

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

“Evaluación al microscopio electrónico de barrido, de la influencia del NaOCl sobre la superficie de esmalte como procedimiento previo a la aplicación de dos diferentes tratamientos adhesivos”.

María José Donoso M.

Tesis de pregrado presentada como requisito para la
obtención del título de Odontóloga

Quito, Mayo del 2011.

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias de la Salud

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

“Evaluación al microscopio electrónico de barrido, de la influencia del NaOCl sobre la superficie de esmalte como procedimiento previo a la aplicación de dos diferentes tratamientos adhesivos”.

María José Donoso Moreno

Dra. Ana del Carmen Armas Vega
Directora de Tesis

Dra. Cristina Burbano
Miembro del Comité de Tesis

Dra. Liliana Faieta
Miembro del Comité de Tesis

Dr. Iván García
Miembro del Comité de Tesis

Dr. Gonzalo Mantilla
Decano del Colegio de Ciencias de la Salud

Quito, Mayo del 2011

©Derechos de Autor

Autor: María José Donoso

Quito, Mayo 2011

DEDICATORIA

A Dios por darme todo lo que tengo, a quien gracias siempre me he sentido muy afortunada e insuficientemente agradecida.

A mi familia por ser mis mejores compañeros,
por ser mi felicidad, mi guía, mi fuerza
y mi apoyo en todo momento.

Martín, tu amor y apoyo nunca ha dejado
de sorprenderme, gracias por ser tan incondicional e
imprescindible estos 6 años.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en especial a todos mis profesores quienes hicieron de este tiempo una etapa muy especial de mi vida y de quienes no solo aprendí como desenvolverme y crecer como profesional si no también como una mejor persona.

Su esfuerzo es digno de reconocimiento y hoy puedo decir que los mantendré cerca en todo el camino que aun me queda por recorrer.

A mis compañeritas y amigas Laura, Mari, Dani, y Gaby. Definitivamente estos años no hubieran sido lo mismo sin ustedes. Todo el esfuerzo, la lucha y las risas nos han llevado a cumplir esta meta juntas. Karen y Robert, su compañía y amistad complementaron siempre el equipo. Gracias a todos por crecer junto a mí durante este tiempo.

A mi directora de tesis, Dra. Anita Armas, por su paciencia, dedicación y sobre todo por creer en mí. Reconozco que esta tesis ha sido resultado de un esfuerzo y trabajo mutuo.

A todos los que conforman la Clínica de Odontología de la Universidad San Francisco, compañeros, amigos y a todo el personal les agradeceré siempre por acompañarme de manera incondicional y trabajar conmigo cada día durante estos cinco años.

RESUMEN

La búsqueda por establecer los mejores procedimientos capaces de lograr una efectiva y confiable adhesión de los materiales restauradores a la superficie dentaria constituye un objetivo constante de la Odontología actual.

A partir del grabado ácido descrito por Buonocore en 1955, se han sugerido distintos tratamientos en la superficie del esmalte previo a la aplicación de sistemas adhesivos. Este estudio pretendió a través de observaciones al MEB, determinar las características topográficas y modificación de la superficie del esmalte tras la desprotección por medio de la aplicación de Hipoclorito de Sodio al 5.25% durante 60 segundos comparándolo a la aplicación convencional de ácido fosfórico por 15 segundos. De igual manera, la relación entre Hipoclorito de Sodio previamente a la aplicación de dos sistemas adhesivos; uno con solvente a base de acetona y otro ausente de primer. Los resultados tras un análisis estadístico del área que muestra una topografía de patrón de acondicionamiento tipo I, II o ausencia de este, revelaron que las superficies tratadas con hipoclorito de sodio previo al grabado ácido, presentaron mayores áreas de superficie con patrón de acondicionamiento al compararlo con las superficies únicamente tratadas con ácido fosfórico. En cuanto al sistema adhesivo, un análisis subjetivo reveló mayor integración y penetración del sistema con solvente en las irregularidades del esmalte que aquel sistema sin solvente. Concluyendo que la acción del Hipoclorito sobre la superficie asegura una mejor acción del ácido fosfórico en cuanto a modificación de la superficie dental haciéndola más favorable desde el punto de vista adhesivo, sin embargo cuando combinada esta técnica con sistemas adhesivos, el tipo de solvente así como su presencia o ausencia puede repercutir favorable o desfavorablemente.

PALABRAS CLAVES: adhesión, grabado ácido, hipoclorito de sodio, sistema adhesivo, primer.

ABSTRACT

The continuous searching of the best procedures capable of generating an effective and trustable adhesion of restoring material to dental surface, is now one of the most important objective in nowadays dentistry.

By the time, the etching system was described by Buonocore in 1955, there have been different surface pretreatments proposed to be done before the application of adhesive systems. By the observations made at the SEM, this investigation pretended to determinate the modifications of the enamel surface by the deproteinization process obtained during 5.25 % Sodium Hypochlorite application for 60 seconds, compared to the conventional 15 seconds etching process. It also pretended to consider the relation between the Sodium Hypochlorite application with two different adhesive systems; one that contained acetone solvent in its composition and the other one in absence of primer. The results obtained by an statistic analysis in reference of the amount of area that presented an etching surface with characteristic etching pattern or in absence of it, revealed that the surface that were pretreated with Sodium Hypochlorite, presented more etched pattern areas compared to the surfaces that were only treated with acidic etching. Referring to the results obtained by the adhesive systems, a subjective analysis revealed an increased and better integration of the acetone solvent system in the irregularities of the enamel surface compared to the system that didn't contained any primer. By this, it was possible to conclude that the action of Sodium Hypochlorite over the enamel surface gives up a better action of the etching system, in favor of obtaining an optimum surface that works out better for the adhesive system. However, is important to consider that the presence and type of solvent used in the adhesive system can have a positive or negative effect on adhesion.

KEY WORDS: Adhesion, total etch, sodium hypochlorite, adhesive system, primer.

TABLA DE CONTENIDO

Portada	
Hoja de Aprobación	
Derechos de autor.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
Tabla de Contenido.....	viii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Gráficos.....	xi
Lista de Tablas.....	xii
1.- INTRODUCCIÓN.....	pág. 1
2- MARCO TEÓRICO.....	pág. 3
2.1 La adhesión en Odontología.....	pág. 3
2.2 La técnica adhesiva.....	pág. 4
2.3 Fenómenos físicos que influyen en la adhesión.....	pág. 7
2.3.1 La Energía de Superficie.....	pág. 7
2.3.2 La Humectancia.....	pág. 8
2.3.3 La Capilaridad.....	pág. 9
2.4 El Esmalte.....	pág. 11
2.4.1 Acondicionamiento del Esmalte.....	pág. 13
2.4.2 Adhesión a Esmalte.....	pág. 20
2.4.3 NaOCl y la Desproteínización del Esmalte.....	pág. 21
2.5 Sistemas Adhesivos.....	pág. 25

3. HIPÓTESIS.....	pág. 32
4. OBJETIVOS.....	pág. 32
4.1 Objetivo General.....	pág. 32
4.2 Objetivos Específicos.....	pág. 32
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	pág. 32
5.1 Diseño de Estudio.....	pág. 32
5.2 Muestra.....	pág. 33
5.2.1 Criterios de Inclusión.....	pág. 34
5.2.2 Criterios de Exclusión.....	pág. 34
5.3 Metodología.....	pág. 34
5.4 Grupo de Estudio.....	pág. 35
5.5 Análisis al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).....	pág. 36
5.6 Método de Evaluación.....	pág. 38
6. RESULTADOS.....	pág. 39
6.1 Datos Estadísticos Descriptivos.....	pág. 39
6.2 Análisis Subjetivo.....	pág. 48
6.2.1. Resultados Grupo 3.....	pág. 48
6.2.2. Resultados Grupo 4.....	pág. 50
7. DISCUSIÓN.....	pág. 52
8. CONCLUSIONES.....	pág. 65
9. RECOMENDACIONES.....	pág. 66
10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	pág. 67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Muestra.....	pág. 33
Figura 2. Separación de la corona clínica de sus raíces.....	pág. 33
Figura 3. Corona de la Pieza #1 seccionada en sus 2 superficies libres y 2 superficies proximales.....	pág. 35
Figura 4. Instrumentos utilizados durante la preparación de las muestras.....	pág. 35
Figura 5. Diez muestras del Grupo 1 ubicadas en portamuestras de aluminio con un pegamento de carbón.....	pág. 37
Figura 6. Los portamuestras ubicados de manera ordenada sobre el “Stage”.....	pág. 37
Figura 7 a, b y c. Superficies grabadas según el procedimiento propuesto en el Grupo 1.....	pág. 39
Figura 8 a, b y c. Superficies grabadas según el procedimiento propuesto en el Grupo 2.....	pág. 40
Figura 9 a, b, c y d. Superficie grabada según el procedimiento propuesto en el Grupo 3.....	pág. 49
Figura 10 a y b. Superficies del Grupo 4 que presentan ligeras interdigitaciones por parte del adhesivo.....	pág. 50
Figura 11 a, b, c y d. Superficie grabada según el procedimiento propuesto en el Grupo 4.....	pág. 51

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Área en mm² con patrón de grabado tipo I y II.....pág. 42
- Tabla 2.** Análisis Estadístico Descriptivo para patrón de grabado tipo I y II.....pág. 42
- Tabla 3.** Área en mm² de la superficie con ausencia de grabado.....pág. 44
- Tabla 4.** Análisis Estadístico Descriptivo para la superficie con ausencia de grabado.....pág. 44
- Tabla 5.** Promedio del área con patrón de grabado I y II y ausencia de grabado para el Grupo 1 y 2.....pág. 46
- Tabla 6.** Porcentaje del área promedio de superficie con patrón de grabado I y II y ausencia de grabado para el Grupo 1 y 2.....pág. 46
- Tabla 7.** Análisis Estadístico de la Varianza para patrón de grabado I y II.....pág. 46
- Tabla 8.** Análisis Estadístico de la Varianza para ausencia de grabado.....pág. 47

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Área con patrón de grabado tipo I y II.....pág. 43
- Gráfico 2.** Porcentaje promedio del área de superficie grabada con patrón tipo I y II para Grupo 1 y Grupo 2.....pág. 43
- Gráfico 3.** Área de ausencia de grabado.....pág. 45
- Gráfico 4.** Porcentaje promedio del área de ausencia de grabado para Grupo 1 y Grupo 2.....pág. 45
- Gráfico 5.** Porcentaje de la superficie grabada y no grabada de cada muestra del Grupo 1.....pág. 47
- Gráfico 6.** Porcentaje de la superficie grabada y no grabada de cada muestra del Grupo 2.....pág. 47

1.- Introducción

Actualmente, la obtención de una efectiva unión entre el material restaurador y el tejido dentario se ha manifestado como un desafío para la Odontología moderna.

El sistema tradicional de adhesión, que hoy en día utilizamos va inicialmente condicionado por la necesidad de un grabado de la superficie gracias a la acción del ácido fosfórico, con el objetivo de crear una modificación de la estructura dependiendo de la concentración del mismo y de su tiempo de exposición. (Bouonocore, 1955).

Con el tiempo, se han efectuado múltiples investigaciones con el objetivo de encontrar un sistema y procedimiento que modifique la superficie del esmalte haciéndola aun más retentiva para obtener la máxima adhesión. Actualmente se ha establecido de manera clara y evidente que la esencia de la adhesión se fundamenta en lograr el efecto del grabado ácido, con la condición morfológica retentiva generalizada en toda la superficie de dentaria expuesta. (Henostroza, 2000)

Espinosa y cols. en el 2008, analizaron el efecto de la desproteínización de la superficie dentaria, en especial de la superficie del esmalte previo al grabado con ácido fosfórico, refiriendo a la utilización del hipoclorito de sodio a una concentración de 5.25%, el cual actúa como un agente desnaturalizador de la superficie, asegurando ser una posible estrategia para la optimización de la adhesión. Según estos, el Hipoclorito de Sodio (NaOCl) actúa directamente en la remoción de los elementos orgánicos en la estructura del esmalte, por lo que su aplicación es considerada como un procedimiento importante previo a la aplicación del sistema de grabado ácido. (Espinosa et al. 2008).

El hipoclorito de sodio, dentro del campo de endodoncia es también conocido como una solución acuosa que actúa como solvente orgánico de las estructuras celulares y matrices orgánicas del esmalte, dentina y pulpa. Además de su acción antibacteriana, se encarga de la remoción del barro dentinario o comúnmente conocido como “smear layer”, debido a que esta solución trabaja específicamente en lo que refiere a materia orgánica, principalmente sobre proteínas ubicadas en la superficie adamantina del esmalte o sobre proteínas que constituyen tanto pulpa como dentina. Su aplicación como parte del procedimiento adhesivo generará la remoción del smear layer al igual que la desproteínización de la superficie del esmalte, lo cual

conducirá a la obtención de una óptima adhesión a nivel de esta estructura dentaria. (Espinosa et al. 2008).

A partir de esto, parte la curiosidad por comprender, estudiar y verificar mediante observación al microscopio electrónico de barrido el efecto de la desproteización de la superficie del esmalte al aplicar hipoclorito de sodio al 5.25% previo al grabado ácido y su efecto al aplicar sistemas adhesivos con diferentes solventes. El hipoclorito de sodio, al actuar como un agente desproteizante, podría ser considerado como uno de los posibles métodos para conseguir una adhesión óptima debido a la remoción de los elementos orgánicos tanto de la estructura del esmalte como de la película adquirida, que podrían estar interviniendo dentro del proceso adhesivo.

2.- Marco Teórico

2.1. La Adhesión en Odontología

A lo largo de los últimos tiempos se han realizado múltiples investigaciones y variaciones en lo que refiere a materiales y procedimientos necesarios para lograr una adhesión de los materiales restauradores a la superficie dentaria que sea confiable y perdurable. (Mooney, 2006)

Actualmente se conoce que la adhesión a nivel de esmalte resulta ser más efectiva y predecible en comparación a la adhesión conseguida a nivel del tejido dentinario. La adhesión a esmalte está dada a partir del anclaje micromecánico que proporcionan las irregularidades producidas por el grabado ácido previo a la técnica adhesiva, dando lugar a una adhesión de gran efectividad, confiabilidad y mínima susceptibilidad. (Henostroza, 2010)

El grabado ácido fue descrito por primera vez en 1955 por Buonocore, quien se inspiró en el empleo industrial de ácido fosfórico al 85% para facilitar la adhesión de pinturas y resinas a superficies metálicas. Fue así como estableció la posibilidad de obtener adhesión entre la resina y el esmalte dentario una vez que este ha sido acondicionado con ácido fosfórico al 85% durante 30 segundos. A partir de estos resultados, se realizaron otros estudios en los cuales se utilizaron concentraciones mayores y menores de ácido fosfórico para tratar la superficie dental, indicando que al estar este en contacto con el esmalte logra eliminar alrededor de 10 μ m de la superficie adamantina, creando en esta un sinnúmero de porosidades que van entre las 5 y 50 μ m. (Roberson et al. 2007)

Ante esta situación, posteriormente Gwinnet (1971) en conjunto con Buonocore (1955), manteniendo la idea primitiva de acondicionar previamente el esmalte para conseguir un mejor efecto adhesivo sugirieron la utilización de concentraciones de ácido más bajas para así evitar la formación de precipitados que pudieran intervenir negativamente con la adhesión. Los resultados obtenidos a partir del uso de concentraciones inferiores al 27% mostraron la formación de un precipitado de monohidrato de fosfato decálcico, el cual resultaba difícil de ser retirado y podía afectar directamente la adhesión. A partir de esto se aplicaron concentraciones mayores entre 40 y 50% con el objetivo de obtener mejores resultados. (Retief, 1973). A lo largo tiempo, y tras diferentes investigaciones fueron los mismos

protagonistas quienes obtuvieron igualmente efectos negativos al aplicar concentraciones tan altas ya que el ácido logró disolver menos calcio dando lugar a patrones de grabado con peor definición que si se empleaban concentraciones inferiores al 40%. Según Roberson et al. Silverstone (1975) fue quien determinó que la aplicación del ácido fosfórico a una concentración del 30% al 40% daba lugar a una superficie de esmalte óptimamente retentiva. (Roberson et al. 2007)

Por su parte, Fusayama en 1979 como complemento a lo anteriormente expuesto por Gwinnet y Buonocore, describió igualmente los efectos del ácido fosfórico al 40% como mecanismo importante para la formación de tags resinosos a nivel de los microporos del esmalte y los túbulos dentinarios para el aumento de la fuerza adhesiva tanto a nivel del esmalte como de la dentina. (Sano et al. 1995; Uribe-Echeverria et al. 1997)

Es así como a partir de la realización de los estudios anteriormente expuestos, en complemento con algunos otros, en la actualidad se ha establecido que la superficie rugosa obtenida a partir del grabado ácido aumenta notoriamente el área de contacto y sobre todo la energía superficial. De esta manera, al aplicar una resina de baja viscosidad, como lo son los sistemas adhesivos, estos tenderán a difundirse a través de las microporosidades de la superficie estableciendo así un íntimo contacto que logrará una adhesión micromecánica al esmalte dentario. (Mooney,2006)

2.2. La Técnica Adhesiva

La adhesión, sin lugar a duda, es considerada hoy en día como una de las innovaciones más importantes producidas en el campo de la odontología y en toda su historia, particularmente a partir de la última mitad del siglo XX. Actualmente la adhesión se ha vuelto una práctica común y corriente que se aplica en un sinnúmero de acciones clínicas y de laboratorio como parte de la ciencia odontológica. (Brena et al. 2010). Los productos y técnicas adhesivas se utilizan para sellados, restauraciones estéticas, restauraciones directas e indirectas, reconstrucciones protésicas, cementación de postes, carillas, coronas y puentes, ferulizaciones

periodontales, aplicación de brackets ortodónticos, entre otros procedimientos importantes dentro de la clínica dental. (Henostroza, 2010; Brena et al., 2010).

La Real Academia Española de la Lengua establece que la palabra “adhesión” deriva del latín, *Adhaesio*, y refiere a la “atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química” (Henostroza, 2010). Según la American Society for Testing and Materials (ASTM, 1983) la adhesión refiere al “contacto o fenómeno mediante el cual dos superficies de igual o distinta naturaleza se mantienen unidas por las fuerzas interfaciales, sean estas físicas, químicas o por interacción de ambas”. (Henostroza, 2010). Joubert por su parte, en el 2010 describió a la adhesión como el fenómeno por el cual existe aproximación de dos superficies, en el cual se tiene como meta final que una de las superficies no se separe de la otra aunque no se haya utilizado un material adhesivo para mantenerlas juntas. Entonces, mientras las dos partes no se separen y se mantengan unidas, significa que se ha conseguido adhesión. (Joubert Hued, 2010).

Packham en 1992 denomina a la superficie o substrato que se adhiere como adherente, al adhesivo como la sustancia capaz de mantener juntas a las superficies resistiendo a su separación y al espacio que existe entre estas dos superficies lo denomina interfase. En el caso de la Odontología se indica que existen tres substratos diferentes: el diente, el material de restauración y el adhesivo, que unidas darán lugar siempre a dos interfases: adhesivo-diente y material de restauración-adhesivo. (Marro,2010).

En la actualidad la adhesión es clasificada como unión física macro o micromecánica y unión química. En la adhesión física o retención mecánica, pueden darse dos situaciones. Por ejemplo, aquella situación en la que se prepara una cavidad para amalgama, y se observa claramente como las paredes cavitarias se enfrentan al material restaurador, se la conoce como una adhesión física o macromecánica. Mientras que cuando utilizamos la técnica de grabado ácido adamantino y obtenemos en este tejido la formación de millones de microporos donde más tarde se va a alojar y endurecer el material adhesivo para así producir una retención mecánica, es una situación también conocida como una adhesión física pero de magnitud micromecánica. Este es el caso de la adhesión presente a nivel de esmalte y dentina, en los cuales casi todos los casos de adhesión dental se basan principalmente en una unión o

adhesión esencialmente micromecánica. (Joubert Hued, 2010; Roberson et al. 2007).

Por otra parte, la adhesión química refiere a aquella situación en la que la unión depende de un intercambio iónico molecular y no de enfrentamiento o fricción mecánica entre las superficies, situación que se observa entre los materiales a base de ionómero de vidrio y minerales del diente o entre los enlaces iónicos instaurados entre los ácidos poliacrílicos e hidroxiapatita. (Joubert Hued, Rony. 2010). El esmalte a través de los radicales hidroxilos de la hidroxiapatita, y la dentina a través de los mismos radicales de la hidroxiapatita y los radicales presentes en las fibras colágenas (carboxilos, aminos y cálcicos) los convierten tanto al esmalte como a la dentina en estructuras potencialmente receptivas a uniones químicas. (Henostroza, 2010).

Dino et al. en el 2009 estableció que la adhesión química también implica algo de adhesión física, ya que las reacciones químicas adhesivas involucran cambios dimensionales. (Dino, 2009).

De esta manera la capacidad de los adhesivos les permite unirse por un lado al diente mediante una retención micromecánica, mientras que por el otro lado se unen a resinas compuestas o cementos resinosos en función de una unión química. (Roberson et al. 2007).

El prerequisite esencial para que se produzca una adhesión química o física es elemental que las dos sustancias estén en contacto lo más cercano posible entre sí. Sin embargo, es difícil imaginar cómo dos superficies sólidas pueden estar tan cercanas, manteniendo en cuenta su superficie firme y estable. Un método para garantizar un acoplamiento íntimo podría ser el de convertir una de las superficies a un estado líquido o plástico para lograr que esta se deslice y se apoye con facilidad adaptándose a la otra superficie sólida. Dentro de los sistemas adhesivos modernos utilizados en odontología, se considera al adhesivo como el elemento líquido que pasa a ubicarse entre las superficies sólidas, permitiendo eliminar la brecha que existe entre estas, tornándolas en superficies precisas y complementarias. (Dino, 2009)

2.3. Fenómenos físicos que influyen en la adhesión

Todo átomo o molécula externa de una superficie tiende a moverse en una estructura molecular por la energía cinética que posee. En el caso de los líquidos este movimiento es limitado, y en el caso de los sólidos este movimiento es casi nulo. (Barrow, 1988).

Por otra parte, toda molécula libre tiende (por cohesión) a acercarse y a atraer a sus moléculas vecinas. Esta atracción por cohesión en las moléculas superficiales está presente en todos los materiales, y gracias a este fenómeno se entiende la capacidad de atracción de moléculas de otros materiales colocados en la superficie dentaria. Los cuerpos metálicos y cristalinos (como por ejemplo el esmalte) poseen una alta energía superficial, a diferencia de los cuerpos orgánicos (como la dentina) que presentan una baja energía superficial. (Dino, 2009)

Las caras libres de las moléculas de una superficie son las que provocan que la superficie de un sólido tenga fuerzas de cohesión, induciéndolo a atraer a otras sustancias. La capa mono molecular superficial que presenta una cara libre recibe el nombre de sustrato. Esta capa del cuerpo es la que posee la capacidad de también atraer moléculas libres del medio por adsorción, el cual es un fenómeno por el cual el cuerpo sólido atrae moléculas libres del medio en el que está inmerso (en este caso en fluidos) y estas moléculas se retienen o se concentran en la superficie. Esta acumulación de átomos libres en la superficie se conoce como sustrato adsorbido. (Henostroza, 2010).

En este caso se habla de que las moléculas se han adsorbido sobre la superficie sólida, siendo este proceso distinto al de la penetración de las moléculas en la masa de otro componente, el cual viene a ser un fenómeno distinto conocido como absorción. (Barrow, 1988). Por su parte, la absorción refiere al fenómeno de penetración de las moléculas de una sustancia entre las de otra sustancia, o bien, el ingreso de moléculas líquidas en el interior de un cuerpo sólido dando lugar a la formación de una nueva disolución o una auténtica combinación química. (Henostroza, 2010) (Barrow, 1988).

2.3.1. La Energía de Superficie

En los procesos adhesivos es importante contar con una superficie con alta energía superficial, por ejemplo encontrada en el esmalte limpio, libre de sustrato adsorbido. El sustrato adsorbido

es capaz de reducir la energía superficial del sólido además de que el adhesivo interactuará con este y no con el sustrato superficial del sólido, logrando disminuir la fuerza adhesiva (tanto química como física). (Henostroza, 2010).

Es por esto que se destaca la importancia de limpiar toda superficie que va a recibir material restaurativo, por su parte el esmalte presenta facilidad para la adsorción de moléculas acuosas del medio bucal y el biofilm, lo cual afectaría reduciendo su energía superficial, y con esto su potencial de adhesión. (Roberson et al. 2007)

Tanto la energía superficial como la tensión superficial son manifestaciones de energía de las superficies libres (ya sea de un sólido o de un líquido). La tensión superficial refiere a la fuerza contráctil a la cual están sometidos los átomos externos hacia el cuerpo central. Por esta se entiende la atracción que existe de las moléculas internas de un líquido sobre las moléculas ubicadas en la superficie del mismo. Esto indica la tendencia de un líquido a ocupar el mínimo volumen posible, tendiendo a presentar la menor relación superficial, volumen que geoméricamente es lo que da formación a la esfera o “gota”. La compatibilidad fisicoquímica se obtiene cuando el adhesivo es de baja tensión superficial y el sustrato tiene elevada energía superficial. (Dino, 2009).

2.3.2. La Humectancia

Roberson et al. determinan que para conseguir una buena adhesión es necesario formar una interfase íntima microscópicamente. La formación de esta interfase se entiende por el efecto de humectación del adherente por parte del adhesivo. Entonces, para producir una buena unión, es necesario que exista una buena humectación, considerando que el adhesivo debe ser absolutamente capaz de humedecer el sustrato (esmalte, dentina o cemento) para que se establezca un contacto íntimo entre ambos. (Roberson et al. 2007)

La humectancia indica que mientras más baja sea la tensión superficial de un líquido frente a un sólido de alta energía superficial, mejor será la humectación de este sólido, mientras que si el líquido presentara una alta tensión superficial y el sólido una baja energía superficial, la humectación será mínima, debido a la dificultad del líquido por mojar al sólido, dando lugar a una mayor formación de gotas sobre la superficie. (Roberson et al. 2007). De esta manera, la

humectabilidad de un material sólido dependerá de la energía superficial del sustrato y de la tensión molecular de la periferia del líquido. La capacidad de un adhesivo para humectar una superficie puede evaluarse midiendo el ángulo de contacto que se forma al aplicar una gota de este adhesivo sobre la superficie. El ángulo de contacto que representa la medición de la humectabilidad, al tener el fluido la capacidad de expandirse con facilidad generando un estado de humectación completa de la superficie, este ángulo de contacto se aproximará a los cero grados, mientras que si la capacidad del líquido por expandirse sobre la superficie se ve limitada, el ángulo de contacto presentará valores mayores, indicando un mojado deficiente y la formación de gotas. (Erickson, 1992; Henostroza, 2010)

Por lo tanto, la humectabilidad es conocida como un requisito fundamental para la adhesión. El grado de imprimación ideal se da cuando el valor de la tensión superficial del líquido (adhesivo) es menor al valor de la energía superficial del sustrato sólido. Mientras más tendencia tenga el líquido a formar gotas, menos humectante será este. (Dino, 2009).

2.3.3. La Capilaridad

A su vez, para entender un poco acerca de la penetración del adhesivo líquido en el sustrato sólido, se hace referencia al fenómeno de capilaridad, en el cual se explica la elevación o penetración del líquido al suponer que existe una película muy delgada de líquido adsorbida sobre las paredes del capilar. Este fenómeno resulta de la interacción de fuerzas adhesivas y cohesivas, y está ligado a la tensión superficial, ya que este se presenta en la línea de separación que existe entre un líquido con un sólido (en este caso un tubo capilar que podría ser una fisura del esmalte, un túbulo dentinario, una interfaz entre diente y restauración) y con un gas (en este caso, el aire). Entonces, el líquido ubicado en el interior de la estructura tubular tenderá a ascender hasta alcanzar una situación de equilibrio, y en esta situación el componente hacia arriba de la tensión superficial compensa al peso de la columna líquida. (Dino, 2009).

Este ascenso o penetración se debe a que existe una presión capilar positiva en la que las fuerzas que actúan entre moléculas del líquido próximas a la pared del tubo, se dirigen hacia arriba. Estas fuerzas vienen a ser las fuerzas de cohesión entre moléculas próximas a la

superficie del tubo con las otras moléculas más internas, y las fuerzas de adherencia debido a la acción de las moléculas de la superficie del tubo y las del líquido. La presión capilar positiva equilibra la presión hidrostática de la columna líquida en el interior de la estructura tubular. (Barrow, 1988)

Dentro del fenómeno de capilaridad, es importante reconocer la formación del menisco en la superficie del líquido contenido dentro del tubo. Este además de relacionarse con el ascenso o descenso del dicho líquido, su forma geométrica depende de la relación entre las fuerzas cohesivas y adhesivas. En el caso de que la fuerza adhesiva sea mayor la forma de este menisco es cóncava, y en el caso de que la fuerza cohesiva sea menor, la forma es convexa. (Dino, 2009).

De igual manera, es importante valorar la velocidad de penetración capilar, factor importante para determinar la velocidad a la que el sellador penetraría en los espacios microscópicos producidos posteriormente al grabado ácido del esmalte. Las propiedades del líquido que van a influenciar en la velocidad de penetración dependen del producto de la tensión superficial por el coseno del ángulo de contacto, lo cual también se define como coeficiente de penetración capilar. (Henostroza, 2010).

A partir de la presencia de estos fenómenos físicos varios especialistas concluyen que la selección de un sistema adhesivo debe ser bastante crítica, cuidadosa y reflexiva, basada en distintos datos científicos probados por estudios e investigaciones. Cada adhesivo debe ser considerado según el sustrato para el cual va a ser utilizado, para conseguir el fin u objetivo deseado. Al conocer los principios que regulan el mecanismo de la adhesión, los constituyentes y la formulación de los diferentes sistemas adhesivos, será más fácil poder elegir la opción más apropiada. (Barrow, 1988) (Roberson et al. 2007).

A partir de la presencia y actividad de los fenómenos físicos anteriormente expuestos, se plantea que para una adecuada filtración de un sistema adhesivo tanto a nivel de dentina como en esmalte, el producto ideal debería poseer una baja viscosidad, manifestar una alta tensión superficial y una eficaz humectabilidad. (Dino, 2009).

2.4. El Esmalte

El esmalte dentario se constituye químicamente por una matriz inorgánica de 95%, matriz orgánica del 1 al 2%, y de agua 3 a 5%. En lo que refiere a su matriz inorgánica, este tejido está conformado por sales minerales de fosfatos y carbonatos de calcio que luego del proceso de cristalización se transforman en cristales inorgánicos de hidroxiapatita, conocidos como la unidad estructural del esmalte. (Marro, 2010). Por otra parte, en lo que refiere a la matriz orgánica los componentes más importantes son de naturaleza proteica, entre estos están las amelogeninas, las enamelinas, ameloblastinas, amelaninas, tuftelinas, enzimas y proteínas séricas. El agua por su parte, está presente en la periferia del cristal constituyendo la denominada capa de hidratación o capa de agua adsorbida, la cual disminuye progresivamente con la edad. (Marques, 2007).

El esmalte es una estructura que deriva del ectodermo y se forma a partir del órgano del esmalte. Según Henostroza, el esmalte maduro es acelular, avascular y aneural y no debería ser considerado como un “tejido”, ya que es considerado un tejido durante la etapa de desarrollo cuando permanecen presentes las células ameloblásticas, sin embargo, al desaparecer estas, el esmalte debería pasar a considerarse como una sustancia o material extracelular. Estas características nos llevan a entender por qué el esmalte no tiene capacidad regenerativa, siendo afectado constantemente por diferentes situaciones como la desmineralización ácida, stress oclusal, abfracciones, abrasiones, traumatismos o fracturas; situaciones ante las cuales únicamente puede remineralizarse pero no reconstituirse. (Henostroza, 2010).

Histológicamente, el esmalte se constituye por la unidad básica estructural que es el prisma o prisma adamantino los cuales son estructuras longitudinales que miden alrededor de 4 a 6 micras de espesor y que se dirigen desde la unión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte (Marro, 2010). El prisma se lo describe por aspecto de herradura, en donde la cabeza se presenta ensanchada con forma redondeada orientada hacia la unión amelodentinaria, su cuello se presenta estrecho y su extremo de terminación es irregular extendiéndose hasta la superficie del esmalte. Esta estructura se la observa así al realizar un corte transversal de la corona dental clínica. (Joubert Hued, 2010)

El número de los prismas varía según el tamaño de la corona, oscilando generalmente entre 5 y 12 millones. Es así como el conjunto de esta unidad estructural adamantina forma el esmalte prismático constituyente de la mayor parte de este tejido. (Marro, 2010).

Conocer la relación entre los cristales dentro de cada prisma y en la región interprismática es de mucha importancia. Los cristales parten desde el eje central del prisma, manteniendo la inclinación lateral hasta que pasan a ubicarse de manera perpendicular respecto al prisma en la región interprismática. Los cristales adoptan esta configuración debido a la acción de los ameloblastos y sus fibras de Tomes durante la formación del esmalte. Los prismas van a estar relacionados entre sí, de tal forma que entre dos cabezas se inserta la cola perteneciente a un prisma continuo. (Mjor, 1974; Marro, 2010).

De igual manera, se considera importante mantener consideración en cuanto a la dirección de los prismas del esmalte durante la práctica clínica. Generalmente los prismas se disponen en ángulo recto respecto a la dentina subyacente a la superficie del diente, mientras que en la unión esmalte-cemento los prismas adoptan una orientación más horizontal. Es por esto que al preparar las superficies del esmalte durante la preparación cavitaria, dependiendo de la inclinación a la que se realice el corte, los prismas van a aparecer expuestos en planos tangenciales, oblicuos o longitudinales. (Van Meerbek y cols, 1996).

Por otro lado, las unidades estructurales secundarias, las cuales se originan básicamente a partir de los mismos prismas del esmalte, son el resultado del diferente grado de mineralización o del cambio de orientación de los prismas de la interrelación del esmalte con la dentina subyacente o la periferia medioambiental. Algunas de estas estructuras son las estrías de Retzius, las laminillas o fisuras del esmalte, los penachos de Linderer, las bandas de Hunter-Schreger, el esmalte nudoso, la conexión amelodentinaria, los husos adamantinos, las periquimatías y las líneas de imbricación de Puckerill. (Gómez de Ferraris y Campos, 1999).

El esmalte es considerado una estructura homogénea en cuanto a composición y organización independientemente de su profundidad y localización. Sin embargo a nivel de la unión amelodentinaria y en algunas áreas de su superficie externa su estructura es aprismática, donde la sustancia adamantina mineralizada no da lugar a la formación de prismas y los cristales se encuentran dispuestos paralelamente entre sí y perpendiculares a la superficie. (Berkovitz et al.

2002; Van Meerbeek et al. 1996; Marro, 2010). El espesor de este esmalte aprsimático es de unas 30 micras y está presente en todos los dientes primarios y en un 70% de los dientes permanentes, en los cuales generalmente se encuentran a nivel de las regiones cervicales y en fosas y fisuras. (Gómez de Ferraris y Campos, 1999).

Por otra parte, en lo que respecta a la formación de las estructuras básicas del esmalte, se conoce que los cristales del esmalte se forman a partir de los ameloblastos en un proceso de tres estadios básicos. Dentro del primer estadio, se secreta una matriz orgánica que se mineraliza casi inmediatamente. Principalmente encontramos 2 tipos de proteínas en esta etapa, que son la amelogenina hidrofóbica y la enamulina. De manera progresiva los cristales empiezan a ser depositados en esta matriz en forma de largas y delgadas placas de hidroxiapatita, hasta llegar al siguiente estadio. Dentro del segundo estadio, los cristales empiezan a crecer y a perder agua y proteínas. Generalmente las amelogeninas son eliminadas más rápido que las enamelinas debido a la diferencia de su peso molecular. A partir del tercer estadio, se continúa perdiendo agua y existe un mayor agregado mineral. La extracción de la matriz orgánica va siendo dirigida hacia la superficie final del esmalte, dejando al esmalte sano constituido en su gran mayoría por el tejido inorgánico. (Espinosa et al. 2008).

Henostroza hace referencia al proceso anteriormente descrito como “Modelado friccional interplasmático adamantino”, determinado así por Avery en 1994, quien lo explica como el conjunto de procesos hidrolíticos y proteolíticos en el cual se logra la degradación de la matriz proteica del esmalte, reduciendo así el contenido orgánico en conjunto de la incorporación de los cristales de hidroxiapatita que caracterizan su constitución final. (Henostroza, 2010)

2.4.1. Acondicionamiento del Esmalte

El tratamiento químico del esmalte, da como resultado el incremento de la adhesión entre la superficie del esmalte tratado y el material restaurativo. Después de los experimentos realizados por Buonocore en 1955, donde se demostró el aumento de adhesión entre las resinas y la superficie del esmalte al ser tratado con ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85%, se realizaron muchos otros estudios fundamentales para la aceptación y compresión del grabado

de la superficie del esmalte como sistema básico para aumento de la adhesión y retención mecánica. (Dino, 2009)

Actualmente se conoce que el tratamiento del esmalte con ácido fosfórico al 32, 34.5, 35 y 37%, logra una desmineralización y disolución de la matriz inorgánica de hidroxiapatita de las varillas adamantinas dando lugar a la formación de microporos y microsurcos en la estructura del esmalte. A partir de varios estudios, hoy en día se ha determinado que el uso de ácido fosfórico al 37% da mejores resultados. (Henostroza, 2010)

Por otra parte, es importante considerar que la superficie intacta del esmalte suele ser más resistente al grabado ácido, ya que en ella el esmalte puede ser aprismático y con frecuencia tiene un mayor contenido de iones de flúor. Además se considera que aquel grabado a nivel del esmalte cortado actúa en función de la zona de los prismas que se exponen al ácido. Es así como el mejor efecto es conseguido cuando el ácido ataca directamente las cabezas de los prismas ya que existe una descalcificación mayor en el centro que en la periferia, de forma que se crean microporos de 5 a 15 micras de profundidad, los cuales son considerados altamente retentivos. (García Barbero y Kessler, 1997).

Los ácidos actúan sobre la superficie del esmalte eliminando un porcentaje de impurezas (glicoproteínas salivales o Biofilm) además del smear layer en el esmalte tallado. De igual manera crea estas microporosidades en su superficie por la disolución parcial de las estructuras prismáticas e interprismáticas, elevando su rugosidad microscópica, y por último eleva la energía superficial lo cual permite la perfecta imbricación de la resina en el tejido adamantino. (Busscher et al. 1987).

De esta manera el ácido actúa como un donante de protones, mientras que el esmalte actuará como un aceptador de protones. A partir de esta reacción, el ácido activa la superficie del tejido (el cual presenta baja energía superficial) convirtiéndolas en áreas de alta energía superficial, además de producir la disolución de la matriz inorgánica para dar lugar a la formación de microporos y microsurcos. (Lanata, 2005). La reacción ácido-base producida, da lugar a la formación de sales insolubles de fosfato de calcio que desmineralizan y producen una pérdida irreversible del tejido superficial del esmalte. (Brenna, 2010)

Existen teorías donde se manifiesta que la pérdida de la sustancia superficial va a depender de la concentración del ácido y del tiempo que este sea aplicado. Entonces, tras el ataque a la estructura inorgánica como producto de la reacción ácido-base con la hidroxiapatita, se da lugar a la formación de las sales insolubles de fosfato de calcio que serán posteriormente eliminados por el agua aplicada rigurosamente al momento de lavar la superficie. (Henostroza, 2010). Se conoce que el ácido remueve aproximadamente $10\mu\text{m}$ de la superficie de esmalte, dando lugar a una capa porosa de entre 5 y $50\mu\text{m}$ de profundidad. (Retief et al. 1986) (Gwinnet, 1971).

A partir de la reacción ácido-base se describe que pueden presentarse diferentes tipos o patrones de grabado. Espinosa hace referencia a los estudios realizados por Gwinnet y colaboradores (1971) y Silverstone (1975) quienes definieron la micromorfología y clasificación del esmalte en tres patrones de grabado. Dentro de esta clasificación observaron que para el patrón de grabado tipo I, el ácido fosfórico disuelve los cristales de hidroxiapatita de la cabeza del prisma o varilla adamantina, mientras que el material periférico (o sustancia interprismática) se mantiene intacta. En el patrón de grabado tipo II, encontraron que el ácido diluye la zona periférica de los primas al igual que los cristales de hidroxiapatita del cuello o extremo caudal de los primas mientras que la cabeza y estructura central de los mismos permanece intacta. Por último, generalmente cuando el acondicionamiento supera los 15 segundos con un ácido de concentración de 32 a 37% o mayor, se produce un patrón de acondicionamiento tipo III, el cual se caracteriza por una mayor pérdida de tejido superficial, debido a que el ácido continua eliminando sustancia superficial. Dentro de este patrón de grabado tipo III se dice que debido al exceso de pérdida del tejido superficial, disminuye la profundidad y amplitud de los microporos producidos, por lo que se reduciría la capacidad de retener micromecánicamente de manera efectiva los sistemas adhesivos. (Espinosa et al. 2008) (Henostroza, 2010).

Durante la práctica clínica, estos tres patrones de grabado no son considerados clínicamente importantes ya que pueden presentarse en diferentes proporciones en cualquier punto del esmalte, pueden presentarse en la misma zona o separadamente dependiendo de las características de mineralización, de la esclerosis de la estructura o de la disposición de los

prismas, los cuales se disponen en forma de haces que se curvan y retuercen arbitrariamente. (Espinosa et al. 2008)

A partir de la diferente modificación de la superficie del esmalte tras el grabado, se concluyó que los patrones de grabado más retentivos son los de tipo I y II, debido a que una superficie porosa tiende a presentar áreas retentivas de mayor tamaño y mayor profundidad. Estos patrones generan microporos y microsuros que miden de 10 a 25 μm de profundidad y 1.5 a 3.5 μm de amplitud en el tejido adamantino cuando los lapsos de acondicionamiento no superan los 10 a 15 segundos. (Espinosa et al. 2008).

Según Espinosa, un lapso superior a 60 segundos de acondicionamiento puede provocar grandes pérdidas de sustancia superficial, generando defectos estructurales como las microgrietas. (Espinosa et al. 2008). Brenna establece de igual manera que el tiempo de grabado ácido mayor a 15 segundos, no contribuye a incrementar la fuerza de la adhesión. (Brenna, 2010).

Sin embargo, Jhonson et al. en 1998 mediante un estudio de comparación en el cual se analiza el efecto del grabado ácido sobre la superficie de molares y la superficie de dientes anteriores concluye que el tiempo de acondicionamiento ácido recomendado para piezas anteriores, tantos incisivos como caninos, y premolares es de 15 segundos, ya que un tiempo mayor a este podría reducir la eficiencia de la fuerza adhesiva. Mientras que si se aplica este mismo rango de tiempo a superficies vestibulares de molares para la colocación de tubos de ortodoncia, el patrón de grabado ácido sería de poca calidad. A partir de esta investigación determinan que el tiempo de grabado ácido para la superficie de esmalte en los molares, no debe ser menor a 30 segundos, ya que a partir de este tiempo, se producen verdaderos cambios morfológicos de la superficie que aportarán para una mejor adhesión, debido a la disolución de la superficie libre de prismas del esmalte, y con esto el patrón de acondicionamiento se vuelve más satisfactorio. De esta manera se establece que un tiempo mayor a 30 segundos de aplicación ácida en estas superficies no alterará los resultados.

Sustentando lo establecido por Jhonson et al. (1998) en cuanto los tiempos de aplicación de grabado ácido, Roberson et al. hacen referencia a otros estudios en los cuales se hizo uso de microscopía electrónica de barrido para demostrar que un grabado ácido de 15 segundos

daba lugar a una rugosidad de la superficie similar a la conseguida con un grabado de 60 segundos. Otros estudios realizados in vitro también demostraron fuerzas de unión y microfiltración similares para tiempos de grabado de 15 y 60 segundos. (Roberson et al. 2007) (Myers et al. 1973).

Barrancos por su parte indica que 15 segundos de acondicionamiento ácido para la superficie del esmalte es poco para lograr una energía superficial suficiente. Es posible obtener valores más altos con aplicación de 30 a 60 segundos, sin diferencia significativa entre estos dos tiempos. Por lo tanto concluye que el tiempo de acción extendido del ácido en el esmalte no es tan importante como en la dentina, donde es fundamental no exceder los 15 segundos de acción del ácido fosfórico. (Barrancos Mooney, 2006). Lanata (2005), igualmente afirma que el ácido mediante su actividad, al extraer calcio de la hidroxiapatita se forman fosfatos de calcio insolubles que al precipitar sobre la superficie del esmalte limitan y neutralizan la acción del ácido, lo cual se conoce como “efecto autolimitante” de la acción del ácido fosfórico. Con esto concluye que si por alguna circunstancia el ácido llegara a permanecer en contacto con la superficie por un tiempo mayor, este hecho no generaría problema alguno, ya que pasado el minuto de aplicación la solución estará completamente neutralizada.

Por otra parte, al considerar otras maneras alternativas de conseguir una superficie de esmalte óptima para recibir a los sistemas adhesivos existen teorías que sustentan al procedimiento de arenado (con partículas de óxido de aluminio) de la superficie adamantina como alternativa en remplazo de la aplicación de ácido fosfórico para conseguir una superficie rugosa que promueva la adhesión sin la necesidad de grabar la superficie. (Elham et al. 2004).

Elham et al. durante un estudio realizado en el 2004, encuentran que el ácido fosfórico además de crear microporosidades en la superficie para una adhesión micromecánica del material, puede llegar a causar daños de la superficie del esmalte debido a la pérdida de su estructura mineral que a larga puede ser remineralizada y no es un proceso irreversible. Mientras que la técnica de aire abrasiva aplicada por la arenación de la superficie resulta en la pérdida y daño irreversible de la superficie del esmalte. Con esto se concluye que como tratamiento previo a la adhesión se sugiere mejores resultados por medio de la aplicación del ácido fosfórico y no de otros tratamientos alternativos. (Elham et al. 2004).

Por último, además de los beneficios obtenidos por la aplicación del ácido fosfórico para la desmineralización de la superficie, la reacción ácido-base producida por el mismo al estar en contacto con la superficie del esmalte es también elemental para la remoción del smear layer. (Barrancos Mooney, 2006). Cuando la superficie es tratada por medio del uso de piedras diamantadas, fresas o instrumental cortante dará lugar a la formación de barro dentinario o smear layer. Esta estructura fue descrita por primera vez en 1963 por Boyde et al., y desde entonces se la ha pasado a conocer por diferentes nombres, entre estos; capa estirada, capa untuosa, residuo dentinario, lodo, elemento de desecho, entre otros. (Joubert Hued, 2010).

Actualmente se conoce que el smear layer a nivel del esmalte se constituye básicamente de “esmalte pulverizado, cristales de hidroxiapatita, restos inorgánicos, proteoglicanos, glucosaminoglicanos, microorganismos bacterianos, fragmentos de diamante y carburo procedente de los instrumentos rotatorios”. (Joubert Hued, 2010). Generalmente durante la preparación de cavidades mayores, este barrillo dentinario lo encontramos tanto sobre el esmalte como sobre la dentina después del uso de instrumental manual o rotatorio durante la preparación de la superficie o cavidad. (Van Meerbek, et al. 1994).

Nakabayashi y Saimi dentro de una investigación realizada en 1996, determinaron que la presencia de smear layer, la cual se adhiere débilmente a la superficie dentaria, es una capa muy inestable capaz de comprometer el proceso de adhesión, especialmente a nivel de la dentina. (Nakabayashi y Saimi, 1996).

En cuanto al esmalte, se establece que la interdigitación micromecánica que debe darse entre el material y la estructura desmineralizada es un prerequisite básico para conseguir la mayor fuerza mecánica de adhesión posible. La presencia del smear layer limita el contacto libre y absoluto del ácido con la superficie además de obstruir la entrada del material en las microporosidades y espacios intercristales creados a partir de la respectiva desmineralización. (Lanata, 2005).

Típicamente el smear layer es removido por agentes ácidos, gracias a la acción de desmineralización que se encargará de extraer selectivamente las sales de calcio, y de su bajo pH que actuará respectivamente sobre los microorganismos y restos presentes. (Joubert Hued, 2010).

Actualmente existen sistemas adhesivos que requieren de la eliminación previa del barrillo dentinario, mientras que otros sistemas aprovechan de este y únicamente lo disuelven y alteran su morfología. Este último sistema es generalmente conocido en la actualidad como sistema de autograbado o self-etch. (Van Meerbek, et al. 1994).

Van Meerbek et al. en 1994 reportan que aquellos sistemas adhesivos que remueven el smear layer y además desmineralizan la superficie dentaria dará mejores resultados adhesivos que aquellos sistemas que modifican el smear layer sin su completa remoción. Dentro de sus investigaciones sustentan que la formación de smear layer durante la instrumentación clínica previene el contacto íntimo entre el material de restauración y el diente, generando que la adhesión así tienda a depender más de la adhesión que existe al smear layer que a la misma superficie dentaria.

Por otra parte, existen investigaciones que defienden la necesidad de mantener el smear layer para lograr una adhesión más efectiva. White et al. en 1989 estableció que ciertos sistemas adhesivos aplicados a nivel de la dentina no requieren de la remoción del barrillo dentinario, ya que su remoción podría provocar efectos adversos en la fuerza adhesiva. La remoción de los “plugs” dentinarios permitiría el acceso de bacterias y químicos al órgano pulpar. Además de que los agentes que logran la remoción del smear layer, inevitablemente también reducirían la proporción de minerales en la superficie dentinaria, resultando como efecto negativo ya que mientras mayor sea la concentración de minerales en la superficie de dentina, mayor será la fuerza adhesiva.

Sin embargo, para otros autores el acondicionamiento ácido previo sigue siendo el procedimiento ideal e indispensable en el caso de la preparación del esmalte. (Polack, et al. 1998; Feigal et al. 2001)

La literatura tiende a clasificar los sistemas adhesivos autocondicionantes como débiles, medios y fuertes, dando mayor preferencia a aquellos sistemas fuertes ya que dan resultados más efectivo a nivel del esmalte integro. Mientras que aquellos sistemas débiles o medios al no ser tan ácidos presentan mejores resultados a nivel del esmalte biselado. Es por esto que algunos fabricantes de los sistemas autocondicionantes débiles o intermedios recomiendan el uso adicional de acondicionamiento ácido a nivel del esmalte previamente al uso de estos

sistemas y esto se debe a que generalmente los primers de los adhesivos autocondicionantes presentan una acidez de pH 2 mientras que el pH del ácido fosfórico es 0,6. (Henostroza, 2010).

Loguercio et al. por su parte añaden que el patrón de grabado ácido obtenido por los sistemas de autocondicionado no es igual de definido como aquel patrón de grabado obtenido tras la aplicación de ácido fosfórico. De igual manera establecen que mediante diferentes estudios se ha comprobado que al parecer el esmalte es más receptivo a los sistemas adhesivos una vez que se realiza en la superficie un leve desgaste o microabrasión, pero esto aun no ha sido totalmente comprobado, ya que existen otros estudios que indican lo contrario, donde la superficie desgastada no se diferencia de la superficie intacta para el tratamiento adhesivo. (Loguercio et al. 2008)

2.4.2 Adhesión a esmalte

La adhesión a esmalte es uno de los avances de la odontología más significantes del siglo XX y XXI, llevada a ser considerada como una condición elemental para el éxito de varios procedimientos restaurativos. (Gordon, 2005).

Los sistemas de unión, los cuales generalmente constan de una mezcla de monómeros acrílicos líquidos, fluyen en el interior de los espacios creados entre y dentro de los prismas del esmalte por medio de la acción capilar. Los monómeros del material se polimerizan y el material se entrelaza con la superficie del esmalte. Es así como la unión producida depende de las digitaciones, tags o prolongaciones de resina que pasan a interrelacionarse con las irregularidades generadas a nivel de la superficie del esmalte como resultado del grabado ácido. La adhesión que se logra establecer al esmalte es micromecánica, la cual establece una traba mecánica generada por la penetración de los monómeros en las microporosidades para contrarrestar la fuerza de contracción de polimerización de la resina, permitiendo la retención de las restauraciones. (Nakabayashi y Pashley, 1998).

Según Roberson et al. (2007) las digitaciones de resina formadas entre la periferia de los prismas del esmalte son conocidas como macrodigitaciones. Por otro lado, existe también la

formación de una red de digitaciones bastante más delgadas a lo largo del extremo de cada prisma, lugar donde se han disuelto los cristales de hidroxiapatita, dejando criptas limitadas por material orgánico residual. Estas digitaciones más delgadas se conocen como microdigitaciones. Ambos tipos de digitaciones vienen a ser la estructura básica de unión micromecánica del esmalte, siendo las microdigitaciones de mayor importancia debido a que se presentan en mayor cantidad y además de presentar una gran área de contacto. Estas son consideradas como el mecanismo fundamental de la adhesión entre esmalte y resina.

Desde estudios realizados por Myers et al. en 1973 se estableció la imposibilidad de conseguir la formación de “tags resinosos” con su respectiva profundidad y extensión en una superficie de esmalte que no ha sido previamente tratada con ácido fosfórico durante 60 segundos. Por otro lado, Gwinnett y Matsui en 1967 establece que aunque es fundamental que los monómeros tengan la capacidad de difundirse a través de la superficie desmineralizada del esmalte, no existe una correlación clara entre la profundidad de la resina en el esmalte grabado y la fuerza de adhesión resina-esmalte producida.

Tomando en cuenta otros factores que pueden influenciar en la fuerza adhesiva al esmalte, a partir de los distintos sistemas adhesivos que existen hoy en día, Munck et al. (2005) establecen que para que exista una adhesión fuerte, duradera y segura al esmalte, esta puede ser conseguida mediante el patrón de desmineralización por medio del uso del ácido fosfórico y la aplicación aparte de un adhesivo de naturaleza hidrofóbica sin necesidad de aplicar un previamente un primer. Los sistemas de dos pasos que actualmente se utilizan con frecuencia, en los cuales el ácido es separado del primer y adhesivo, se ha demostrado que al contener un primer de naturaleza hidrofílica y un ácido de pH mayor (como es el caso de los sistemas de autocondicionado) aunque generan una efectividad mayor en cuanto a la adhesión a dentina, en estos casos la adhesión a esmalte podría verse comprometida.

2.4.3. NaOCl y su aplicación para la desproteínización del esmalte

Se conoce que las soluciones de ácido fosfórico al 35 o 37% son aplicadas con el objetivo de eliminar el smear layer y desmineralizar la superficie adamantina a la cual ha sido aplicada.

Por otra parte existe una solución de hipoclorito de sodio, que se presenta comúnmente a una concentración del 5 al 5.25%, siendo esta capaz de actuar como agente bactericida y bacteriostático eliminando las proteínas desnaturalizadas por medio de un proceso de desproteínización, logrando generar la aparición de canales tridimensionales para que un agente adhesivo sea capaz de quedar retenido, para dar lugar a una adhesión más óptima. (Miller y Castellanos, 2001).

Dentro del campo de la endodoncia, se utiliza comúnmente el hipoclorito de sodio como un efectivo irrigante utilizado como procedimiento elemental para la sanitización, ya que este agente se encarga de limpiar y neutralizar todo contenido pulpar necrótico además de su actividad antimicrobiana. Este irrigante actúa básicamente mediante tres reacciones químicas; la reacción de saponificación mediante la cual actúa como solvente de material orgánico y ácidos grasos transformándolos en jabón y glicerol reduciendo la tensión superficial de la solución remanente. Por otro lado, está la reacción de neutralización mediante la cual neutraliza y degrada los aminoácidos debido a la reducción del pH dando lugar a la formación de sal y agua. Y por último está la reacción de cloraminación, donde se produce una reacción entre el cloro y el grupo amino dando lugar a la formación de cloraminas que actúan en el metabolismo celular. El hipoclorito de sodio tiene además efectiva actividad antimicrobiana debido a su alto pH, ya que esta condición interviene en la integridad de la membrana citoplasmática por medio de una inhibición enzimática irreversible, una alteración biosintética en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos. (Estrela et al. 2002).

Según Espinosa et al. (2008) dentro de su estudio realizado en el 2008 sobre la “Desproteínización del esmalte y su efecto en el grabado ácido”, llegó a la conclusión de que la aplicación de NaOCl al 5.25% en el esmalte durante 60 segundos como método previo al grabado con ácido fosfórico, da lugar a la desproteínización de la superficie adamantina y como resultado aumenta la superficie retentiva del esmalte.

Espinosa et al. (2008) plantean que Silverstone en 1974 demostró que el correcto grabado ácido en el esmalte va a depender de la concentración del ácido, del tiempo de exposición del grabado y de la composición de la superficie del esmalte. A partir de esto se han realizado varias investigaciones con el fin de encontrar un sistema que promueva la modificación de la superficie del esmalte de tal manera que esta se vuelva más retentiva. A pesar de los varios

intentos, la experiencia clínica ha podido demostrar que aun existen varias fallas en cuanto a la retención y al sellado marginal de las restauraciones.

En estudios recientes realizados por Hobson RS en el 2005, se demuestra que la calidad topográfica del esmalte grabado con ácido fosfórico no se logra en toda la superficie que será adherida, más del 69% de la superficie tratada no presentó modificación alguna tras el grabado, el 7% presentó un grabado leve y únicamente el 2% fue idealmente grabado. (Espinosa et al. 2008).

Dentro de los resultados obtenidos por Espinosa et al. en el 2008, logró llegar a la deducción e interpretación de que el ácido fosfórico actúa únicamente a nivel de los tejidos mineralizados (sobre materia inorgánica), sin actuar sobre la materia orgánica. Nakabayashi, tras un estudio en 1996 comprobó la inactividad del ácido fosfórico sobre la materia orgánica, ya que al aplicarlo sobre la dentina, las fibras colágenas se mantuvieron intactas. (Nakabayashi, 1996).

Los componentes orgánicos que pueden encontrarse en la superficie del esmalte pueden presentarse como resultado del propio desarrollo de la superficie o bien ser componentes adquiridos del medio ambiente bucal. La película adquirida se forma a partir de la integración de mucoproteínas y sialoproteínas salivales (generalmente encontradas en superficies dentales), proteoglicanos y glicoproteínas (encontradas en tejidos blandos contiguos) y bacterias en conjunto con algunos productos como las inmunoglobulinas (IgG). (Espinosa et al. 2008).

Tras el “Modelado friccional interplasmático adamantino” por el cual se produce la incorporación de los cristales de hidroxapatita del esmalte además de la reducción del contenido orgánico del esmalte por degradación de la matriz proteica, estos residuos de la degradación del material orgánico pasan a ubicarse generalmente en la superficie final del esmalte. Según el estudio planteado por Espinosa, estos residuos son los que posteriormente evitan el tratamiento adecuado del grabado ácido sobre el esmalte. (Espinosa et al. 2008).

Sin embargo, pueden manifestarse ciertas alteraciones durante el proceso de amelogenesis, en el cual alguno de los estadios se ve afectado dando como resultado la inadecuada aposición y extracción de la matriz orgánica, por lo que compuestos proteicos pueden quedar aislados

dentro de la estructura generando mayor dificultad para un correcto grabado ácido de la superficie del esmalte. (Miller y Castellanos, 2001). Esto explica porque un procedimiento de desprotección previo al grabado ácido en la superficie del esmalte que presenta amelogénesis imperfecta, aumenta la adhesión a la resina de manera considerable. (Espinosa et al. 2008).

Así Espinosa concluye que “la desprotección del esmalte como procedimiento previo al grabado ácido es un elemento fundamental para lograr que el ácido fosfórico ejerza su acción sobre la superficie del esmalte a tratar, aumentando la superficie de esmalte grabada en forma retentiva, con la posibilidad de obtener mayor retención y sellado marginal”. (Espinosa et al. 2008).

Manteniendo la idea de aplicar hipoclorito de sodio sobre la superficie dentaria para conseguir una mejor adhesión, por su parte Barbieri et al. realizaron un estudio en el 2004 sobre el efecto del gel de hipoclorito de sodio al 10% durante 60 segundos únicamente sobre la superficie de dentina después de la aplicación del ácido fosfórico y previo a la aplicación de tres diferentes sistemas adhesivos con primers a base de distintos solventes, con el objetivo de evaluar su fuerza adhesiva. (Barberi et al. 2004)

Siendo la estructura dentinaria muy diferente a la del esmalte, en esta la presencia de la zona orgánica rica en colágeno ha sido determinada como un factor importante para dar lugar a una óptima retención micromecánica al interactuar con la resina adhesiva. (Nakabayashi, 1982)

A comparación de lo que sucede en esmalte, donde el exceso de secado no influye negativamente en el proceso adhesivo, el exceso de secado de la dentina acondicionada puede promover al colapso de las fibras colágenas contribuyendo a la incompleta penetración del primer y el adhesivo en la zona de túbulos dentinarios. Debido a que la presencia de aquellas zonas interrubulares que no llegan a ser protegidas por resina representan un riesgo de deterioración y pérdida de la fuerza adhesiva, muchos autores han sugerido que la capa híbrida puede no ser importante para el mecanismo de adhesión entre los sistemas adhesivos y la dentina. (Brenna, 2010; Barberi et al. 2004).

Barbereri establece que Gwinnet en 1994 observó que la zona de colágeno no ofrece directamente contribución a la fuerza adhesiva y desde entonces se han realizado varios estudios, entre los cuales se evalúa el tratamiento de la estructura dental con hipoclorito de sodio con el objetivo de modificar y remover las fibras colágenas expuestas. (Barbereri et al. 2004)

En los distintos grupos de estudios, Barbereri incluyó la aplicación de sistemas adhesivos constituidos de diferente solventes manteniendo como variación la aplicación o no del NaOCl al 10% en las respectivas preparaciones. El sistema adhesivo con solvente de acetona, al ser aplicado después de la desmineralización y desproteinización, muestra el incremento de la fuerza adhesiva en comparación a los otros grupos, en los cuales el tratamiento con el gel de NaOCl al 10% no afectó en sus resultados. (Barbereri et al. 2004) Bajo el estudio realizado por Barbereri et al. concluyen que la técnica adhesiva con desproteinización y desmineralización a pesar de mostrar resultados satisfactorios al aplicar un sistema adhesivo específico, es extremadamente sensible en cuanto a los distintos factores que pueden variar durante el desarrollo de la técnica, como por ejemplo la profundidad dentinaria, ya sea superficial o profunda, el grado de humectabilidad de la superficie y la composición de los sistemas adhesivos. Estos factores determinantes, siendo sensibles pueden influenciar en el proceso y fuerzas adhesivas obtenidas. (Barbereri et al. 2004)

2.5. Sistemas Adhesivos

A partir de 1970, cuando la odontología estética únicamente se enfocaba en la adhesión a nivel de esmalte, se emplearon materiales de naturaleza hidrofóbica, que se continúan utilizando hasta la actualidad. Estos son utilizados con el objetivo de que al carecer de afinidad con aquellos líquidos que ingresan al medio oral y puedan estar constituidos de colorantes, puedan alterar el color de la restauración estética, al igual que sus márgenes en donde encontramos la presencia del material adhesivo. Estos adhesivos se comportan muy bien en lo que refiere su unión con el esmalte, ya que esta estructura al volverse porosa una vez que se le ha aplicado el ácido y ha sido lavada y secada como corresponde, resulta ser una superficie adecuada para la penetración del adhesivo de naturaleza hidrofóbica. Es por esto que existe la posibilidad de

conseguir una perfecta adhesión de materiales resinosos a los márgenes de una preparación cavitaria totalmente circundada por esmalte. (Lanata, 2005) (Henostroza, 2010)

Sin embargo, a pesar de que los materiales de naturaleza hidrofóbica trabajan de manera óptima a nivel de esmalte, al ser este mismo procedimiento aplicado a nivel del tejido dentinario, se dieron cuenta que el nivel de humedad presente, resultaba ser incompatible con las características hidrofóbicas de los adhesivos. (Lanata, 2005; Henostroza, 2010; Garone, 2003).

La solución consistió en crear un nuevo compuesto llamado “Primer”. El primer es conocido como un compuesto más fluido e hidrofílico que fue creado para que penetre con facilidad en las irregularidades del esmalte y de la dentina desmineralizada húmeda para posteriormente ser recubierto por el agente adhesivo de naturaleza hidrofóbica. (Henostroza, 2010)

Los primers son monómeros disueltos en un solvente que puede ser de base acetónica, alcohólica o acuosa. Esta distinción conlleva a importantes repercusiones en especial durante la fase de secado de la cavidad. (Brenna, 2010).

Entonces, en la actualidad se conoce que los solventes de las resinas son indispensables en la composición que los sistemas adhesivos necesitan para adherir a la dentina, y esto se debe a que la naturaleza húmeda de la dentina solamente permite una buena humectabilidad cuando se aplica un adhesivo de naturaleza hidrofílica. Es así como, la adición de monómeros hidrofílicos por un lado, y un solvente por el otro logrará que el comportamiento de humectabilidad de los adhesivos mejore drásticamente. La baja viscosidad de los primers y las resinas adhesivas es debida en parte a la disolución de los monómeros en un solvente, aumentando su habilidad de difusión en la estructura microrrententiva de la superficie. (Marro, 2010).

Los solventes son sustancias capaces de disolver o dispersar una o más sustancias (Morrison y Boyd, 1973). Las moléculas de soluto se separan y los espacios que van quedando entre ellas vienen a ser ocupados por las moléculas del solvente. Actualmente existen estudios en los cuales se clasifica a los solventes en diferentes categorías de acuerdo a su polaridad, donde el agua y el etanol son solventes próticos polares y la acetona es aprotico polar. (Marro, 2010) El agua es considerada un solvente muy polar con la capacidad de disolver y formar puentes

de hidrógeno. Es un solvente deficiente de sustancias orgánicas las cuales son generalmente hidrofóbicas. En los adhesivos de 3era generación es capaz de re-expandir la red de colágeno colapsada debido a su alta constante dieléctrica, mediante la cual tiene la capacidad de romper los enlaces de hidrógeno entre las fibras de colágeno. Pero debido a su baja presión de vapor y alta temperatura de ebullición es difícil eliminarla del diente después de ser aplicado. (Nakaoki et al. 2000).

El etanol por su parte, es un solvente polar capaz de formar enlaces de hidrógeno con los solutos. Su alta presión de vapor comparada con el agua permite una mejor evaporación mediante el secado con aire, incluso se lo utiliza como co-solvente en conjunto con el agua, lo cual dará lugar a una mejor evaporación de este agregado que del agua pura, aumentando la desecación de la superficie. (Morrison y Boyd, 1973).

Por último la acetona es capaz de disolver compuestos polares y apolares debido a su alto momento bipolar y baja constante dieléctrica. Este solvente es considerado una buena opción dentro de los sistemas adhesivos que combinan componentes hidrófilos con hidrófobos. Presenta alta presión de vapor. También puede ser utilizado como co-solvente con el agua, pero la acetona presenta mucha facilidad para evaporar el agua debido a su momento bipolar y su excelente capacidad de evaporación, en el caso de la dentina, este debe ser aplicado en estructura húmeda para evitar el colapso de la red de colágeno desmineralizada. (Marro, 2010).

En términos químicos, las moléculas de los primers presentan una terminación hidrofílica con radicales $-OH$ y $-COOH$, que gracias a su afinidad con las moléculas de agua puede penetrar fácilmente en la dentina húmeda, mientras que la otra terminación es hidrofóbica del tipo $-HC=CH_2$, cuyo doble enlace roto le permite unirse a otro doble enlace roto existente en el agente adhesivo, el cual se compone de monómeros hidrofóbicos como el Bis-GMA, los mismos que pudiendo ser monómeros hidrofílicos en una proporción menor, actuarán como intermediarios entre el primer y el material restaurador. (Henostroza, 2010).

El primer sistema adhesivo ofrecido dentro del mercado se basó en la aplicación independiente del ácido, primer y adhesivo, siendo su presentación en un frasco individual para cada elemento con sus indicaciones respectivas. Debido a que los fabricantes continuamente están buscando la manera de simplificar los sistemas y procedimientos adhesivos, pasaron a

presentar una segunda opción, siendo esta la 5ta generación de sistemas adhesivos en la cual simplificaron el sistema al colocar primer y adhesivo en un solo frasco, y manteniendo al ácido fosfórico en su presentación individual. (De Munck et al. 2005)

Entonces, mientras que el agente adhesivo se mantiene compuesto de monómeros hidrofóbicos que funcionan como unión entre el primer y la resina compuesta de la restauración, el primer se compone de uno o más monómeros con terminaciones hidrofílicas e hidrofóbicas disueltas en solventes afines al agua como lo son la acetona y el etanol. Littlewood et al, establecen que esta 5ta generación de agentes adhesivos se desarrollaron con un componente hidrofílico, como lo es el hydroxi etil metacrilato o comúnmente conocido como HEMA, el cual permite tener un ángulo de contacto menor con la estructura dentinaria preparada y una extensión mayor de las moléculas que se van a adherir a la resina restauradora. Según Jacobsen y Soderhom (1995), cuando dentro del sistema adhesivo se encuentra a la acetona como solvente, la cual es muy compatible y se puede mezclar con el agua, resulta este ser el sistema más efectivo. (Littlewood et al. 2000).

Es así como el primer se considera un elemento importante para promover la adhesión con el fin de aumentar la mojabilidad del adhesivo sobre el sustrato. (Hanson et al. 1995).

Tanto el primer como el adhesivo se aplican en abundancia sobre la superficie, asegurando una cobertura uniforme de toda el área que ha sido grabada con ácido fosfórico para garantizar la correcta impregnación ayudada de un secado leve por una corriente de aire por vía indirecta para conseguir la eliminación del exceso además de la evaporación del solvente. (Brenna, 2010).

Por otro lado, se conoce que se lograría con facilidad una adhesión óptima de un material adhesivo de naturaleza hidrofóbica a la superficie de esmalte completamente seca y hoy en día existen varias dudas acerca de si el primer hidrofílico que ha sido fabricado para conseguir adhesión a nivel de dentina, logrará también obtener resultados óptimos a nivel de esmalte o no. (De Munck et al. 2005)

Varias investigaciones plantean la posibilidad de que si quedase una porción de humedad en la estructura de esmalte una vez que ha sido lavada y secada posteriormente al grabado ácido, el primer aplicado encontraría una situación favorable para penetrar. Entonces, bajo esta

situación, al encontrarse la superficie levemente húmeda el primer lograría restablecer el valor máximo de adhesión. Según Hanson et al. si el sistema adhesivo utilizado sería en su presentación de un solo frasco para primer y adhesivo, tanto en el esmalte húmedo como en el esmalte seco se han observado resultados igualmente satisfactorios. (Hanson et al. 1995)

Sin embargo, se establece que si el proceso adhesivo se realiza únicamente a nivel de esmalte, luego de ser grabado, lavado y secado por completo, debe recibir únicamente el agente adhesivo. Pero, en el caso de que el área de restauración involucre tejido dentinario, es indispensable el uso previo de un primer, el cual podrá ser colocado tanto sobre la dentina como sobre el esmalte. (Henostroza, 2010).

Littlewood et al. por su parte discute esta teoría, planteando que dentro de un estudio realizado en el 2000, en el cual comparó la fuerza adhesiva al adherir brackets a la superficie de esmalte por medio del uso de diferentes primers, uno convencional y uno de naturaleza hidrofílica que contenía acetona como solvente, como resultado encontró que aquellos adheridos con el primer hidrofílico presentaron una menor fuerza adhesiva que aquellos en los que se aplicó un primer convencional. Las muestras utilizadas, se realizaron bajo condiciones de absoluto secado, debido a la dificultad por establecer y controlar la cantidad de humedad que puede quedar posterior al lavado del ácido fosfórico en la superficie, considerando que el exceso de agua también puede comprometer la fuerza adhesiva. De esta manera, según el autor, al mantener la superficie bajo la condición de absoluto secado se procedió a obtener resultados reales científicamente más controlados.

Haciendo referencia a una investigación realizada por Ibe y Segner en 1995, quienes discuten lo anteriormente propuesto por Littlewood et al. en el 2000, utilizaron un primer hidrofílico de composición química muy similar y comprobaron que este había actuado con resultados beneficiosos tanto en condiciones de esmalte seco como en esmalte húmedo, mostrando así una falta de coincidencia con los resultados obtenidos por Littlewood et al., concluyendo así que a pesar de que se puedan obtener ideas a partir de los productos que producen buena adhesión a nivel de la dentina para el desarrollo de primers que puedan generar buena adhesión a nivel de esmalte, es importante mantener en cuenta que la dentina es una estructura que difiere en muchos aspectos del esmalte, ya que en ésta la humedad es elemental para

mantener a la red colágena en una disposición óptima para permitir la penetración de los monómeros y así proveer la retención micromecánica requerida.

El esmalte por su parte, no se ve afectado si su superficie grabada es deshidratada ya que más bien su oportunidad para generar una retención micromecánica se ve maximizada. Es por esto que siendo estas estructuras dentales tan diferentes, el sistema adhesivo que resulta exitoso a nivel de la dentina húmeda, no siempre será exitoso para el esmalte seco. (Littlewood et al. 2000).

De Munck et al. (2005) por su parte, indican que además de que los adhesivos son sensibles al fenómeno de fatiga mecánica, el factor que afecta más la durabilidad de estos es la hidrólisis de los componentes presentes en la interface, como lo son el colágeno y la resina. La estabilidad hidrolítica de los adhesivos es de crucial importancia, siendo la mejor manera de conseguir esta estabilidad mediante la aplicación de un adhesivo libre de solvente, de pH neutral y la aplicación de la capa de adhesivo hidrofóbico como un procedimiento separado. Generalmente los sistemas de adhesivos de dos o un paso presentan su naturaleza hidrofílica, actuando como membranas semipermeables, atrayendo moléculas de agua degradándose a un ritmo más acelerado que los adhesivos de naturaleza hidrofóbica.

Por el contrario, Loguercio et al. (2003) añaden que dentro de su investigación no se observó degradación de la adhesión a nivel de la interface entre la resina y esmalte para ninguno de los sistemas adhesivos aplicados, en los cuales contaron el uso de primers de naturaleza hidrofílica después de estar emergidos bajo un medio húmedo durante 12 meses.

Aportando a la idea de que la aplicación de un primer de naturaleza hidrofílica para la adhesión en esmalte es necesaria o innecesaria, De Munck et al. (2005) citando lo propuesto por Buonocore en 1955 indica que la adhesión a esmalte únicamente necesita de un procedimiento de grabado ácido seguido de la aplicación de una resina fluida como adhesivo, sin la necesidad de colocar un primer como elemento intermedio. Pero a partir de los resultados obtenidos de su investigación concluye que los primers no influyen negativamente en la efectividad de la adhesión y los indica como indispensables al momento de realizar adhesión en una superficie húmeda, en especial para aquellos sistemas que tienen

como solvente acetona, la cual requiere de una superficie húmeda para brindar efectivos resultados en la adhesión.

3.- Hipótesis

El tratamiento previo del esmalte con hipoclorito de sodio al 5.25% compromete un patrón de grabado y morfología de acondicionamiento más definido, que permitiría una mejor relación con el material restaurativo, especialmente bajo la utilización de sistemas adhesivos sin primer.

4.- Objetivos

4.1 Objetivo General

Evaluar in vitro al microscopio electrónico de barrido la superficie del esmalte bajo la acción del NaOCl previo a la aplicación de ácido fosfórico y su relación con la aplicación de dos diferentes sistemas adhesivos como parte del tratamiento adhesivo.

4.2 Objetivos Específicos

- Comparar al microscopio electrónico de barrido los cambios de la estructura del esmalte con el uso del hipoclorito de sodio durante 60 segundos y la aplicación única del ácido fosfórico como método previo al tratamiento adhesivo.
- Evaluar milimétricamente al microscopio electrónico de barrido las características topográficas de la superficie del esmalte bajo la acción del hipoclorito de sodio aplicado durante 60 segundos y la topografía del esmalte bajo ácido fosfórico.
- Examinar al microscopio electrónico de barrido la acción del hipoclorito y la diferencia expuesta a partir del uso de dos sistemas adhesivos, el uno constituido de acetona y el otro ausente de primer, como parte del método adhesivo.
- Comparar al microscopio electrónico de barrido la topografía de la interface entre esmalte y el sistema adhesivo, a través de la presencia de tags o imbrincaciones, cuando empleados sistemas a base de acetona y sistemas sin primer.

5.- Materiales y Métodos

5.1.- Diseño de Estudio

Estudio experimental, in vitro, del tipo comparativo donde 10 piezas dentales obtenidas previa

extracción indicada y regidas por los criterios de inclusión y exclusión, fueron preparadas sus superficies dentarias y sometidas a cuatro diferentes tratamientos previos a la técnica adhesiva, entre los cuales se realizó la aplicación o no de hipoclorito de sodio al 5.25% durante 60 segundos además de la aplicación de dos adhesivos de diferente constitución, siendo estos los adhesivos One Step-Plus y D/E Resin ambos de la casa comercial Bisco. Luego estas muestras fueron sometidas a un análisis al microscopio electrónico de barrido para evaluar la característica de la superficie bajo las diferentes técnicas aplicadas.

5.2.- Muestra

Diez piezas dentales obtenidas previa extracción y regidas por los criterios de inclusión y exclusión fueron sometidas a diferentes técnicas de confección sobre la superficie de esmalte dentario. Las piezas utilizadas se muestran a continuación en la Figura 1.

Las piezas dentarias inmediatamente después de ser extraídas fueron almacenadas en suero fisiológico para evitar la completa deshidratación de las mismas y se retiraron los tejidos suaves presentes con la ayuda de un bisturí. Posteriormente fueron separadas las raíces de las coronas a través de discos diamantados, siendo las raíces guardadas y almacenadas para su uso en otros experimentos, tal como se muestra en la Figura 2. Las coronas pasaron a ser cortadas en 4 partes correspondientes a sus superficies vestibular, palatina, mesial y distal. Cada superficie fue almacenada en cajas estériles individuales y permaneciendo humedecidas en suero fisiológico.



Figura 1. Muestra

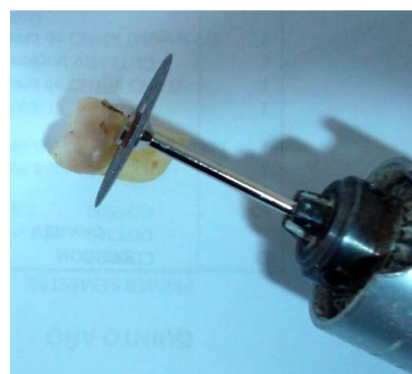


Figura 2. Separación de la corona clínica de sus raíces

5.2.1.- Criterios de inclusión

Dentro de las piezas seleccionadas se incluyeron aquellas piezas extraídas por motivos periodontales, ortodóncicos o quirúrgicos, ya sean primeros, segundos o terceros molares con ausencia de caries, fracturas, fisuras, hipoplasias, fluorosis, previo a examen visual al microscopio óptico común y que sean erupcionadas.

5.2.2 Criterios de exclusión

No se incluyeron aquellas piezas que hayan sido extraídas por presencia de patologías o malformaciones, lesiones cariosas, restauraciones, erosiones, y/o fisuras, que se hayan presentado incluidas, que presenten fluorosis o hipoplasias del esmalte o dentina.

5.3.- Metodología

Cada una de las caras libres y proximales de las piezas dentales, fueron seccionadas en una profundidad de aproximadamente 2mm para obtener la superficie de esmalte correspondiente a cada cara libre y proximal. El corte respectivo fue realizado con un disco diamantado (BesQual) acompañado de continua y abundante irrigación. Entonces, para obtener muestras de esmalte comparables entre ellas (manteniendo las mismas características físicas y químicas) cada corona fue seccionada verticalmente (de mesial a distal) y horizontalmente (de vestibular a lingual o palatino) obteniendo así cuatro segmentos iguales de la misma muestra. Con este procedimiento se logró obtener cuatro muestras iguales de cada uno de los 10 molares, los cuales pasaron a ser codificados individualmente con el objetivo de ser identificado y preparado para recibir uno de los cuatro tratamientos que se proponen a continuación en los diferentes grupos. A continuación se muestra el almacenamiento individual de cada muestra perteneciente a la pieza dental #1 en la Figura 3.

A continuación se trataron todas y cada una de las superficies de esmalte con polvo de piedra pómez mezclado con agua destilada (Lira S.A.) hasta obtener una pasta que fue aplicada a la superficie durante 10 segundos con la ayuda de un cepillo profiláctico (Sainty) adaptado a una pieza de mano de baja velocidad (NSK EX-203). A su vez los cuatros fragmentos de cada diente fueron subdivididos ejecutando en cada uno de ellos un diferente tratamiento.



Figura 3. Corona de la Pieza #1 seccionada en sus 2 superficies libres y 2 superficies proximales.



Figura 4. Instrumentos utilizados durante la preparación de las muestras

5.4 Grupo de Estudio

Grupo 1: Posterior a la aplicación de piedra pómez en cada una de las superficies, estas se lavaron con agua a presión (30 psi) proveniente de la jeringa triple durante 10 segundos, para enseguida ser secadas con aire proveniente de la misma jeringa durante 3 segundos, siempre manteniendo la punta a una distancia estandarizada lograda con la ayuda de un dispositivo que mantiene la jeringa a 5cm de la muestra. Posteriormente se colocó clorhexidina al 2% (Encident) con la ayuda de un microbrush (PREHMA, X-Small) y a continuación la superficie pasó a ser grabada con gel de ácido fosfórico al 37% (Etchant Scotchbond 3M ESPE) por 15 segundos, seguido por el lavado con abundante agua por 20 segundos y levemente secado con aire por otros 3 segundos con la ayuda de la jeringa triple tomando en cuenta los parámetros anteriormente descritos. Para este grupo nos regimos al protocolo clínico normalmente aplicado dentro de la práctica clínica normal.

Grupo 2: La superficie de esmalte fue tratada con hipoclorito de sodio en su presentación líquida (NaOCl) de la marca Alex (Ajax Cloro) al 5.25% durante 60 segundos. Este fue aplicado con la ayuda de un aplicador microbrush, seguido por el lavado con abundante agua por 20 segundos con ayuda de la jeringa triple manteniéndola a una distancia estandarizada de 2cm para pasar a ser posteriormente secada con la ayuda del aire proveniente de la misma

jeringa a una distancia de 5cm por 3 segundos. Inmediatamente se pasó a efectuar el grabado ácido de la misma manera realizada en el Grupo 1. Dentro de este grupo nos regimos a la metodología y protocolo empleado por Espinosa y cols. en el 2008.

Grupo 3: La superficie de dentina fue tratada con hipoclorito de sodio bajo los mismos parámetros tratados dentro del Grupo 2. Inmediatamente se pasó a efectuar el grabado ácido de la misma manera realizada en el Grupo 1. Una vez grabada y levemente secada la superficie con aire por otros 3 segundos con la ayuda de la jeringa triple, se procedió a la aplicación del adhesivo (One-Step plus) de la casa comercial Bisco con la ayuda de un aplicador, frotando levemente la superficie durante 5 segundos. Por último se aplicó una corriente de aire leve a una distancia de 5cm por 3 segundos para promover la evaporación del solvente, y se procedió a fotocurar con una lámpara LED (GNATUS) por 10 segundos, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Grupo 4: Se realizó el mismo procedimiento de aplicación del hipoclorito de sodio realizado dentro del Grupo 2. Inmediatamente se pasó a efectuar el grabado ácido de la misma manera realizada en el Grupo 1. Dentro de este último grupo, se aplicó el adhesivo (D/E Resin) de la Bisco con la ayuda de un aplicador, frotando levemente la superficie durante 5 segundos. Por último se aplicó una corriente de aire leve a una distancia de 5cm por 3 segundos y se procedió a fotocurar con una lámpara LED (GNATUS) por 10 segundos, siguiendo las instrucciones del fabricante.

5.5 Análisis al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

Una vez que las muestras fueron preparadas, estas pasaron a almacenarse de manera individual en envases plásticos estériles de perfecto sellado para evitar la contaminación de las mismas.

Para analizarlas al microscopio electrónico de barrido, dichas muestras se adhirieron en un portamuestras de aluminio para microscopio electrónico con un pegamento de carbón. Todas las muestras fueron directamente colocadas en las platinas de carbono (como se muestra en la Figura 5) en grupos de dos en dos sin recibir tratamiento previo, ya que la tecnología del microscopio electrónico de barrido no requiere del bañado en oro de las muestras ni de otros

tratamientos previos para poder observarlas.

Dichas platinas de carbono fueron posteriormente colocadas en el “Stage” como se muestra en la Figura 6. De esta forma los especímenes tratados fueron observados en un microscopio electrónico de barrido (MEB) de la FEI Company - Modelo Quanta 4000 ubicado en el departamento de Criminalística de la Policía Nacional, el cual fue manejado a un voltaje de aceleración de 25.00 KV y un Spot Size de 5.0 para examinar las superficies tratadas y la morfología de las interfaces presentes. La distancia de trabajo se mantuvo a 17mm entre lo que refiere la platina que sostiene el portamuestras y el cañón de electrones manteniendo programado el Detector ETD.

La zona de observación se rigió a la zona central de la muestra, ubicando la porción más homogénea y lisa para obtener una imagen de mayor precisión y claridad.

De esta manera, se obtuvieron 40 fotografías a una magnificación entre 1000x y 1200x debido a que el microscopio electrónico de barrido se maneja de manera automática regulándose a la magnificación que considerara más precisa para obtener una mejor calidad de las fotografías.



Figura 5. Diez muestras del Grupo 1 ubicadas en portamuestras de aluminio con un pegamento de carbón



Figura 6. Los portamuestras ubicados de manera ordenada sobre el “Stage”.

5.6 Método de Evaluación

Para mantener el estándar entre las muestras, manteniendo en cuenta que cada corona clínica fue dividida en cuatro secciones, para dar lugar a 4 grupos, cada diente fue sometido a cuatro distintos tratamientos asegurando que este parámetro fue aplicado al diente con las mismas calidades y características de esmalte.

Con la finalidad de obtener resultados cuantitativos a partir de los dos primeros grupos, dentro de los cuales las muestras para el Grupo 1 fueron tratadas con clorhexidina y ácido fosfórico al 37% por 15 segundos, respetando los parámetros de la práctica clínica común, mientras que por otra parte las muestras del Grupo 2 fueron tratadas con ácido fosfórico manteniendo su misma concentración y tiempo de empleo además de recibir la aplicación de hipoclorito de sodio al 5.25% durante 60 segundos, siguiendo el procedimiento propuesto por Espinosa et al. en el 2008.

Las muestras tanto del Grupo 1 como del Grupo 2 fueron evaluadas y valoradas utilizando el programa AutoCAD 2009 (Microsoft Corporation, Macrovision Cosp.) para medir y delimitar con exactitud respectivamente las áreas grabadas con el patrón tipo I y II, separándolas de aquellas áreas que mostraron una ausencia de grabado.

A continuación, para la evaluación de las muestras dentro de los Grupos 3 y 4, dentro de las cuales se acondicionó cada una de las superficies con ácido fosfórico seguido de la aplicación de hipoclorito de sodio, siguiendo el procedimiento establecido para el Grupo 2, para posteriormente recibir un sistema adhesivo, siendo estos el “One Step Plus” y el “D/E Resin” respectivamente, estas muestras pasaron a ser evaluadas de manera diferente.

En estos casos se utilizó un mecanismo de observación subjetiva debido a la irregularidad presente entre cada fotografía obtenida, lo cual dificultó directamente la posibilidad de tomar medidas y datos reales que nos llevaran a conclusiones cuantitativas verídicas y exactas.

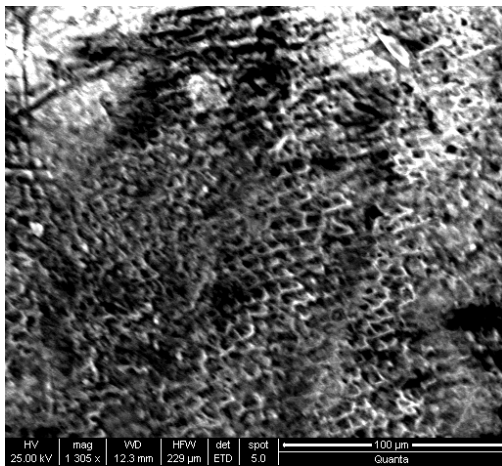
6. Resultados

6.1 Datos Estadísticos Descriptivos

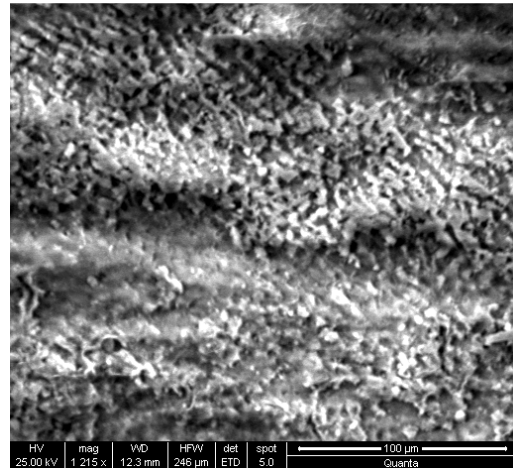
De las 40 muestras analizadas en total, se obtuvieron el mismo número de fotomicrográficas, manteniendo el protocolo de aumento (alrededor de 1200x) y resolución para las mismas. Las más representativas por grupo fueron seleccionadas y colocadas a continuación.

Las fotografías obtenidas correspondientes al Grupo 1 son las siguientes:

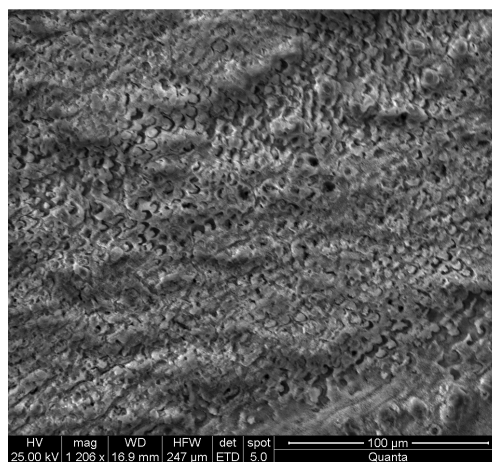
Figura 7 a, b y c. Superficies grabadas según el procedimiento propuesto en el Grupo 1



7a



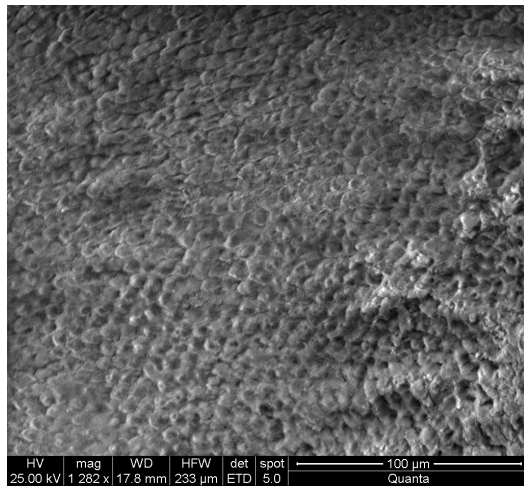
7b



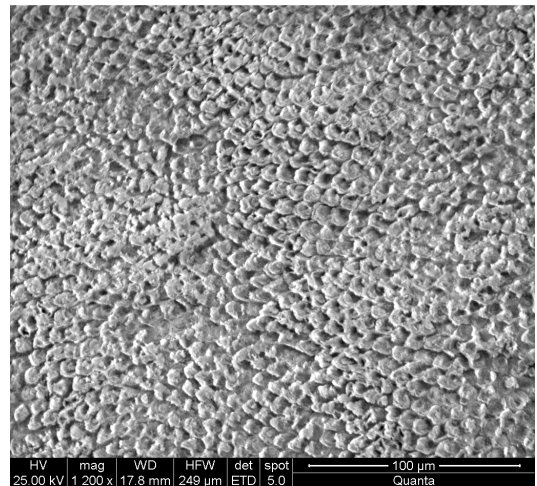
7c

Las fotografías obtenidas correspondientes al Grupo 2 se muestran a continuación:

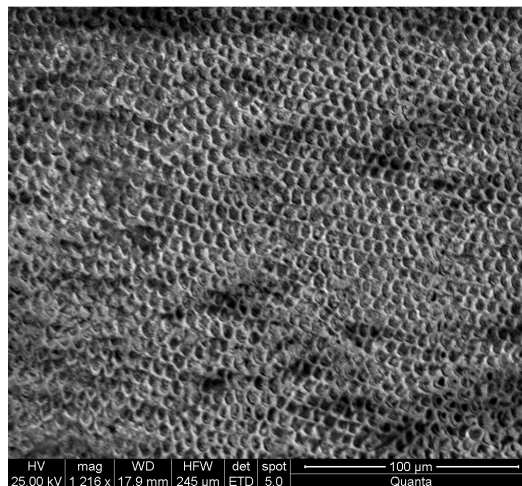
Figura 8 a, b y c. Superficies grabadas según el procedimiento propuesto en el Grupo 2.



8a



8b



8c

El área total de superficie analizada para todas las muestras fue de 86.31mm^2 ($86310\ \mu\text{m}^2$), y a partir de esta área total se determinó en la unidad de mm^2 las áreas y espacios específicos a analizar.

Se definieron de manera individual aquellas áreas con un patrón de grabado tipo I y II tanto para las muestras del Grupo 1 como para las muestras del Grupo 2. La división de las áreas expuestas para cada grupo fue ejecutada por el investigador en base a la información y descripción específica de imágenes resultantes de investigaciones similares a las cuales hace referencia la literatura. (Espinosa et al. 2008; Henostroza, 2010; Lanata, 2005; Mondelli, 2009).

Las superficies tratadas a partir del procedimiento planteado en el Grupo 1, recibieron clorhexidina y ácido fosfórico al 37% por 15 segundos, respetando los parámetros de la práctica clínica común. Por otra parte, las muestras preparadas a partir del procedimiento planteado para el Grupo 2, fueron tratadas con ácido fosfórico manteniendo su misma concentración y tiempo de empleo que el Grupo 1, y en adición recibieron la aplicación de hipoclorito de sodio al 5.25% durante 60 segundos, siguiendo la metodología propuesta por Espinosa et al en el 2008.

El área de grabado expuesta tanto para el patrón tipo I y II en las muestras de los grupos respectivos se exponen claramente en datos milimétricos dentro de la Tabla 1.

Por otra parte, aquellas áreas que no presentaran características de haber sido grabadas, fueron determinadas y analizadas por separado. Estos datos se representan dentro de la Tabla 3.

En la Tabla 1 que se presenta a continuación, indica para cada muestra analizada el área total que presentó un patrón de grabado tipo I y tipo II tanto para el Grupo 1 como para el Grupo 2, cuyas cifras corresponden a mm^2 .

Muestra	Grupo 1	Grupo 2
1	24,28 mm ²	28,44 mm ²
2	52,81 mm ²	68,64 mm ²
3	44,25 mm ²	44,61 mm ²
4	22,03 mm ²	45,07 mm ²
5	52,46 mm ²	50,96 mm ²
6	35,73 mm ²	74,75 mm ²
7	43,26 mm ²	47,11 mm ²
8	65,94 mm ²	47,39 mm ²
9	39,14 mm ²	53,49 mm ²
10	43,06 mm ²	79,79 mm ²

Tabla 1. Área en mm² con patrón de grabado tipo I y II.

Los datos estadísticos para determinar el área de la superficie con patrón de Grabado I y II tanto para el Grupo 1 como para el Grupo 2 se resumen a continuación en la Tabla 2.

Grupo	N	Min	Max	Media	Desviación Std
Grupo 1	10	22,03 mm ²	65,94 mm ²	42,296 mm ²	13,19
Grupo 2	10	28,44 mm ²	79,79 mm ²	54,025 mm ²	15,75

Tabla 2. Análisis Estadístico Descriptivo para patrón de grabado tipo I y II

Dentro de estos resultados se destacan los alcances de la técnica de grabado utilizada dentro del Grupo 2, donde se observa que dentro del área total de 86.31 mm², la superficie promedio total que presentó este Grupo con un patrón de grabado tipo I y II fue de 54,0mm² lo que equivale a un 62.5% total de la superficie grabada.

Por otra parte, dentro del Grupo 1, en el cual el procedimiento de la técnica de grabado no incluía la aplicación de hipoclorito de sodio se observó una superficie con patrón de grabado tipo I y II disminuida con respecto a lo presentado por el Grupo 2. El Grupo 1 presentó un patrón de grabado tipo I y II dentro de un área de superficie promedio total de 42,2 mm² lo que equivale a un 49% total de la superficie grabada.

Estos resultados se exponen a continuación en el Gráfico 1 y Gráfico 2, donde se determina el área de superficie de grabado para cada muestra analizada, y el porcentaje promedio que estas representan para cada Grupo, destacándose que fue el Grupo 2 el cual presentó en la mayoría de sus muestras el característico patrón de grabado I y II.

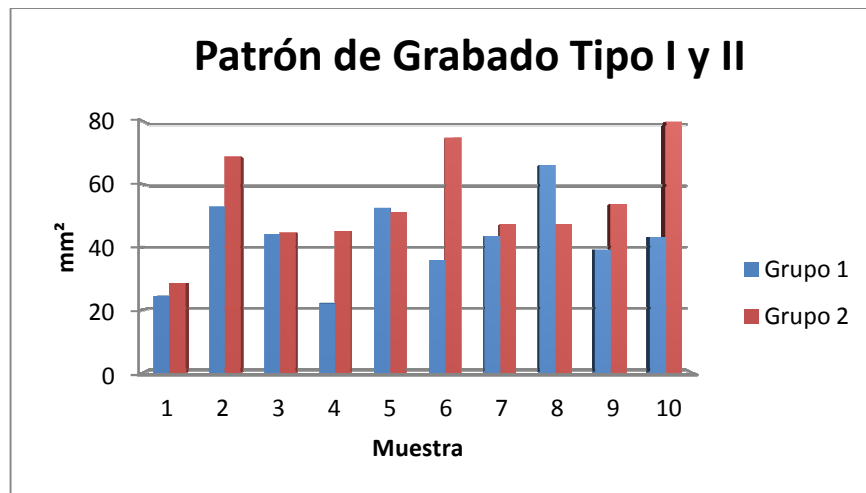


Gráfico 1. Área con patrón de grabado tipo I y II

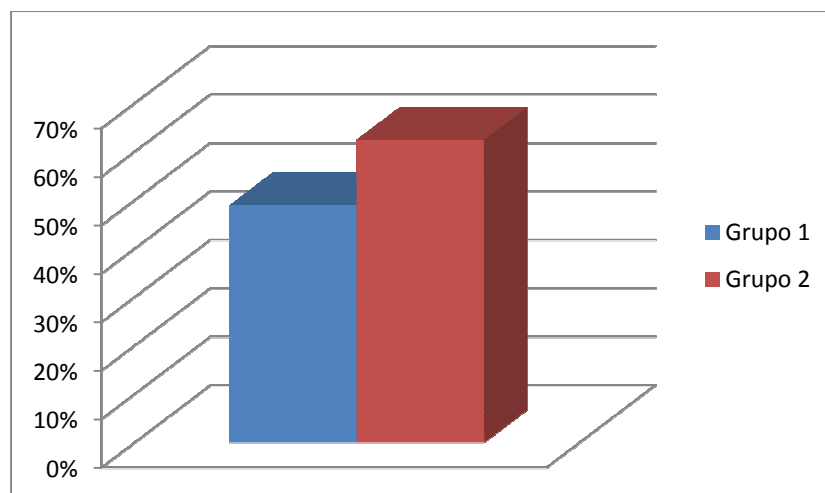


Gráfico 2. Porcentaje promedio del área de superficie grabada con patrón tipo I y II para Grupo 1 y Grupo 2.

A continuación, en la Tabla 3 y en el Gráfico 3 se exponen los datos obtenidos a partir de las superficies con ausencia de grabado tanto para el Grupo 1 como para el Grupo 2.

Muestra	Grupo 1	Grupo 2
1	62,03 mm ²	57,87 mm ²
2	33,5 mm ²	17,67 mm ²
3	42,06 mm ²	41,7 mm ²
4	64,28 mm ²	41,24 mm ²
5	33,85 mm ²	35,35 mm ²
6	50,58 mm ²	11,56 mm ²
7	43,05 mm ²	39,2 mm ²
8	20,37 mm ²	38,92 mm ²
9	47,17 mm ²	32,82 mm ²
10	43,25 mm ²	6,52 mm ²

Tabla 3. Área en mm² de la superficie con ausencia de grabado

Los datos estadísticos para determinar el área de la superficie con ausencia de grabado tanto para el Grupo 1 como para el Grupo 2 se resumen a continuación en la Tabla 4.

Grupo	N	Min	Max	Promedio	Desviación Std.
Grupo 1	10	20,37 mm ²	64,28 mm ²	44,014 mm ²	13,19
Grupo 2	10	6,52 mm ²	57,87 mm ²	32,285 mm ²	15,75

Tabla 4. Análisis Estadístico Descriptivo para la superficie con ausencia de grabado.

En contraste, dentro de estos resultados se obtienen los datos del área total con ausencia de grabado, la cual es considerada como área de características no retentivas ni óptimas para los procesos adhesivos.

Observando cierta tendencia a obtener una limitación de la técnica de grabado en las muestras pertenecientes al Grupo 1, ya que existe un mayor porcentaje de superficie no grabada en comparación con las muestras pertenecientes al Grupo 2.

Estadísticamente, el Grupo 2 presentó en un área total de 86.31mm^2 , un área promedio de superficie no grabada de 32.2mm^2 lo que equivale a un 37.4%. Por otro lado, el Grupo 1 presentó un área promedio de superficie no grabada de 44.0mm^2 lo que equivale a un 50.5%. Los datos del porcentaje promedio se representan dentro del Gráfico 4.

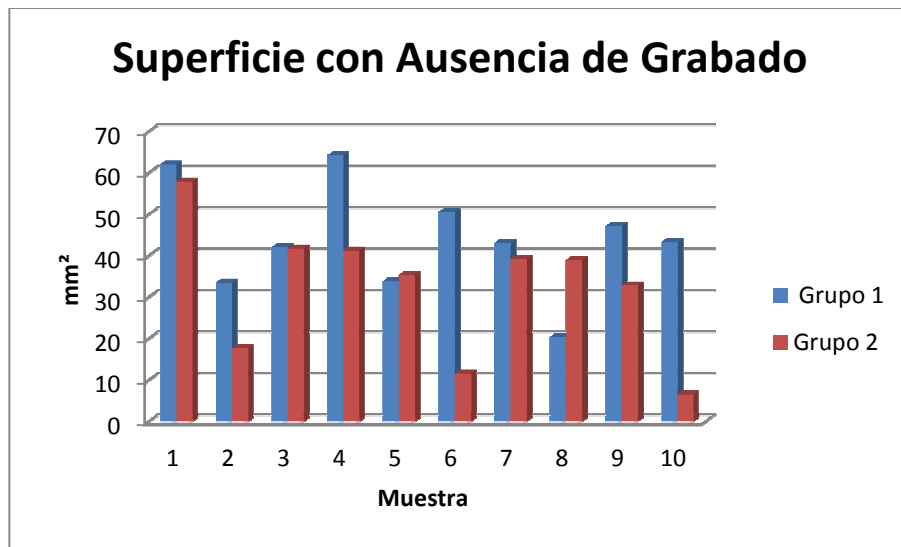


Gráfico 3. Área de ausencia de grabado

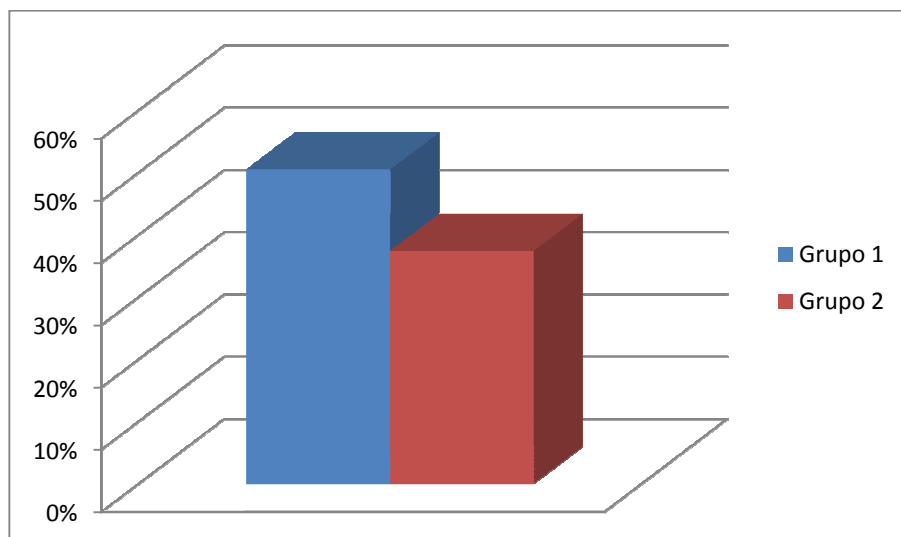


Gráfico 4. Porcentaje promedio del área de ausencia de grabado para Grupo 1 y Grupo 2.

A continuación se expone dentro de la Tabla 5 y la Tabla 6 los promedios respectivos en cuanto al área de superficie grabada con patrones tipo I y II en comparación con el área de superficie con ausencia de grabado para el Grupo 1 y 2.

De igual manera, se expone el porcentaje promedio del área grabada bajo un patrón tipo I y II y el área que presenta ausencia de grabado respectivo para cada grupo dentro de los Gráficos 5 y 6.

En la Tabla 7 y Tabla 8, se expone un análisis estadístico de varianza para el Grupo 1 y Grupo 2 en lo que refiere a los resultados promedio de superficie con patrón de grabado tipo I y tipo II y la superficie en ausencia de grabado, respectivamente.

Grupo	Patrón de Grabado Tipo I y II	Superficie con ausencia de Grabado
Grupo 1	42,30 mm ²	44,01 mm ²
Grupo 2	54,03 mm ²	32,29 mm ²

Tabla 5. Promedio del área con patrón de grabado I y II y ausencia de grabado para el Grupo 1 y 2.

Grupo	Patrón de Grabado Tipo I y II	Superficie con Ausencia de Grabado
Grupo 1	49%	50,50%
Grupo 2	62,50%	37,40%

Tabla 6. Porcentaje del área promedio de superficie con patrón de grabado I y II y ausencia de grabado para el Grupo 1 y 2.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grupo 1	10	422,96	42,296	174,0645156
Grupo 2	10	540,25	54,025	247,9896056

Tabla 7. Análisis Estadístico de la Varianza para patrón de grabado I y II

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Grupo 1	10	440,14	44,014	174,064516
Grupo 2	10	322,85	32,285	247,989606

Tabla 8. Análisis Estadístico de la Varianza para la superficie con ausencia de grabado

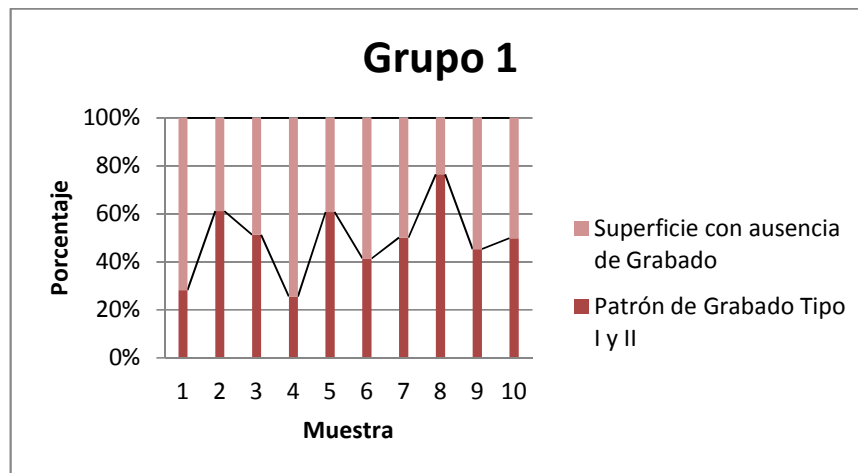


Gráfico 5. Porcentaje de la superficie grabada y no grabada de cada muestra del Grupo 1.

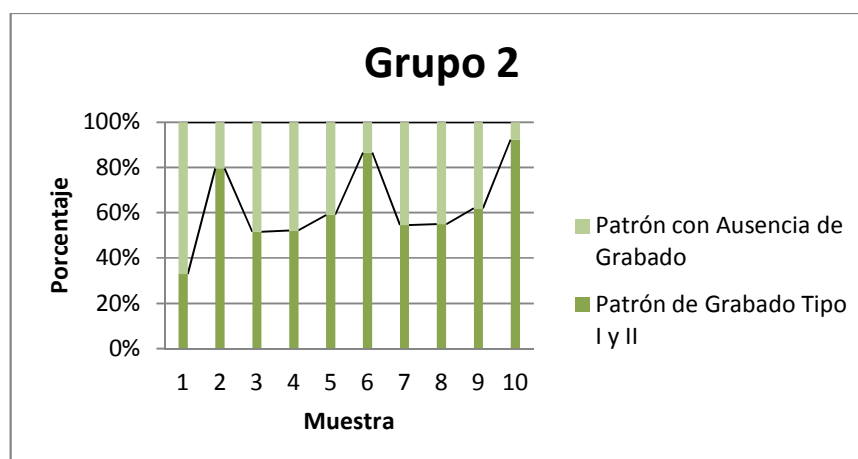


Gráfico 6. Porcentaje de la superficie grabada y no grabada de cada muestra del Grupo 2.

6.2. Análisis Subjetivo

Debido a la irregularidad y a la dificultad de contabilizar áreas en las que se presenta una sustancia de naturaleza hidrofílica como lo es el sistema adhesivo, las imágenes obtenidas de las muestras del Grupo 3 y Grupo 4 fueron sometidas a un análisis subjetivo ejecutado por el investigador y el tutor de esta investigación.

Estas fotografías fueron determinadas y descritas a partir de la observación y comparación de las fotografías entre sí y en relación a los parámetros a los que hace referencia la literatura. A partir de esto se obtuvieron los siguientes resultados.

6.2.1. Resultados Grupo 3

Las muestras pertenecientes a este grupo fueron previamente sometidas a la aplicación de ácido fosfórico e hipoclorito de sodio, para posteriormente pasar a recibir el adhesivo “One Step Plus” (Bisco) con solvente a base de acetona aplicado siguiendo las instrucciones del fabricante.

Las muestras al ser examinadas presentaron las siguientes características.

Fue evidente una clara interface presente entre diente y adhesivo, donde en la mayor parte de fotografías fue posible constatar una cierta interdigitación del adhesivo en relación con el esmalte.

Aparentemente existió una leve penetración del adhesivo dentro de la estructura irregularizada del esmalte, pero al ser el esmalte una estructura sumamente delgada en cuanto a su espesor y bastante irregular, no es posible constatar gran penetración por parte del sistema adhesivo en esta estructura.

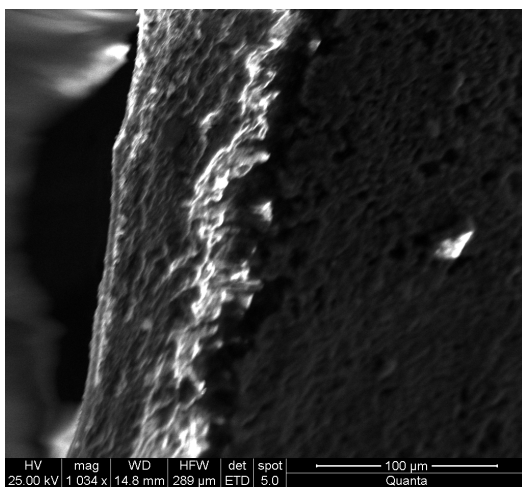
Las irregularidades presentes en la superficie del esmalte se observan con claridad, correspondiendo a lo que se conoce como escamas de pescado o panales de abeja, lo cual corresponde a la estructura resultante a la acción del grabado ácido.

A pesar de que se evidencia la clara morfología correspondiente a una superficie de esmalte correctamente grabada, la interdigitación y relación mecánica formada entre estas dos superficies es mínima y ligera. Las irregularidades creadas sobre la superficie no logran ser

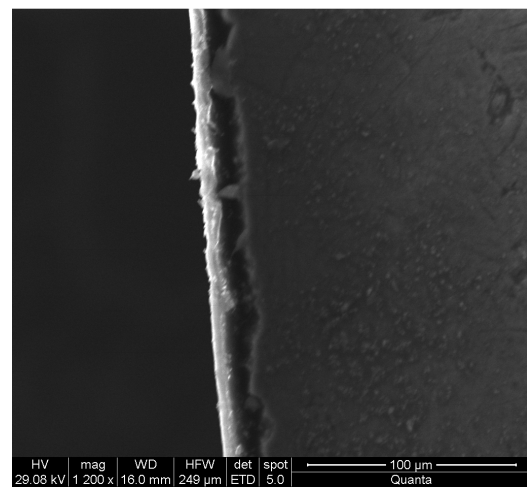
penetradas en su totalidad por el adhesivo, lo cual explica la ausencia de la formación de tags largos o prolongados.

A continuación se muestran las siguientes fotografías (Figura 9 a, b, c y d) obtenidas a partir de las muestras preparadas según los criterios y procedimientos planteados para el Grupo3.

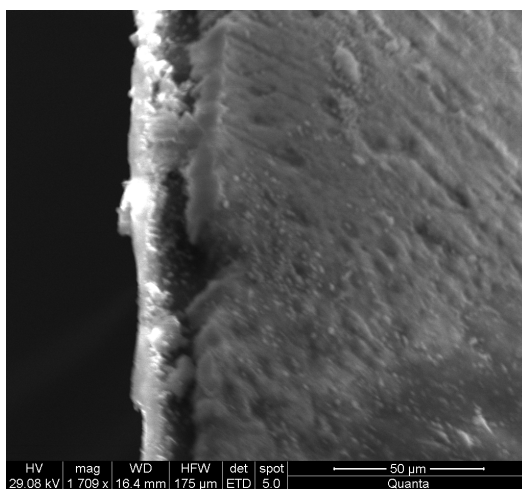
Figura 9 a, b, c y d. Superficie grabada según el procedimiento propuesto en el Grupo 3.



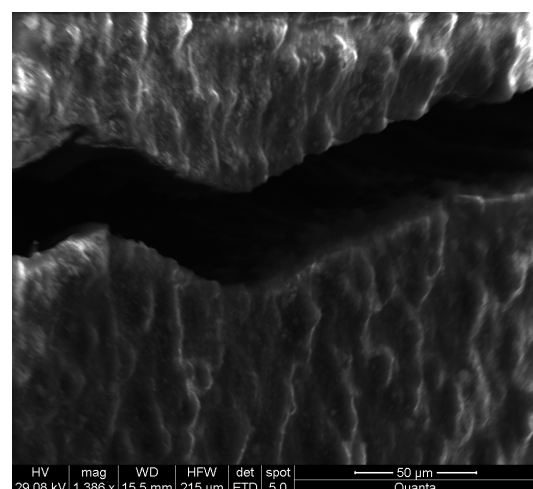
9.a



9.b



9.c



9.d

6.2.2. Resultados Grupo 4

Dentro de este grupo, también se realizó la aplicación ácido fosfórico y de hipoclorito de sodio como mecanismo previo a la técnica adhesiva, para posteriormente aplicar en las 10 superficies tratadas el adhesivo “D/E Resin” (Bisco), el cual presenta la ausencia de un primer dentro de su composición.

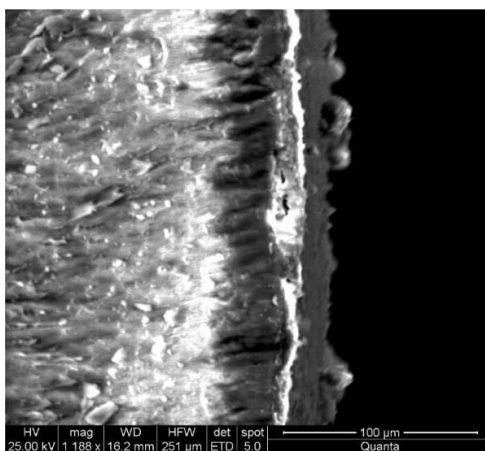
A diferencia del grupo 3, dentro de las fotografías obtenidas para este grupo se observó una notoria grieta o interface evidente caracterizada por una línea oscura.

Dicha línea podría darse a la interpretación de que el adhesivo no penetró significativamente en lo que refiere a las irregularidades obtenidas a nivel de la superficie del esmalte resultante a la acción del grabado ácido.

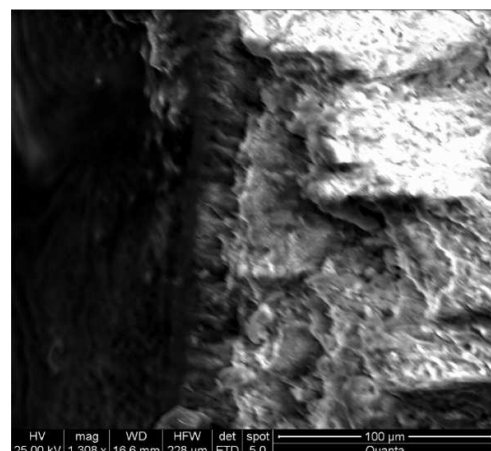
La falta de asociación por parte de ambas estructuras fue evidente en la mayoría de fotografías, sin embargo, en dos fotografías se observó una ligera penetración del adhesivo en la estructura del esmalte y la leve apariencia de interdigitaciones evidentes aunque menos notorias que aquellas formadas dentro de las muestras del grupo 3.

Las fotografías en las cuales se observa una ligera relación y penetración por parte del sistema adhesivo en la superficie adamantina se observa a continuación en la Figura 10 a y b.

Figura 10 a y b. Superficies del Grupo 4 que presentan ligeras interdigitaciones por parte del adhesivo.



10.a

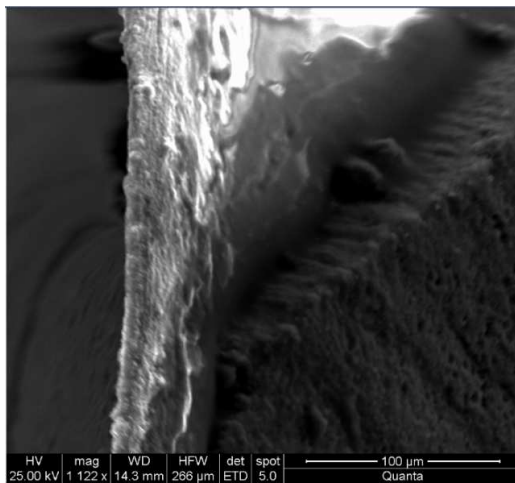


10.b

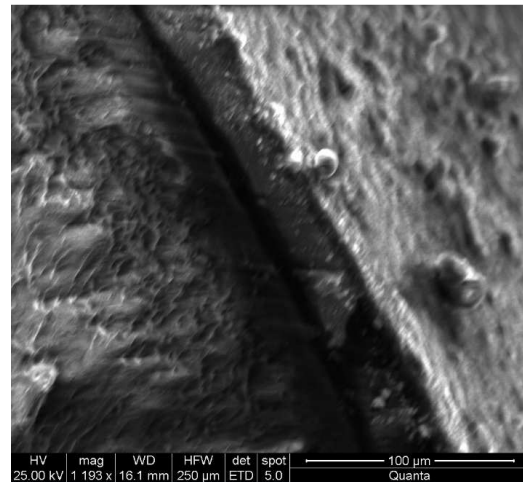
A continuación se muestran las siguientes fotografías obtenidas a partir de las muestras preparadas según los criterios y procedimientos planteados para el Grupo 4.

Dentro la Figura 11 a, b, c y d se observa claramente la evidente falta de asociación por parte del adhesivo y la estructura del esmalte, definiéndose particularmente en una característica línea oscura.

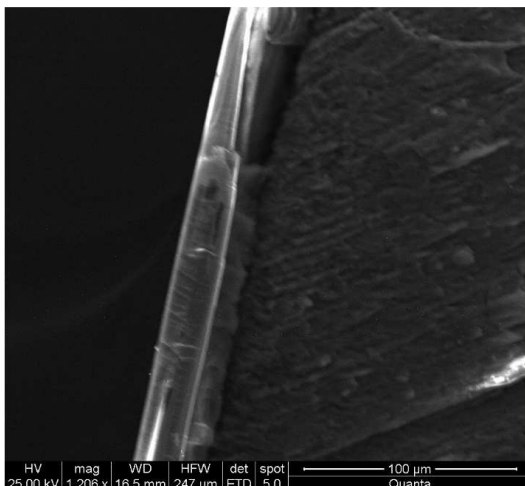
Figura 11 a, b, c y d. Superficie grabada según el procedimiento propuesto en el Grupo 4.



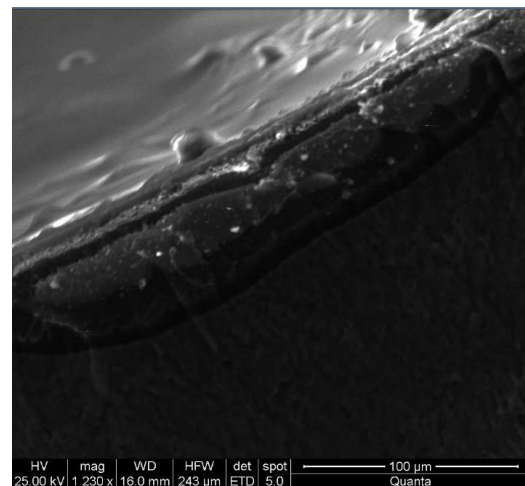
11.a



11.b



11.c



11.d

7. Discusión

Dentro de este estudio se pudo verificar que para que exista un correcto y óptimo grabado de la superficie es importante considerar la composición de la misma y la disposición de los elementos inorgánicos presentes en esta estructura tratada, al igual que la concentración del ácido fosfórico que debe ser utilizada, la cual de forma unánime y establecida se mantiene alrededor del 35% y 37%, para dar lugar a una correcta formación de microporos y microsurcos en la estructura del esmalte. (Henostroza, 2010) (Espinosa, 2008) (Loyola-Rodriguez, 2010) (Perdigao et al. 2003) (Lanata, 2005).

Tras el ataque ácido a la estructura inorgánica como producto de la reacción ácido-base con la hidroxiapatita, las zonas irregulares y porosas formadas a nivel de la superficie del esmalte, pudieron ser fácilmente observadas a través del microscopio electrónico de barrido. La morfología de la superficie de esmalte grabado dio lugar a la clasificación de los patrones de grabado de acuerdo a sus distintas características, volumen y profundidad del esmalte removido.

Actualmente existe mucha controversia en cuanto al tiempo estimado de aplicación del ácido fosfórico sobre la superficie del esmalte. Por una parte, Espinosa et al. en el 2008 plantea que la exposición del ácido fosfórico en contacto con el esmalte por un rango de tiempo mayor a 15 segundos, podría generar daños irreversibles en la estructura, al igual que un patrón de grabado tipo III, el cual da lugar a la formación de microporos de menor amplitud y de profundidad reducida, lo que llevaría a disminuir la capacidad de retener micromecánicamente los sistemas adhesivos. De igual manera, Brenna en el 2010 atribuye al hecho de que un tiempo de grabado mayor a 15 segundos, no contribuye a incrementar la fuerza de adhesión.

Por otra parte, discutiendo lo anteriormente planteado, Lanata en el 2005, determina que al extraer calcio de la hidroxiapatita se forman los fosfatos de calcio insolubles, que al precipitar sobre la superficie del esmalte lograrán limitar y neutralizar la acción del ácido. Es por esto que a la acción del ácido la considera como un efecto “autolimitante”. Esta condición es también atribuida por Roberson et al en el 2007 y Myers et al en 1973, quienes demostraron

por estudios realizados in vitro que la rugosidad de la superficie conseguida a partir de la aplicación de ácido fosfórico por 15 segundos daba lugar a características muy similares a las de superficies en las cuales fue aplicado éste por 60 segundos. Barrancos por su parte, en el 2006, afirma que la aplicación por 15 segundos es muy reducida para lograr una energía superficial suficiente, determinando la posibilidad de obtener valores más altos con la aplicación de 30 a 60 segundos. (Lanata, 2005) (Roberson et al. 2007) (Barrancos, 2000)

A partir de esto, es posible llegar al acuerdo de que existen otros factores importantes los cuales deben ser tomados en cuenta para la aplicación del ácido sin hacer referencia al tiempo de aplicación. La concentración del ácido a utilizar, el tiempo de lavado posterior a la aplicación, al igual que otros tratamientos previos como podría ser la aplicación del hipoclorito de sodio, serían considerados factores importantes para dar lugar al éxito clínico, ya que haciendo referencia a la literatura, el exceso de tiempo de aplicación no afecta negativamente a la superficie del esmalte. (Lanata, 2005) (Roberson et al. 2007) (Loyola-Rodriguez, 2010)

Dentro de la investigación realizada, se decidió aplicar el ácido fosfórico por un rango de 15 segundos, manteniendo el protocolo de la clínica práctica más común, y siguiendo la metodología similar a lo propuesto por el estudio de Espinosa et al. en el 2008.

Las fotografías obtenidas por el microscopio electrónico de barrido demuestran la influencia de la topografía del esmalte en el índice de solubilidad al ataque ácido. La apariencia más común de la superficie del esmalte modificado por el ataque ácido se caracterizó por la pérdida acentuada de la estructura, donde la zona más afectada predominó a nivel interprismático, resultando en un grabado predominante del tipo II, el cual se caracterizó por la apariencia de una superficie con “escamas de pescado”, tal como lo describe Mondelli en el 2009. Por otra parte, se presentó en un menor porcentaje otro patrón de grabado muy característico, siendo este el patrón tipo I, en el cual los extremos de los prismas presentaron una pérdida acentuadamente mayor a nivel de su estructura nuclear, lo cual dio lugar a una apariencia característica de “panales de abeja”. Según Mondelli en el 2009, plantea que bajo el uso de microscopía electrónica de barrido, Retief (1986) constató que la disolución ácida de la superficie del esmalte con los prismas dispuestos en una orientación de manera horizontal y

longitudinalmente, se presentó de manera predominante el grabado interprismático, considerándolo como un patrón de grabado tipo II. Mientras que las rugosidades claramente definidas sobre las superficies cuyos prismas estuvieron orientados en una disposición transversal debido al bisel, se reveló un patrón de grabado tipo I.

Durante la realización de esta investigación se mantuvo en cuenta que el esmalte que constituye cada pieza dental es único. El esmalte viene a ser considerado un universo completo, donde varían hasta las más mínimas características en cuanto a su desarrollo, composición, mineralización, integridad, la dureza, la pigmentación, la velocidad de desmineralización y remineralización, entre otras características que lo vuelven una estructura exclusiva. (Henostroza 2010).

Estos resultados coinciden con los encontrados en este estudio, en lo que respecta a la desviación estándar y varianza establecida, donde se notó una diferencia entre los dos grupos con respecto a las superficies que mostraron un patrón de acondicionamiento y aquellas que no presentaron un patrón con morfología definida, pudiendo ser la diferente concentración mineral en las distintas áreas de un mismo diente o la diferente disposición de los prismas del esmalte incluso en una misma superficie, lo que dio lugar a la considerable variación dentro de los resultados obtenidos.

Espinosa et al. en el 2008 atribuyen de manera importante a los patrones de grabado tanto I y II, considerándolos como los patrones más retentivos, ya que a partir de estos patrones la superficie porosa formada presenta áreas de retención de mayor tamaño y mayor profundidad. Sin embargo, también plantean que durante la práctica clínica los patrones de grabado no son considerados clínicamente importantes, ya que además de que cada patrón de grabado puede presentarse en diferentes proporciones y en cualquier punto de la superficie, clínicamente no es posible obtener un patrón de grabado específico, y tampoco es posible determinar qué patrón de grabado fue obtenido durante la aplicación del ácido fosfórico en la práctica clínica. (Espinosa et al 2008).

Dentro de este estudio se observó y determinó el mayor porcentaje de áreas presentes bajo un patrón de grabado tipo II en comparación con el porcentaje de áreas que presentaron un patrón de grabado tipo I. Únicamente dentro del Grupo 2, donde se trató las muestras con NaOCl y

ácido fosfórico, una muestra fotografiada con proximidad a su borde expone un evidente patrón de grabado tipo I, lo que refiere a una posibilidad de haber expuesto los prismas de manera transversal al momento de realizar el corte de dicha muestra, exponiendo el grabado característico en forma de panales de abeja. Esta estructura se observa claramente en el Figura 8.c. Mientras que el resto de muestras, fotografiadas a nivel del centro de las mismas, donde no se produjo corte alguno, fue evidente el predominio de un patrón de grabado tipo II, exponiendo las llamadas “escamas de pescado” (tal como se observa en las Figuras 8.a y 8.b).

Manteniendo en cuenta la necesidad de que exista una superficie irregular, en la cual se presenten la mayor cantidad de fisuras y surcos posibles para generar un área de mayor retención con el objetivo de crear una buena adhesión mecánica, la superficie grabada por medio de la acción del ácido fosfórico debe ser generalizada dentro de toda el área tratada. Bajo un estudio realizado en el 2002 por Hobson, se comprobó que la calidad de un esmalte correctamente grabado con ácido fosfórico no se logra en toda la superficie tratada, ya que más de un 69% de la superficie puede no poseer grabado alguno. (Espinosa et al. 2008)

Dentro de este estudio, en el cual las muestras del Grupo 1 fueron aplicadas el procedimiento clínico más común, recibiendo únicamente clorhexidina y ácido fosfórico al 37% por 15 segundos, se observó un área de incompleto grabado ácido siendo el área de grabado promedio alrededor del 49%.

Entonces, debido al incompleto grabado de la superficie por medio de la acción del ácido fosfórico, clínicamente ha sido posible observar hasta un 15% errores de restauraciones adheridas directamente al esmalte, manteniendo en cuenta que dentro del campo de la ortodoncia la adhesión de los brackets también se ha visto afectada por defectos en la adhesión dando lugar a su fácil desprendimiento. (O'Brien et al. 1989) (Newman, 1978).

Los errores provocados a nivel del grabado ácido de la superficie, pueden ser explicados debido a la ineficiencia del ácido fosfórico en lo que refiere a la remoción de materia orgánica del esmalte. (Espinosa et al. 2008).

Para comprender la razón por la cual permanecen inmersas las proteínas entre los cristales de hidroxiapatita, es necesario considerar que cualquier alteración durante la formación de estas estructuras, puede llegar a afectar la microformación del esmalte.

El esmalte se forma a partir de los ameloblastos en un proceso de tres estadios. Dentro del

primer estadio se secreta una matriz orgánica que se mineraliza casi de manera inmediata, conformada básicamente por 2 proteínas, amelogenina hidrofóbica y enamulina. (Lanata 2005). Esta estructura orgánica presente permite la deposición inorgánica y sirve como sitio de nucleación para el crecimiento y desarrollo de los cristales en ese entorno, y al mismo tiempo protegen el desarrollo de los mismos. Mientras se avanza al segundo estadio, estas proteínas van siendo paulatinamente eliminadas en conjunto con el agua mientras los cristales crecen y continúan siendo depositados. La mayoría de amelogeninas son extraídas y las enamelinas se unen fuertemente a las superficies de los cristales de apatita. Por último, durante el tercer estadio, existe una mayor pérdida de agua y un mayor agregado mineral. Es así como la sincronización en la aposición y extracción de la matriz orgánica hacia la superficie final del esmalte, da origen a una estructura constituida en su gran mayoría por tejido inorgánico sano. (Espinosa et al. 2008) (Henostroza, 2010) (Lanata 2005).

A pesar de que gran parte de la materia orgánica es eliminada durante este procedimiento, en la actualidad se ha verificado la probabilidad de que parte de este material orgánico permanezca remanente a nivel de la superficie, ya sea por alteraciones durante la amelogénesis o alteraciones durante la sincronización de aposición y extracción de la matriz orgánica, dando lugar a que los compuestos proteicos permanezcan aislados entre los cristales del esmalte. Este material orgánico es considerado el responsable de inhibir el proceso de grabado total de la superficie. (Espinosa et al. 2008)

De igual manera, existen también componentes orgánicos que se encuentran a nivel del medio ambiente oral, que pasan directamente a conformar lo que se conoce como “película adquirida”, siendo esta una membrana resultante de la integración de muco-proteínas y sialo-proteínas salivales bioadhesivas que presentan afinidad a la superficie de los tejidos dentales. Aquí también pueden incluirse proteoglicanos, glicoproteínas y bacterias que generalmente se encuentran en tejidos blandos contiguos. (Espinosa et al. 2008)

Según la literatura, muchos profesionales de la actualidad pulen la superficie del esmalte con la finalidad de eliminar los componentes orgánicos presentes sobre esta, pero a pesar del esfuerzo, estos componentes no logran ser removidos en su totalidad, ya que además pueden

presentarse porciones proteicas inmersas entre los cristales del mismo esmalte. (Espinosa et al. 2008)

El ácido fosfórico, a pesar de su eficiente actividad a nivel de los tejidos mineralizados, se lo considera incapaz e ineficiente en lo que refiere a la eliminación de la materia orgánica de esta superficie. (Henostroza, 2010)

Nakabayashi, tras un estudio en 1996 demuestra la inactividad del ácido fosfórico a nivel de estructura orgánica ya que al ser este aplicado sobre la dentina durante la desmineralización de la misma, las fibras colágenas se mantienen intactas, lo que explicaría los resultados conseguidos por nosotros dentro de esta investigación, pues al ser el hipoclorito de sodio aplicado a una concentración del 5 al 5.25% actúa como agente bactericida y bacteriostático al eliminar a las proteínas desnaturizadas por medio de un proceso de desproteinización.

Este compuesto es capaz de neutralizar los aminoácidos de la proteína dando lugar a la formación de agua y sales. (Estrela et al. 2002) Con la salida de iones hidroxilo, existe una reducción del pH. El ácido hipocloroso, una sustancia presente en la solución de hipoclorito de sodio, al tener contacto con la materia orgánica actúa como solvente, liberando cloro que al combinarse con los aminoácidos forma cloraminas y da lugar a la degradación e hidrólisis de los aminoácidos. (Estrela et al. 2002)

Entonces, al realizar la desproteinización como un mecanismo de preparación previo al grabado ácido y a la aplicación del sistema adhesivo, se considera que la aplicación de hipoclorito de sodio al 5.25%, como lo fue utilizado tanto en el Grupo 2 como en el Grupo 3 y el Grupo 4 de esta investigación, demostró que al ser aplicado por un periodo de 60 segundos, logra hasta el 62,50% de superficie grabada con la topografía del grabado tipo I y II, mostrando una diferencia importante con el Grupo 1, dentro el cual únicamente existió la aplicación de clorhexidina y el grabado ácido para dar como resultado al 49% total de la superficie grabada.

Además de los datos estadísticos descriptivos obtenidos se demostró para el Grupo 1 un área promedio de patrón de grabado de 42,30mm² (equivalente al 49%) en comparación al Grupo 2 el cual presentó un área promedio de patrón de grabado de 54,03mm² (equivalente al 62,50%). Se realizó de manera complementaria un análisis subjetivo realizado por el investigador y el

tutor de la investigación, en base a todos los elementos de importancia a los cuales hace referencia la literatura para la interpretación de las características y modificaciones presentes en una superficie grabada. En términos generales se observó lo siguiente; de las 10 fotografías obtenidas para el Grupo 1 se observó un patrón de acondicionamiento en su mayoría en gran parte de la superficie, siendo este patrón más evidente en unas muestras que en otras. Sin embargo, en la mayoría de fotografías se observan áreas irregulares que pueden interpretarse en forma de dunas de arena manifestando la presencia de algunas áreas con mejor evidencia de acondicionamiento de la superficie que otras. De igual manera existen áreas en las cuales pese a estar acondicionadas, el patrón de acondicionamiento semejante al “panal de abejas” o “escamas de pescado” no resulta ser muy evidente.

Las estrías de Retzius, las cuales se definen como la estructura que marca la sucesiva aposición de capas de tejido durante la formación del órgano dental, relacionadas con el periodo de reposo en la mineralización indicando ser zonas menos mineralizadas, se presentan como elevaciones que por efecto propio de la luz emitida por el microscopio electrónico de barrido se observan como ligeras sombras con un cierto oscurecimiento, lo cual da a la interpretación de que a pesar de ser todas las superficies coronarias lisas (siendo estas superficies vestibular, palatina, mesial o distal) no fueron totalmente planas, lo que explica la presencia de áreas de difícil visualización al momento de enfocar sobre las mismas. (Gomez de Ferraris, 2009)

En el análisis subjetivo al que fueron sometidas las muestras del Grupo 2 ejecutado de igual manera por el investigador y el tutor de esta investigación, se observó un patrón de acondicionamiento generalizado, dando lugar a la evidente caracterización de una superficie con “escamas de pescado”. Sin embargo, se observaron mínimas áreas en menor proporción que mostraron un indicio de leve acondicionamiento. Dentro de este grupo, donde las muestras fueron tratadas bajo la aplicación de hipoclorito de sodio, aquellas áreas que referían a las posibles estrías de Retzius entre otras estructuras secundarias de la superficie del esmalte presentaron un patrón evidente de acondicionamiento.

Sin embargo, hubo el caso de dos muestras, en las cuales se evidenció cierto “precipitado” sobre la superficie del esmalte, el cual se sujeta a la interpretación de posibles residuos de hipoclorito o de algún precipitado resultante sobre la superficie. Al entender lo que sucede

durante el proceso de desprotección regulado por la presencia de aminoácidos (proteínas) y el hipoclorito de sodio, al dar lugar a la formación de sales por la reacción producida, se podría interpretar que la presencia de aquel precipitado observado en dos muestras, refiere a las sales producidas por la reacción entre la sustancia y el material orgánico. (Estrela et al. 2002)

Entonces, tras haber obtenido los resultados de esta investigación, es posible determinar que aquella materia orgánica, tanto la que se encuentra adherida a la superficie, como aquella que se encuentra a nivel interprismático, es capaz de reducir la capacidad de obtener un grabado óptimo de la superficie del esmalte. Aquellas muestras en las cuales se utilizó el hipoclorito de sodio se aumentó considerablemente el porcentaje de la superficie grabada, con características tanto del patrón tipo I como del tipo II de grabado.

La desprotección del esmalte como procedimiento previo al grabado ácido, es considerada hoy en día como un elemento fundamental para lograr que el ácido fosfórico ejerza su acción de manera correcta y eficiente sobre la superficie del esmalte a tratar. Es así como se consigue el aumento del área de superficie del esmalte grabada en forma retentiva, con la posibilidad de obtener mayor retención de las restauraciones adhesivas. (Espinosa et al. 2008).

Por otra parte, al tratar de analizar las muestras del Grupo 3 y el Grupo 4, las cuales fueron tratadas con ácido fosfórico, hipoclorito de sodio y un sistema adhesivo, “One Step Plus” y “D/E resin” respectivamente, debido a la irregularidad y dificultad de contabilizar áreas en las que se presenta una sustancia de naturaleza hidrofílica, estas muestras fueron determinadas y descritas a partir de la observación subjetiva ejecutada por el investigador y el tutor de esta investigación.

Las muestras del Grupo 3, tratadas con el sistema adhesivo “One Step Plus” que contiene dentro de su composición acetona como solvente, se evidenció una clara interface presente entre el diente y el adhesivo, constatando en la mayor parte de fotografías la presencia de ciertas interdigitaciones y tags del sistema adhesivo en relación a la estructura irregular y porosa del esmalte, a pesar de que las irregularidades no se observan totalmente rellenas por el adhesivo en su totalidad.

En comparación a lo anteriormente descrito, las muestras del Grupo 4 que fueron tratadas con

el sistema adhesivo “D/E Resin”, el cual no contiene un primer dentro de su composición, mostraron una notoria grieta o interface evidente caracterizada por una línea oscura entre la superficie y dicho material adhesivo. Esta línea podría darse a la interpretación de la ausencia de penetración por parte del adhesivo en las irregularidades del esmalte resultantes del grabado ácido. De esta manera se demuestra que la aplicación de un adhesivo en ausencia de primer disminuye la retención micromecánica entre el esmalte y el sistema adhesivo debido a la insuficiente penetración del material en la superficie dental.

Hoy en día existen algunos estudios que discuten los resultados anteriormente descritos. Como por ejemplo, De Munck et al en el 2005 establece la posibilidad de conseguir una óptima adhesión a partir de un material adhesivo de naturaleza hidrofóbica a la superficie del esmalte completamente seca, argumentando que aquel sistema adhesivo hidrofílico fabricado para conseguir adhesión a nivel de la dentina húmeda, no necesariamente presentará resultados óptimos a nivel del esmalte.

Littlewood et al. en el 2000 y Henostroza en el 2010 atribuyen a lo planteado por De Munck, estableciendo que si el proceso adhesivo se realiza únicamente a nivel del esmalte, en este caso puede aplicarse un agente adhesivo en ausencia de primer. Reconociendo todas aquellas características que hacen de la dentina y el esmalte tejidos tan distintos, se considera que mientras es elemental mantener un grado de humedad en dentina para conseguir la óptima adhesión, el esmalte puede no verse afectado si su superficie grabada es deshidratada. De tal manera, Littlewood et al. en el 2000 acuerdan que al ser estas estructuras dentales tan diferentes, el sistema adhesivo que resulte ser exitoso a nivel de la dentina húmeda, no necesariamente será exitoso a nivel del esmalte seco. (Henostroza, 2010)

Pero a pesar de lo anteriormente expuesto, el mismo De Munck et al. tras el estudio realizado en el 2005, donde pretendió demostrar que la estabilidad hidrolítica de los sistemas adhesivos hidrofílicos era bastante reducida, sustentando que estos podían actuar como membranas semipermeables que atraían las moléculas de agua generando la hidrólisis de los componentes de la interface y con esto la reducción de la estabilidad y durabilidad de los sistemas adhesivos. Sin embargo, los resultados obtenidos por el mismo autor confirman que los primers no influyen negativamente en la efectividad de la adhesión, siendo estos indispensables para generar adhesión a nivel de la superficie húmeda. En especial, aquellos

con solvente de acetona requieren de una superficie húmeda para dar resultados óptimos en la adhesión. En nuestros resultados la presencia del primer favoreció la integración del sistema adhesivo con la estructura dental, considerando que la humedad presente posterior al continuo lavado de la superficie durante el procedimiento de desmineralización y desnaturalización, no fue eliminada por completo. A pesar de verificar que la presencia del primer dio mejores resultados que la ausencia del mismo, dentro de nuestro estudio, no fue nuestro objetivo evaluar diferentes tipos de primers, sino únicamente la influencia que tiene la presencia de un primer a base de acetona comparado con un sistema ausente de éste sobre una superficie de esmalte.

Tomando en cuenta las propiedades de la acetona como solvente en comparación con otros solventes, o con un sistema adhesivo que carece de primers dentro de su composición, la acetona es considerada una buena opción dentro de los sistemas adhesivos que combinan componentes hidrófilos con hidrófobos. Además de todas sus propiedades, la acetona tiene una baja constante dieléctrica, la cual es considerada inversamente proporcional a la fuerza de atracción que existirá entre dos especies de carga opuesta en solución, es decir, que mientras menor sea la constante dieléctrica, mayor será la fuerza de atracción presente entre las soluciones. (Marro, 2010).

En comparación a lo que sucede en el esmalte, se conoce que la dentina es más susceptible al ataque ácido, ya que éste es capaz de disolver y destruir las estructuras mineralizadas en contacto con el colágeno a una velocidad mayor. Pero por otra parte, existe también una resistencia química por parte de las fibras colágenas a la agresión ácida debido a la presencia de enlaces cruzados, la distribución de estructuras mineralizadas y la interacción del colágeno con proteínas no colagenosas presentes en la matriz extracelular. Pero así mismo, estas fibras colágenas si serían susceptibles a la aplicación de hipoclorito de sodio.

Es por esto que los tratamientos previos a la aplicación de sistemas adhesivos actúan de manera tan distinta a nivel de esmalte y dentina. Pero a pesar de esto, actualmente se considera posible llegar a interpretar lo que pasaría en una de las estructuras una vez que se conoce la acción de los sistemas de acondicionamiento, de desproteinización y la de los sistemas adhesivos, ya sea sobre el esmalte o sobre dentina (Lanata, 2005)

Considerando los posibles efectos de la aplicación de hipoclorito de sodio como método previo a la adhesión en dentina, se hace referencia a un estudio realizado por Taniguchi et al. en el 2009, quienes aplicaron NaOCl al 6% por 15 y 30 segundos sobre dentina sana y dentina careada como método previo a la aplicación de sistemas adhesivos autocondicionantes con el objetivo de lograr la remoción de smear layer y con esto conseguir una adhesión estable y confiable. Actualmente se conoce que los sistemas autocondicionantes debido a su mayor pH no remueven el smear layer, si no que lo incorporan como parte de la capa híbrida, volviéndose esta más delgada y con una efectividad adhesiva disminuida.

Según Taniguchi et al. (2009), existen varios estudios donde se plantea que la aplicación de NaOCl sobre la superficie dentinaria tiene efectos negativos sobre la adhesión. Lo cual se explica debido a que los residuos de radicales libres activos producidos por el efecto de oxidación del NaOCl y la dentina, inhiben la polimerización de los monómeros del material adhesivo.

Entre los resultados obtenidos se comprobó que la aplicación previa de NaOCl al 6% durante 30 segundos sobre dentina sana reducía las fuerzas adhesivas de los sistemas autocondicionantes, uno con solvente a base de alcohol y agua (Bond Force) y el otro con solvente a base de agua (Clearfil Protect Bond). Por otra parte en el caso de la dentina afectada por la presencia de tejido careoso, al recibir un pretratamiento con NaOCl por 15 segundos significativamente aumentó la fuerza adhesiva de los dos sistemas autocondicionantes. Al analizar estas muestras bajo microscopía electrónica se verificó la disolución del colágeno superficial, y a pesar de que el smear layer no pudo ser removido en su totalidad, este se vio reducido. En dentina careada, una capa delgada de smear layer y materia orgánica reducido promueve la infiltración del sistema adhesivo en el smear layer promoviendo una fuerza adhesiva mayor.

Estos resultados indican que existen efectos negativos y positivos en cuanto a la aplicación de NaOCl como pretratamiento para dentina, a pesar de la mejor infiltración de los monómeros del adhesivo debido a la disolución de los componentes orgánicos del barrillo dentinario, existe una interferencia en la polimerización de los adhesivos debido a los remanentes resultantes de la reacción de oxidación. Es así como Taniguchi et al. (2009) determinan que el pretratamiento con NaOCl para sistemas adhesivos autocondicionantes dependen en el tipo

de dentina a tratar (ya sea dentina sana o dentina careada) y el tiempo de aplicación de la sustancia.

Así mismo, Barberi et al. en el 2004, realizaron la misma aplicación de hipoclorito de sodio sobre dentina, pero esta vez a una concentración del 10% y durante 60 segundos como método previo a la aplicación de sistemas adhesivos hidrofílicos compuestos por distintos solventes, entre estos; agua, alcohol y acetona para evaluar la fuerza adhesiva.

Barberi (2004) y Gwinnet (1971) por su parte, sugieren que la zona de colágeno no ofrece directamente contribución a la fuerza adhesiva por lo que promueven la aplicación de hipoclorito de sodio a la superficie dentinaria para remover las fibras colágenas expuestas. A pesar de que el incremento de la adhesión a partir de la dentina desmineralizada y desproteinizada es bastante relativa, no se han observado interferencias ni disminución de la fuerza adhesiva tras estos procedimientos. Al aplicar los diferentes sistemas adhesivos en asociación con NaOCl en la superficie como tratamiento previo, la aplicación de un sistema adhesivo con un solvente a base de acetona incrementó significativamente la fuerza adhesiva en comparación con aquellos a los que se aplicó sistemas a base de agua y alcohol en los cuales no se vieron afectados los resultados. De esta manera aparentemente los sistemas a base de acetona logran efectivamente desplazar el agua y así facilitar el ingreso del primer en la red colágena. (Barberi et al. 2004).

Considerando la posibilidad de utilizar sistemas autocondicionantes como procedimiento alternativo, para White y otros autores coinciden en considerar su uso como un procedimiento efectivo y seguro, a pesar de que otros investigadores se refieren este como un sistema controversial e insatisfactorio cuando es usado en esmalte integro. (White et al. 1989).

Los sistemas adhesivos autocondicionantes pueden ser clasificados como débiles, medios o fuertes, debido a que generalmente los primers de estos sistemas presentan un pH mayor que el del ácido fosfórico, dando lugar a un grabado incompleto y no óptimo para el proceso adhesivo. (Perdigao et al. 2003).

De esta manera Miller reporta que los sistemas adhesivos autocondicionantes no graban el esmalte de la misma manera en que lo hace el ácido fosfórico. Hoy en día también se ha demostrado que los sistemas autocondicionantes vienen a ser más efectivos a nivel de esmalte biselado que en el esmalte intacto, ya que no todos los prismas alcanzan a la superficie externa

caracterizando la denominada capa aprismática (Henostroza 2010; Polack, et al. 1998; Mondelli, 2009). Es por esto que muchos estudios proponen que para utilizar estos sistemas a nivel del esmalte, es preferible que exista un acondicionamiento ácido previo. (Perdigao et al. 2003).

A partir de los resultados obtenidos dentro de este estudio, se discute la posibilidad de que al aplicar NaOCl en la superficie del esmalte que sería tratada bajo un sistema adhesivo autocondicionante, ayudaría a remover el material orgánico presente, dando lugar a un mejor acondicionamiento de la superficie a pesar de verse este limitado debido a que su pH al ser mayor que el del ácido fosfórico, el grabado de la superficie no sería tan definido. De esta manera, sería aun mejor proponer un tratamiento dentro del cual se aplique a la superficie del esmalte ácido fosfórico además de la aplicación de hipoclorito de sodio como tratamiento previo, para posteriormente aplicar los sistemas adhesivos autocondicionantes sobre la superficie del esmalte dental.

8. Conclusiones

- Al MEB se determinó que el procedimiento de aplicación de hipoclorito de sodio durante 60 segundos sobre la superficie del esmalte como método previo a la aplicación del ácido fosfórico se constituye como un procedimiento favorable en los procesos adhesivos, debido a la presencia de mayor porcentaje de áreas con patrón de acondicionamiento tipo I y II en comparación al porcentaje de áreas en las que se observó la ausencia de acondicionamiento de las superficies.
- Aquellas superficies del esmalte que fueron tratadas previamente con hipoclorito de sodio durante 60 segundos, presentaron un mayor porcentaje de áreas con un patrón de grabado tipo I y II a diferencia de aquellas muestras que fueron tratadas únicamente con ácido fosfórico como procedimiento previo al tratamiento adhesivo.
- Los resultados estadísticos descriptivos muestran un área promedio de patrón de grabado de 43,03mm² equivalente al 49% de la superficie que fue tratada únicamente con ácido fosfórico como método previo al tratamiento adhesivo. Por otra parte, aquellas superficies que fueron tratadas con hipoclorito de sodio durante 60 segundos además del grabado ácido, presentaron un área promedio de 54,03mm², equivalente al 62,05% del total de la superficie tratada.
- Al MEB se determinó que la aplicación del hipoclorito de sodio como procedimiento previo a la colocación del sistema adhesivo “One Step Plus” (Bisco), el cual contiene solvente a base de acetona como parte de su constitución, presentó una mejor relación con la estructura irregular del esmalte resultante al acondicionamiento ácido.
- Durante el análisis realizado al MEB se observó que el sistema adhesivo “One Step Plus” presenta una relación íntima con la superficie del esmalte en lo que refiere a la formación de interdigitaciones y mayor penetración del sistema adhesivo en las irregularidades de la superficie del esmalte grabado, en comparación a lo que se observó en las muestras que fueron aplicadas el sistema adhesivo “D/E Resin” (Bisco) el cual presenta una deficiente e incompleta relación con la superficie del esmalte, caracterizándose en la formación de una interface evidente en la cual la penetración del material no representa un efecto significativo.

9. Recomendaciones

A partir de lo que la literatura recomienda, y de los resultados obtenidos dentro de esta investigación, se recomienda el tratamiento de desprotección del esmalte con NaOCl al 5.25% durante un minuto previo al grabado con ácido fosfórico como parte de la práctica clínica para lograr aumentar la superficie retentiva del esmalte integro.

Es conveniente adicionar este novedoso procedimiento al protocolo del tratamiento de adhesión al esmalte, ya que aparentemente no se presenta una modificación negativa de la superficie adamantina, obteniendo la técnica únicamente efectos positivos para un mejor acondicionamiento de la superficie.

Considerando la variedad de productos adhesivos que existen actualmente dentro del mercado, es importante valorar que al poner en práctica la desprotección del esmalte previo al grabado ácido, se debe mantener en cuenta las características y propiedades del sistema adhesivo más óptimo a utilizar.

Se recomienda la realización de un mayor número de estudios referentes al mismo tema, que puedan complementar y ratificar los hallazgos del presente estudio. Se recomienda realizar un estudio complementario dentro del cual sea posible analizar en mayor detalle la acción de los diferentes sistemas adhesivos sobre una superficie tratada con hipoclorito de sodio y ácido fosfórico previamente al tratamiento adhesivo.

De igual manera, en la actualidad no existen suficientes investigaciones y teorías que indiquen los efectos exactos del hipoclorito de sodio a nivel de la estructura dentinaria, siendo hoy este tema motivo de grandes controversias, por lo que se recomendaría realizar un estudio que pudiera esclarecer las dudas e inquietudes a este respecto.

10. Referencia Bibliográfica

Barbieri Bedran de Castro, A.K., Mariote Amarda, C., Boni Ambrosano, G., Freire Pimenta, L. "Effect of sodium hypochlorite gel on shear bond strength of one-bottle adhesive systems". Brazilian Journal of Oral Sciences. Vol.3, No 9: 465-469, 2004.

Barrancos Mooney, J. "Operatoria Dental. Integración clínica". 4ta ed. Panamericana. Buenos Aires, Argentina, 2000.

Barrow, Gordon M. "Química Física". 4ta ed. Editorial Reveté, S.A. Barcelona, España, 1988.

Berkovitz B.K.B, Holland G.R., Moxham B.J. "Oral Anatomy, Histology and Embryology". 3era ed. Mosby. 2002.

Brenna, F. "Odontología restauradora: Procedimientos terapéuticos y perspectivas de futuro". Elsevier Masson. Barcelona, España. 2010.

Busscher H.J., Retief D.H., Arends J. "Relationship between surface free energies of dental resin and bond strengths to etched enamel". Dent mater. Vol3: 60-63. 1987.

Costa, CA. "Compatibilidad Dentino-Pulpar de los sistemas adhesivos". Odontología clínica a fines del milenio. Kent-von Düring, 221-8p. Córdoba, Argentina. 1997.

De Munck J., Van Landuyt K., Peumans M., Poitevin A., Lambrechts P., Braem M., Van Meerbeek B. "A critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results". J Dent Res 84(2): 118-132. February, 2005.

Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua – DRAE. 22ª ed. Madrid, España 2001.

Dino, R., Cerutti, A., Magani, F., Putignaro, A. "Restauraciones Estéticas-Adhesivas Indirectas Parciales en Sectores Posteriores". Amolca. Torino, Italia. 2007

Elham, S.J., Alhajja, A., Al-Wahadni, A. "Evaluation of shear bond strength with different enamel pre-treatments". European Journal of Orthodontics 26. Vol 26 no2. 179-184. 2004.

Ericksson, RL. "Surface interactions of dentin adhesive materials. Oper Dent (Suppl 5):81-94. 1992.

Espinosa, R., Valencia, R., Uribe, M., Leja, I., Sazdia, M. "Enamel Deproteinization and its effect on acid etching: an in vitro study". The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. Volumen 33 No1. 2008.

Estrela, C., Estrela, C. R., Barbin, E., Spano, J., Marchesan, M., Pécora, J. "Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite". Braz Dent J 13(2): 113-117. 2002.

Feigal R.J., Quelhas, I. "Clinical study of self-etching adhesive for sealant application" J Dent Res. 2003;16:249-251.

García Barbero J., Kessler Nieto F. "Adhesión en Patología y terapéutica dental. Ed. J García Barbero, Síntesis. Madrid, España 1997. pp. 467-482.

Garone Netto, N., Russo E.M., Sobral, M.A., Luz, M.A., Carvalho, R. et al. "Introducao á Dentística Restaurador Adhesivos Dentários". Sao Paulo: Santos. 2003.

Gómez de Ferraris M.E., Campos Muñoz A. "Histología y Embriología Bucodental". Panamericana. Madrid, España. 1999.

Gordon J. C. "Bonding to dentin and enamel – Where does it stand in 2005?". JADA vol 136. American Dental Association. September, 2005.

Gwinnett A.J. "Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesives conditioning agents". Arch Oral Biol 1971; 16: 731-738.

Gwinnett A.J., Matsui A. "A study of enamel adhesives, The physical relationship between enamel adhesive". Arch Oral Biol 1967; 12:1615-1620.

Hanson, R.A. "Dentin primer on etched enamel: Effects on shear bond strength". J Dent Res. 1995.

Henostroza, G. "Adhesión en Odontología Restauradora. Asociación". Latinoamericana de Operatoria Dental y Biomateriales (ALODYB). 2da ed. Madrid, España. 2010.

Hobson R.S., Rugg-Gunn A.J., Booth T.A., "Acid-etch patterns on the bucal surface of human permanent teeth". Arch Oral Biol. Mayo 2002. 47(5)-407-12.

Johnson, C.D., Donald, J., Hussey, D. "Bonding to molars –The effect of etch time (an in vitro study). European Journal of Orthodontics 20. 195-199. 1998.

Joubert Hued, R. "Odontología Adhesiva y estética". Ripano-Editorial Médica. Madrid, España. 2010.

Lanata, E.H. "Operatoria Dental. Estética y Adhesión". Grupo Guía. Argentina. 2005.

Littlewood S.J., Mitchell L., Greenwood D.C., Bubb N.L., Wood D.J., "Investigation of a hidrophilic primer for Orthodontic Bonding: an in vitro study". Journal of Orthodontics. Vol

27. 181-186. 2000.

Loguercio A.D., Moura S.K., Pellizzaro A., Dal-Bianco K., Paazlaff R.T., Grande RHM. “Durability of enamel bonding using two-step self etch systems on ground and unground enamel”. *Operative Dentistry*. 33-1, 79-88. 2008.

Loyola-Rodriguez, J. P., Zavala-Alonso V., Reyes-Vela E., Patiño-Marín N., Ruiz F., Anusavice K.J. “Atomic force microscopy observation of the enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching”. *Journal of Electron Microscopy*, 59(2):119-125. 2010

Marques, A.C. “Efecto del envejecimiento en la microfiltración de restauraciones clase V de resina compuesta adheridas con adhesivos autograbadores”. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Granada, España. 2007.

Marro Alesso, C. “Evaluación de un sistema adhesivo de grabar y lavar de dos pasos en dentina grabada vs dentina grabada y tratada con NaOCl”. Tesis Doctoral. Facultad de Odontología de la Universidad de Granada. Granada, España. 2010.

Miller, M., Castellanos, I. “Dental Adhesives”. Res Reality. Houston, USA. 2001.

Mondelli, J. “Fundamentos de Odontología Restauradora”. Grupo Editorial Nacional. Ed. Santos. Sao Paulo, Brasil. 2009.

Morrison R.T., Boyd R.N. “Organic chemistry” Boston: Allyn and Bacon. USA, 1973.

Miyashita, E., Salazar Fonseca, A. “Odontología estética – El estado del arte”. Artes médicas latinoamericana. Sao Paulo, Brasil. 2005.

Mjor I.A., Pindborg J.J. "Histología del diente humano". Ed Lábora, Barcelona, 1974.

Myers, C.L., Rossi, F., Catz, L. "Adhesive taglike extensions into acid-etched tooth enamel". SAGE. J Dent Res 1974 53:435- Febrero, 1973.

Nakabayashi N., Kojima K., Mashura E. "The promotion of adhesion to tooth substrates" CRC Critical Review Biocompatibility 125-52. 1982.

Nakabayashi, N., Kojima, K., Mashura, E. "The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrate. J Biomed Mater Res. 16. 1982.

Nakabayashi, N., Saimi, Y. "Bonding to intact Dentin" J Dent Res 75(9): 1706-1715. September, 1996.

Nakaoki Y., Nikaido T., Pereira P.N., Inokoshi S., Tagami J. "Dimensional changes of desmineralized dentin treated with HEMA primers". Dent Mater. 2000 Nov; 16(6):441-6.

Newman, G.V. "A post treatment survey of direct bonding of metal brackets". American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics. 1978;74, 196-206.

O'Brien, K.D., Read, M.J.F., Sandison, R.J., Roberts, C.T. "A visible light activated direct-bonding material: an in vitro comparative study" American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics. 1989;95, 348-351.

Packham DE. "Adhesion. Handbook of adhesion". Longman Scientific & Technical. P 18-20. 1992.

Perdigao J., Geraldini S., James H. "Total etch versus self-etch adhesive – Effect on postoperative sensitivity". American Dental Association. Volumen 134. 2003

Polack M.A., Abate, P.F., Macchi, R.L. "In vitro evaluation of Clearfil liner Bond 2 adhesion to tooth structures" J Dent Res. 1998.

Priotto E., Uribe-Echeverria J., Uribe-Echeverria D. "Morphological and numerical characteristics of dentine tubules destined to adhesión. J Dent Res 74 734. (Abstract #38). 1995

Retief, D.H. "Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid". SAGE. J Dent Res 1973 52:333. Abril, 1973.

Retief D.H, Busscher H.J. de Boer P, Jangebloed W.L., Arends J. "A laboratory evaluation of three etching solutions. Dent Mater 1986; 2: 202-206.

Roberson, Theodore M., Heymann, Harald O., Swift Edward J. "Arte y ciencia de la odontología conservadora". 5ta ed. Elsevier. Madrid, España. 2002.

Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H., "Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer". Oper Dent 20 1 18-25. 1995.

Stefanello, A.L., González P. "Odontología Restauradora y estética". Amolca. Sao Paulo, Brasil. 2005.

Taniguchi G., Nakajima M., Hosaka K., Iwamoto N., Ikeda M., Foxton R.M., Tagami J. "Improving the effect of NaOCl pretreatment on bonding to caries-affected dentin using self-etc adhesives". Journal of Dentistry 37: 769-775. 2009

Uribe-Echeverria, D., Uribe-Echeverria, L., Uribe-Echeverria, D.I., Priotto, E.G. "Dentin action and penetrations of dentin conditioners". J Dent Res 76(5) Abst#918. 1997.

Van Meerbeck B., Inokoshi S., Braem M., Lambrechts, P., Vanherle G. "Morphological aspects of the Resin-Dentin Interdiffusion zone with different dentin adhesive systems". J

Dent Res. Vol 71 No 8. February, 1992.

Van Meerbek, B., Peumans, M., Verschueren, M., Gladys, S., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherle, G. "Clinical status of ten Dentin Adhesive Systems". J Dent Res. November, 1994.

Van Meerbeck B., Conn I.J., Duke E.S., Eick J.D., Robinson S.J., Guerrero D. "Correlative transmission electron microscopy examination of nondemineralized and demineralized resin-dentin interfaces formed by two dentin adhesive systems". Journal Dent Res. 1996; 75, 879-888.

Van Meerbeck B., Summitt J.- Robbins W. "Enamel and Dentin Adhesion". Fundamentals of operative Dentistry: A contemporary approach 2da ed. Chicago, USA. p. 178-235.

Vargas, M.A. Cobb, D.S. Armstrong, S.R. "Resin-Dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without a hybrid layer". Revista Operative Dentistry. Vol 22. 1997.

White, G. Beech, D., Tyas, M. "dentin smear layer: an asset or a liability for bonding". Dental materials. Australia, November, 1989.