar la adhesión en presencia de humedad. También se introdujeron en ortodoncia las resinas de diacrilato, usadas como selladores o como adhesivos. La resina más utilizada denominada comúnmente como resina de Bowen o bisGMA (bisfenol A glicidilo dimetacrilato) fue concebida para mejorar la fuerza de

adhesión y para aumentar la estabilidad dimensional por medio de ligaduras cruzadas.^{28.}

Se publicaron muchos informes preliminares sobre diferentes sistemas de adhesión directa o indirecta disponibles en el comercio. Graber presentó el primer composite fotocurable: Nuva Fil (Dentsply). En 1.972, se dan a conocer por Wilson y Kent los primeros ionómeros de vidrio. En 1.977 se publicó la primera evaluación post-tratamiento detallada de una gran muestra de pacientes, que habían recibido un período completo de tratamiento ortodóncico. La posición obtenida por el grabado ácido y la adhesión en ortodoncia, ha sido verificada realmente por clínicos de todo el mundo ya que actualmente la mayor parte de los ortodoncistas adhieren implementos a los dientes en forma directa o indirecta.^{28.}

Fusayama en 1.980, desarrolla el grabado total (totaletch), tanto del esmalte como de la dentina. En 1.981, se realiza el puente Maryland; primer trabajo protésico en el que como única fuerza de retención se emplea la adhesión. Previamente, la ortodoncia basa la retención de los brackets en el grabado del esmalte. En 1.983, Horn desarrolla el grabado de la porcelana con la aplicación del ácido fluorhídrico. Las carillas de porcelana fueron el primer exponente de estas técnicas. En 1.984, MacLaghlin usó los silanos desarrollando el concepto de fusión dental. En 1.986 Gasspoole y Erickson demostraron que el grabado del esmalte solo necesitaba 15 segundos.^{52, 28, 7.}

En 1.987 el ScotchBond-2 fue el primer adhesivo en recibir la aceptación provisional de la ADA. En 1.992 Nakabayahi describe la capa híbrida, uno de los mecanismos de la adhesión actual.^{52.}

El fenómeno de adhesión es el proceso que más ha revolucionado la odontología en las últimas décadas. Durante los últimos treinta años los odontólogos se han enfrentado a un continuo y rápido cambio de los materiales adhesivos. Desde que existe la odontología, los profesionales han intentado la unión entre las restauraciones y la estructura dental. Primero fue a través de elementos de anclaje (pins, pernos y postes), luego, uniendo las restauraciones mediante retención micro-mecánica al diente. Este movimiento se inicia con la comercialización de la primera resina dental de uso directo en los años sesenta, seguido de la introducción en la práctica clínica de la técnica de grabado ácido; desde entonces las resinas compuestas (composites), las estrategias de unión a sustrato normal y los agentes promotores de adhesión han progresado significativamente.^{52.}

El futuro de la adhesión es promisorio. El desarrollo de productos en términos de adhesivos, brackets, dispositivos y detalles clínicos ocurre en forma continua y muy rápida.^{52, 28.}

Uribe 2.010 clasifica los adhesivos según las siguientes generaciones:

Primera generación: actúan por quelación de calcio y son resistentes al agua. Están compuestos de ácido dimetacrilato glicero-fosfórico. Segunda generación:

actúan por interacción iónica entre la carga negativa del fosfato y la positiva del calcio. Están compuestos de ésteres fosfóricos y derivados metacrilatos. Tercera generación: su función consiste en diluir el barrillo dentinario y están compuestos de metacriloxo-decildidrogerosfato. Cuarta generación: son adhesivos multipasos o sistemas adhesivos de pre-tratamiento dentinario con imprimadores. Son resinas de baja viscosidad. Quinta generación: hay disminución en el número de pasos; se logra la misma unión que con los de cuarta generación, pero con menos tiempo y en un solo envase.^{52, 28.} Última generación: son adhesivos autograbables, su nombre en inglés es self-etching primer. Tienen la característica de no necesitar grabado ácido previo a la aplicación del agente de unión, ya que cuentan con el ácido, el imprimador y el adhesivo juntos sin afectar la fuerza de adhesión. Tiene numerosas ventajas al compararlos con los adhesivos convencionales en ortodoncia, como la disminución en el riesgo de contaminación que normalmente se produce durante el grabado ácido y la disminución notable del tiempo de trabajo operatorio, ya que no es necesario hacer todos los pasos de la técnica convencional.^{52, 28, 45.}

Muchos tipos de sistemas de adhesión de resina se han desarrollado en la última década. En la actualidad los sistemas de resinas de adhesión se pueden dividir en dos categorías para de esta forma simplificar la aplicación clínica. Los sistemas de la primera categoría incluyen un ácido fosfórico grabador de esmalte y una botella de resina adhesiva; los de la segunda categoría incluyen un primer de autograbado el cual combina el ácido y el imprimador en un solo procedimiento y la resina adhesiva.^{17, 70, 54.}

A pesar de que el grabado con ácido fosfórico todavía parece ser el método más usado para la preparación del esmalte, el daño del esmalte durante el des-cementado sigue siendo el mayor problema clínico. Por el contrario los auto-grabadores muestran menos habilidad de grabado debido a su pH relativamente alto comparado con ácido fosfórico, minimizando así la posibilidad de daño iatrogénico al esmalte. ^{17, 70, 54, 61.}

En general los primers de autograbado contienen una solución de alcohol acuoso, una mezcla de monómeros ácidos y otros componentes que permiten la difusión de los monómeros y la parcial disolución de la hidroxiapatita al mismo tiempo resultando en una zona de resina infiltrada con minerales atrapados. Este intento de crear adhesión al esmalte sin una etapa distinta y separada de lavado y secado del ácido ha ganado cada vez más atención como una alternativa a la técnica con ácido fosfórico convencional. ^{17, 70, 54.}

2.2 PRINCIPIOS DE ADHESIÓN EN ORTODONCIA

Se debe entender, en forma clara, los conceptos de preparación, adhesión y posicionamiento de los brackets, ya que este es uno de los aspectos iniciales y fundamentales de todas las técnicas ortodóncicas. ^{62.}

Adhesión: es la fuerza de unión en el contacto íntimo entre dos materiales. Según la Sociedad Americana de Materiales Dentales (ASTM) es la fuerza capaz de sostener materiales unidos por medio de enlaces de las superficies.^{62.}

La adhesión en ortodoncia: con la invención de los adhesivos de nueva generación en ortodoncia, desde 1.970, se eliminó, en muchos casos, la necesidad de poner bandas individuales en todos los dientes. El sistema consiste en un adhesivo que se fija, en forma mecánica, a las irregularidades del esmalte dental grabado con ácido.^{62.}

La palabra adhesión viene del latín adhaerere, formada por: ad (para) y haerere (pegarse). En terminología adhesiva, adhesión es la unión de una superficie a otra.^{62.}

La adhesión se refiere a las fuerzas o energías entre átomos o moléculas en una interfase que mantiene juntas dos o más superficies. Según Van Meerbeck y colaboradores (2.002), el fenómeno de adhesión es esencialmente un proceso de remoción de minerales (calcio, fosfato) e infiltración de monómeros resinosos in situ, con la finalidad de crear una traba mecánica entre el adhesivo y la estructura dental. En ortodoncia, es el medio de unión entre la superficie del esmalte y la base del bracket. El período de tiempo que perdura esta unión se denomina durabilidad. La mayoría de los adhesivos dentales actuales emplean

iniciadores con un pH bajo que impregna y disuelve la capa de lodo dentinario, pero no la retira.⁶²

Desde hace mucho se sabe que el esmalte crece de manera regular y discontinua. Se dejan pruebas de esa discontinuidad en forma de marcas microscópicas, las “estrías transversales” y “estrías de Retzius”, que se forman regularmente cada cierto tiempo. Contándolas se averigua el tiempo de formación de las coronas de esmalte dentario, de manera esquemática. Las estrías transversales representan la prueba del crecimiento diario (circadiano) del esmalte, que se detiene aproximadamente cada 24 horas. Queda la correspondiente marca en los prismas del esmalte, que crecen desde el límite interno de la dentina y el esmalte hacia la superficie externa de la cubierta de esmalte. Aproximadamente entre cada 6 y 11 días con un promedio de entre 8 y 9 días, sin que se conozcan bien las razones, se detiene el crecimiento de la cubierta del esmalte.⁶

Cuando se reanuda el proceso, se dibuja una marca muy clara, el tipo de estría que Anders Retzius describió hace 170 años; delata con nitidez la forma de la cubierta de esmalte en cada momento de su crecimiento, hasta que todo el esmalte cubre por completo la parte superior del diente. Sí se pueden contar las estrías de Retzius o sus manifestaciones externas (perekimata) en la superficie del esmalte se podrá averiguar el tiempo que tardó en formarse la corona de un diente.⁶

2.3 TEORÍAS DE LA ADHESIÓN

2.3.1 Teoría Mecánica

Es aquella donde intervienen factores físicos, como poros y rugosidades, que hacen interconexión: los materiales se traban entre si formando una retención micro-mecánica.^{52, 28.}

2.3.2 Teoría Química

En esta unión actúan fuerzas primarias como enlaces iónicos, covalentes, metálicos y fuerzas de Van Der Waals, (o interacción de Van Der Waals), denominada así en honor al científico neerlandés Johannes Diderik Van Der Waals, es la fuerza atractiva o repulsiva entre moléculas (o entre partes de una misma molécula) distintas a aquellas debidas al enlace covalente o a la interacción electrostática de iones con otros o con moléculas neutras, entre otras y secundarias (hidrógeno y dispersión)^{52, 28.}

2.3.3 Teoría de la Difusión o Física

En esta unión se forman enlaces entre átomos en la inter-fase del adhesivo y del adherente, entre moléculas móviles.

2.3.4 Teoría Electroestática

Capa doble eléctrica.^{52, 28.}

2.3.5 Teoría Híbrida

Es una unión de dos o más de las teorías anteriores.^{52, 28.}

En ortodoncia se prefiere la adhesión mecánica dado que no se busca una unión permanente, sino una que se pueda romper, de manera fácil, al finalizar el tratamiento.^{52, 28.}

2.4 FUNDAMENTOS DE LA ADHESIÓN

La adhesión se basa en la unión mecánica de un adhesivo a las irregularidades del esmalte superficial de los dientes y a las uniones mecánicas formadas en la base de los anclajes ortodóncicos. Por consiguiente para obtener resultados satisfactorios con la adhesión ortodóncica hay que prestar mucha atención a tres componentes del sistema: la superficie del diente y su preparación, el diseño de la base de los anclajes y el propio material adhesivo.^{50,}

52.

2.4.1 Preparación de la Superficie Dental

Antes de adherir un anclaje ortodóncico hay que eliminar la película de placa y crear irregularidades en la superficie del esmalte. Para ello se limpia con piedra pómez, con cuidado y se seca la superficie del esmalte (procurando no pulirla demasiado), y seguidamente se trata con un ácido, habitualmente ácido fosfórico al 30-40%, durante 15 segundos. Con este método se elimina una pequeña parte del esmalte inter-prismático (más blando) y se abren poros entre los prismas, para que el adhesivo pueda penetrar en la superficie del mismo. En la actualidad, la secuencia del grabado y sellado de la superficie del diente se realizan en un solo paso. La superficie dental no debe contaminarse con saliva ya que promueve la

re-mineralización inmediata, pero los nuevos materiales para preparar el diente minimizan la necesidad de tener una superficie dental completamente seca.^{50, 52.}

2.4.2 Diseño de la Base del Bracket y/o Superficie de los Anclajes

La base de un anclaje metálico adherido debe estar fabricada de tal modo que se pueda conseguir una interconexión mecánica entre el material de adhesión y la superficie de anclaje. Con los brackets de cerámica se puede emplear la unión química o la interconexión mecánica. Las uniones químicas son a veces demasiado fuertes y crean problemas durante la extracción de los aparatos; debido a ello, actualmente se prefiere la retención mecánica para los brackets metálicos y de cerámica.^{50, 52.}

2.4.3 Materiales Adhesivos

Un buen material adhesivo debe cumplir una serie de criterios formidables: ha de ser dimensionalmente estable; debe ser bastante fluido para poder penetrar en la superficie del esmalte; ha de tener una excelente resistencia, y debe ser fácil de utilizar clínicamente. En la actualidad, los materiales adhesivos más utilizados son las resinas acrílicas con relleno (bis-GMA). Están disponibles en diversas formulaciones que difieren principalmente en la composición y cantidad de relleno, en una variedad de colores que facilita su limpieza y en una presentación química

o fotopolimerizable. Se han comercializado materiales adhesivos que liberan flúor, pero aún no ha sido posible desarrollar uno que tenga efectos protectores duraderos.^{50, 52.}

2.5 CEMENTOS USADOS EN ORTODONCIA

La cementación es la unión física entre dos cuerpos por medio de un material intermedio. Los primeros cementos fueron estéticos y se utilizaron para cavidades cervicales. En 1.972 se usaron para cementar coronas y puentes y hoy se utilizan para la adhesión de brackets y bandas en ortodoncia, entre otros.^{52, 62.}

El cemento es una sustancia que sirve para pegar dos cuerpos sólidos entre sí.^{62.}

2.5.1 Ionómeros de vidrio

Son materiales de cementación de nueva generación bio-compatibles con el esmalte, tienen una unión aceptable a la superficie dental y producen una micro-descarga de fluoruro a largo plazo produciendo menos descalcificación del esmalte por debajo de los brackets y de las bandas. Los ionómeros de vidrio son cementos de reacción ácido-base compuestos por:

- Un polvo, que es un vidrio de silicato de aluminio que contiene flúor.
- Un líquido, que es un homopolímero o copolímero de ácidos alquenónicos, tales como: el ácido acrílico, maléico e itacónico, es un policarboxilato disuelto en agua. ^{52, 62.}

2.5.1.1 Clasificación de los Ionómeros Vítreos

- Convencionales que tienen polvo y líquido.
- Anhídridos que tienen un poliácido y agua destilada.
- Híbridos. ^{62.}

2.5.1.2 Ventajas de los Ionómeros de Vidrio

Tienen potencial anti-cariogénico. (liberación prolongada de flúor), hacen una adhesión química con el esmalte (5MPa) y la dentina (3MPa) no tratados (sin grabar), resisten a una fuerza de compresión de 140 megapascales (MPa), algunos tienen reservorio de flúor, son menos costosos que las resinas compuestas, tienen buen tiempo de trabajo previo al fraguado, son más fáciles de remover del esmalte que las resinas compuestas, las reparaciones son más fáciles y rápidas de hacer. ^{62.}

2.5.1.3 Desventajas de los Ionómeros de Vidrio

La falta de resistencia mecánica y sensibilidad a la humedad a lo largo del tiempo han sido modificados agregando partículas de resina en su fórmula. Estudios realizados revelan que aun siendo modificados con resinas, tienen menos resistencia mecánica que estas, pero al momento del des-cementado, se facilita su limpieza, ya que estudios recientes muestran que estos dejan menos excesos en la superficie dental al momento del des-bondeado.^{62.}

Los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina fueron desarrollados para superar problemas de sensibilidad a la humedad de las resinas convencionales y la baja resistencia mecánica inicial de los cementos de ionómero de vidrio manteniendo al mismo tiempo las ventajas clínicas de la liberación de flúor, la unión química al esmalte y la adhesión en un campo mojado.^{65.}

Cementos de ionómero de vidrio modificados o reforzados con resina han ganado popularidad como alternativas para cementado directo de brackets. Algunos investigadores han demostrado que los cementos de ionómero de vidrio se adhieren al diente efectivamente en un ambiente húmedo sin necesidad de grabado ácido previo a los procedimientos de adhesión para alcanzar fuerzas de adhesión clínicamente aceptables.^{63, 13.}

2.5.1.4 Procedimiento de Cementación con Ionómeros de Vidrio

En primer lugar debe realizarse una profilaxis, posteriormente el aislamiento, no grabar sino secar el esmalte, mezclar los componentes y cargarlos en una jeringa de plástico convencional, cubrir con ionómero la superficie del bracket y hacer presión para que fluya el material sobrante, fotopolimerizar cada bracket durante 30 ó 40 segundos y seguir las recomendaciones del fabricante.^{62.}

2.5.2 Cemento de Fosfato de Zinc

Se ha usado por más de 40 años en odontología y ortodoncia y produce una adhesión mecánica, ya que rellena las irregularidades que quedan entre las bandas metálicas y los molares. Está compuesto por un polvo de fosfato de zinc, óxido de magnesio y pigmentos que le dan color y un líquido compuesto por una solución acuosa de ácido fosfórico con iones de aluminio y zinc.^{62.}

2.5.2.1 Ventajas del Cemento de Fosfato de Zinc

- Es de fácil manipulación.
- Es de bajo costo.

- Se consigue fácilmente en el mercado odontológico.
- Algunos tienen reservorio de flúor.^{62.}

2.5.2.2 Desventajas del Cemento de Fosfato de Zinc

- Es un material de cementación muy ácido.
- Es de alta solubilidad.
- Tiene fallas en la inter-fase banda-cemento-esmalte.
- En la actualidad hay cementos de mejores características e igual costo.^{62.}

2.5.3 Compómeros

Son una modificación del monómero base de las resinas convencionales por la adición de grupos de ácidos carboxílicos. Son resinas modificadas por componentes poliácidos, los cuales dentro de su composición tienen una matriz orgánica (BisGMA, HEMA, TEDMA) y otra inorgánica (vidrio, zirconio, cuarzo, bario, estroncio). Se diferencian de las resinas convencionales por su capacidad potencial de liberar flúor durante un período considerable de tiempo, adhesión química al diente y mejor módulo de elasticidad. Estos, al igual que las resinas, deben ser aplicados después de realizar las técnicas adhesivas habituales o sistemas de autograbado. Son utilizados en ortodoncia ya que presentan más resistencia adhesiva que los ionómeros de vidrio, pero en comparación con las

resinas convencionales, su adhesión es menor pero de igual forma es una buena elección para el cementado de los brackets. Se ha observado que el uso de composites en conjunto con adhesivos de autograbado ha mostrado resultados aceptables en el cementado de brackets. Los más conocidos comercialmente son el Dyract[®] de la casa Dentsply y el F200[®] de la 3M. ⁵².

Diversos estudios demuestran las ventajas que tienen los compómeros en comparación con las resinas. Dentro de los beneficios que podemos obtener al utilizar un compómero están: Tiempo de fotocurado de 20 segundos por incisal y 20 segundos por gingival. El compómero presenta 20% de descalcificación del esmalte en comparación con las resinas que es de 26%. El compómero resiste temperaturas de 50 a 60°, dicha característica incrementa su fuerza de adhesión mecánica y la cohesión. ⁵².

2.5.4 Cementos de Resina

Producen menor fuerza de adhesión que los sistemas adhesivos de ortodoncia (RelyX Unicem, Transbond y Light Bond). La fuerza de adhesión de Light Bond es significativamente mayor que la del Transbond^{XT}. Al retirar las resinas, Light Bond presenta menos adhesivo en el diente que el Transbond. ⁵².

Otro problema son los tags de resina restantes en el esmalte luego del des-cementado del bracket, esto puede causar retención de placa, formación de

caries y cambios de color, la superficie de esmalte perdida la cual es rica en fluoruro puede hacer que el esmalte se vuelva más susceptible a la desmineralización.^{67.}

2.5.5 Ormoceras

Son restauradores nano-Cerámicos universales basados en una tecnología innovadora de nanocerámica modificada orgánicamente. Aportan biocompatibilidad por tener mínima liberación de monómeros con la consiguiente reducción de riesgo alérgico y a largo plazo, da óptimas propiedades físicas de dureza con una durabilidad similar al diente natural. En el mercado se consiguen Admira de la casa alemana Voco y Ceram X de la Dentsply, entre otras. En un estudio realizado, compararon la adhesión de una resina convencional con la de las ormoceras en el bondeado de brackets, los resultados mostraron que la diferencia entre ambos no era estadísticamente importante, por lo que concluyeron que este material puede ser otra opción de adhesivo para el bondeado de brackets en ortodoncia obteniendo buenos resultados.^{52.}

2.6 PASOS EN LA ADHESIÓN

Los pasos involucrados en la adhesión directa e indirecta de brackets sobre superficies vestibulares o linguales son: limpieza, acondicionamiento del esmalte, sellado, adhesión.^{28.}

2.6.1 Limpieza

Desde que el cementado de brackets se popularizó por primera vez en los años 70 la rutina ha sido realizar una profilaxis con piedra pómez, estudios a través de microscopía electrónica demuestran que la profilaxis con piedra pómez antes del tratamiento con ácido elimina la película adquirida de materia orgánica de la superficie del esmalte.^{36.}

La limpieza de los dientes con piedra pómez elimina la placa y la película orgánica que normalmente recubre a todos los dientes. Esto requiere instrumentos rotatorios, como por ejemplo una copa de goma o un cepillo para pulir (limpia más eficazmente) pero hay que tener cuidado con no traumatizar los márgenes gingivales e iniciar así un sangrado.^{28.}

La profilaxis con pómez no parece afectar negativamente al procedimiento adhesivo y la limpieza de los dientes sería recomendable para eliminar placa y desechos que, de otro modo, quedarían atrapados en la inter-fase entre el esmalte y la resina después de la adhesión. Además Reisner y colaboradores, obtuvieron resultados más consistentes cuando las superficies vestibulares de los dientes se abrasionaban ligeramente con la fresa de carburo de tungsteno Número. 1172 a baja velocidad (25.000 rpm), que cuando se las pulía con pómez durante 10 segundos antes del grabado ácido.^{28.}

Este pre-tratamiento remueve material orgánico incluyendo película adquirida. Lindauer y colaboradores en 1.997 probaron el efecto de la profilaxis con piedra pómez en la fuerza de adhesión de brackets ortodónticos in vivo e in vitro, y no encontraron diferencias con respecto al uso de profilaxis con piedra pómez. Barry en 1.995 e Ireland y Sherrif en 2.002 de igual manera demostraron que la profilaxis con piedra pómez no tiene efecto en el índice de fracaso de adhesión in vivo antes del grabado convencional con resina o ionómero de vidrio en cementado directo.^{35.}

2.6.2 Control de la Humedad

El control de la saliva y el mantenimiento de un campo operatorio seco son esenciales después del enjuague. En el mercado existen muchos dispositivos que pueden cumplir con estos objetivos: expansores de labios y carrillos, eyectores de

saliva, protectores linguales con bloques de mordida, obstructores de conductos salivales, dispositivos que combinan varios de los anteriores, rollos del algodón o gasa, anti-sialogogos. Estos productos se mejoran constantemente, y el clínico es quien debe decidir cuál le sirve mejor. Los ortodoncistas con experiencia limitada obtendrán mejores resultados con la adhesión en un arco dental por vez.^{28.}

Varios estudios han evaluado la fuerza de adhesión de sistemas convencionales en esmalte normal y contaminado. Estos han reportado que el éxito de la adhesión al esmalte fue afectado negativamente por la contaminación con fluidos orales tales como saliva o plasma. Se determinó una reducción del 50% en la fuerza principal de adhesión cuando la resina fue adherida a la superficie grabada de esmalte contaminada con saliva comparada con una superficie de esmalte grabada sin ser contaminada. Xie y colaboradores evaluaron los efectos de contaminación de las superficies de esmalte y dentina por agua, saliva, plasma, lubricante de pieza de mano, cemento de óxido de zinc y eugenol y cemento sin eugenol en la prueba de fuerza de adhesión de dos agentes de adhesión a la dentina. Ellos encontraron que el plasma disminuyó la tensión de adhesión al esmalte y dentina de 33 al 70% respectivamente. La contaminación de sangre en cualquier etapa del procedimiento de adhesión resulta en una disminución significativa y drástica en la fuerza de adhesión de brackets ortodóncicos.^{44.}

2.6.3 Pre-tratamiento del Esmalte

Una vez aislado el campo operatorio, se aplica sobre la superficie del esmalte la solución o gel acondicionante (por lo común, ácido fosfórico al 37%). Para alcanzar buena retención, para disminuir la pérdida de esmalte y para reducir la contaminación de la humedad en la práctica clínica al igual que para ahorrar tiempo, 15 segundos de desmineralización son recomendados. Cuando se usan soluciones para grabado, la superficie debe mantenerse húmeda con aplicaciones reiteradas. Para evitar dañar a los delicados prismas del esmalte hay que tener el cuidado de no frotar el líquido sobre los dientes.^{28, 68}

No existe diferencia significativa en la fuerza de adhesión usando un ácido fosfórico al 37% aplicado x 15 segundos ó 60 segundos. El porcentaje recomendado de concentración de ácido fosfórico para alcanzar la mejor fuerza adhesiva es entre 30 y 40%. El grabado por más de 90 segundos está contraindicado debido a que se produce disolución del esmalte y se forman cristales de fosfato de calcio insoluble. Cualquier superficie de esmalte grabada con ácido fosfórico debe ser enjuagada con agua 5 segundos por cada diente cuando la presentación del ácido es líquido y 10 segundos cuando es un gel y secado antes de aplicar el adhesivo.^{47.}

Acto seguido se secan perfectamente los dientes con una fuente de aire libre de humedad y de aceite para obtener el bien conocido aspecto mate o

glacial, no se debe permitir que se produzca contaminación salival en la superficie grabada.^{28.}

Los dientes que no aparecen opacos y como escarchados deben ser regrabados. El esmalte cervical por su morfología diferente, suele verse algo distinto de las porciones central o incisal de dientes con grabado suficiente. No se debe regrabar en procura de obtener un aspecto uniforme de toda la superficie adamantina.^{28.}

La solución de ácido fosfórico es la más utilizada como acondicionador de a pesar de haberse reportado daño iatrogénico a la superficie del esmalte.^{20.}

El acondicionamiento de la superficie del esmalte con ácido fosfórico puede predisponer al desarrollo de caries. El resultado de las manchas blancas en esmalte, en una boca susceptible, puede desmineralizar incluso más con la posibilidad de aumentar el desarrollo de caries. La desmineralización del esmalte puede ser rápida debido al alto y continuo desafío de la placa cuando está asociada a aparatos fijos. El desarrollo de lesiones de mancha blanca es el resultado de la desmineralización, que está bien documentada. De acuerdo con Mizrahi, la terapia ortodóncica contribuye al desarrollo de nuevas áreas de esmalte desmineralizado en las que hombres muestran índices más altos de desarrollo de opacidades que mujeres. Se reportó una desmineralización de hasta 75 micras con 25% de pérdida mineral en las primeras 4 semanas de terapia

alrededor de los brackets cementados. Pero aún, en esmalte grabado, 4 meses después de la aplicación del ácido, el patrón de grabado puede ser todavía detectado. Por lo tanto, se puede argumentar que esta superficie resultante puede predisponer al paciente a ser susceptible a una pronta desmineralización.³³

Los blanqueamientos en el consultorio y el blanqueamiento en el hogar no afectan significativamente la resistencia de adhesión de brackets al esmalte, cuando el cementado se realiza 7 y 14 días después del blanqueamiento. Por otra parte, debido a la gran variación en la resistencia al cementado de brackets una semana después del blanqueamiento en el consultorio, es prudente posponer la adhesión de brackets de ortodoncia por lo menos dos semanas.¹¹

Este procedimiento probablemente refleje el uso generalizado del grabado ácido en ortodoncia. Sin embargo, subsisten discusiones y polémicas sobre diferentes aspectos del pre-tratamiento del esmalte: Aunque puede parecer lógico grabar un área sólo un poco mayor que la base, la experiencia clínica de más de veinte años indica que el grabado con solución de la superficie vestibular completa es inocuo, al menos cuando se usan regularmente colutorios fluorados.²⁸

Demasiado acondicionador de esmalte puede innecesariamente grabar más superficie; para prevenir estos efectos indeseados, la aplicación del adhesivo debe ser tan amplio como sea necesario.⁵³

No existe diferencia aparente en el grado de irregularidad superficial después del grabado con solución de ácido, si se lo compara con el grabado ácido con un gel. Los geles ofrecen mejor control cuando se desea restringir el área de grabado, pero pueden requerir después un lavado más completo. Según Graber en odontología general, el grabador más popular para esmalte/dentina es el gel azul de ácido fosfórico al 35% Ultra-Etch. Este gel se aplica con jeringa, posee contraste de color adecuado, consistencia uniforme y viscosidad casi ideal para su pulcra aplicación y su lavado; además, proporciona una superficie pareja y bien demarcada con aspecto blanco glacial o “escarchado”. Este grabador se recomienda toda vez que se desea un muy buen grabado del esmalte, como para los dientes temporarios, para re-adherir brackets y para retenedores fijos. Los estudios y la experiencia clínica indican que probablemente 15 segundos son suficientes para grabar la mayor parte de los dientes permanentes jóvenes. No obstante, existen variaciones individuales de la solubilidad del esmalte entre los distintos pacientes, los distintos dientes y aún dentro de un mismo diente; para los molares y para los dientes adultos se recomiendan de 30 a 60 segundos. Períodos más prolongados no ofrecen mejores resultados, realmente brindan menos retención debido a la pérdida de estructura superficial.²⁸

El arenado sin grabado ácido produce menor resistencia de la unión que el grabado ácido y por lo general tiene como resultado fallas de la unión en la interfase esmalte-adhesivo. El arenado seguido por grabado ácido produce uniones con resistencia comparable o superior a las del esmalte con grabado ácido.²⁸

Un estudio realizado por Senay Canay en el año 2.000 comparado con otro realizado por K. Chung en el año 2.001 encontró que la mayor resistencia a la tracción se obtuvo con chorro de arena de óxido de aluminio de 50 μm por tres segundos seguido por grabado ácido. El uso del método convencional de grabado ácido presentó valores adecuados a la tracción. El chorro de arena sobre el esmalte solo ha mostrado la menor resistencia a la fuerza. El patrón de fracaso indicó que todas las muestras que fueron preparadas con chorro de arena solo se desbondaron totalmente en la interfase diente/resina. Un adhesivo de ortodoncia que pueda eliminar la necesidad de grabado ácido puede ser deseable en el futuro.^{16.}

El arenado en la superficie del diente natural y en coronas metal-porcelana provee ventajas en el cementado de brackets y puede ser una alternativa viable a la técnica química del ácido para llegar a niveles clínicamente aceptables.^{19.}

Un procedimiento recomendado para acondicionar dientes temporales consiste en el arenado con 50 μm de óxido de aluminio durante tres segundos, para eliminar parte del esmalte aprismático más externo y luego grabar con el ácido en gel.^{28.}

La experiencia clínica y de laboratorio indica que no es necesario un tiempo de grabado adicional cuando los dientes han sido pre-tratados con fluoruro. Si se tienen dudas, hay que controlar si la superficie del esmalte aparece

uniformemente opaca y escarchada después del grabado; si se ve así, la retención superficial es la correcta para la adhesión.²⁸

Las soluciones y geles de ácido fosfórico fluorado ofrecen un efecto morfológico global de grabado similar al de los preparados no fluorados y proporcionan una resistencia de unión correcta en los procedimientos de adhesión directa. Son necesarios estudios adicionales para determinar su eficacia como protección anti-carries en torno a brackets durante un período completo de tratamiento ortodóncico.²⁸

Es preciso ser cuidadosos cuando se graba sobre desmineralizaciones adquiridas y de desarrollo. Lo mejor es evitarlas. Si esto fuese imposible, lo importante es emplear un tiempo de grabado breve, aplicar un sellador y usar adhesión directa, prestando especial atención a que no existan áreas de deficiencia adhesiva. La presencia de huecos, sumada a la mala higiene, puede ocasionar la corrosión del metal y producir la tinción indeleble de los puntos blancos de desarrollo subyacentes.²⁸

Un grabado corriente elimina 3-10 μm de esmalte superficial. Otros 25 μm revelan sutiles alteraciones histológicas, que crean las necesarias imbricaciones mecánicas. Las disoluciones localizadas más profundas suelen producir una penetración de hasta 100 μm o más. A pesar de que los estudios de laboratorio indican que las alteraciones del esmalte son reversibles en su mayor parte (aunque no por completo) puede afirmarse que el efecto general de la aplicación de soluciones para grabado sobre esmalte sano no es perjudicial. Esto queda

corroborado por el hecho de que el espesor normal del esmalte es de 1.000-2.000 μm (excepto donde se adelgaza, hacia el margen cervical), porque un desgaste del esmalte vestibular de hasta 2 μm por año por abrasión es normal y porque las superficies vestibulares tiene auto-limpieza y no son propensas a las caries. Por otra parte, es preciso ser muy precavidos cuando se graban dientes con dentina expuesta, con grietas profundas en el esmalte o con desmineralización interna o externa.^{28.}

Los sistemas adhesivos más populares en ortodoncia y odontología restaurativa están basados en materiales de resina que adhieren a la superficie del esmalte según los principios de retención micro-mecánica. Para alcanzar esto, se necesita un ácido fuerte, generalmente el ácido fosfórico en concentraciones de 30% a 40% es usado por 15 segundos para limpiar la superficie y disolver los minerales. Debido a la velocidad de disolución de los ácidos es diferente para las diversas partes de la estructura del esmalte, particularmente entre esmalte interprismático y prismático, una superficie topográfica sutil y desigual es creada. Sin embargo, el grabado rutinario con ácido fosfórico elimina irreversiblemente varios micrones de la superficie del esmalte, aunque no con una profundidad uniforme.

25.

Existen informes sobre crecimiento cristalino después del uso de ácido poliacrílico con sulfato residual, para producir áreas de retención en el esmalte, similares a las generadas por el grabado con ácido fosfórico, pero con menos riesgo de dañar el esmalte al despegar el elemento ortodóncico. No obstante

otros investigadores hallaron que la unión producida es mucho más débil. Este concepto también es válido para el uso de ácido maleico.²⁸

El principal objetivo del ácido orto-fosfórico es texturizar la superficie del esmalte para que la resina fluya en las aberturas microscópicas, creando una retención mecánica y ello asegura un mejor enlace. La longitud de estos microporos depende de factores como la duración del ácido grabador en la superficie del esmalte, propiedades del adhesivo y de su viscosidad. El diámetro ideal es de 8 a 11 micrones con una profundidad de 25 a 50 micrones.²⁸

El grabado del esmalte es esencial para brindar una buena adhesión en el cementado de los brackets. Anteriormente se utilizaban concentraciones de ácido orto-fosfórico al 85% por 30 ó 45 segundos. En la actualidad, en piezas anteriores se recomiendan 15 segundos con ácido orto-fosfórico en forma de gel al 30-40%, y cuando se van a colocar tubos adheridos en molares se recomienda que el tiempo de grabado sea mayor, ya que el esmalte en los tercios cervicales se encuentra sin prismas.⁶²

Existe también el grabado con láser (Nd-Yag), pero estudios recientes demuestran que la profundidad del grabado es menor que la del ácido grabador. El grabado del esmalte con láser produce una conversión de energía ligera a energía termal para reajustar los tejidos, ya que este grabado es producido por las micro-explosiones de la vaporización del agua atrapada en la matriz de

hidroxiapatita. El grabado con láser ahorra tiempo clínicamente, pero no llega a ser justificada la inversión.^{62.}

Actualmente contamos con adhesivos de autograbado, de los cuales podemos mencionar el metacrilato de ácido orto-fosfórico al 35%, como el Transbond™ Plus y el Prompt-L Pop.^{62.}

Con estos materiales se comienza a grabar el esmalte tan pronto se aplica y cambia a primer una vez que el hidróxido se convierte y el hidrógeno se libera. Con este intercambio iónico no quedan remanentes de grabador en el esmalte y no es necesario lavar el diente. El mecanismo de estos adhesivos está basado en la presencia de metacrilato de ácido fosfórico con un pH bajo que asegura un grabado tan completo como el del ácido fosfórico en gel al 35%, pero elimina los pasos de enjuague y secado después de aplicarlo, acortando y simplificando el proceso de adhesión. El patrón de grabado del ácido fosfórico en gel y este es esencialmente el mismo. Además de la unión mecánica, ocurre una unión química entre el hidróxido de calcio (apatita) y el fósforo restante del material, lo cual permite una unión iónica covalente entre el éster y los iones de calcio de apatita, formando una unión micro-retentiva con la superficie tratada del esmalte, la profundidad de penetración del monómero y el grabado es la misma, esto es posible por la completa capa híbrida creada por el primer de autograbado.^{62.}

La fuerza de unión puede ser obtenida bajo humedad, ya que el adhesivo está hecho con material hidrofílico que polimeriza tanto en ambiente húmedo como seco.^{52.}

2.6.4 Sellado

Una vez que el diente está completamente seco y aparece de color blanco glacial, puede pintarse una delgada capa de adhesivo sobre toda la superficie del esmalte grabado. Es preferible aplicar el adhesivo con una pequeña torunda de espuma plástica o cepillo, en un solo movimiento de dirección gíngivo-incisal por cada diente, la cubierta de adhesivo debe ser delgada y pareja, pues un exceso de sellador puede inducir, cuando polimeriza, desplazamientos del bracket y una topografía no natural del esmalte. La aplicación del bracket debe comenzar inmediatamente después de cubrir todas las superficies grabadas con adhesivo. La capa superficial del adhesivo no polimeriza. (en realidad puede ocurrir que toda la capa de adhesivo quede sin curar cuando se usan adhesivos auto-polimerizables convencionales). Sin embargo no se debe retirar la capa de adhesivo, pues esta curará cuando se aplique la resina con el paso siguiente.^{62.}

El uso de grabado ácido y resinas líquidas basadas en bis-GMA para promover la fuerza de adhesión de aparatos ortodóncicos al esmalte ha sobrevivido con gran éxito clínico por más de tres décadas. Su aplicación clínica en tratamientos ortodóncicos y la subsecuente retención están bien

documentadas. Ha sido postulado que la adhesión al esmalte se logra por adhesión mecánica entre los prismas del esmalte grabado y los tags de resina. Esto hace necesario el uso de una resina líquida sin relleno para humedecer la superficie del esmalte poroso para la adhesión. Opiniones opuestas sostienen que el uso de resina líquida sin relleno no promueve la fuerza de adhesión de la adherencia al esmalte. Si la adherencia al esmalte no dependiera exclusivamente de adhesión mecánica entre los prismas de esmalte y los tags de resina, los elementos de ortodoncia podrían adherirse sin usar resinas líquidas.^{59.}

El uso del adhesivo en adhesión ortodóntica está rodeado por mucha confusión e incertidumbre. Para determinar la función exacta de la resina intermedia en el procedimiento de grabado ácido se han dedicado algunas investigaciones, con resultados divergentes. Algunos investigadores llegaron a la conclusión de que hace falta una resina intermediaria para obtener una fuerza de unión adecuada; otros indican que es necesaria para mejorar la resistencia contra micro-filtraciones; algunos investigadores opinan, que lo es por ambas razones, y algunos aún creen que la resina intermediaria es innecesaria.^{62.}

En ortodoncia un problema particular consiste en que la película de adhesivo sobre una superficie dental vestibular es tan delgada que es posible una inhibición de la polimerización por oxígeno que atraviesa la película cuando se usan adhesivos auto-polimerizables. La falta de polimerización parece menos problemática cuando se usan adhesivos con acetona y foto-polimerizables. Aunque el adhesivo podría ser innecesario para obtener resistencia y evitar la

micro-filtración, las evidencias clínicas y de laboratorio no han probado que sea un factor perjudicial para la obtención de una buena unión. El tiempo de trabajo que requiere es mínimo. El adhesivo permite, por lo menos, relajar un poco el control de la humedad, porque esto ya no tiene extremada importancia después de haber aplicado la cubierta de resina. Así mismo los adhesivos suministran cubrimiento en áreas del esmalte con oquedades de ácido, lo cual adquiere especial valor en la adhesión indirecta. La protección anti-caries de un sellador en torno a la base del bracket es más incierta y se requieren estudios adicionales respecto de los méritos clínicos de los selladores que contiene fluoruro. Ceen y Gwinet hallaron que los selladores foto-polimerizados protegen de la disolución y las lesiones superficiales al esmalte adyacente a los brackets, mientras que los selladores de quimio-curado polimerizan mal, exhiben desplazamiento y poseen baja resistencia a la abrasión.^{28.}

Un sistema adhesivo que incorpore fluoruro debe tener un profundo efecto positivo en ortodoncia.^{18.}

2.6.5 Adhesión Propiamente Dicha

Inmediatamente después de “pintados” con adhesivo todos los dientes que han de recibir el elemento adherido, el operador debe proceder a la adhesión propiamente dicha. En la actualidad la mayoría de los clínicos adhieren los brackets con una técnica directa y no con la indirecta.^{62.}

Para adhesión directa existen muchos adhesivos diferentes y constantemente aparecen otros nuevos. Sin embargo, la técnica adhesiva básica varía muy levemente para los diferentes materiales, según las instrucciones de los fabricantes. El método de adhesión más fácil consiste en aplicar un ligero exceso de resina en la parte posterior del bracket, para luego ubicarlo sobre la superficie dental en su posición correcta.^{62.}

Cuando el operador adhiere brackets de uno en uno con una mezcla reciente y homogénea de adhesivo de curado relativamente rápido, puede trabajar con tranquilidad y obtener máxima resistencia de adhesión para cada bracket. No es necesario apresurarse, porque se dispone de tiempo más que suficiente para ubicar el bracket en su posición correcta, controlar y, si es preciso, reubicarlo dentro del tiempo de trabajo del adhesivo. Tan pronto como uno de los brackets ha sido instalado y ajustados en su posición correcta se puede proceder a adherir el bracket siguiente, mientras cura el adhesivo del anterior. Con el uso de adhesivos de curado rápido existe menos tiempo para que se produzca contaminación por humedad, hay menos riesgo de disrupción de los brackets adyacentes y se debe esperar menos para poder efectuar las ligaduras que cuando se utilizan adhesivos con tiempo de trabajo prolongado. Un adhesivo debe tener viscosidad suficiente para que el elemento a adherir no se desplace fuera de su posición antes del curado. El procedimiento para adhesión de brackets con cualquier adhesivo consiste en los siguientes pasos: transferencia, posicionamiento, ajuste, eliminación de excesos.^{28.}

2.6.6 Fotocurado

Las lámparas LED son una alternativa ventajosa en comparación al sistema halógeno convencional en ortodoncia porque permite reducir el tiempo-sillón en procedimientos de adhesión sin afectar significativamente el índice de fracaso de la adhesión.^{34.}

En 1995, Mills, Nakamura y colaboradores propusieron las lámparas LED (light-emitting-diode) como una alternativa a las lámparas halógenas de curado. Este dispositivo, en vez de usar un filamento caliente de tungsteno, tiene dos semiconductores sólidos unidos, y una carga eléctrica es aplicada usando batería. Cuando los electrones y los huecos se encuentran, se libera energía en forma de luz y por lo tanto genera un calor mínimo. También tiene una vida útil superior al foco de halógeno en más de 10.000 horas, un nivel insignificante de la pérdida de intensidad con el tiempo, un reducido espectro de luz (400 nm a 500 nm), y una intensidad de emisiones de 1370 nW/cm^2 .^{43.}

La fotopolimerización de las resinas compuestas ofrece menor riesgo de contaminación, buenas características de manejo, inserción inmediata del arco y tiempo de trabajo ilimitado, sin embargo según los fabricantes las lámparas de luz visible requieren un tiempo de 20 segundos de curado para resinas compuestas y 40 segundos para ionómeros de vidrio modificados con resina, este prolongado tiempo es incómodo para el paciente, poco práctico para los niños e inconveniente para el clínico, varios intentos se han hecho para acelerar esta velocidad, la tecnología del innovador diodo emisor de luz LED (light-emitting

diode) ha abierto nuevos e interesantes puntos de vista en el ámbito de la fotopolimerización agregando: seguridad, eficiencia, economía, mayor vida útil además el aumento de la temperatura es significativamente menor y no representa una amenaza para el tejido pulpar, utilizándola por 10 segundos, esto se verá influenciado por: tipo de resina, intensidad de la unión, calidad de la luz, color, grosor, estructura del esmalte, distancia, orientación, diámetro de la punta de la luz.¹⁵

Desde que Buonocore introdujo la técnica de grabado para la adhesión en 1955, el concepto de adhesión de diferentes resinas al esmalte ha desarrollado aplicaciones en todos los campos de la odontología, incluyendo la adhesión de brackets en ortodoncia. Este enfoque tiene varias ventajas, por ejemplo, mayor habilidad para eliminación de placa por el paciente, minimizar la irritación de los tejidos blandos y la gingivitis hiperplásica, la eliminación de la necesidad de separación, la ausencia de espacios de la banda después del tratamiento, la facilitación de la aplicación de elementos a los dientes parcialmente erupcionados, reducir al mínimo el peligro de descalcificación con bandas sueltas, fácil detección y tratamiento de caries, y un aspecto más estético para el paciente. A fines de 1.970, la adhesión de brackets de ortodoncia se había convertido en una técnica clínica aceptada. Un problema que los clínicos enfrentan en la práctica durante el tratamiento es la des-cementación de los brackets. Esta suele ser la consecuencia de que el paciente por accidente aplicó una fuerza inapropiada al bracket o porque una técnica de adhesión pobre. Por lo tanto, un número significativo de dientes debe ser re-cementados en la clínica. Mui y colaboradores no encontraron diferencias significativas entre la fuerza de adhesión en el re-

cementado y la fuerza original de adhesión, si la superficie del esmalte es reacondicionada con una fresa de carburo de tungsteno. Rosenstein y Binder encontraron que el re-cementado sin reacondicionamiento ni del bracket ni de la superficie del diente proporcionan buena fuerza de adhesión. Por otra parte, Jassem y colaboradores encontraron que el reciclaje térmico de elementos ortodóncicos cementados y re-cementados, adversamente afectan tanto la fuerza como la tensión de la adhesión.⁹

2.7 PROPIEDADES IDEALES DE LOS MATERIALES PARA FIJACIÓN EN ORTODONCIA

Cuando se trata de la fijación en ortodoncia, nos referimos a la necesidad de mantener en contacto y sin efectos adversos la aparatología empleada en el tratamiento ortodóncico con la estructura dentaria, fundamentalmente el esmalte dentario, aunque con la introducción del tratamiento de adultos, es importante considerar otros sustratos como metales y porcelanas (de restauraciones protésicas), amalgama y composite de otras restauraciones. Entre las características que debería tener el material por emplear se encuentran las siguientes: biocompatibilidad, fluidez, baja tensión superficial, posibilidad de solidificar, adhesividad, propiedades mecánicas adecuadas y liberación de flúor.

2.7.1 Fluidez

Es una propiedad reológica (estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos) que se identifica con la viscosidad. En esencia es lo que permite que un cemento pueda adaptarse a una superficie determinada con el logro de la menor interfaz posible. Esta característica está asociada con la relación entre los componentes que integran la preparación del material y con el progreso de la reacción de endurecimiento.²⁹

2.7.2 Baja Tensión Superficial

La tensión superficial de un material nos da la idea de su capacidad de humectancia, idealmente, debería ser lo más reducida posible, de modo de facilitar la penetración del cemento en las irregularidades de la superficie que se ha de adherir y, cuando sea posible por las características de la superficie y del sustrato, obtener adhesión química. Es una propiedad de superficie que determina la capacidad de un material de atraer un líquido sobre su superficie y la de un líquido de ser atraído por una superficie. Es el aumento de la energía por unidad de área del adhesivo en la superficie del esmalte. Está definida por las fuerzas de tracción entre los átomos que integran un material y, específicamente, por los que se encuentran en la capa superficial de él. Estas uniones generan, en un sólido, la atracción de otros sobre él y en una gota de líquido, la menor

superficie disponible. Cuanto mayor sea la energía libre de la superficie y menor la del líquido, mayor es la interacción entre ambos y, puestos en contacto, menor será el ángulo que generarán.²⁹

Cuando el ácido disuelve el material orgánico de la superficie vestibular de los dientes, los radicales que conforman el esmalte quedan libres y el adhesivo se une a este por medio de una atracción electrónica de puentes de hidrógeno o de uniones covalentes. Cuando el adhesivo fluye dentro de las porosidades del esmalte, se une por medios mecánicos.⁶²

Estudios previos han documentado que la colocación de aparatos fijos induce el incremento de volumen y número de *Streptococos mutans* en la placa dental y que retornan a niveles normales, luego de remover los aparatos.²⁹

Las características superficiales de los biomateriales influyen la adhesión bacteriana *in vitro*. La rugosidad superficial (SE) y la superficie de energía libre (SFE) tienen impacto significativo en la adhesión bacteriana. Una superficie rugosa permite la colonización bacteriana a través del incremento de áreas de adhesión, evitando el desalojo de las colonias bacterianas. Un material con alta SFE atrae más bacterias a su superficie que uno con baja SFE, lo que se rige por reglas de termodinámica y por interacciones físico-químicas y fuerzas de Van de Waals, así como interacciones ácido-base que juegan un funciones

importantes en la adhesión bacteriana inicial, las cuales pueden estar definidas por los componentes de la SFE.²⁹

Los brackets de metal, cerámica y plástico y los adhesivos de composites y ionómeros de vidrio son los materiales más representativos disponibles en la ortodoncia clínica. A pesar de que sus propiedades físicas y mecánicas han sido ampliamente estudiadas, sus características de superficies asociadas a la adherencia bacteriana no han sido investigadas. Se pueden esperar varias diferencias en la adhesión bacteriana a los materiales de ortodoncia debido a las diferentes características de superficie. El conocimiento de las características superficiales de los materiales de ortodoncia puede proporcionar información valiosa sobre la capacidad de adherencia bacteriana y retención de placa asociada a la desmineralización del esmalte durante el tratamiento ortodóncico.²⁹

Los adhesivos de ortodoncia tienen características de superficie más favorables para la adhesión bacteriana que los materiales de soporte.¹

2.7.3 Tiempo de Trabajo y de Endurecimiento

Se trata de la consistencia intermedia que permita retirar la mayor parte de los excesos cuando el material está en estado plástico. De esta manera, no sería necesario utilizar instrumental rotatorio para eliminar el material que fluye más allá de los límites del bracket o de la banda y asegurar que toda la superficie interna de la aparatología que se ha de fijar quede cubierta por cemento. En relación con la preservación del sustrato al que se ha adherido, existen dos posturas con

diferentes criterios; una es que la realización de pre-tratamientos en el esmalte que permitan obtener una adhesión del bracket lo más fuerte posible deja como resultado una tasa menor de falla o desprendimiento de estos dispositivos. Otra posición es que la menor modificación del esmalte dentario, y aquí debe considerarse la menor alteración con cualquier preparación, sí bien puede convertirse en una dificultad durante el tratamiento, ya que conducirá a una mayor posibilidad de fracaso del mantenimiento de la aparatología en boca, llevará, sin embargo, una vez finalizado el tratamiento, a que el esmalte se encuentre en un estado similar al que presentaba al inicio.²⁹

2.7.4 Posibilidad de Solidificar

Esta característica es indispensable para que la adhesión o la fijación obtenidas sean duraderas.²⁹

2.7.5 Adhesividad

La posibilidad de adhesión química permite obtener una menor interfaz. Esto es importante porque no solo es de interés que la aparatología no se desprenda, sino que un contacto más íntimo entre ambas partes evitará que los líquidos bucales puedan penetrar y, de esta manera, se evitará la producción de lesiones entre los brackets y/o las bandas y la estructura adamantina.²⁹

2.7.6 Propiedades Mecánicas Adecuadas

La aparatología que se ha de adherir en ortodoncia es la responsable de cómo y cuánto la fuerza inducida se trasmite a la pieza dentaria a fin de poder movilizarla, de esta manera no solo es importante su permanencia, también lo es que la tensión que se ejerza no produzca la fractura del cemento. Para esto es importante considerar la relación polvo-líquido en el caso de los cementos y el grado de polimerización en resinas.^{29.}

2.7.7 Liberación de Flúor

Debido a la larga duración de los tratamientos ortodóncicos y a que durante ese lapso la aparatología adherida contribuye de manera significativa al atrapamiento de placa dental, es necesario o al menos preferible que los materiales involucrados ofrezcan la posibilidad de liberar flúor a fin de prevenir lo más posible los daños que podrían causarse.^{29.}

2.7.8 La Humectación

Es la capacidad de fluir que tiene un material. Este fenómeno aumenta la capacidad de adhesión por unidad de área y está relacionado con su penetrabilidad. A mayor penetrabilidad y humectación, mayor será la adhesión.^{62.}

2.7.9 El Ángulo de Contacto entre el Adhesivo y el Esmalte

Es el ángulo que se forma entre el adhesivo y el esmalte. A menor ángulo de contacto mayor será la adhesión. El ejemplo clásico para explicar este fenómeno físico en particular es el de una gota de agua en contacto con una superficie plana, mientras más repartida y fina esté la gota sobre la superficie (menos cantidad de resina) tendrá más área de contacto y se pegará más.⁶²

2.8 FALLAS EN EL FENÓMENO DE LA ADHESIÓN

Para lograr el control de los dientes en las tres dimensiones se adhieren elementos a la superficie del esmalte que deben permanecer hasta el final del tratamiento activo. Anteriormente se pensaba que el aumento en la fuerza de adherencia, daría lugar a una reducción del fracaso, pero hace poco esta relación ha sido cambiada. Muchos sistemas de adhesión se han desarrollado tales como: de dos pastas, adhesivos sin mezclar, ionómeros convencionales de vidrio, resinas, ionómeros de vidrio modificado con poliácidos de resinas compuestas (compómeros). Las grandes variaciones en el éxito dependen del agente de unión empleado, técnica de unión utilizada, tiempo de grabado, concentración del ácido, características del soporte. Factores del operador y paciente también pueden influir en el fracaso de cualquier técnica de unión, cuidado en la técnica clínica, control de la humedad, elección del material de unión, instrucciones dadas al

paciente, género, edad del paciente, tipo de maloclusión y cuidado del aparato. El tiempo medio de des-cementado espontáneo según Aneel Bherwani en un estudio publicado en el año 2.008 fue de 235 días.^{8.}

El fracaso del cementado de brackets es uno de los sucesos más frustrantes en la práctica ortodóncica. Las consecuencias producen un incremento en el tiempo del tratamiento, costo adicional tanto en material como personal y visitas adicionales del paciente. Los tres factores más importantes que afectan la fuerza de adhesión entre el bracket y la superficie de esmalte son: el mecanismo de retención de la base del bracket, el material adhesivo y la preparación de la superficie del diente. El porcentaje de fracaso de bracket en la actualidad es entre el 5% y el 7% de los brackets cementados usando lámparas de fotocurado o resinas de auto-curado.^{67.}

También se producen contracciones de tensión del material de adhesión, fallas inherentes a la composición de la dentina y el esmalte, se reduce el humedecimiento por la contaminación superficial, la capa de agua está siempre presente en el esmalte y la dentina.^{62.}

2.8.1 EFECTOS DEL ESPESOR DEL ADHESIVO EN LA FUERZA DE ADHESIÓN

Los adhesivos de un sólo paso funcionan bien en capas delgadas y los de foto-polimerización tienen fuerza de adhesión poco satisfactorias, cuando se aplican en capas mayores de 2 mm. Depende más del tipo de adhesivo que del grosor de este (no por más resina hay mayor adhesión) ⁶².

2.9 TIPOS DE ADHESIVOS

El barrillo dentinario *smear layer* es una capa de sedimento que queda en las superficies de los dientes cuando estos se desgastan con una fresa, y aunque en ortodoncia no se desgasta esmalte para realizar el cementado de brackets, existe una leve capa de *smear layer*. El grabado ácido del esmalte como preparación a la adhesión de los brackets puede, o no, remover este barrillo dentinario; todo depende de los requerimientos del material de adhesión. Los ionómeros lo quieren mantener y las resinas lo quieren remover; porque lo que buscan es rellenar los túbulos dentinarios expuestos para disminuir la sensibilidad. En forma general cuando se graba el esmalte con ácidos se remueve el barrillo y cuando se acondiciona se mantiene. ⁶².

2.9.1 Adhesivos de Uno y Dos pasos

Se clasifican en: adhesivos que modifican el barrillo dentinario, adhesivos que remueven completamente el barrillo dentinario, adhesivos que modifican y remueven el barrillo dentinario.^{62.}

2.9.2 El imprimador o Acondicionador para Porcelana

Es un monómero hidrofílico con gran afinidad por las fibras colágenas expuestas, disuelto en un solvente orgánico tal como acetona o etanol. Su objetivo es el de transformar la superficie dentinaria hidrofílica en hidrofóbica.^{62.}

2.9.3 El Agente de Unión

Es aquel que une la matriz de resina y las partículas de relleno. El más usado es el silano que forma uniones entre las partículas de relleno.^{62.}

2.10 LA ADHESIÓN AL ESMALTE

El esmalte está compuesto en un 95% por calcio y fósforo, un 3% por agua y un 2% por proteínas, el grabado ácido de este sustrato que es altamente mineralizado, es bueno y produce una adhesión micro-mecánica entre 5,9 y 7,8 MPa, dependiendo la calidad de adhesivo. Fuerzas adhesivas mayores de 13 MPa producen fracturas y daño permanente del esmalte.^{62.}

Parece ser que no todos los clínicos están familiarizados con los cambios dinámicos que se produce en el transcurso de la vida en las capas más superficiales del esmalte. Debido a que la superficie dental no es estática, la estructura normal es diferente en los dientes de niños, adolescentes y adultos. En toda discusión acerca del aspecto de la superficie dental, debe considerarse el desgaste normal. Las características son visibles tanto a nivel clínico como microscópico.^{62.}

La característica clínica más evidente en dientes jóvenes recién erupcionados consiste en periquematías o líneas de imbricación que discurren alrededor del diente en toda la superficie adamantina. Con microscopia electrónica de barrido (MEB) los extremos abiertos de los prismas del esmalte se reconocen como pequeños huecos. En dientes adultos, el cuadro clínico refleja desgaste y exposición a diversas fuerzas mecánicas (hábitos de cepillado,

alimentos abrasivos). En otras palabras, las crestas periquemáticas se desgastan y las reemplaza un patrón rayado. Muchas veces se observan grietas. Con MEB no hay evidencias de los extremos de los prismas ni de periquematías; en su lugar aparecen rayas profundas y más finas por toda la superficie. Los dientes de los adolescentes reflejan un estado intermedio. Según Mannerberg, a los 6 años prácticamente todos los dientes tienen periquematías notables en un tercio a dos tercios de la superficie dental; a los trece años, la cantidad se reduce a 70-80% de los dientes, y a los 18 años, solo 25-50% de los dientes muestran esas crestas.²⁸

La composición química de la superficie del esmalte puede incidir sobre la cantidad de micro-porosidades creadas durante el proceso de grabado necesarias para la unión mecánica de los brackets. Con los avances tecnológicos, la composición química de la superficie del esmalte puede ser determinada mediante el microscopio electrónico de barrido, sin alterar o destruir las muestras del esmalte. Esta técnica nos permite el uso de las muestras para futuros estudios.³⁷

Aunque cada adhesivo tiene su composición particular dependiendo de la casa comercial que lo fabrique, dentro de su composición general tenemos:⁵² Un vehículo, el cual es el medio de transporte de los diferentes químicos (agua, acetona, etanol), moléculas bi-funcionales en los adhesivos multi-frascos, moléculas poliméricas adhesivas (Bis-GMA, UDMA), grupos químicos para la

polimerización que pueden ser diquetonas, canforoquinonas e iniciadores químicos, cargas inorgánicas en donde algunos adhesivos incorporan vidrios en su composición con el fin de disminuir la contracción de la polimerización.^{28.}

2.10.1 Clasificación de los Adhesivos

2.10.1.1 Adhesivos Tipo 1

Grabador aplicado y lavado para remover la capa de lodo dentinario: el iniciador y los adhesivos son aplicados por separado: se denominan también como sistema de multi-componentes. Fué la cuarta generación de adhesivos y se caracterizan por estar constituidos por más de un envase, entre estos tenemos: Optibond FL (Kerr), Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M), All Bond 2 (Bisco).^{28.}

Los sistemas de adhesivos convencionales usan tres diferentes agentes: un acondicionador de esmalte, una solución primer y un adhesivo para cementar los brackets al esmalte.^{12.} Ventajas: provee efectiva adhesión al esmalte y dentina, proporciona mayor fuerza de adhesión al esmalte en comparación con los sistemas mono-componentes y auto-grabadores, son reconocidos como los adhesivos más eficaces.^{28.} Desventajas: ocupan mayor tiempo clínico, hay mayor riesgo de contaminar la estructura dental por la cantidad de fases clínicas que se

requiere.²⁸ En un estudio reportado por la revista Noticias Dentales de América Latina que compara diferentes marcas comerciales, el adhesivo OptiBond FL, resultó ser el que más fuerza de adhesión al esmalte presentó, con una resistencia a la tracción de 34,1 MPa. El Scotchbond MultiPurpose de la 3M mostró una resistencia de 18 MPa y el All-Bond 2 fué el que presentó menos resistencia con 12,3 MPa.²⁸

2.10.1.2 Adhesivos Tipo 2

Grabador aplicado y lavado para remover la capa de lodo dentinario; el iniciador y el adhesivo son aplicados en una solo solución. Es la quinta generación en adhesivos, llamados también sistemas adhesivos mono-componentes, en estos el primer y el adhesivo se han incorporado en un solo envase. Este sistema se sintetizó con el fin de disminuir los pasos clínicos y consecutivamente el tiempo de trabajo. Entre estos tenemos: los basados en acetona: prime & bond NT (Dentsplay) y One Step (Bisco Inc.). La mayoría de estos productos contienen un agente para grabado y resina fluida como “primer”. El agente de grabado es el ácido fosfórico en concentraciones de 30-40% que disuelve el barrillo dentinario y abre los túbulos, exponiendo un entramado denso de fibras colágenas en la superficie de dentina. La humedad de la superficie es un factor crítico para el funcionamiento en el caso de los adhesivos basados en acetona.²⁸

A pesar que los sistemas mono-componentes son adhesivos de alta tecnología, presentan algunas desventajas, entre las más importantes: El uso de estos sistemas adhesivos no necesariamente implica la reducción del tiempo clínico, porque algunas presentaciones comerciales ameritan de la aplicación de varias capas (Prime Bond NT-Dentsplay), con la finalidad de obtener una capa adhesiva con un grosor suficiente. Es una técnica más sensible porque amerita la aplicación de varias capas.²⁸ La nanotecnología es una de las áreas más excitantes de la química moderna y se están realizando múltiples esfuerzos de investigación para poder usar de forma adecuada esta tecnología. La idea es crear materiales que tengan las ventajas de los materiales orgánicos e inorgánicos, esto es, que combina la flexibilidad y dureza de la red orgánica con la resistencia de los compuestos inorgánicos. La nanotecnología resulta extremadamente útil en el bondeado de brackets, ya que se incorpora el nano-relleno en el adhesivo y lo hace más resistente a las fracturas. El esmalte es un tejido compuesto que consiste en cristales de apatita que le confieren resistencia y el colágeno le da la dureza. En el adhesivo las mismas funciones las realizan diversas sustancias: el nano-relleno aporta resistencia y la matriz de resina suministra la dureza necesaria. El nano-relleno usado en prime & Bond NT penetra en la dentina rápidamente por su tamaño extremadamente pequeño (7 nanómetros). Prime & Bond presenta una fuerza de unión de 10,3 MPa en dentina y de 20,0 MPa en esmalte. Incluso el nano-relleno es tan pequeño que es capaz de formar parte de la capa híbrida, compuesta por el adhesivo y la dentina modificada, ello refuerza directamente el área más importante de la interfaz adhesiva. Ventajas: elevada fuerza adhesiva a esmalte y dentina, presentando una resistencia de adhesión al esmalte de 20,0 MPa, alta resistencia mecánica de

la capa adhesiva, técnica de aplicación extremadamente sencilla, además de esto, Prime & Bond NY presenta una liberación gradual de flúor, buena biocompatibilidad y puede ser usado con todo tipo de composites fotopolimerizables.²⁸

2.10.1.3 Adhesivos Tipo 3

Iniciador auto-grabador aplicado para disolver la capa de lodo dentinario sin lavado; el adhesivo es aplicado por separado. Según Gordan & Others (1.998), los sistemas auto-grabadores no solamente simplifican la técnica clínica, sino que también disminuyen la sensibilidad de la técnica en comparación con los sistemas convencionales. Entre otras ventajas de estos sistemas se destacan por: desmineralización e infiltración de la resina simultánea, posibilidad de mono-dosis: permite el control de la evaporación del solvente y así mantener la composición estable del adhesivo, adecuada interacción monómero-colágeno, efectivo desensibilizador dentinal, menor importancia a la humedad dentinal, disminuye el riesgo de las infecciones cruzadas, entre las desventajas se pueden mencionar: la fuerza de adhesión que se logra en el esmalte es suficiente, pero es inferior a la que obtiene con los sistemas adhesivos convencionales (técnica de grabado total), como por ejemplo: NRC™/Prime & Bond NT, Clearfil SE Bond: la casa comercial Kuraray, One Coat Bond SE.²⁸

2.10.1.4 Adhesivos Tipo 4

Iniciador autograbadador y adhesivos aplicados en una sola solución para disolver y tratar la capa de lodo dentinario simultáneamente. Es un nuevo sistema simplificado de adhesión, conocido también como adhesivos de séptima generación, los cuales simplifican la multitud de materiales de las otras generaciones reduciéndolos a un sistema de un solo componente y un solo frasco. Esta última “generación” de adhesivos convierte los procedimientos de adhesión dental en procesos más fáciles.¹⁰ Entre estos tenemos:

Transbond™ Plus: es un adhesivo todo en uno, en el cual a través de una fórmula química se logra realizar en un sencillo paso, acondicionar y producir adhesión en solo unos segundos. Transbond™ Plus Self Etching Primer elimina muchos de los pasos que pueden provocar errores en el proceso de bondeado, tal como la contaminación en cualquiera de las fases que pueden comprometer la fuerza de adhesión y, por lo tanto, el despegado del bracket. El mecanismo de este adhesivo está basado en la presencia de metacrilato de ácido fosfórico con un PH bajo que asegura un grabado tan completo como el del ácido fosfórico en gel al 35%. El patrón de grabado del ácido fosfórico en gel y este es esencialmente el mismo.⁵² La ventaja de este producto es que ahorra tiempo de silla, mejora la comodidad del paciente, permite mejor control de la humedad sin afectar significativamente el porcentaje del fracaso del bondeado.⁴⁸ Su desventaja es la omisión de la capa de adhesivo que puede hacer al esmalte grabado vulnerable a la descalcificación. El complejo de ácidos que queda en la red de resina cuando el imprimador se polimeriza también puede disminuir el pH de la superficie del

esmalte. De manera que los especialistas deben seleccionar el medio de unión con cuidado para sus pacientes.^{27.}

La adhesión directa de los brackets ortodóncicos al esmalte con la técnica de ácido más resina compuesta fué descrita por primera vez por Newman en 1.965 y hoy en día es aceptada por gran parte de ortodoncistas. La efectividad de la mecánica de bondeado con resina convencional al esmalte requiere que este se encuentre completamente seco luego de la aplicación del ácido para de esta forma permitir la penetración del primer hidrofóbico para la adecuada retención.

Debido a que la contaminación por humedad ha sido reportada como la razón más común del fracaso de la adhesión, varios fabricantes han introducido sistemas hidrofílicos para adherir superficies de esmalte húmedas. Transbond moisture insensitive primer (MIP), el cual contiene una solución de primer hidrofílico disuelto en etanol es recomendado en esmalte grabado, seco o húmedo. Este material es químicamente idéntico al ampliamente usado bonding de dentina agent 4 (single bond).^{52.}

Prompt L-Pop: la fórmula del 3M ESPE Prompt L-Pop, adhesivo en un solo paso (autograbado) permite fotopolimerizar con una amplia variedad de fuentes de luz (halógena, láser, plasma o LED) ya que contiene un foto-iniciador, la canforoquinona (CPQ). Este adhesivo tiene un tinte amarillo que proporciona una mayor visibilidad y control tanto cuando mojamos el cepillo como cuando aplicamos el adhesivo en el diente. Además, como la CPQ se ha añadido solo en

el primer compartimiento del dispensador, el color actúa como una señal fácilmente reconocible de que el producto ha sido activado. Este adhesivo puede ser usado sobre dentina y esmalte; presenta una fuerza de unión de 8,8 MPa en dentina y de 22,2 MPa en esmalte. La casa fabricante recomienda: Colocar el adhesivo en el diente durante 5 segundos. La forma de colocarlo es frotando el aplicador sobre la superficie dental, estar seguros que la superficie quede brillante después de la aplicación del aire. Sí no es así, se debe repetir la operación, fotopolimerizar el adhesivo durante 10 segundos antes de bondear el bracket. Se ha comprobado que esto facilita la colocación del composite e incluso mejora el comportamiento del adhesivo.^{52.}

Prompt L-pop fue el primer adhesivo de sexta generación publicado en el mercado y tiene la misma composición química que otros adhesivos autograbables tales como: Transbond Plus.^{61.}

Se ha demostrado que la resistencia de cizallamiento en los diferentes tipos de adhesivos de autograbado y técnica convencional no es significativamente importante.^{4, 61, 58.}

Van Meerbeeck y colaboradores clasificaron los adhesivos en los que tienen un pH bajo alrededor de 2 “leve” (auto-grabadores) hasta 10 “fuerte” (adhesivos convencionales que deben enjuagarse)^{45.}

Los de autograbado con pH más bajo suelen ser más agresivos que los que no son tan ácidos, mostrando mayor disolución de esmalte y un patrón de grabado más profundo.^{45.}

El pH no es el único factor determinante en la agresividad de los auto-grabadores, otros factores como la disociación constante de la estructura del ácido, la composición, tiempo de aplicación y solubilidad de las sales formadas por la interacción también influyen en la actuación de los auto-grabadores.^{45.}

Históricamente se asumió que el principal mecanismo de retención durante la unión era la mecánica de enclavamiento del adhesivo en el esmalte, como consecuencia de ello se pensó que un patrón más profundo de grabado proporcionaría una mayor superficie para la adhesión y por lo tanto mayor fuerza.^{45.}

Smart Bond: es un cemento que necesariamente pega en superficies húmedas (agua, saliva o sangre); al contacto del Smart Bond con el agua comienza el proceso de polimerización; la base activa de este adhesivo es el etil-cianocrilato. El gel grabador (ácido fosfórico al 37%) necesita 10 segundos para grabar, reduciendo considerablemente el posible daño al esmalte dental.

Este cemento sufre una transformación de monómero a polímero, siendo su tiempo de endurecimiento de 1 a 3 minutos. A mayor humedad, aumenta el tiempo de polimerizado. A partir de 3 minutos ya se puede ligar el bracket y

traccionarlo. Ventajas: biocompatibilidad, hipoalergénico, se adhiere a superficies de composite y de porcelana, no tiene mal sabor para el paciente, se adhiere sobre plástico, metal y cerámica. Desventajas: pega la piel al contacto, ya que el adhesivo contiene etilcianocrilato.⁵² El nuevo adhesivo de autograbado Xeno® III, graba el esmalte y la dentina, acondiciona y aplica el agente adhesivo resinoso simultáneamente sin necesidad de lavado y sin comprometer la resistencia de adhesión, ha aumentado su popularidad en adhesión en ortodoncia, aunque aún son requeridos algunos estudios que confirmen la idoneidad de este adhesivo en la propuesta ortodóncica. Con agua/etanol como solvente, Xeno® III, contiene dos promotores de adhesión originales, inventados y patentados por Dentsply: PEM-F, un "buscador" de iones calcio liberador de flúor, que aumenta la eficacia de grabado. Pyro-EMA, que forma grupos de ácido fosfórico tras su hidrólisis.²

Algunas casas comerciales han desarrollado adhesivos específicos para el cementado de brackets y bandas ortodóncicas. La Ormco presenta Enlighth, el cual tiene como ventaja que aún después de haberse llevado a cabo la polimerización, esta resina sigue polimerizando en ausencia de la misma (de curado dual), Enlight LV es una modificación, la cual tiene mayor viscosidad y la casa comercial la recomienda para el cementado de retenedores linguales.⁵²

Para el cementado de bandas, Ormco ofrece Optiband, el cual es un ionómero de vidrio con base en resina, por lo que aumenta su adhesión a la superficie dental y al metal reduciendo la disolución del material y minimizando las

fallas; presenta también un sistema de polimerización dual. Viene en presentación de jeringas duales, lo que evita la mezcla engorrosa del polvo con el líquido obteniendo una mezcla consistente. La casa comercial 3M Unitek nos muestra también diferentes productos en el área de la ortodoncia, dentro de los cuales podemos mencionar el Transbond™ XT. Este es un adhesivo para el cementado de brackets cerámicos y metálicos, pero no se recomienda su uso en brackets de plástico. Para el cementado de retenedores linguales la 3M recomienda el Transbond™ LR y para el cementado de bandas el Transbond™ Plus Light cured Band Adhesive, el cual es una pasta adhesiva que libera flúor, es fotopolimerizable en 20 segundos y es de color azul para eliminar los excesos con mayor facilidad.⁵²

La casa 3M Unitek también trae al mercado la nueva tecnología APC Plus, el cual es un sistema de brackets que ya vienen con la resina incluida en su base. Con este sistema no se requiere de mezclas o aplicaciones y se reduce el riesgo de contaminación en la base del bracket, adicional a esto, el adhesivo libera flúor y provee un cambio de coloración permitiéndole al clínico observar los excesos con facilidad, comienza con un color rosa y luego cuando se fotopolimeriza, el color del adhesivo se transparenta. Se puede fotopolimerizar con cualquier tipo de luz halógena, plasma o LED. A diferencia del sistema APC II, el adhesivo del APC Plus libera flúor y es potencialmente hidrofóbico, aunque el BisGMA sigue siendo uno de sus principales componentes.⁵²

La casa GC Fuji introduce al mercado compómeros para el cementado de brackets y bandas de ortodoncia como el Orho LC, Ortho Self-cured y el Ortho band. Sus principales ventajas es que pueden ser usados en campos húmedos considerando que en la zona posterior de la cavidad bucal siempre es más difícil de mantenerla aislada. Otra ventaja es por su continua liberación de flúor la cual promueve la mineralización del esmalte y ayuda a mantener su integridad en comparación con la resina convencional, minimizando así la necesidad de restauraciones cosméticas en los pacientes después del tratamiento.^{52.}

Cabe destacar que cada sistema adhesivo es único, característico y especial, por esta razón se recomienda siempre leer las indicaciones y recomendaciones de la casa fabricante del sistema de elección, aunque gran parte de los sistemas adhesivos contemporáneos coinciden en la metodología de aplicación e indicaciones.^{52.}

Las características de un adhesivo ideal según Uribe son: brindar una unión química real, tener un ángulo de contacto pequeño, tener baja energía superficial, ser bio-compatibles, producir mínimo daño, ser estéticos, y económico.^{52.}

Los materiales adhesivos ortodóncicos, especialmente los sistemas convencionales, pueden tener potencial alergénico en humanos los cuales pueden llevar a reacciones adversas en pacientes o alergias ocupacionales.

Componentes de materiales adhesivos de ortodoncia han demostrado que penetran guantes quirúrgicos.^{56.}

Los adhesivos antibacterianos de auto-grabado en un solo paso y dos pasos presentan suficientes propiedades mecánicas para la unión de brackets. El efecto antibacteriano y los procedimientos de aplicación simplificada de estos sistemas los hacen una buena elección para su uso en ortodoncia.^{3.}

La liberación y recarga de fluoruros en el sistema adhesivo con imprimador de autograbado (Beauty Ortho Bond) de la casa Shofu demostró clínicamente suficiente fuerza de adhesión en la unión repetida de brackets y puede ayudar a los ortodoncistas a disminuir el riesgo de daños al esmalte.^{22.}

Existen diferencias estadísticamente mayores en la pérdida de esmalte luego de ser grabada de manera convencional con ácido fosfórico al 37% comparado con adhesivos de autograbado.^{30.}

Al momento de des-cementar la menor pérdida de esmalte se consigue con adhesivos de auto-grabado, con fresas de carburo de tungsteno a baja velocidad o alicates de des-bondeado, sin embargo con estos alicates también se encuentra mayor porcentaje de adhesivo residual.^{30.}

2.11 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA DESMINERALIZACIÓN

Las manchas o áreas blancas de desmineralización son lesiones cariosas irreversibles de diversa extensión resistentes a la re-mineralización. La incidencia y la severidad de las manchas blancas después de un período completo de un tratamiento ortodóncico han sido estudiadas por varios autores. La conclusión general fué que los dientes con bandas o con brackets adheridos pueden exhibir significativamente más manchas blancas que dientes controles no tratados. En una técnica con multi-adhesión carente de un programa preventivo con fluoruros Gorelick y colaboradores hallaron que el 50% de los pacientes presentaban un aumento en la cantidad de puntos blancos. La incidencia más alta estaba en los incisivos superiores, sobre todo en los laterales, caninos y primeros premolares inferiores a nivel del tercio medio cervical. Este evidente grado de daño iatrogénico sugirió la necesidad de asociar programas preventivos con fluoruros a los tratamientos ortodóncicos con aparatos fijos.^{28, 45, 57.}

La formación de manchas blancas in situ es una complicación indeseable de la terapia con aparatos fijos. Estas lesiones se deben a la desmineralización del esmalte por el ácido orgánico producido por bacterias cariogénicas que fácilmente se acumulan alrededor de los brackets.^{31.}

El método tradicional de diagnóstico para la desmineralización en superficies lisas consiste en una inspección visual previo secado con aire. Aunque esta es una manera fácil y rápida en la clínica, no es un método objetivo y reproducible para la detección precoz, la cuantificación y seguimiento de la evolución de la desmineralización. Para superar estas limitaciones, basado principalmente en los fenómenos ópticos puede realizarse el diagnóstico a través de: imagen digital con trans-iluminación de fibra óptica, láser cuantitativo (láser azul-verde) o fluorescencia inducida por luz, y de láser-rojo inducida por la luz fluorescente. El rendimiento del diagnóstico y la reproducibilidad de la fluorescencia inducida por láser rojo han sido investigados principalmente para las superficies oclusales. Recientemente han sido evaluados para las superficies lisas, con resultados muy alentadores en el área ortodóncica.⁵⁷

Existen amplias revisiones de los diferentes métodos de aplicación de fluoruros en ortodoncia. Para todos los pacientes ortodóncicos se recomienda como procedimiento de rutina el enjuague diario con solución diluida (0,05%) de fluoruro de sodio durante todo el periodo de tratamiento y contención, más el uso regular de dentífrico fluorado. Los colutorios con solución fluorada débil son eficaces, presentan poco riesgo y la mayoría de los pacientes pueden adaptarse fácilmente a usarlos por un período de uno o dos años. Además, debe adjudicarse al paciente una responsabilidad definida en las acciones para impedir la descalcificación durante el tratamiento. Así mismo, en pacientes con problemas de higiene puede ser útil pintar los sitios susceptibles a las caries, en cada visita,

con un barniz fluorado o con uno de los nuevos y eficaces agentes anti-caries, como el tetra-fluoruro de titanio (TiF_4).²⁸

En la actualidad existen abundantes evidencias, fundadas en estudios in vivo o de laboratorio, que sustentan el concepto de que las lesiones cariosas pequeñas pueden ser curadas, proceso que suele denominarse re-mineralización. La caries dental podría no ser un simple proceso de desmineralización continua. Más bien, se trataría del resultado de una serie dinámica de acontecimientos y la desmineralización ocurriría naturalmente durante la formación de una caries. Los iones de fluoruro aumentan mucho el grado de re-mineralización (incorporación de calcio y fosfato desde la saliva) y disminuyen el tiempo requerido para que se produzca este mecanismo. Para desencadenar el proceso solo hacen falta bajos niveles de fluoruros; aumentar adicionalmente el nivel de fluoruro no da por resultado un mayor grado de re-mineralización. Otros efectos de los fluoruros podrían operar sobre la adhesión de placa (en sus aspectos cuantitativo u cualitativo) aunque la teoría más tradicional de que el fluoruro aumenta la resistencia del esmalte probablemente no sea muy significativa. De esta manera, los iones de fluoruro pueden concentrarse en áreas desmineralizadas, que así actúan como reservorios que promueven la re-mineralización desde la saliva.²⁸

A pesar de que existen evidencias clínicas suficientes que prueban que el proceso de formación de manchas blancas puede ser revertido, al menos en parte, se necesita mayor información antes de establecer un programa de re-

mineralización óptimo para los pacientes ortodóncicos. Las manchas blancas visibles que se desarrollan durante la terapia ortodóncica, no deben ser tratadas con agentes fluorados concentrados inmediatamente después del despegado, porque este procedimiento impedirá la reparación completa. Cabe esperar que en el futuro se disponga de métodos más eficaces para la reversión de caries.^{28.}

En la actualidad parece conveniente recomendar un período de dos a tres meses de buena higiene oral pero sin suplementación con fluoruros después de la sesión de despegado. Esto reduciría la visibilidad clínica de las manchas blancas. Una cantidad mayor de fluoruros tendería a precipitar fosfato de calcio sobre la superficie del esmalte y bloquearía los poros superficiales. Esto limitaría la remineralización de la parte superficial de la lesión sin cambiar el aspecto óptico de la mancha blanca.^{28.}

Es importante que no dejemos excedentes de resina alrededor del bracket. Para evitar que exista una mayor desmineralización, es necesario dedicar una cita a nuestros pacientes para explicarles sobre la importancia de mantener limpios los aparatos ortodóncicos, haciendo notar los beneficios que brinda una adecuada higiene oral. Para iniciar el proceso de cementado de la aparatología ortodóncica es importante realizar una buena profilaxis dental y un buen aislamiento de las superficies dentales para evitar la contaminación con fluidos bucales, ya que estos afectan peligrosamente el fenómeno de la adhesión.^{52.}

Varios métodos para disminuir la desmineralización que no requieren la colaboración del paciente han sido examinados.^{38.}

Barnices de flúor o clorhexidina son una opción que permite al ortodoncista controlar el momento y la cantidad de flúor utilizados. Sin embargo los barnices requieren varias aplicaciones y se aplican generalmente solo después de que las lesiones se encuentran para evitar su progresión.^{38, 39.}

Existe frustración por parte del ortodoncista por el hecho de que estas cicatrices permanentes en general, pueden ser prevenidas cuando el paciente sigue buenas prácticas de higiene oral. Debido a que el cumplimiento del paciente con frecuencia carece de estas medidas, se han empleado los fluoruros como auxiliares de la higiene oral pero su eficacia depende de la colaboración del paciente, de manera que, las medidas preventivas ideales deben ser fáciles para el clínico y deben ser usadas independientemente de la colaboración del paciente.^{45.}

La aplicación de selladores de resina en la superficie del esmalte alrededor del soporte, que protejan la superficie del esmalte de los ataques ácidos, se ha sugerido como método de prevención en la desmineralización del esmalte, aunque estudios anteriores in vivo, en los cuales se usaron sellantes alrededor de los brackets ortodóncicos han mostrado resultados desfavorables debido a la falta de retención del sellante. Una investigación realizada por Adam Otsby en el año

2.008 aplicando ULTRASEAL XT alrededor de los brackets proporcionó una reducción significativa en la desmineralización del esmalte durante el tratamiento con aparatos fijos.^{45.}

Otro método de reducción de la desmineralización del paciente sin su colaboración es a través de los sistemas de liberación adhesivos. La inhibición de la caries por liberación de flúor ha sido demostrada tanto en: cementos de ionómeros de vidrio y composites, pero las fuerzas de adhesión de los ionómeros son menores que las de los composites convencionales y menos ideales para los tratamientos clínicos. La resina modificada con ionómero de vidrio posee una liberación conveniente de flúor y propiedades clínicamente aceptables de fuerza de bondeado. Sin embargo sus propiedades de manejo clínico son menos ideales.^{38, 5.}

Un procedimiento anti-caries innovador implica la aplicación de un sellador de resina sobre sobre la superficie vestibular del diente antes de pegar el bracket o alrededor de los brackets durante el tratamiento.^{39.}

En un estudio in vitro Rosang demostró una impresionante reducción en la profundidad de la descalcificación de manchas asociadas a los brackets cuando un sellante resinoso con relleno (Pro Seal) se combinó en el sistema de los adhesivos.^{39, 45.}

Otro enfoque importante para la prevención de la desmineralización y sin que influya en la resistencia de la unión es el uso de selladores después del grabado ácido, aunque estos no han demostrado ser muy eficaces debido a que el curado del sellante no completó debido a la inhibición de la capa de oxígeno residual, por otro lado los sellantes han demostrado que curan por completo y evitan la desmineralización con eficacia en estudios in vitro.^{65.}

Investigaciones anteriores han examinado la eficacia de selladores de resina para proteger la superficie del esmalte. Ambos productos químicos y fotocurados solo han sido examinados con resultados mediocres. Debido a la inhibición de oxígeno en la superficie, los sistemas químicos no llegan a la polimerización completa. Esto resulta en una delgada o inexistente capa remanente. La luz de curado de resinas aunque sigue siendo susceptible a la inhibición de oxígeno de la superficie, alcanza un mayor grado de polimerización y ofrece una cobertura más completa que los productos auto-curados. Desafortunadamente las resinas sin relleno o rellenos ligeros de deseada baja viscosidad y alta capacidad de flujo para facilitar su aplicación, poseen poca fuerza para resistir la abrasión durante un período prolongado de tiempo.^{38.}

Se ha sugerido sustituir el azúcar de la dieta diaria por xilitol ya que se maximiza la posibilidad de la prevención de caries, reduciendo significativamente la proliferación de *Streptococos mutans* y *Lactobacilos* en la saliva, la inhibición de la fermentación de la placa dental por medio del xilitol tiene como consecuencias la disminución del ácido láctico, la formación de polisacáridos

extracelulares solubles que hacen a la placa menos adhesiva y el aumento del metabolismo general del nitrógeno de la placa dental.^{40, 41, 42, 69.}

El xilitol es un endulzante natural, fisiológico introducido al público en Finlandia en 1.975, que ha sido clínicamente probado a largo plazo y de forma rigurosa en humanos y se ha encontrado que es seguro y efectivo, otra manera de usarlo es a través de gomas de mascar, este método de prevención puede ser promovido en escuelas y universidades, menos de 10 gramos de xilitol dividido entre cinco episodios de masticación de la goma de mascar podría ser satisfactorio.^{40, 41, 42.}

2. OBJETIVOS

3.1 Objetivos Generales

- Comparar mediante la observación de las fotografías al MEB la apariencia de la superficie de acondicionamiento del esmalte con los ácidos ortofosfóricos Ortho-Ease™ de Ortho Organizers y 3M ESPE Scotchbond™
- Observar la uniformidad del cubrimiento de la superficie dental preparada con ácido ortofosfórico aplicando los adhesivos Illuminate™ enamel bonding resin y 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer.

3.2 Objetivos Específicos

- Verificar la homogeneidad de desmineralización de los ácidos ortofosfóricos Ortho-Ease™ de Ortho Organizers y 3M ESPE Scotchbond™
- Sugerir a través de los resultados obtenidos con esta investigación el adhesivo más eficiente en el cubrimiento de la superficie demineralizada por el ácido ortofosfórico.

3. JUSTIFICACIÓN

Siempre ha sido un dolor de cabeza para el ortodoncista el tan difícil control de higiene dental en pacientes con aparatología fija, ya que es muy complicado que un paciente adolescente y en plena edad de rebeldía evite el acúmulo de placa bacteriana alrededor de brackets y tubos, aún cuando existan en el mercado infinidad de productos creados para este fin.

La complicación más segura es la formación de caries y lesiones de manchas blancas al culminar la terapia de ortodoncia si no se sigue un protocolo de higiene específico.

Se han realizado muchas investigaciones con la finalidad de diseñar e implementar productos que controlen esta dificultad del tratamiento ortodóntico con aparatología fija, es por ello que en este estudio se realizará una comparación de dos adhesivos implementados para disminuir el riesgo cariogénico, observando microscópicamente el sellado logrado en la apertura de canalículos adamantinos para de esta manera reducir la cantidad de lesiones en el esmalte de pacientes ortodónticos.

4. HIPÓTESIS

El adhesivo ortodóntico 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer produce un sellado del esmalte más uniforme y de mejor calidad que el producido por Illuminate™ enamel bonding resin de Ortho Organizers lo que permitiría una disminución de la desmineralización de la superficie tratada, lo cual a su vez bajaría el porcentaje de pacientes con caries y lesiones incipientes de manchas blancas tras el tratamiento con aparatología fija.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Diseño del estudio

Se realizó un estudio experimental, ya que las estructuras involucradas son sometidas a un estudio de laboratorio a través del microscopio electrónico de barrido (MEB); comparativo porque se comparan dos adhesivos de uso ortodóncico y analítico porque se observan detalladamente las estructuras dentarias involucradas en la inter-fase adhesiva esmalte-resina intermedia ortodóncica frente al procedimiento de la adhesión.

6.2 Muestra

Se utilizaron 50 terceros molares multi-radicales humanos, indicados para exodoncias donados por cirujanos maxilofaciales (anexo 1-carta de donación), cuyas superficies estaban completamente sanas, en ausencia de restauraciones y sin la realización de blanqueamiento previo, esto con la finalidad de disminuir al máximo las variables dentro del estudio, todas las piezas fueron limpiadas con cavitron (figura 1.a), pulidas con copas de goma (figura 1.b) y piedra pómez con micro-motor a baja velocidad y guardadas en solución fisiológica al 0,9%, ya que esta solución posee una composición similar al líquido extracelular del organismo, hasta ser utilizados (figura 1.c). El rango de edad de los pacientes a quienes se

les practicaron las exodoncias de los terceros molares utilizados fué entre 18 y 25 años.

6.2.1 Criterios de Inclusión

- Dientes que no presenten lesiones cariosas en ninguna de sus caras.
- Dientes que no presenten ninguna restauración.
- Dientes a los que no se les haya realizado blanqueamiento dental.
- Dientes que presenten morfología típica de su tipo.
- Dientes de pacientes entre 18 y 25 años de edad.

6.2.2 Criterios de Exclusión

- Dientes que presenten caries en alguna de sus caras.
- Dientes que presenten restauraciones en alguna de sus caras.
- Dientes a los que se les haya realizado blanqueamiento dental.
- Dientes que presenten morfología atípica.
- Dientes de pacientes menores a 18 años o mayores de 25 años.

6.3 Preparación de las Muestras

Los 50 terceros molares multi-radiculares fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos. Dos grupos control, de 5 dientes cada uno y dos grupos, de 20 dientes cada uno.

Los dos grupos de control fueron usados para estudiar el patrón de esmalte tratado con ácido orto-fosfórico. El segundo y tercer grupo fueron usados para observar la calidad de cubrimiento de cada uno de los adhesivos y los cambios observados sobre los dientes previamente tratados con ácido orto-fosfórico al 37%. Todos los dientes fueron conservados en solución salina al 0,9% hasta ser utilizados para el estudio.

Las coronas de los dientes fueron primero seccionadas de las raíces con un disco de diamante Summa disc de la casa comercial Shofu (figura 2.a). Después, cada corona fue cortada en una línea mesio-distal por la mitad del diente con el disco de diamante desde oclusal hasta cervical (figura 2.b), y las superficies vestibulares de los dientes fueron guardadas para usarlas en el estudio (figura 2.c), las superficies linguales fueron desechadas. Marcas simétricas de orientación se cortaron en la superficie bucal del esmalte con el disco de diamante para facilitar la orientación en el microscopio electrónico de barrido.

Tras una pequeña encuesta realizada entre los docentes de la Cátedra de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad San Francisco de Quito, (anexo 2-encuesta), se decidió utilizar las dos marcas comerciales de adhesivos más populares y las de más fácil acceso en los almacenes comerciales de esta ciudad, para de esta manera hacer un aporte informativo más real y práctico dentro de las necesidades cotidianas, de esta forma se decide utilizar el ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ de la marca comercial Ortho Organizers, ácido fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ y los adhesivos de su respectivas marcas comerciales: Illuminate™ enamel bonding resin y 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer (figuras 3 y 4), todas las muestras fueron fotopolimerizadas con la lámpara sistema LED marca Discus Dental FLASHlite 1401, durante 10 segundos, con un rango de longitud de onda de 460 nm, a una temperatura de 15°C.



Figura 1. Limpieza y Almacenamiento de las Muestras.

a. Limpieza de las piezas con cavitrón, b. Pulidas con copas de goma y piedra pómez con micromotor a baja velocidad, c. Guardadas en solución fisiológica al 0,9% hasta ser utilizadas.



Figura 2. Seccionado de las Muestras.

a. Disco de diamante Summa disc de la casa comercial Shofu, con el que fueron seccionadas las raíces y coronas de la piezas a utilizar, b. Corte mesio-distal por la mitad del diente con el disco de diamante desde oclusal hasta cervical, c. Superficies vestibulares de los dientes fueron guardadas para usarlas en el estudio, las superficies linguales fueron desechadas.



Figura 3. Ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ e Illuminate™ enamel bonding resin de Ortho Organizers.

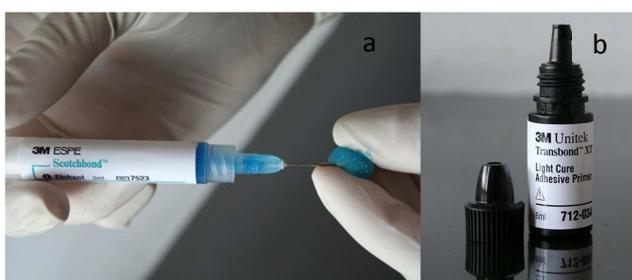


Figura 4. a. Ácido fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. b. 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer.

6.4 Grupos de Estudio

Las 50 muestras fueron divididas en cuatro grupos, dos grupos control, de 5 dientes cada uno y dos grupos de estudio de 20 dientes cada uno. Los siguientes procedimientos fueron realizados solo por un operador.

6.4.1 Grupo 1

Las superficies vestibulares del esmalte del primer grupo control fueron grabada con el ácido ortofosfórico Ortho-Ease™ de la marca comercial Ortho Organizers, por 15 segundos colocado con el dispensador de la jeringa sobre las superficies vestibulares (Figura 5.a), lavadas por 15 segundos (Figura 5.b) y secadas con aire seco sin aceite, a un centímetro de distancia (Figura 5.c), como indica el fabricante.

6.4.2 Grupo 2

Las superficies vestibulares del segundo grupo control de 5 muestras, fueron tratadas de la misma manera que el grupo 1, con la única diferencia de que se usó el ácido fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. (Figura 6).

6.4.3 Grupo 3

Se acondicionaron las superficies del grupo tres con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ de Ortho Organizers, por 15 segundos colocado con el dispensador de la jeringa sobre la superficie vestibular (Figura 7.a), lavadas por 15 segundos (Figura 7.b) y secadas con aire seco sin aceite, a un centímetro de distancia, (Figura 7.c) y se aplicó el adhesivo Illuminate™ enamel bonding resin de ortho Organizers con su respectivo aplicador (Figura 7.d)

6.4.4 Grupo 4

A estas últimas 20 muestras se les aplicó ácido fosfórico 3M ESPE Scotchbond™, por 15 segundos colocado con el dispensador de la jeringa sobre las superficies vestibulares (Figura 8.a), lavadas por 15 segundos (Figura 8.b) y secadas con aire seco sin aceite, a un centímetro de distancia (Figura 8.c), y se colocó el adhesivo 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer con sus respectivos aplicadores. (Figura 8d)

Cada adhesivo fué colocado con un pincel sobre las superficies vestibulares grabadas y posteriormente fotocuradas con una lámpara sistema LED marca Discus Dental FLASHlite 1401 durante 10 segundos a un (1cm) de distancia con un rango de longitud de onda de 460 nm, a una temperatura de 15°C (Figura 9), tratando de simular las condiciones intra-orales. Este procedimiento fué repetido para todas las 40 muestras del tercer y cuarto grupo.



Figura 5. Procedimiento aplicado al grupo 1. a. Superficies vestibulares del esmalte grabadas con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ de Ortho Organizers, por 15 segundos. Figura, b. Lavadas por 15 segundos y .c. Secadas con aire seco sin aceite, a un centímetro de distancia, como indica el fabricante.



Figura 6. Las superficies vestibulares del segundo grupo control de 5 muestras, fueron tratadas de la misma manera que el grupo 1, con la única diferencia de que se usó el ácido fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. A. Colocación del ácido, b. Lavado, c. Secado.



Figura 7. a Se acondicionaron las superficies del grupo tres con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™, por 15 segundos, b. Lavadas por 15 segundos, c. Secadas con aire seco sin aceite, a un centímetro de distancia, d. Se aplicó el adhesivo Illuminate™ enamel bonding resin de Ortho Organizers con sus respectivos aplicadores.

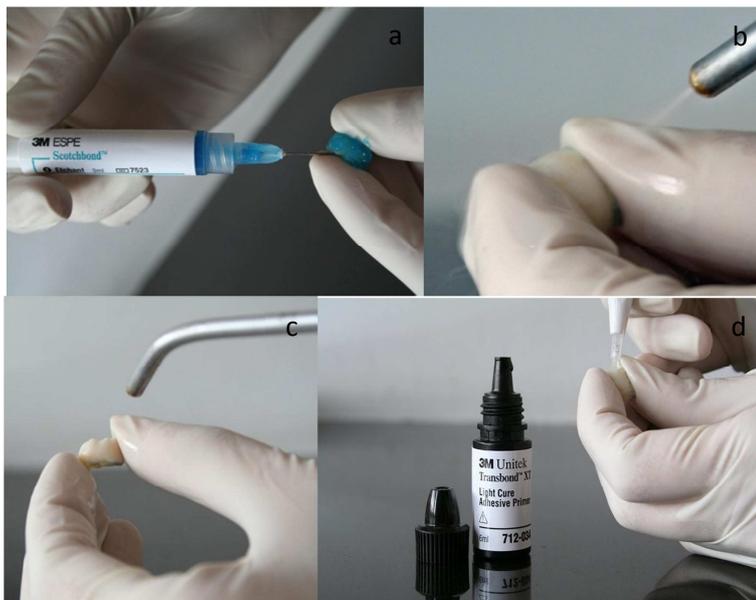


Figura 8. Grupo 4 .a. A estas últimas 20 muestras se les aplicó ácido fosfórico 3M ESPE Scotchbond™, por 15 segundos sobre la superficie vestibular, b. Lavadas por 15 segundos, c. Secadas con aire seco sin aceite, a un centímetro de distancia, y d. Se colocó el adhesivo 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer con sus respectivos aplicadores



Figura 9. Lámpara sistema LED marca Discus Dental FLASHlite 1401.

6.5 Preparación para Observación al Microscopio

Todas las muestras fueron ubicadas en cada grupo y debidamente rotuladas para su posterior identificación y para ser evaluadas en el MEB, siguiendo los procedimientos necesarios para análisis. (Figura 10)

Principios del Microscopio Electrónico de Barrido: es bastante diferente comparado con el de transmisión. Ambos utilizan “el rayo de electrones”, sin embargo trabajan con mecanismos totalmente diferentes. En un MEB, el rayo de

electrones se llama “sondas”, a causa de la intensidad del rayo de electrones que pasa por la superficie del objeto. Los electrones en la sonda cuando encuentran un objeto, serán desviados por átomos en el objeto, llamándose a esto “electrón disperso”. Sin embargo, algunos electrones en la sonda causan la emisión de “electrones secundarios” cerca de la superficie y los “rayos X” emitidos desde la sub-superficie del área del objeto. La mayoría de los MEB usados en áreas biológicas, tienen imágenes formadas desde electrones secundarios. En general, los electrones esparcidos y los rayos X proveen información útil sobre el objeto, como se resumirá a continuación.⁷¹.

- Electrones Secundarios: observación topográfica de la superficie.
- Electrones Esparcidos en la parte posterior: componen la observación de superficie.
- Rayos X: el análisis elemental del espécimen.

La intensidad de electrones esparcida por el espécimen y los electrones secundarios emitidos desde el espécimen, dependen de la composición elemental de la superficie topográfica del objeto y de la energía, inciden en la sonda de electrones emitida.⁷¹.

Los electrones dispersos o los electrones secundarios pueden ser tomados por un electrodo de carga positiva llamado colector o ánodo. El electrón cargado se refleja sobre la pantalla fluorescente llamada cintillador y emite fluorescencia. La fluorescencia emitida por el electrón cargado por el cintillador, es convertida a corriente eléctrica por un tubo fotomultiplicador. La corriente eléctrica, amplificada

por un circuito electrónico, se usa para controlar la brillantez de un tubo de rayos catódicos, las velocidades de rastreo de sonda y el rayo electrónico del tubo de rayos catódicos están sincronizadas, la topografía del espécimen puede ser reproducida sobre la pantalla del tubo de rayos catódicos.⁷¹.

Las explicaciones siguientes se limitan a imágenes formadas a partir de electrones secundarios, ya que la mayoría son de aplicación en el campo biológico.⁷¹.

La muestra a examinarse para MEB debe deshidratarse completamente. La mayoría de materiales biológicos sin embargo, tienen como componente normal gran cantidad de agua, por lo cual deberán ser tratados adecuadamente con el proceso de secado para evitar que se produzca una severa deformación del espécimen. Los pasos del procedimiento son: fijación, deshidratación, secado, secado de punto crítico, secado por congelación, montaje, recubrimiento con metal.⁷¹.

Debido a que la estructura a observar en estas muestras es el esmalte dentario y es un material altamente calcificado, los únicos pasos a realizar previos a la observación al MEB fueron el montaje y el recubrimiento con metal. Ya que el espécimen estaba seco se procedió a montarlos sobre una barra de metal, adhiriéndolas con un pegamento, para ser llevadas posteriormente al MEB, se procedió al recubrimiento con metal: para aumentar la emisión secundaria de electrones, y para prevenir la sobrecarga eléctrica; se revistieron las muestras con una película delgada de metal pesado (oro en este caso). Por supuesto también,

en ciertos casos es posible observar la muestra sin recubrirla, sin embargo, las fotografías de alta resolución no hubiesen podido ser observadas con nitidez.^{71.}

Para el recubrimiento del metal, se usó el evaporador de vacío, aplicando el método de sombreado que se utiliza en el microscopio Electrónico de Transmisión (TEM), que puede ser usado con un dispositivo de rotación de muestras. Actualmente esta técnica es usada ampliamente, lo que permite el recubrimiento uniforme con el metal.^{71.}

Cuando una descarga del resplandor, se forma entre un cátodo (oro) y ánodo, en un gas apropiado como el argón (en el trabajo de rutina el aire puede ser usado). El bombardeo del ión de gas, expulsará un átomo desde el material de cátodo, a este fenómeno se lo llama “destelleo a chorro” o “sputtering”. Los átomos expulsados del metal son depositados sobre la superficie del espécimen, cuyo revestimiento dependerá: del espesor del material, de la corriente o intensidad del ión, y del tiempo de bombardeo.^{71.}

Las superficies de estudio fueron colocadas en una placa de cobre, hecha especialmente para estos tipos de investigación, y fijadas con una cinta autoadhesiva doble cara. (Figura 11)

Luego, cada grupo de la muestra fue llevado al aparato que permite el secado al vacío y el recubrimiento de oro (procedimiento que se denomina “Destelleo a Chorro”) con un equipo recubridor marca Jeol modelo JFC-1200. El metal (oro) se utilizó como cátodo, con una descarga de 20 segundos, que es el suficiente y

recomendado para revestir las muestras biológicas. Las muestras fueron trabajadas a 10KV, durante 20 segundos. (Figura 12)

Todas las muestras fueron observadas, solo por un operador, en el microscopio electrónico de barrido instalado en el Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical (INHMT), ubicado en la ciudad de Guayaquil (Ecuador), marca JEOL JSM 5310 instalado en el año 1.998 y se obtuvieron fotografías digitales de cada una desde el área oclusal a cervical. Obteniendo 2 fotografías por muestra, con un total de 100 fotografías. (Figura 13)

Las micro-fotografías fueron tomadas en el tercio medio de la corona medido desde oclusal a cervical, la precisión de la ubicación de la fotografía se debió a que al hacerle acercamiento en la pantalla del MEB automáticamente quedó delimitado el centro de la corona clínica. Sin embargo el ácido y el adhesivo fueron colocados en toda la superficie vestibular a observar de la corona por razones didácticas. Las micro-fotografías fueron tomadas a la magnificación de 750X y 2000X. Para tomar fotografías en un MEB, se necesita un tiempo largo de exposición, sobre los 90-100 segundos por foto. Por esta razón, el equipo debe mantenerse con buena estabilidad.

(Figura 14)



Figura 10. Todas las muestras fueron ubicadas en cada grupo y debidamente rotuladas para su posterior identificación y para ser evaluadas en el MEB, siguiendo los procedimientos necesarios para el análisis.



Figura 11. Las superficies de estudio fueron colocadas en una placa de cobre, hecha especialmente para estos tipos de investigación, y fijadas con una cinta autoadhesiva doble cara.



Figura 12. a. Equipo recubridor marca Jeol modelo JFC-1200. b. Las muestras fueron trabajadas a 10KV, durante 20 segundos. c. Muestras recubiertas.



Figura 13. Dr. Jasuji Amano, Dra. Linda Díaz, Dra. Cassandra Argotte, junto al Microscopio Electrónico de Barrido instalado en el INHMT, marca JEOL JSM 5310 instalado en el año 1.998.



Figura 14. a. Las microfotografías fueron tomadas a la magnificación de 750x y 2000x.
b. El equipo debe mantenerse con buena estabilidad.

7. RESULTADOS

Si bien se tomaron 100 fotografías (50 a una magnificación de 750x y 50 a una magnificación de 2.000x), de estas fueron elegidas 60 fotografías al azar (30 a una magnificación de 750x y 30 a una magnificación de 2.000x), 10 muestras de los grupos control (tratados sólo con ácido) y 20 muestras de los grupos tratados con ácido más adhesivo. En el análisis subjetivo de las muestras control se encontró que el ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ de Ortho Organizers consiguió desmineralizar con áreas más organizadas que otras como muestran las siguientes figuras, 15-19 (grupo 1) donde se observa que el ácido no consiguió un patrón de acondicionamiento nítido.

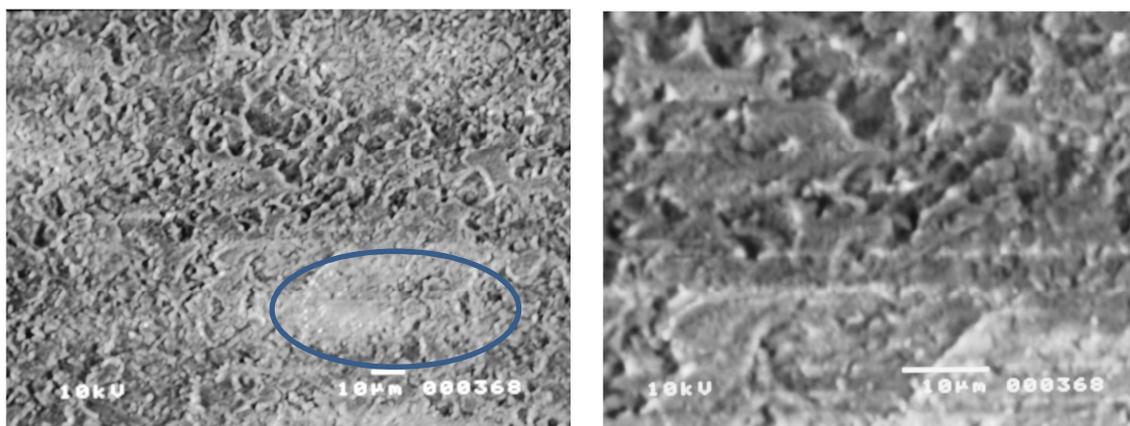


Figura 15. Muestra número 1 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ Ortho Organizers, se observan áreas sin acción del ácido, posiblemente debido a la irregularidad del esmalte.

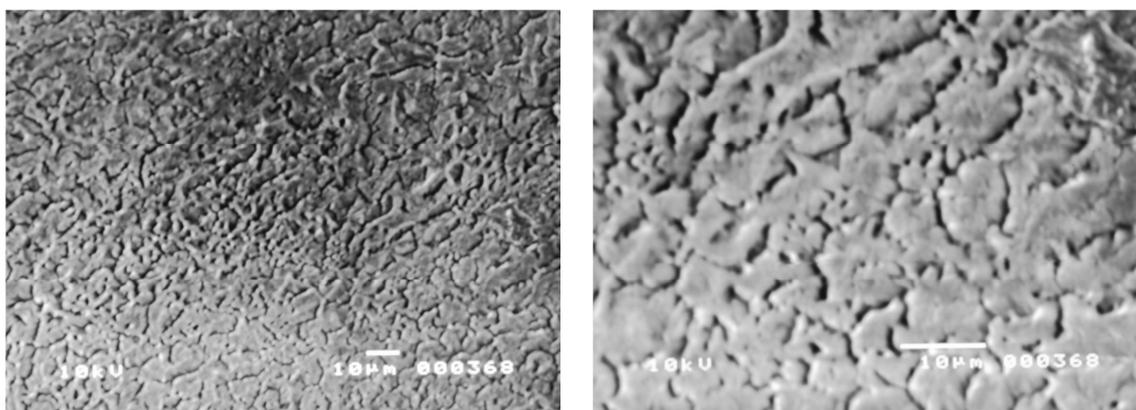


Figura 16. Muestra número 2 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ Ortho Organizers. Se observa mayor nitidez en el patrón de acondicionamiento.

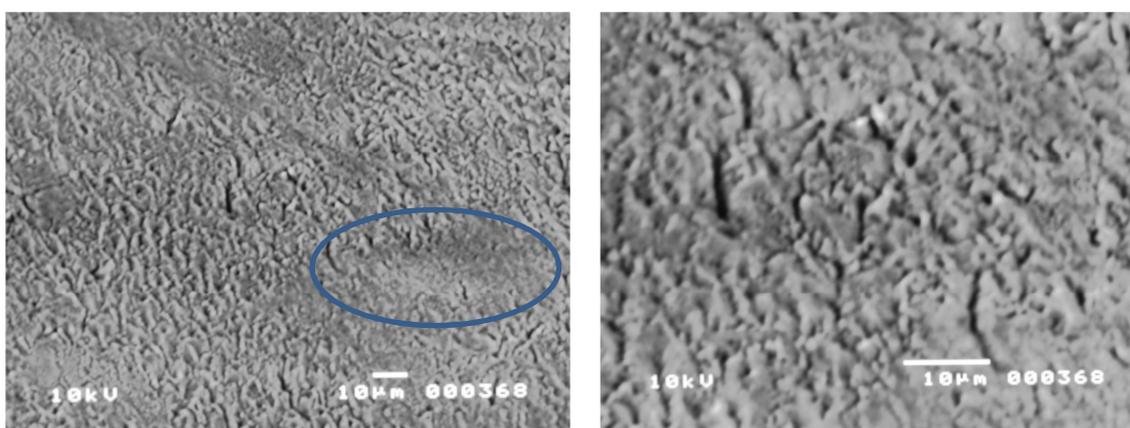


Figura 17. Muestra número 3 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ Ortho Organizers. Se observan áreas sin acción del ácido, posiblemente debido a la irregularidad del esmalte.

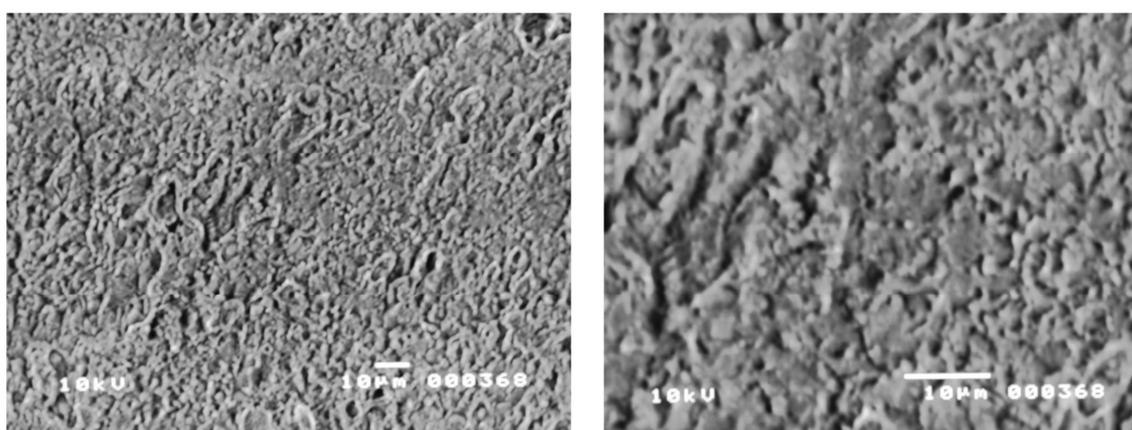


Figura 18. Muestra número 4 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ Ortho Organizers. Estas imágenes muestran mayor nitidez, lo que sugiere que el ácido consiguió actuar mejor.

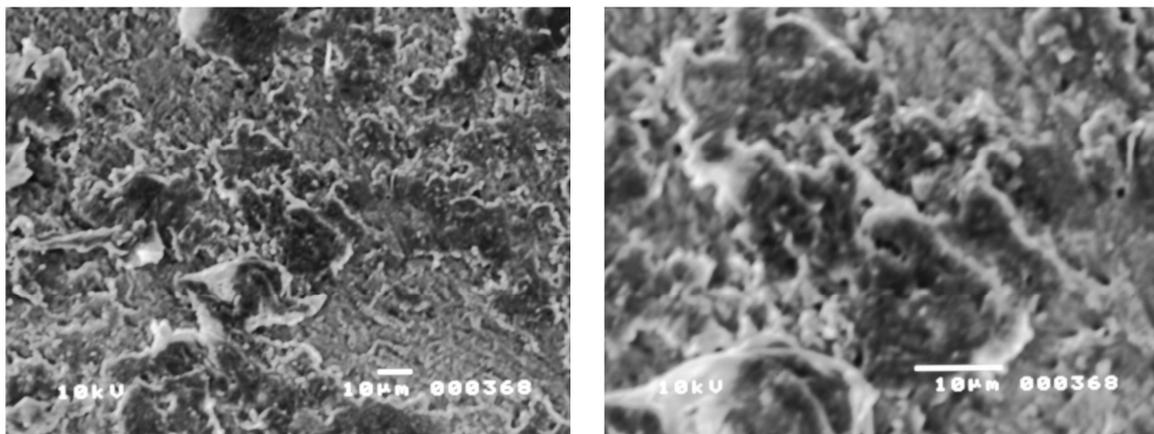


Figura 19. Muestra número 5 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ Ortho Organizers. Apariencia de poco acondicionamiento, superficies muy irregulares.

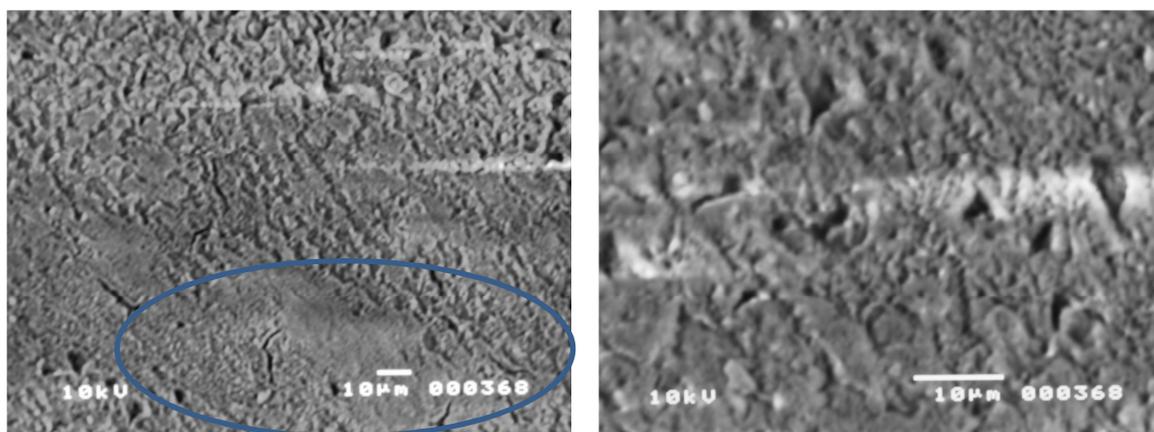


Figura 20. Muestra número 1 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. Áreas sin acondicionamiento, a pesar de que se observa un mejor patrón de acondicionamiento en general.

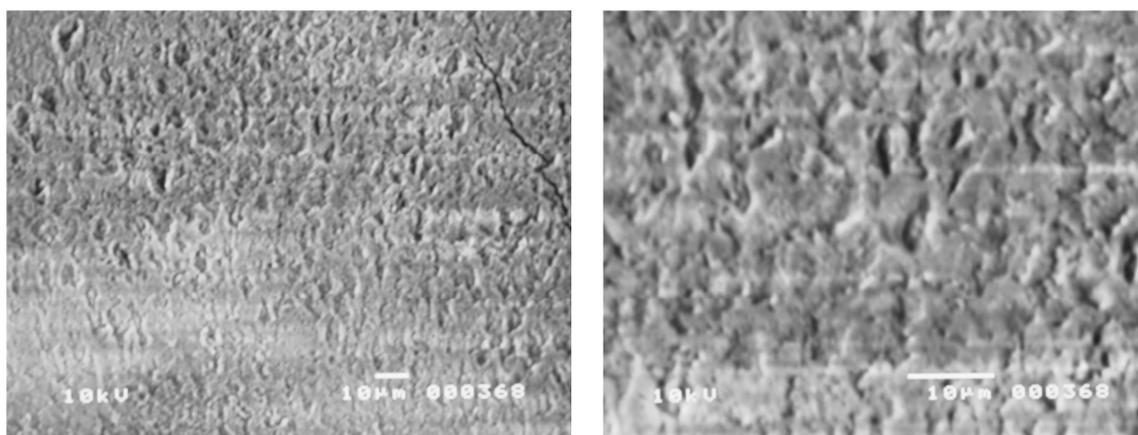


Figura 21. Muestra número 2 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. Mayor nitidez en el patrón aunque existen líneas compatibles con la calidad de la fotografía que interfieren con la buena visualización.

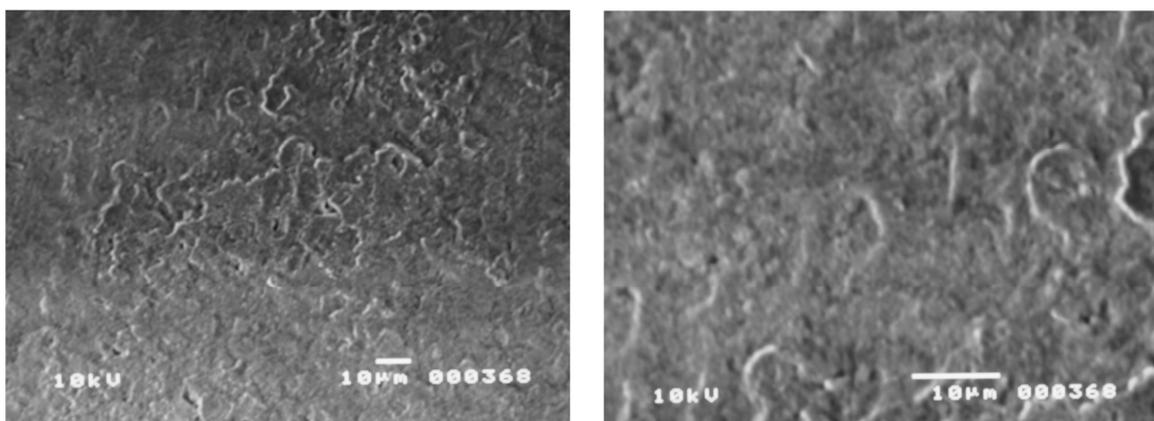


Figura 22 Muestra número 3 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. Leve patrón de desmineralización

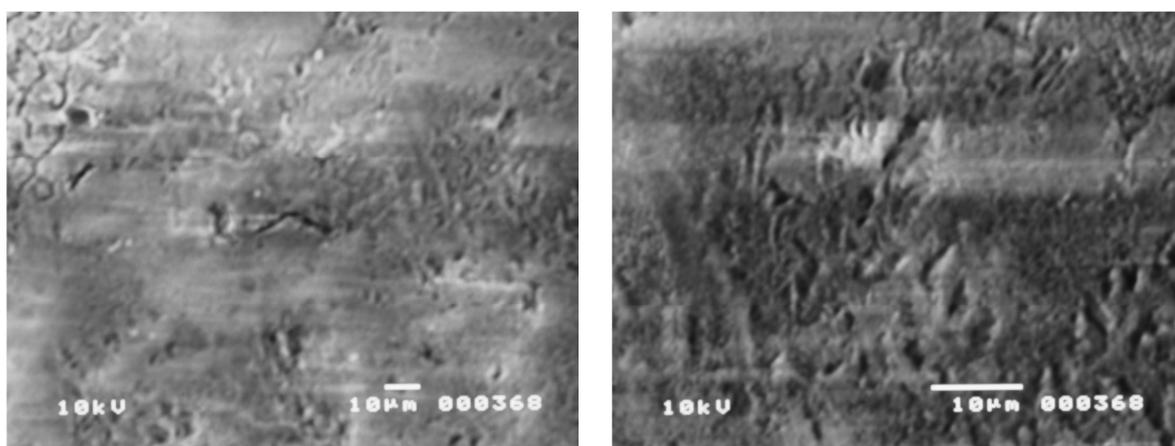


Figura 23. Muestra número 4 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. El baño de oro, parece no haber alcanzado un cubrimiento uniforme por lo que el contraste de la fotografía no es el mejor aunque se observa un leve patrón de panal de abejas en el fondo de la imagen.

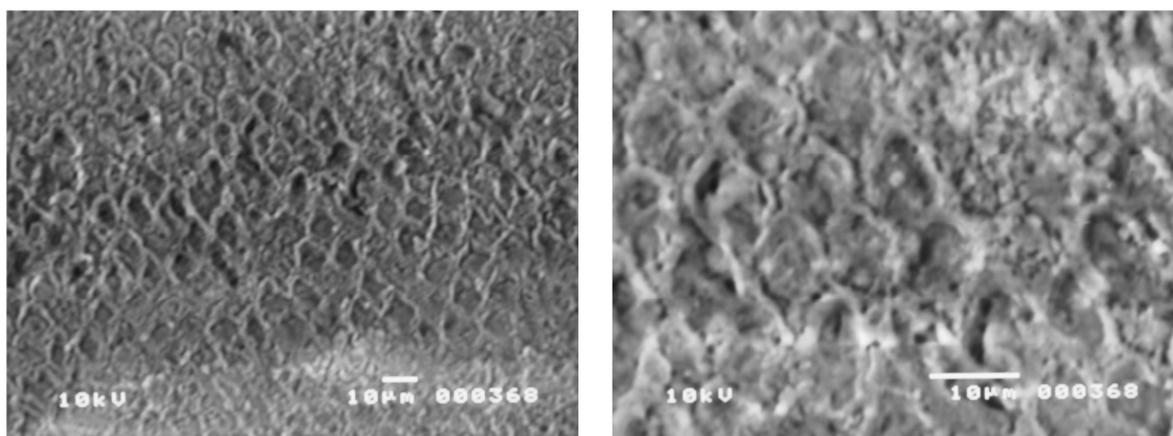


Figura 24. Muestra número 5 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™. Esta es la imagen más semejante al patrón de condicionamiento que esperaba obtenerse.

En las figuras 20-24, (grupo 2) los resultados arrojan que la falta de nitidez en el patrón de desmineralización podría depender en buena parte a la irregularidad del esmalte en el cual podemos encontrar las estrías de Retzius, lo que hace que la acción del ácido sea diferente dependiendo del área de esmalte tratada.⁶ Podemos pensar también que estas consecuencias sean producto de las burbujas atrapadas por la viscosidad del ácido, lo que afecta en la distribución del gel sobre la superficie del esmalte durante su aplicación influyendo de esta manera sobre la uniformidad del patrón de acondicionamiento.

En las siguientes imágenes 25-34 (grupo 3) obtenidas al MEB del adhesivo IlluminateTM enamel bonding resina de la casa comercial Ortho Organizers se pudo observar que tuvo fácil ingreso a la superficie preparada con el ácido ortofosfórico Ortho-EaseTM, la superficie es regular, se encuentra cubierta en su totalidad o casi en su totalidad, posiblemente debido al proceso de preparación previo de vacum al que fueron sometidas las muestras es probable que se hayan producido ciertas alteraciones morfológicas que interfirieron en la nitidez de las imágenes referidas en la literatura.

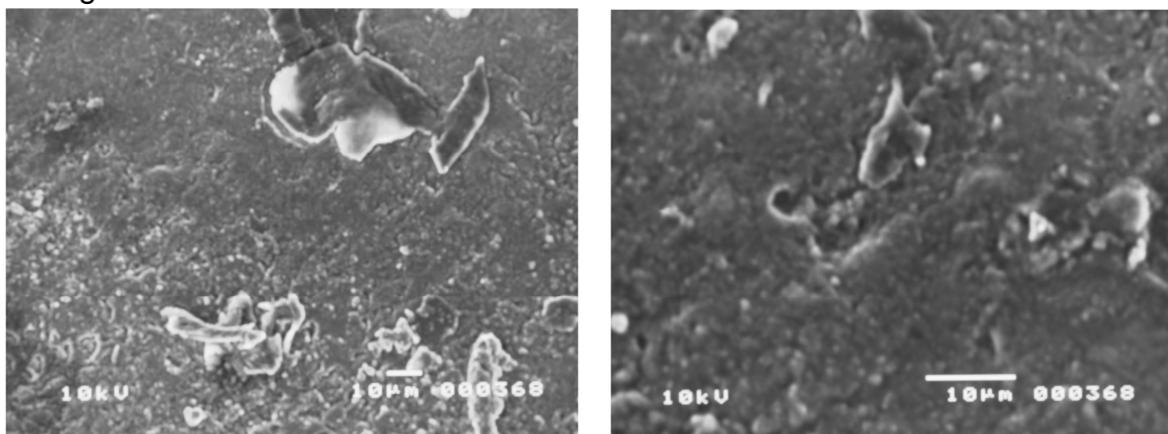


Figura 25. Muestra número 1 preparada con ácido ortofosfórico Ortho-EaseTM + IlluminateTM enamel bonding Ortho Organizers. El adhesivo consigue penetrar solo en determinadas áreas, se observan residuos que dan la apariencia de piedra pómez.

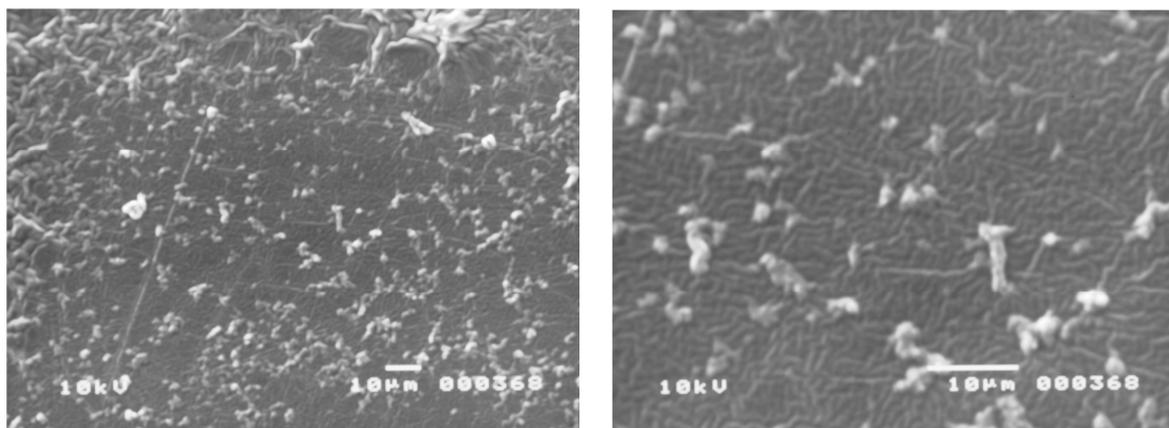


Figura 26. Muestra número 2 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Se observa mejor uniformidad en el cubrimiento del adhesivo.

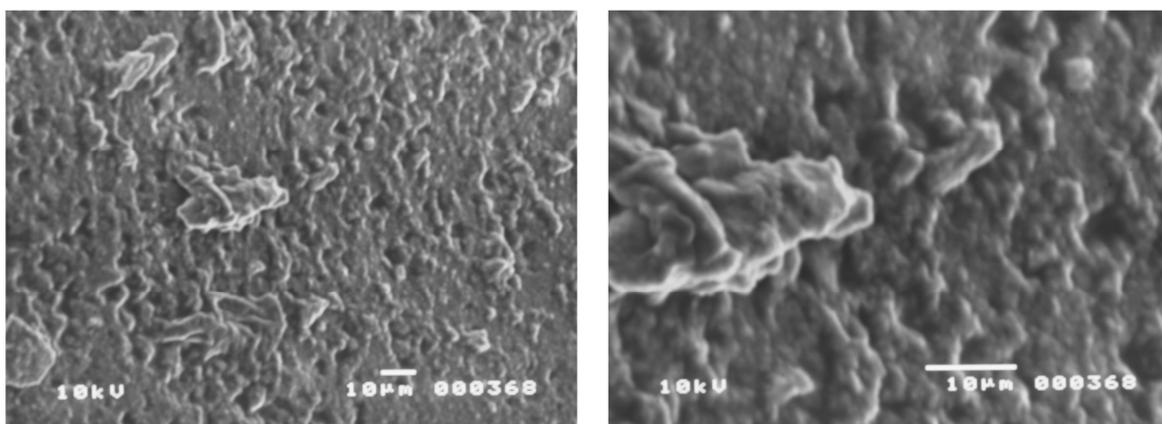


Figura 27. Muestra número 4 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Se observa irregularidad en el patrón de cubrimiento.

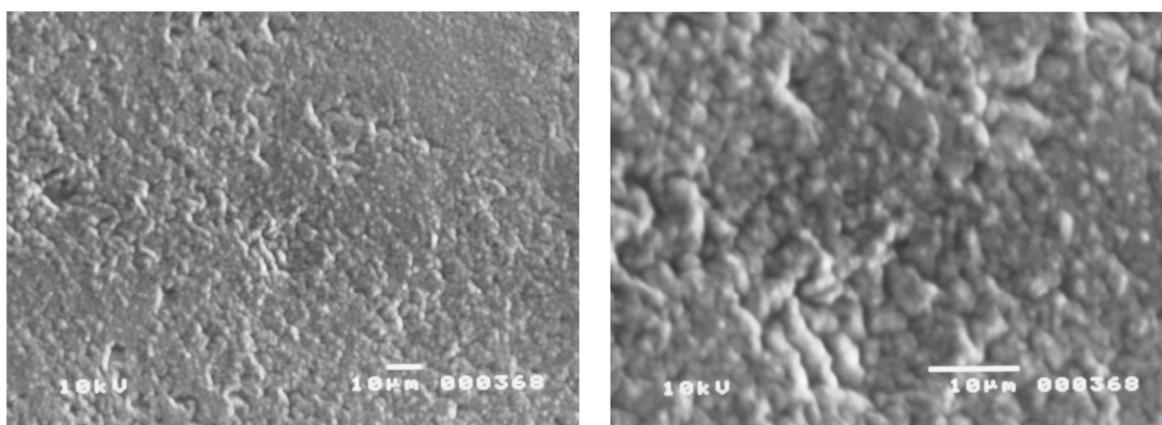


Figura 28. Muestra número 5 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Buen cubrimiento del adhesivo.

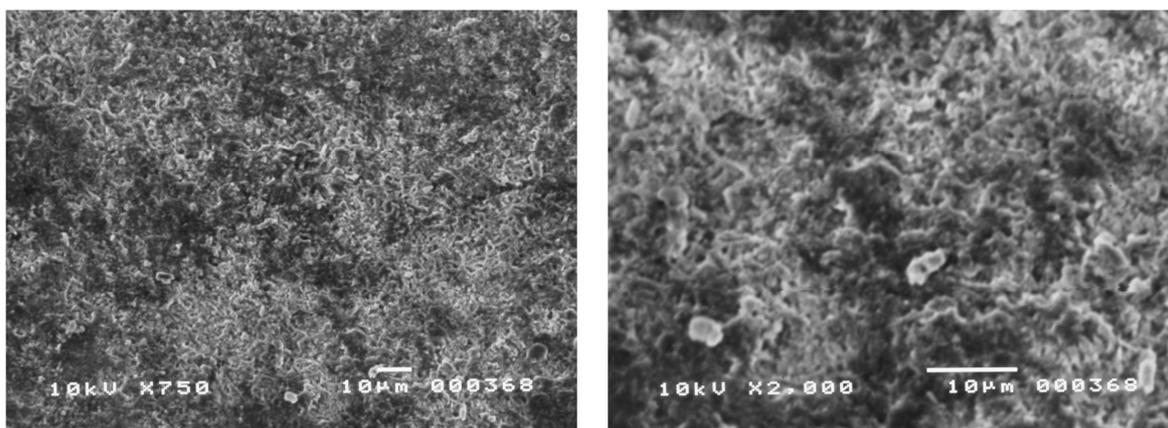


Figura 29. Muestra número 7 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Imagen amorfa en el cubrimiento de la superficie.

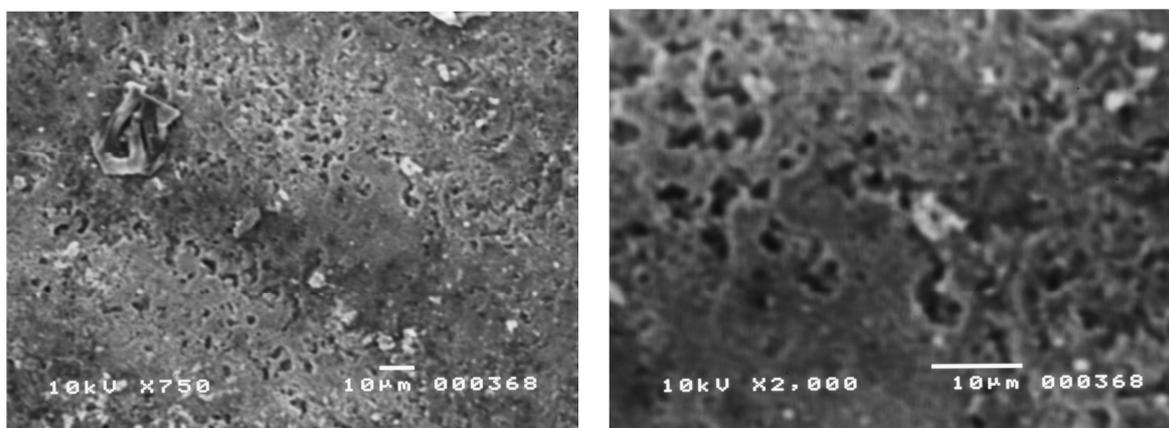


Figura 30. Muestra número 11 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Mínimas zonas de cubrimiento, con residuos aparentemente de piedra pómez.

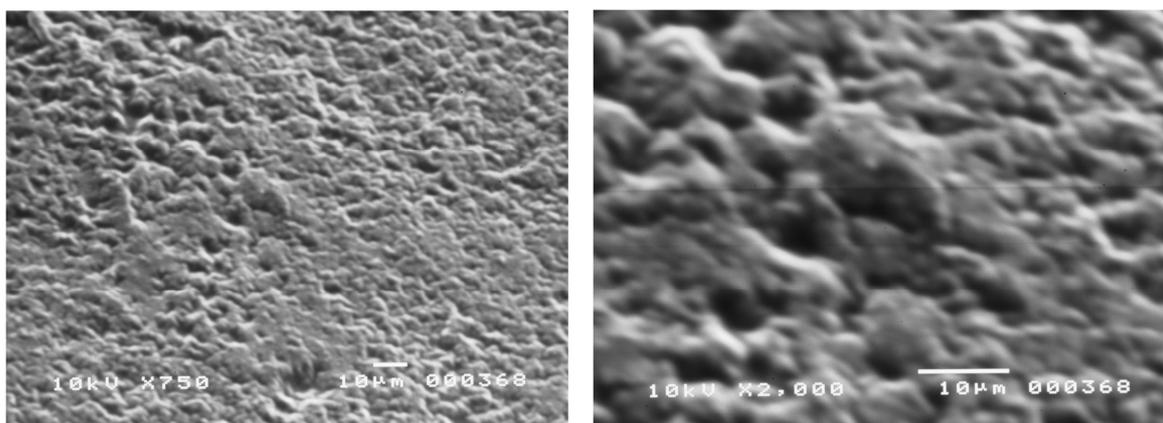


Figura 31. Muestra número 12 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Buen cubrimiento de la superficie.

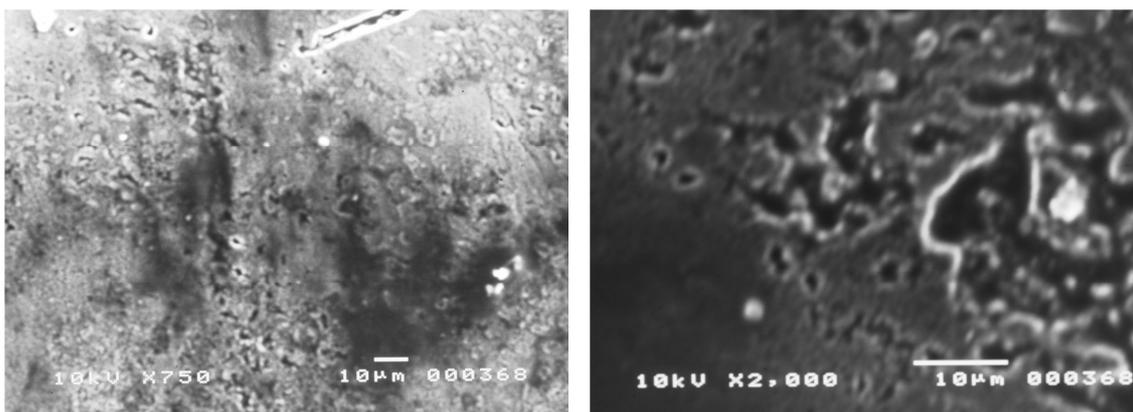


Figura 32. Muestra número 13 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Apariencia amorfa.

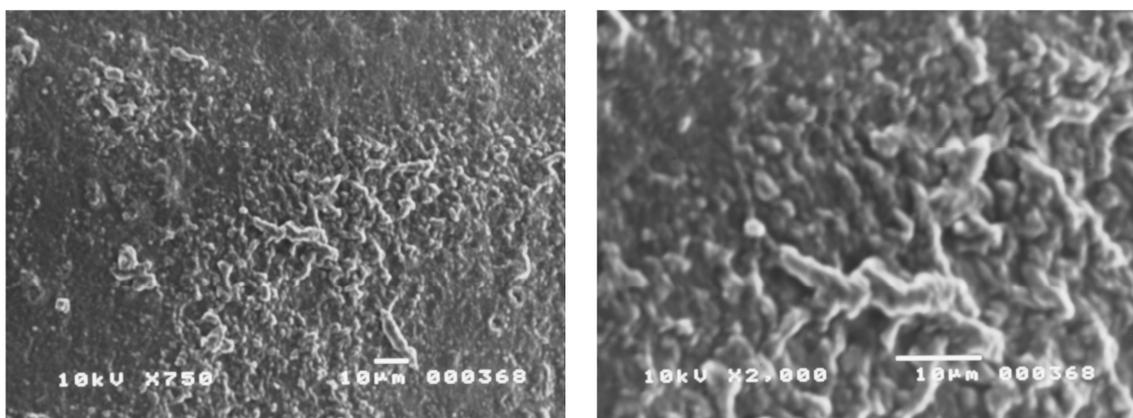


Figura 33. Muestra número 17 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Buen cubrimiento de la superficie incluso con exceso de adhesivo.

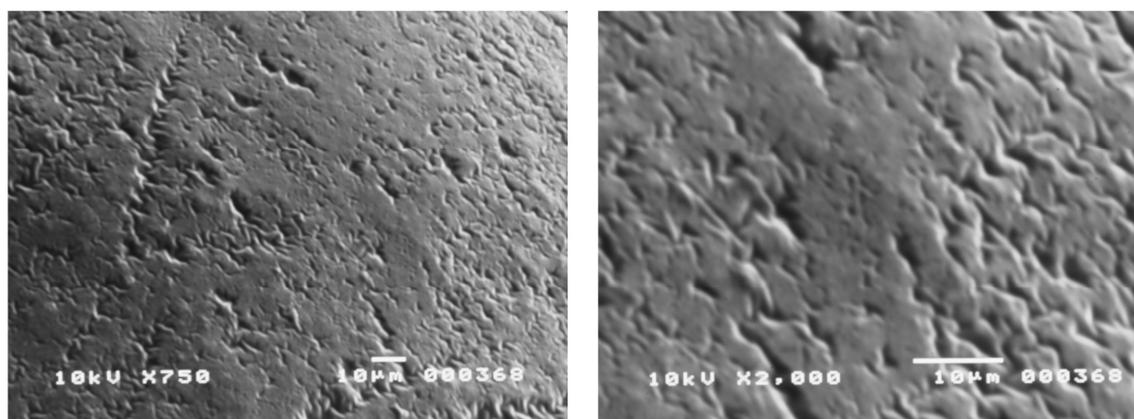


Figura 34. Muestra número 18 preparada con ácido orto-fosfórico Ortho-Ease™ + Illuminate™ enamel bonding Ortho Organizers. Pobre cubrimiento del ácido y del adhesivo.

Con el adhesivo 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer, tal y como muestran las siguientes fotografías 35-44 (grupo 4), el cubrimiento es más uniforme, se puede decir que existe una buena protección, en la mayoría de las micro-fotografías, esto puede deberse a que la aplicación del ácido fosfórico permitió un patrón más homogéneo para que el adhesivo cubra la superficie.

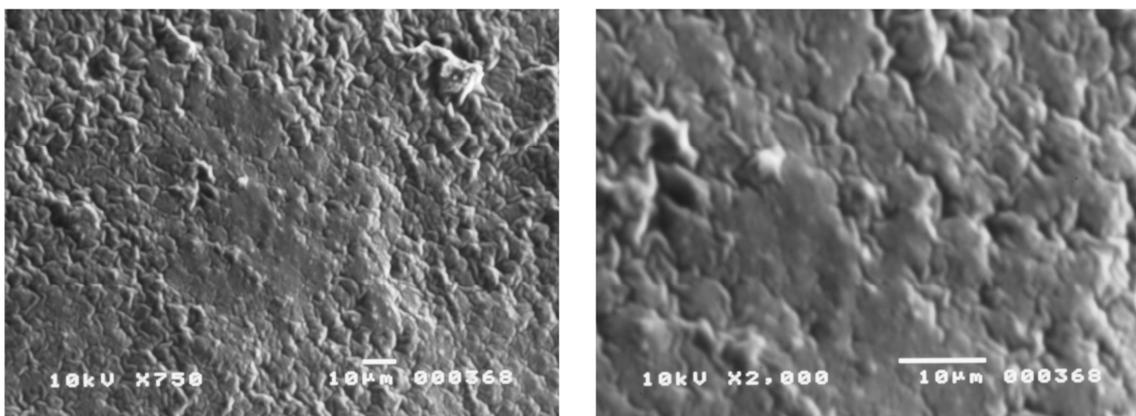


Figura 35. Muestra número 1 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie.

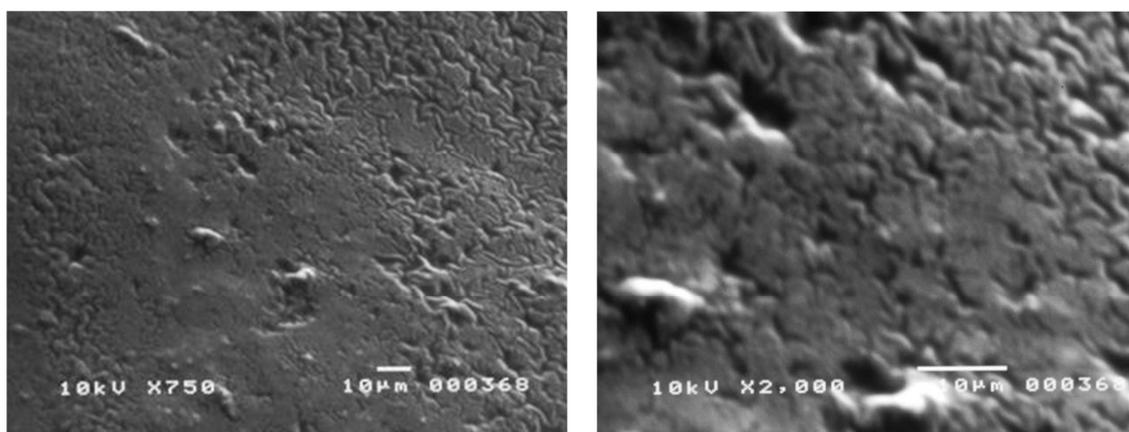


Figura 36. Muestra número 3 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie, aunque existen zonas irregulares.

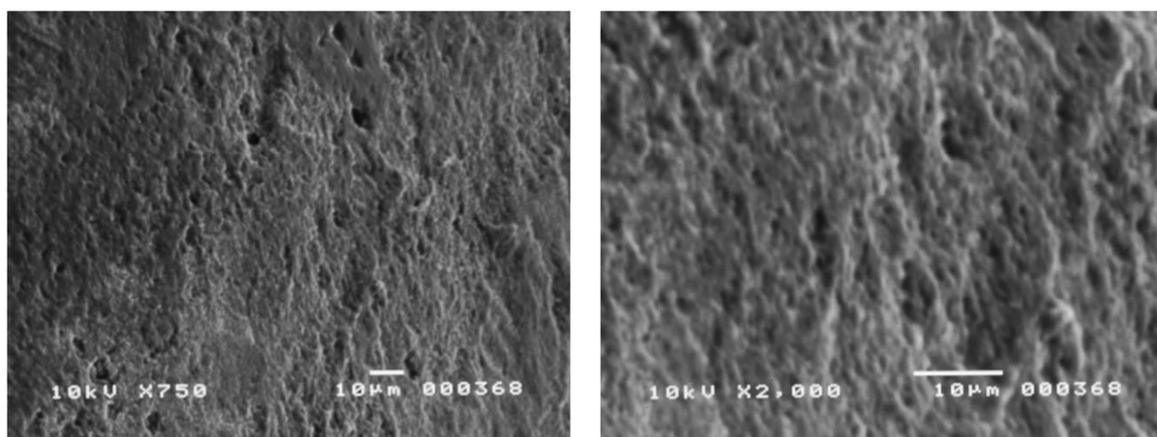


Figura 37. Muestra número 6 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer Buen cubrimiento de la superficie, aunque presenta zonas irregulares.

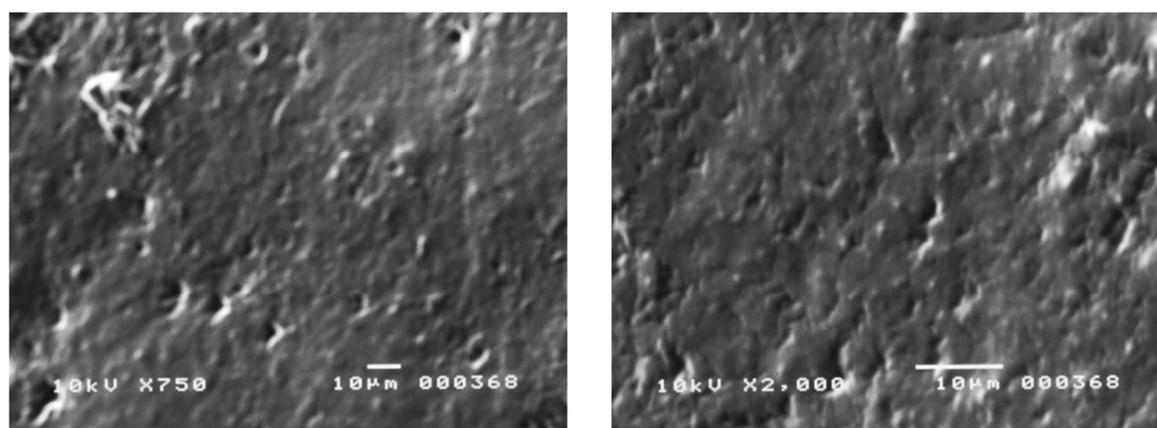


Figura 38. Muestra número 7 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer Buen cubrimiento de la superficie, con algunos poros abiertos, restos de piedra pómez.

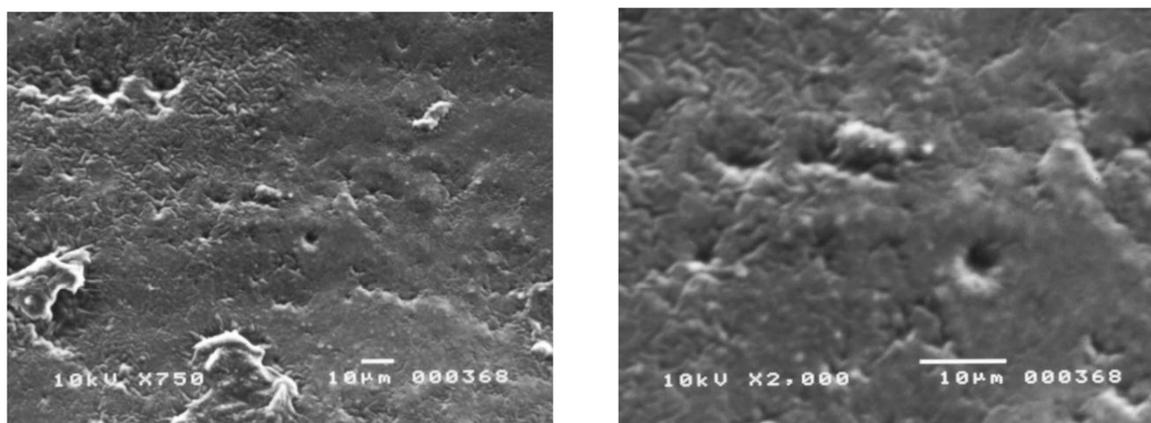


Figura 39. Muestra número 8 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie, excesos de adhesivo.

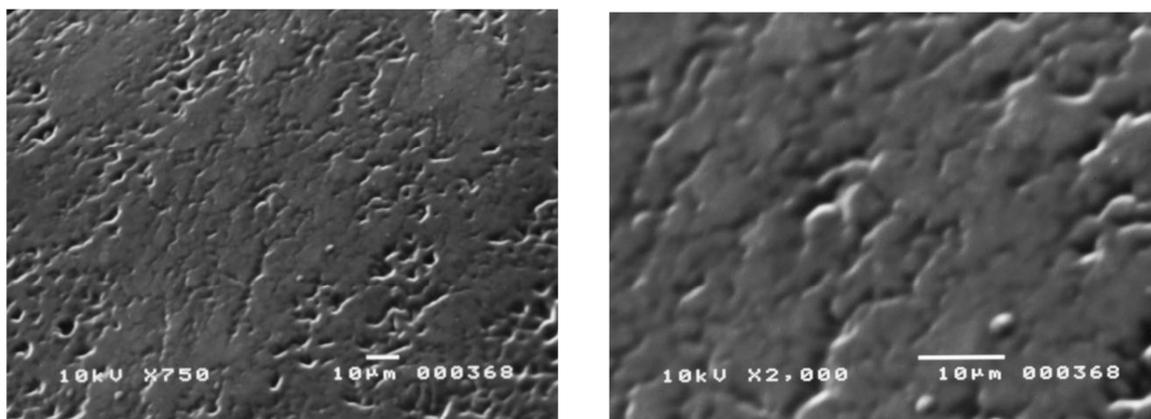


Figura 40. Muestra número 14 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie, presencia de poros.

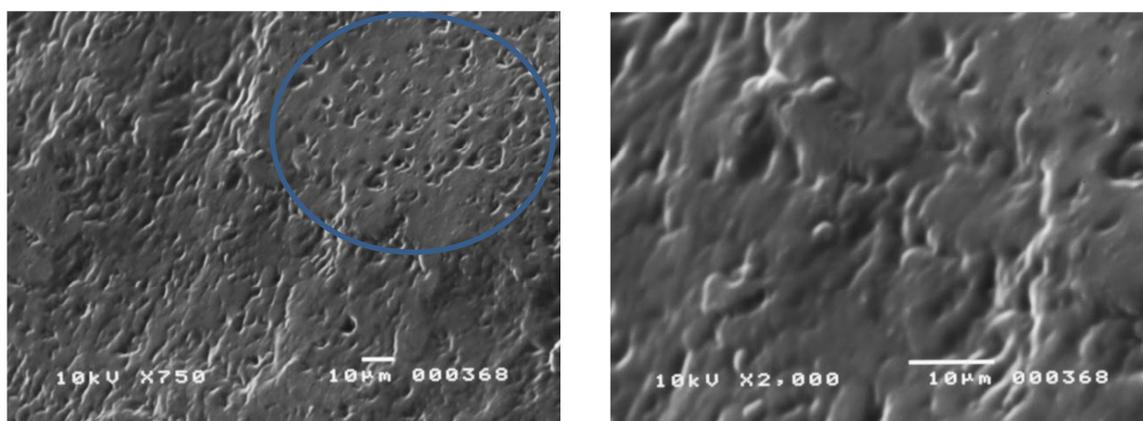


Figura 41. Muestra número 15 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie, pese a la esquina superior derecha la cual presenta poros sin rastros de adhesivo.

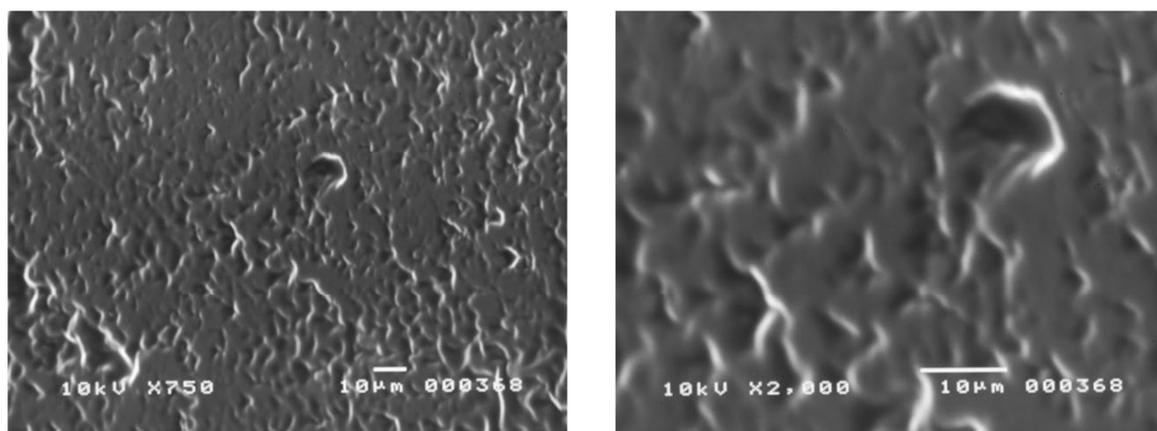


Figura 42. Muestra número 17 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie.

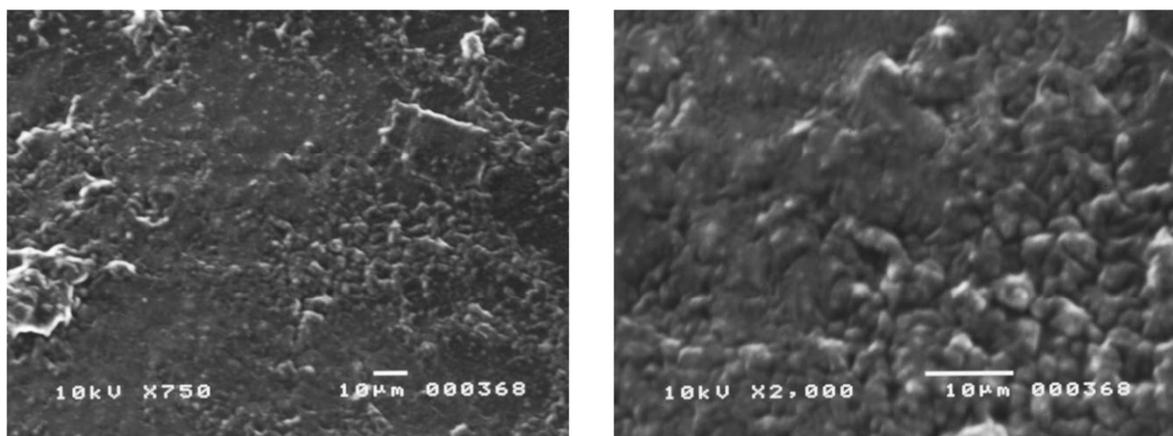


Figura 43. Muestra número 18 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie, presencia de residuos de adhesivo.

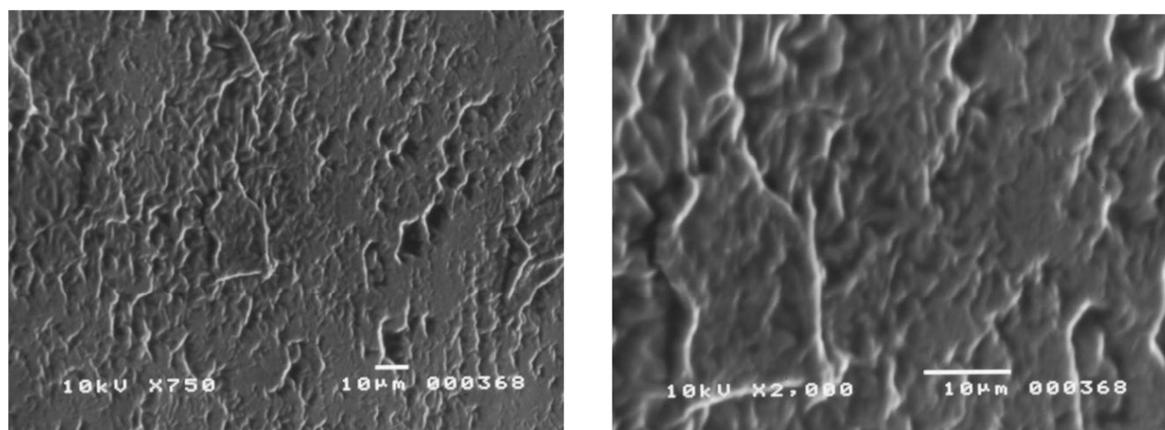


Figura 44. Muestra número 20 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™ + 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer. Buen cubrimiento de la superficie

En las figuras 25, 30 y 38 son evidenciados restos de piedra pómez, el éxito del ácido es que desmineraliza pero no es capaz de eliminar restos de piedra pómez, esta situación puede depender del pH del ácido y las características de tixotropismo del adhesivo, término que se refiere a la propiedad de ciertos geles por la cual se hacen menos viscosos cuando son agitados o son sometidos a fuerzas de deslizamiento y retornan a su viscosidad original después de permanecer en quietud.²⁹ También existe la posibilidad de que no se haya realizado un lavado vigoroso de la superficie del esmalte.

8. DISCUSIÓN

Muchos beneficios pueden derivarse del tratamiento de ortodoncia incluyendo mejoras en la función dental del paciente, estética y en general su autoestima y actitud. Sin embargo los efectos positivos del tratamiento de ortodoncia pueden verse eclipsados por la antiestética, insalubre e irreversible desmineralización del esmalte de los dientes en contacto con los brackets. El uso de aparatos fijos es un importante desafío al paciente para mantener una buena higiene oral para evitar o reducir al mínimo la descalcificación del esmalte durante el tratamiento, lo que se convierte en un compromiso tanto de la estética como de la salud oral.^{38, 39, 45, 55, 31, 57.}

Debido a la creciente dificultad en la eliminación de placa bacteriana en forma adecuada cerca de los brackets, la terapia adyuvante con flúor en distintas formas: (barniz, gel, enjuague dentífrico), xilitol, selladores de esmalte, regímenes rigurosos para la higiene bucal y la modificación de aparatos, son usados como métodos para ayudar a prevenir la desmineralización.^{38, 60, 27, 31, 12.}

La simplicidad de la adhesión puede ser engañosa. Indudablemente, la técnica puede ser mal utilizada, no solo por un clínico inexperto, sino también por ortodontistas más experimentados que no realizan los procedimientos con el debido cuidado. El éxito de la adhesión requiere la comprensión y el cumplimiento de los principios aceptados por la ortodoncia y la odontología preventiva.^{28.}

Una revisión de la literatura por Mandall y colaboradores no fué concluyente en determinar qué tipos de adhesivos de ortodoncia eran más o menos eficientes para prevenir la descalcificación. La mayoría de los profesionales de la Universidad San Francisco de Quito, sigue utilizando los adhesivos convencionales (ácido + adhesivo) resultado que obtuvimos gracias a la encuesta realizada en esta población. Sin embargo, el esfuerzo de los fabricantes por mejorar los adhesivos ortodóncicos mediante la creación de fórmulas que mantienen la resistencia de unión adecuada minimizando las posibilidades de descalcificación continúa.^{39, 51.}

En el presente estudio las marcas de ácido probadas poseen la misma composición, siguiendo sugerencias de Bishara (2.004) para quien patrones de grabados uniformes y adecuados fueron obtenidos tras la aplicación de ácido fosfórico en concentración del 30 al 40%, nuestros resultados no difieren a estos con los dos tipos de ácidos pues ambos poseían 37% de ácido orto-fosfórico, aunque los patrones más nítidos fueron observados con el ácido de la marca comercial 3M.

Según Paul Gange (2.006) el grabado por más de 90 segundos está contraindicado ya que produce disolución del esmalte y se forman cristales de fosfato de calcio insoluble por lo que cualquier superficie de esmalte grabada con ácido fosfórico debe ser grabada por 15 segundos y enjuagada con agua 5 segundos por cada diente cuando la presentación del ácido es líquido y 10 segundos cuando es un gel y secado antes de aplicar el adhesivo.^{47.} Sin embargo

en este estudio el ácido en presentación de gel se colocó por 15 segundos, se lavó por 15 segundos y se secó hasta obtener una superficie blanca escarchada tal y como lo sugieren las indicaciones del fabricante.

V. P. Joseph en 1.994, reportó una desmineralización de hasta 75 micras con 25% de pérdida mineral en las primeras cuatro semanas de terapia alrededor de los brackets cementados. Pero aún, en esmalte grabado, cuatro meses después de la aplicación del ácido, el patrón de grabado puede ser todavía detectado. Por lo tanto, se puede argumentar que esta superficie resultante puede predisponer al paciente a ser susceptible a una pronta desmineralización, por lo que se sugiere según los resultados de esta investigación cubrir la superficie que haya sido desmineralizada en su totalidad de preferencia con 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer, debido a que con este adhesivo se obtuvieron resultados de mayor uniformidad en el cubrimiento.

Un adhesivo de ortodoncia que pueda eliminar la necesidad de grabado ácido puede ser deseable en el futuro,¹⁶ por lo cual sería interesante realizar investigaciones comparando sistemas convencionales.

En relación a que el grabado rutinario con ácido fosfórico elimina irreversiblemente varios micrones de la superficie del esmalte, con una profundidad sin uniformidad,²⁵ esta podría ser la explicación por la cual en las fotografías observadas en este estudio la falta de uniformidad fué una de las variables que se repitió en casi todas las imágenes obtenidas. Esta irregularidad

de la superficie también podría ser explicada a través de las siguientes etapas en el proceso de desmineralización. De acuerdo con Dietrich (1.981) el proceso de grabado pasa por tres etapas, para empezar, la periferia de las cabezas de los prismas es delineada por micro-hendiduras de 0,1-0,2 mm, la progresión del ataque ácido conduce a una pérdida de sustancia, sobre todo en el área de los núcleos del prisma, con la conservación simultánea de la zona marginal, esto produce el típico patrón de panal de abeja (o tipo 1).⁷.

Una etapa más avanzada se caracteriza por la desaparición de las crestas marginales, mientras que las hendiduras continúan ampliándose, esta es la transición entre la zona central y periférica, en la cual las crestas marginales existentes son elevadas de 0,2-0,3 mm (tipo3).⁷. El patrón de grabado periférico (tipo 2) es una fase avanzada en la que los resultados son la fragilidad de los prismas periféricos, la pérdida máxima del esmalte se lleva a cabo en esta etapa.⁷. Además de estos tres tipos Gail y Wright (1.979) describen el patrón tipo 4 y 5, el tipo 4, se observa comúnmente en las zonas cervicales, se muestra como un patrón irregular. El patrón de grabado 5: no muestra evidencia de contornos prismáticos ⁷.

En nuestras fotografías puede observarse que apenas una de las muestras (la número 5 preparada con ácido orto-fosfórico 3M ESPE ScotchbondTM) describe de acuerdo con Dietrich (1.981) el proceso de grabado en su etapa inicial, en el cual la periferia de las cabezas de los prismas es delineada por micro-hendiduras

de 0,1-0,2 mm, la progresión del ataque ácido conduce a una pérdida de sustancia, sobre todo en el área de los núcleos del prisma, con la conservación simultánea de la zona marginal, esto produce el típico patrón de panal de abeja (o tipo 1).

En el resto de las muestras observamos como en general se repitieron imágenes de poco acondicionamiento con ambos ácidos utilizados.

Esto apoya las observaciones de Mattick y Hobson quienes encontraron el patrón ideal en solo el 5% de las superficies vestibulares grabadas. Este resultado puede atribuirse a variaciones en la disolución del esmalte (porosidades y calidad de los cristales de hidroxiapatita), además de la re-precipitación de fosfato de calcio durante el grabado con ácido fosfórico, lo que podría explicar la irregularidad de la superficie, algunos arañazos fueron visibles a través de la superficie probablemente creados por desgaste normal del cepillado y la limpieza realizada con copas de goma y piedra pómez.²⁵

El principal objetivo del ácido orto-fosfórico es texturizar la superficie del esmalte para que la resina fluya en las aberturas microscópicas, creando retención mecánica y ello asegura un mejor enlace. La longitud de estos microporos depende de factores como la duración del ácido grabador en la superficie del esmalte, propiedades del adhesivo y de su viscosidad. Esta última puede verse afectada sí uno de los frascos estuvo abierto mucho antes que otro y

conservado a temperatura ambiente (en consultorios sin aire acondicionado por ejemplo).²⁸

El diámetro ideal es de 8 a 11 micrones con una profundidad de 25 a 50 micrones.²⁸ Un buen aporte en futuras investigaciones sería medir mediante un rugosímetro las micro-porosidades obtenidas con diferentes tipos de adhesivos para ser capaces de manejar también esta variable durante el proceso de descalcificación.

Alexander T.H. (2.000) ha postulado que la adhesión al esmalte se logra por adhesión mecánica entre los prismas del esmalte grabado y los tags de resina. Esto hace necesario el uso de una resina líquida sin relleno para humedecer la superficie del esmalte poroso para la adhesión. Opiniones opuestas sostienen que el uso de resina líquida sin relleno no promueve la fuerza de adhesión de la adherencia al esmalte. Sí la adherencia al esmalte no dependiera exclusivamente de adhesión mecánica entre los prismas de esmalte y los tags de resina, los elementos de ortodoncia podrían adherirse sin usar resinas líquidas.⁵⁹ Aunque los resultados de este estudio arrojan que existen probabilidades de que la viscosidad del adhesivo se encuentra íntimamente relacionada a la calidad de uniformidad del adhesivo, lo que podría influir en la calidad de la adherencia de los dispositivos ortodóncicos al esmalte.

El uso de selladores en adhesión ortodóncica está rodeado por mucha confusión e incertidumbre. Para determinar la función exacta de la resina intermedia en el procedimiento de grabado ácido se han dedicado algunas investigaciones, con resultados divergentes. Según Uribe (2.010). Algunos estudiosos llegaron a la conclusión de que hace falta una resina intermediaria para obtener una fuerza de unión adecuada; algunos indican que es necesaria para mejorar la resistencia contra micro-filtraciones, otros investigadores indican que lo es por ambas razones, y otros aún creen que la resina intermediaria es innecesaria. Los resultados de esta investigación indican que con el uso de la resina intermedia es posible sellar las micro-porosidades obtenidas por el ácido orto-fosfórico así como también unificar la superficie tratada para que esto posiblemente pueda ser una variable menos de la cual preocuparse entre tantas otras que pueden llevar al indeseable resultado de la descalcificación del esmalte post-tratamiento ortodóncico.

En ortodoncia un problema particular consiste en que la película de adhesivo sobre una superficie dental vestibular es tan delgada que es posible una inhibición de la polimerización por oxígeno que atraviesa la película cuando se usan adhesivos auto-polimerizables. La falta de polimerización parece menos problemática cuando se usan adhesivos con acetona y adhesivos foto-polimerizables. Aunque el adhesivo podría ser innecesario para obtener resistencia y evitar la micro-filtración, las evidencias clínicas y de laboratorio no han probado que sea un factor perjudicial para la obtención de una buena unión. El tiempo de trabajo que requiere es mínimo. El adhesivo permite, por lo menos,

relajar un poco el control de la humedad, aunque esto ya no tiene extremada importancia después de haber aplicado la cubierta de resina. Así mismo los adhesivos suministran cubrimiento en áreas del esmalte con oquedades de ácido, lo cual adquiere especial valor en la adhesión indirecta. La protección anti-caries del sellador en torno a la base del bracket es más incierta y se requieren estudios adicionales respecto de los méritos clínicos de los selladores que contiene fluoruro. Ceen y Gwinet hallaron que los selladores foto-polimerizados protegen de la disolución y las lesiones superficiales al esmalte adyacente a los brackets, mientras que los selladores de quimio-curado polimerizan mal, exhiben desplazamiento y poseen baja resistencia a la abrasión.²⁸ Otro estudio interesante que podría realizarse es la comparación de diversos sellantes una vez que se hayan cementado los brackets, para poder comparar bajo condiciones más reales de humedad y descomposición de carbohidratos alrededor de los brackets.

Una de las propiedades indispensables que deben presentar los materiales usados para el cementado de brackets es la adhesividad, que se puede definir como: la posibilidad de adhesión química que permite obtener una menor interfaz.

Esto es importante porque no solo es de interés que la aparatología no se desprenda, sino que un contacto más íntimo entre ambas partes evitará que los líquidos bucales puedan penetrar y, de esta manera, se evitará la producción de lesiones entre los brackets y/o las bandas y la estructura adamantina.²⁹

En vista de que las grandes variaciones en el éxito de la adhesión dependen del agente de unión empleado, la técnica de unión utilizada, el tiempo de grabado, la concentración del ácido, las características del soporte, factores del operador y el paciente, el cuidado en la técnica clínica, el control de la humedad, la elección del material de unión, las instrucciones dadas al paciente, el género y la edad del paciente, el tipo de maloclusión y cuidado del aparato,⁸ no siempre estará en nuestras manos el desagradable efecto secundario de las descalcificaciones dentales.

En toda discusión acerca del aspecto de la superficie dental, debe considerarse el desgaste normal. Las características son visibles tanto a nivel clínico como microscópico.⁶² Estas características previas deben ser tomadas en cuenta antes del inicio de cualquier procedimiento ortodóncico, ya que favorecerán las posibles descalcificaciones al finalizar el tratamiento.

Sí tomamos en cuenta que la característica clínica más evidente en dientes jóvenes recién erupcionados consiste en periquematías o líneas de imbricación que discurren alrededor del diente en toda la superficie adamantina. Con microscopia electrónica de barrido (MEB) los extremos abiertos de los prismas del esmalte se reconocen como pequeños huecos. En dientes adultos, el cuadro clínico refleja desgaste y exposición a diversas fuerzas mecánicas (hábitos de cepillado, alimentos abrasivos).²⁸ En otras palabras, las crestas periquemáticas se desgastan y las reemplaza un patrón rayado. Muchas veces se observan

grietas. Con MEB no hay evidencias de los extremos de los prismas ni de periquematías; en su lugar aparecen rayas profundas y más finas por toda la superficie. Los dientes de los adolescentes reflejan un estado intermedio. Entonces debemos comprender que la edad del paciente debe ser tomada en consideración antes de iniciar un tratamiento de aparatología fija, ya que el patrón adamantino presentado por cada paciente es absolutamente individual y esto podrá afectar de manera positiva o negativa las posibilidades de descalcificación. Por esta razón las muestras de esta investigación fueron tomadas dentro de un rango de edad uniforme (18 y 25 años de edad) por lo que presentan composiciones químicas y características clínicas similares del esmalte, lo que evitó que incida en la cantidad de micro-porosidades creadas durante el proceso de grabado.²⁸

Basándonos en que la composición química de la superficie del esmalte puede incidir sobre la cantidad de micro-porosidades creadas durante el proceso de grabado, necesarias para la unión mecánica de los brackets. Con los avances tecnológicos, la composición química de la superficie del esmalte puede ser determinada mediante el MEB, sin alterar o destruir las muestras del esmalte. Esta técnica permitiría el uso de las muestras para futuros estudios.³⁷

En este estudio tras realizar una encuesta de los adhesivos más utilizados en nuestra población de especialistas de la ortodoncia se decidió utilizar adhesivos tipo 2: grabador aplicado y lavado; el iniciador y el adhesivo son aplicados en una

sola solución. Es la quinta generación en adhesivos, llamados también sistemas adhesivos mono-componentes, en estos el primer y el adhesivo se han incorporado en un solo envase. Este sistema se sintetizó con el fin de disminuir los pasos clínicos y consecutivamente el tiempo de trabajo.²⁸

En este trabajo se observaron al MEB dientes acondicionados con ácido ortofosfórico y a continuación, fueron observadas otras muestras con acondicionamiento de ácido tras la colocación de sus respectivos adhesivos para de esta forma comparar el patrón de descalcificación en cada una de las marcas comerciales y la cantidad y calidad de cubrimiento observados a nivel microscópico de sus respectivos adhesivos, deben tomarse en cuenta factores tales como: manejo del operador, anatomía de cada una de las muestras, instrucciones de los fabricantes y el proceso previo al que fueron sometidas las muestras para ser observadas al MEB, entre otras variables mencionadas anteriormente.

Los accesorios ortodóncicos están unidos a los dientes por un tiempo limitado, los requisitos para que esto se cumpla con éxito son: suficiente fuerza de adhesión, facilidad de remoción y riesgo reducido de daño permanente al esmalte, este último es el requisito en el cual se basó esta investigación, particularmente los efectos producidos en la interfase entre la aplicación del ácido ortofosfórico y el adhesivo.²⁸

9. CONCLUSIONES

En las condiciones en las que este estudio fué ejecutado y luego del análisis subjetivo que se realizó al observar las fotografías nos es factible concluir que:

- Mediante la comparación al MEB la apariencia de la superficie de acondicionamiento del esmalte dentario fue más homogénea en su preparación con el ácido orto-fosfórico 3M ESPE Scotchbond™
- Al comparar las superficies dentales vestibulares preparadas con ácido orto-fosfórico aplicando los adhesivos Illuminate™ enamel bonding resin y 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer, podemos concluir que las muestras del segundo adhesivo se observaron con un cubrimiento más uniforme.
- Comparando al MEB la eficacia del Illuminate™ enamel bonding resin y 3M Unitek Transbond™ XT Light Cure Adhesive Primer, se observó que este último podría ser capaz de producir una mayor inhibición de la desmineralización del esmalte, debido al equilibrio de su cobertura.

10. RECOMENDACIONES

- Cada sistema adhesivo es único, característico y especial, por esta razón se recomienda siempre leer y seguir las indicaciones y recomendaciones de la casa fabricante del sistema de elección, aunque gran parte de los sistemas adhesivos contemporáneos coinciden en la metodología de aplicación e indicaciones.
- Para todos los pacientes ortodóncicos se recomienda como procedimiento de rutina el enjuague diario con solución diluida (0,05%) de fluoruro de sodio durante todo el período de tratamiento y contención, más el uso regular de dentífrico fluorado. Los colutorios con solución fluorada débil son eficaces, presentan poco riesgo y la mayoría de los pacientes pueden adaptarse fácilmente a usarlos por un periodo de uno o dos años. Además, debe adjudicarse al paciente una responsabilidad definida en las acciones para impedir la descalcificación durante el tratamiento. Así mismo, en pacientes con problemas de higiene puede ser útil pintar los sitios susceptibles a las caries, en cada visita, con un barniz fluorado o con uno de los nuevos y eficaces agentes anti-caries, como el tetra-fluoruro de titanio (TiF_4).
- Demasiada superficie de esmalte puede ser innecesariamente grabada, para evitar este efecto indeseable, la aplicación del adhesivo de esmalte debe ser tan grande como sea necesario.

- Se sugiere que el paciente consuma diez gramos de xilitol aproximadamente, divididos en cinco episodios de masticación de goma de mascar por un período de dos a tres años, ya que es posible minimizar el grado de descalcificación y gingivitis durante el tratamiento ortodóncico.
- Para evitar que exista desmineralización, es necesario dedicar una cita a nuestros pacientes para explicarles sobre la importancia de mantener limpios los aparatos ortodóncicos, haciendo notar los beneficios que brinda una adecuada higiene oral. Para iniciar el proceso de cementado de la aparatología ortodóncica es importante realizar una buena profilaxis dental y un buen aislamiento de las superficies dentales para evitar la contaminación con fluidos bucales, ya que estos afectan peligrosamente el fenómeno de la adhesión. Es necesario reforzar la necesidad de una buena higiene durante todo el tratamiento a través de motivación constante.
- Realizar más investigaciones de adhesivos incorporando clorhexidina, triclosan y cloruro de benzalconio (compuesto de amonio cuaternario utilizado como conservante en soluciones oftálmicas para lentes de contacto) en pequeñas cantidades, que impartan características antibacterianas a las resinas ortodóncicas sin que afecte sus propiedades mecánicas.
- Debido a la gran variación en la resistencia al cementado de brackets una semana después del blanqueamiento en el consultorio, es prudente

posponer la adhesión de brackets de ortodoncia por lo menos dos semanas.

- Aunque puede parecer lógico grabar un área sólo un poco mayor que la base, la experiencia clínica de más de veinte años indica que el grabado con solución de la superficie vestibular completa es inocuo, al menos cuando se usan regularmente colutorios fluorados. En cualquier caso, demasiado acondicionador de esmalte puede innecesariamente grabar áreas de esmalte; para prevenir estos efectos indeseados, la aplicación del adhesivo del esmalte debe ser tan amplio como sea necesario.
- Un adhesivo de ortodoncia que pueda eliminar la necesidad de grabado ácido puede ser deseable en el futuro. Esto requeriría una investigación in vivo para obtener resultados reales de este tipo de producto, lo cual sería muy innovador.
- Es preciso ser cuidadosos cuando se graba sobre desmineralizaciones adquiridas y de desarrollo. Lo mejor es evitarlas. Sí esto fuese imposible, lo importante es hablar con el paciente acerca de los factores de riesgo (dieta, higiene oral), pre-escribir 5.000 ppm de flúor en la pasta dental, enjuagues de clorhexidina al 0,12% y re-evaluar en pocos meses para observar la factibilidad del tratamiento de ortodoncia, si se realiza se debe aplicar un sellador y usar adhesión directa, prestando especial atención a que no existan áreas de deficiencia adhesiva.

- Ser muy precavidos cuando se graban dientes con dentina expuesta, con grietas profundas en el esmalte o con desmineralización interna o externa.
- Un procedimiento anti-caries innovador implica la aplicación de un sellador de resina sobre sobre la superficie vestibular del diente antes de pegar el bracket o alrededor de los brackets durante el tratamiento.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahn Hyo-Beom, Ahn Sug-Joon, Lee Shin-Jae, Kim Tae-Woo, and Nahm Dong-Seok. Analysis of surface roughness and surface free energy characteristics of various orthodontic materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:668-74.
2. Amra Ismail, Samsodien Gilmie, Shaikh Amenah, and Laloo Ratilal. Xeno III self-etching adhesive in orthodontic bonding: The next generation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:160.e11-160.e15.
3. Attar Nuray, Taner Tulin Ugur, Tulumen Erhan, Korkmaz Yonca. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded using Conventional vs One and Two Step Self-etching/adhesive Systems. *Angle Orthodontist*, Vol 77, No 3, 2007.
4. Benham W Adam, Campbell M Phillip, Buschang Peter H. Effectiveness of Pit and Fissure Sealants in Reducing White Spot Lesions during Orthodontic Treatment. *Angle Orthod.* 2009;79:337–344.
5. Benson PE, Shah AA et al. Fluorides, orthodontics and demineralization: a systematic review. *British Dental Journal* Volume 199 No. 7 oct 8 2005 437.
6. Bermúdez de Castro José María. Claves de la evolución humana en el Pleistoceno. *Investigación y ciencia*. Enero 2.008. pg 80-88.
7. Bhad Wasundhara A, and Hazarey Pushpa V. Scanning electron microscopic study and shear bond strength measurement with 5% and 37% phosphoric acid. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108:410-4.
8. Bherwani Aneel, Fida Mubassar, Azam Iqbal. Bond Failure with a No-Mix Adhesive System. *Angle Orthodontist*, Vol 78, No 3, 2008.
9. Bishara Samir E, Laffoon John F, VonWald Leigh, and Warren John J. The effect of repeated bonding on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:521-5.

10. Bishara Samir E, Oonsombat Charuphan, Ajlouni Raed, Laffoon John F. Comparison of the shear bond strength of 2 self-etch primer/adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:348-50.
11. Bishara Samir E, Oonsombat Charuphan, Soliman Manal M. A., Ajlouni Raed, and Laffoon John F. The effect of tooth bleaching on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:755-60.
12. Bishara Samir E, Oonsombat Charuphan, Soliman Manal M. A., Warren John. Effects of Using a New Protective Sealant on the Bond Strength of Orthodontic Brackets. *Angle Orthodontist*, Vol 75, No 2, 2005.
13. Bishara Samir E, VonWald Leigh, BA, Laffoon John F, Jakobsen Jane R. Effect of altering the type of enamel conditioner on the shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:288-94.
14. Buyukyilmaz Tamer, Usumez Serdar, Karaman Ali Ihya. Effect of Self-Etching Primers on Bond Strength — Are They Reliable?. *Angle Orthodontist*, Vol 73, No 1, 2003.
15. Cacciafesta Vittorio, Sfondrini Maria Francesca, Scribante Andrea, Boehme Andreas, Jost-Brinkmann Paul-Georg. Effect of Light-tip Distance on the Shear Bond Strengths of Composite Resin. *Angle Orthodontist*, Vol 75, No 3, 2005.
16. Canay Senay, Kocadereli Iken, and Akça Ela, The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:15-19.
17. Cehreli Zafer C, Kecik Defne, Kocadereli Ilken. Effect of self-etching primer and adhesive formulations on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:573-9.
18. Chitnis Deepti, Dunn William J, and Gonzales David A. Comparison of in-vitro bond strengths between resin-modified glass ionomer, polyacid-modified composite resin, and giomer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:330.e11-330.e16.

19. Chung, B K, Berry Hsu, T, Hsieh T. Effect of sandblasting on the bond strength of the bondable molar tube bracket. *Journal of Oral Rehabilitation* 2001 28; 418-424.
20. Elekdag-Turk Selma, Turk Tamer, Isci Devrim, Ozkalayci Nurhat. Thermocycling Effects on Shear Bond Strength of a Self-Etching Primer. *Angle Orthodontist*, Vol 78, No 2, 2008.
21. Eminkahyagil Neslihan, Korkmaz Yonca, Gokalp Saadet, Meserret Baseren. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets with Newly Developed Antibacterial Self-Etch Adhesive. *Angle Orthod* 2005;75:843–848.
22. Endo Toshiya, Ozoe Rieko, Shinkai Koichi, Aoyagi Makiko, Kurokawa Hiroomi, Katoh Yoshiroh, Shimooka Shohachi. Shear Bond Strength of Brackets Rebonded with a Fluoride-Releasing and -Recharging Adhesive System. *Angle Orthodontist*, Vol 79, No 3, 2009.
23. Faltermeier Andreas, Bürgers Ralf, and Rosentritt Martin. Bacterial adhesion of *Streptococcus mutans* to orthodontic adhesives with various filler-volume fractions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:728.e15-728.e19.
24. Farrow Melissa L, Newman Sheldon M, Oesterle Larry J, and Shellhart Craig W. Filled and unfilled restorative materials to reduce enamel decalcification during fixed-appliance orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:577.e13-577.e18.
25. Fjeld Morten and Øgaard Bjørn. Scanning electron microscopic evaluation of enamel surfaces exposed to 3 orthodontic bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:575-81.
26. Gardner Alastair, Hobson Ross. Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:64-7.
27. Ghiz Matthew A, Ngan Peter, Kao Elizabeth, Martin Chris, and Gunel Erdogan. Effects of sealant and self-etching primer on enamel decalcification. Part II: An in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:206-13.

28. Graber, Vanarsdall: Ortodoncia, principios generales y técnicas. Editorial médica Panamericana. Tercera edición. Montevideo, Uruguay. 2.000.
29. Harfin: Tratamiento ortodóntico en el adulto. Editorial Médica Panamerica. Segunda edición. Madrid, España. 2.006.
30. Hosein Ingrid, Orth M, Sherriff Martyn, and Ireland Anthony J. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004; 126:717-24.
31. Hu Wei and Featherstone John D.B. Prevention of enamel demineralization: An in-vitro study using light-cured filled sealant. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128:592-600.
32. Isotupa K.P, Chen B.A, Lopatin B.S, Mäkinen K.K, Effect of Polyol Gums on Dental Plaque in Orthodontic Patients, Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1.995; 107:497-504.
33. Joseph V. P, Rossouw P. E, Basson N. J. Some "sealants" seal A scanning electron microscopy (SEM) investigation. Am J Orthod Oentofac Orthop 1994;105:362-8.
34. Koupis Nikolaos S, Eliades Theodore, Athanasiou Athanasios E. Clinical Evaluation of Bracket Bonding Using Two Different Polymerization Sources. Angle Orthodontist, Vol 78, No 5, 2008.
35. Lill Daniel J, Lindauer Steven J, Tüfekçi Eser, and Shroff Bhavna. Importance of pumice prophylaxis for bonding with self-etch primer. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133:423-6.
36. Lindauer Steven J, Browning Henry, Shroff Bhavna, Marshall Frank, Anderson Ralph H. B, Moon Peter C. Effect of pumice prophylaxis orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 1997;111:599-605.
37. Lou Leo, Heo Giseon, Nelson Alan E, Alsagheer Ayad, Carey Jason P, and Major Paul W.. Chemical composition of enamel surface as a predictor of in-vitro shear bond strength. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009;136:683-8.

38. Loucks Buren Jennifer, Staley Robert N, Wefel James, and Qian Fang. Inhibition of enamel demineralization by an enamel sealant, Pro Seal: An in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:S88-94.
39. Lowder Phillip D, Foley Tim, and Banting David W. Bond strength of 4 orthodontic adhesives used with a caries-protective resin sealant. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:291-5.
40. Mäkinen Kauko, Eva Söderling, Hämäläinen M, Antonen P, Effect of long-term use of xylitol on dental plaque, *PROC. FINN. DENT. SOC.* 1.985, 81, 28-35.
41. Mäkinen Kauko, New Biochemical Aspects of Sweeteners, *International Dental Journal*, 1.985, 23-35.
42. Mäkinen Kauko, Prevention of Dental Caries by Xylitol, *Environmental Management and Health*, and *International Journal* 2,2, vol 2 No. 2 1.991, pp 6-11.
43. Mirabella Davide, Spina Raffaele, Scognamiglio Giovanni, Luca Lombardo, Gracco Antonio, Siciliani Giuseppe. LED vs Halogen Light-Curing of Adhesive-Precoated Brackets. *Angle Orthodontist*, Vol 78, No 5, 2008.
44. Oonsombat Charuphan, Bishara Samir E, and Ajlouni Raed. The effect of blood contamination on the shear bond strength of orthodontic brackets with the use of a new self-etch primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:547-50.
45. Ostby Adam W, Bishara Samir E, Denehy Gerald E, Laffoon John F, and Warren John J. Effect of self-etchant pH on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:203-8.
46. Paschos Ekaterini, Kleinschrodt Thomas, Clementino-Luedemann Tatiana, Huth Karin C, Hickel Reinhard, Kunzelmann Karl-Heinz, and Rudzki-Jansong Ingrid. Effect of different bonding agents on prevention of enamel demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:603-12.
47. Paul Gange. Bonding in today's orthodontic practice. Volume XL number 6. 2006 JCO.

48. Pedra E Cal-Neto Julio, Mendes Miguel José Augusto. An In Vivo Evaluation of Bond Failure Rates with Hydrophilic and Self-Etching Primer Systems. Volume XXXIX number 12. 2005 JCO.
49. Peldyak John, Bybee Larry, Johnson Eric, Misner L.R, Practical application of xylitol in dentistry. Finnish Dental Journal, Supplement 2.006: 54-59.
50. Proffit W R, Fields, H W Jr, Sarver D M: Ortodoncia contemporánea. Editorial Elsevier. Cuarta edición. Barcelona, España. 2.008.
51. Reicheneder Claudia A, Gedrange Tomas, Lange Alexandra, Baumert Uwe, and Proff Peter. Shear and tensile bond strength comparison of various contemporary orthodontic adhesive systems: An in-vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009;135:422.e1–422.e6.
52. Rodríguez E, Ortodoncia contemporánea diagnóstico y tratamiento. Amolca. Segunda edición. Colombia. 2.008.
53. Scougall-Vilchis Rogelio José, Hotta Yasuaki, and Yamamoto Kohji. Examination of enamel-adhesive interface with focused ion beam and scanning electron Microscopy. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131:646-50.
54. Scougall-Vilchis Rogelio J, Ohashi Shizue, Yamamoto Kohji. Effects of 6 self-etching primers on shear bond strength of orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009;135:424.e1–424.e7.
55. Sehgal Vikas, Shetty V. Surendra, Mogra Subraya, Bhat Gopalkrishna, Eipe Montu, Jacob Shery, and Prabu Laxman. Evaluation of antimicrobial and physical properties of orthodontic composite resin modified by addition of antimicrobial agents—an in-vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131:525-9.
56. Sohoel H, Gjerdet NR, Hensten-Petter. sen A, Rityter IE: Allergenic potential of two orthodontic bonding materials. Scand J Dent Res 1994: 102: 126-9
57. Staudt CB, Lussi A, Jacquet J, Kiliaridis S. White spot lesions around brackets: in vitro detection by laser fluorescence. Eur J Oral Sci 2004; 112: 237–243.

58. Summers Andrew, Kao Elizabeth, Gilmore Jeffrey, Gunel Erdogan, Ngan Peter. Comparison of bond strength between a conventional resin adhesive and a resinmodified glass ionomer adhesive: An in vitro and in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:200-6.
59. Tang ATH, BjoÈrkman L, Adamczak E, Andlin-Sobocki A, Ekstrand J. In vitro shear bond strength of orthodontic bondings without liquid resin. *Acta Odontol Scand* 2000;58:44±48. Oslo. ISSN 0001-6357.
60. Tanna Nihar, Kao Elizabeth, Gladwin Marcia, and Ngan Peter W. Effects of sealant and self-etching primer on enamel decalcification. Part I: An in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:199-205.
61. Turk Tamer, Elekdag-Turk Selma, Isci Devrim. Effects of Self-Etching Primer on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets at Different Debond Times. *Angle Orthodontist*, Vol 77, No 1, 2007. DOI: 10.2319/011606-22.
62. Uribe G A: Ortodoncia Teoría y clínica. Corporación para investigaciones biológicas. Segunda edición. Medellín, Colombia. 2.010.
63. Valente Rudolfo M, G. de Rijk Waldemar, Drummond James L, and Evans Carla A. Etching conditions for resin-modified glass ionomer cement for orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:516–20.
64. Varlik Selin Kale and Ulusoy Çağrı. Effect of light-cured filled sealant on shear bond strength of metal and ceramic brackets bonded with a resin-modified glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:194-8.
65. Varlik Selin Kale, Demirbas Evren. Effect of light-cured filled sealant on the bond failure rate of orthodontic brackets in vivo. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:144.e1-144.e4.
66. Vicente A, Bravo L. A, Romero M, Ortíz A. J. and Canteras M. Bond strength of brackets bonded with an adhesion promoter. *British Dental Journal* Volume 196 No. 8 April 24 2004.

67. Vicente Ascensio'n, Bravo Luis A, Romero Martín, Ortiz Antonio José, Canteras Manuel, B. A Comparison of the Shear Bond Strength of a Resin Cement and Two Orthodontic Resin Adhesive Systems. *Angle Orthodontist*, Vol 75, No 1, 2005.
68. Wang Wei Nan, Lu Tz Chau. Bond strength with permanent teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:72-9.
69. Wenhui Wang, Alanen Pentti, Isokangas Pauli, Isotupa Kauko, Mäkinen Pirkko-Lissa, Söderling Eva, Weijan Wang, Xiaochi Chen, Yi Wei, Boxue Zhang, Mäkinen Kauko, Effect of Two-Year Xylitol Consumption on Mutans Streptococci and Lactobacilli in Saliva and Plaque, *Finnish Dental Journal*, Supplement 2.006. pp 38-42.
70. Yamada Rieko, Hayakawa Tohru, Kasai Kazutaka. Effect of Using Self-Etching Primer for Bonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthodontist*, Vol 72, No 6, 2002.
71. Yasuji J amano. Introducción a la Microscopía Electrónica, Principios- Aplicaciones. Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical "Leopoldo Izquieta Pérez". Guayaquil. Ecuador. Octubre de 2.004.
72. Zeppieri Irene L, Chung Chun-Hsi, Mante Francis K. Effect of saliva on shear bond strength of an orthodontic adhesive used with moisture-insensitive and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:414-9.

12. ANEXOS

12.1 Carta de Donación de terceros molares



Quito; 11 de octubre de 2.010

Carta de Donación

Yo, Dr. Fausto René Abdo Costales, C.I: 1704468419, mediante la presente hago constar que he donado a la Dra. Cassandra Eugenia Argotte Baptista, Pasaporte Número V-F0030784 ciento cincuenta (150) terceros molares indicados para exodoncias, para la realización de su tesis: **“Comparación in vitro al MEB de la calidad de cubrimiento de dos marcas de adhesivos ortodónticos en la reducción de la desmineralización del esmalte durante el tratamiento ortodóntico”**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "F. Abdo", is written over a horizontal line.

Dr. Fausto René Abdo Costales

C.I: 1704468419



Dr. Fausto Abdo
COP. 3695

12.2 Encuesta realizada a los docentes de Ortodoncia de la USFQ

Quito; 20 de septiembre de 2.010

ENCUESTA

Comparación in vitro al MEB de la calidad de cubrimiento de dos marcas de adhesivos ortodónticos en la reducción de la desmineralización del esmalte durante el tratamiento ortodóntico

¿ Qué marca de adhesivo utiliza en su práctica privada porque le resulta de mejor calidad y porque consigue fácilmente en el mercado ?

Dres. Encuestados
Dr. Gerson Cabezas
Dr. Carlos Meneses
Dr. Diego Carrillo
Dr. Eduardo Acevedo
Dra. Carolina Dueñas
Dra. Cristina Oliveira
Dra. Lucía Mesías
Dra. Ma. Dolores Villacrest
Dra. Miriam Montalvo

Los resultados fueron 37,5% Illuminate™ Light Cure de Ortho-Organizers, 37,5%, Transbond™ Light Cure Adhesive y 25% Enlight® Bonding System.