



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ÁCIDOS FOSFÓRICOS EN LA RESISTENCIA DE UNIÓN DE UN ADHESIVO UNIVERSAL SOBRE EL ESMALTE DENTAL

Tesis para obtener el Título de Especialista en
Odontología Restauradora y Estética.

Alumno:

Francesco Ricardo Bernales Sender

Lima - Perú

2019

JURADO EXAMINADOR

Coordinador : Mg. Janett Mas López

Calificador : Mg. Johanna Lizbeth Cuadros Sanchez

Calificador : Mg. Natalia Henostroza Quintans

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 13 de mayo de 2019

CALIFICATIVO : Aprobado con mención honorable

ASESOR

Dra. Yileng Tay Chu Jon

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

Mg. Leyla Delgado Cotrina

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

Dedicatoria

A Dios por haberme dado salud para concretar mis sueños.

A mi madre por su apoyo incondicional para lograr mis objetivos.

A mi familia por su constante cariño y motivación para superarme día a día.

Agradecimientos

A mis asesoras Dra Yileng Tay Chu Jon y Dra Leyla Delgado Cotrina

Por su paciencia y apoyo incondicional para concretar el presente trabajo.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento evaluando diferentes ácidos fosfóricos con el uso de un sistema adhesivo universal. Se utilizaron 84 muestras de esmalte, las cuales fueron divididas según el acondicionamiento ácido: G1: Scotchbond™ etchant (3 M ESPE), G2: Ultra-Etch (Ultradent), G3: Eco-Etch (IvoclarVivadent), G4: ETCH-37 with BAC (Bisco), G5: Etching gel (Densell), G6: Condac 37 (FGM) y G7 Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) en modo autograbado. Para el procedimiento adhesivo se utilizó el adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive de acuerdo a las instrucciones del fabricante y se colocaron cilindros de resina de 0.9 mm de diámetro. Se realizó la prueba de resistencia de unión al microcizallamiento utilizando la máquina de ensayo semiuniversal OM100 (Odeme, San Carlos, SP, Brasil). Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 20.0. Para analizar las diferencias entre los grupos se utilizó el análisis de ANOVA y *post test* de Tukey con un nivel de significancia de 0.5%. Los resultados muestran los mayores valores de resistencia adhesiva para los grupos 1,4,5 siendo significativamente mayores que los grupos 2,3,6 y 7. Se concluye que el grabado ácido con ETCH-37 with BAC, Etching gel y Scotchbond™ etchant mejora la resistencia adhesiva en el esmalte al utilizar el adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive y que el grabado ácido con Condac 37, Ultra-etch, Eco-etch proporciona valores de resistencia adhesiva semejantes al modo autograbado del adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive.

Palabras claves: Grabado ácido dental, Recubrimiento Dental Adhesivo, Resistencia al Corte, Esmalte Dentário.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the microshear bond strength of different phosphoric acids previous a universal adhesive system. 84 enamel samples were used, which were divided according to the acid conditioning: G1: Scotchbond™ etchant (3 M ESPE), G2: Ultra-Etch VR (Ultradent), G3: Eco-Etch (IvoclarVivadent), G4: ETCH-37 with BAC (Bisco), G5: Etching gel (Densell), G6: Condac 37 (FGM) and G7 Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) in self-etched mode. After that, Scotchbond™ Universal Adhesive was used according to the manufacturer's instructions, then 0.9 mm diameter resin cylinders were placed. The microshear bond strength test was performed using the semi-universal OM100 testing machine (Odeme, San Carlos, SP, Brazil). SPSS 20.0 (IBM, Armonk, NY, EE.UU.) was used for the statistical analysis. To analyze the differences between the groups, ANOVA and Tukey post test with a level of significance of 0.5% were used. The results show the highest values of adhesive strength for the groups 1,4,5 being significantly greater than the groups 2,3,6 and 7. It is concluded that the acid etching with ETCH-37 with BAC, Etching gel and Scotchbond™ etchant improves the adhesive strength in the enamel when using the Scotchbond Universal adhesive and the acid etch with Condac 37, Ultra-etch, Eco-etch provides adhesive strength values similar to the self-etching mode of the Scotchbond™ Universal adhesive.

Keywords: Dental acid etching, Dental Bonding, Shear Strength, Dental Enamel.

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Media y desviación estándar de los valores de la resistencia de unión al microcizallamiento (MPa) en los diferentes grupos experimentales.	24

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
III. Materiales y métodos	4
IV. Resultados	9
V. Discusión	10
VI. Conclusiones	17
VII. Referencias bibliográficas	18
VIII. Anexos	21

I. INTRODUCCIÓN

La adhesión al esmalte dental desde hace muchos años se realiza con sistemas adhesivos de grabado y lavado, los cuales requieren la aplicación previa de un ácido grabador. Este ácido se puede utilizar en concentraciones de 30 a 40% y el tiempo de aplicación varía según el sustrato al que se va a aplicar (1,2,3). El grabado ácido en el esmalte dental tiene como objetivos modificar el contorno superficial realizando una limpieza superficial y removiendo aproximadamente 10 μm de cristales no reactivos, aumentar la energía superficial buscando una mayor humectancia debido a un ángulo de contacto menor del adhesivo con el tejido. Estructuralmente el grabado ácido reacciona con la liberación de carbono y el desprendimiento de calcio y fósforo, formando irregularidades en el espacio intra e inter cristalino (1,2,6).

Buscando simplificar la adhesión y el tiempo clínico se incorporaron los adhesivos de autograbado, los cuales contienen dentro de su composición monómeros ácidos que permiten eliminar el paso del grabado ácido. Los adhesivos universales o multimodo, son capaces de utilizarse con la estrategia de grabado y lavado o autograbado. Estos adhesivos contienen monómeros ácidos como el Metacriloxietildihidrógeno fosfato (MDP) que permiten la unión química al calcio de la hidroxiapatita formando una sal Ca-10MDP, así como a sustratos indirectos como circonia, vitrocerámica, metal y resina compuesta sin el uso de un primer adicional (7,8). Sin embargo, diversos estudios han demostrado que el grabado ácido en el esmalte dental con el uso de estos adhesivos aumenta significativamente la resistencia adhesiva (7-9).

En el mercado encontramos diferentes productos a base de ácido fosfórico en concentraciones entre 35 y 37% para grabar el tejido dentario, principalmente lo que difiere uno con otro es la viscosidad del producto, la viscosidad se da por la aplicación de espesantes como la sílica o hidroxixelulosa que le dan la consistencia de gel o semi gel (1,2,4,10). Estos espesantes pueden influir o no en el tiempo de grabado ácido y en la resistencia adhesiva al esmalte (4,10,11).

La concentración de los ácidos fosfóricos afecta el grabado ácido, concentraciones mayores al 50% disuelven poco los minerales, formando rápidamente productos de reacción y limitando su acción. Las concentraciones menores al 30% forman fosfato di-calcio-dihidratado como producto de reacción, el cual no es totalmente soluble en agua interfiriendo en la adhesión (1,12,13). La concentración recomendada para los ácidos fosfóricos es de 30-40%, proporcionando una adecuada desmineralización y patrón de grabado (1).

Actualmente no existe evidencia científica de la influencia de diferentes marcas de ácidos fosfóricos respecto a la resistencia de unión al esmalte con un adhesivo universal. Por lo tanto este estudio, tiene como objetivo evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento evaluando diferentes ácidos fosfóricos con el uso de un sistema adhesivo universal.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar diferentes ácidos fosfóricos en la resistencia de unión de un adhesivo universal sobre el esmalte dental.

Objetivo Específico:

1. Determinar y comparar la resistencia de unión al esmalte de un adhesivo universal tras grabado con ácidos fosfóricos al 35%: Scotchbond™ etchant, Ultra-Etch, Etching gel; y al 37% Eco-Etch, ETCH-37 with BAC y Condac 37.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

El presente estudio será de tipo experimental, *in vitro*.

Muestra

Se utilizaron especímenes (varillas cilíndricas) de esmalte/resina compuesta con una interfaz adhesiva de 0.9mm². El tamaño muestral se determinó a través de una prueba piloto; los grupos experimentales son los siguientes:

Grupo 1: Grabado del esmalte dental con ácido fosfórico Scotchbond™ etchant.

Grupo 2: Grabado del esmalte dental con ácido fosfórico Ultra-Etch.

Grupo 3: Grabado del esmalte dental con ácido fosfórico Eco-Etch.

Grupo 4: Grabado del esmalte dental con ácido fosfórico ETCH-37 with BAC.

Grupo 5: Grabado del esmalte dental con ácido fosfórico Etching gel.

Grupo 6: Grabado del esmalte dental con ácido fosfórico Condac 37.

Grupo 7: Esmalte dental sin grabado ácido previo.

Definición operacional de variables

El cuadro de operacionalización de variables se muestra en el anexo 1.

- a. Resistencia de unión al microcizallamiento: Fuerza de cizallamiento máxima sobre el punto de fractura de una muestra. Operacionalmente es la fuerza necesaria para producir falla de unión entre el esmalte y la resina compuesta. Es un tipo de variable cuantitativa continua. El valor estará proporcionado por una máquina de ensayo semiuniversal la cual nos arrojará la fuerza máxima alcanzada al momento de la falla. La unidad de medida será en Megapascales (MPa).

- b. **Ácido grabador:** Agente de grabado que interactúa con la hidroxiapatita del esmalte a través de reacciones ácido base formando sales de fosfato. Operacionalmente es la sustancia que desmineraliza el esmalte creando poros y surcos para mejor difusión del adhesivo dental. Es una variable cualitativa nominal. Las categorías serán: Scotchbond™ etchant (3 M ESPE), Ultra-Etch (Ultradent), Eco-Etch (IvoclarVivadent), ETCH-37 with BAC (Bisco), Etching gel (Densell) y Condac 37 (FGM).

Procedimientos y técnicas

Preparación de especímenes

Se seleccionaron premolares libres de lesiones cariosas y no cariosas, sin restauraciones, alteraciones de forma o desarrollo, grietas o fracturas. Los dientes luego de la exodoncia fueron limpiados con curetas periodontales. Posteriormente se desinfectaron en una solución de Timol al 0.5% y se almacenaron en agua destilada a temperatura ambiente hasta su utilización (14-16).

Los dientes fueron seccionados con un disco diamantado (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) a baja velocidad con abundante refrigeración, realizando el corte a 1 mm por debajo de la unión cemento adamantina en forma horizontal, para luego seccionar la corona mesiodistalmente obteniendo dos mitades coronarias (14,17-19).

Luego los dientes fueron sumergidos en tubos de PVC de 19mm de diámetro por 1cm de altura con acrílico de autocurado N° 62 en proporción 1:1 exponiendo la superficie

seleccionada para la elaboración de los especímenes, depositándose luego en un recipiente con agua para minimizar el aumento de temperatura (14,16,18).

Después de la polimerización del acrílico, las superficies de esmalte dental se lijaron bajo refrigeración constante con papel de carburo de silicio humedecido de 600 granos durante 60 segundos, siguiendo en forma creciente las lijas de 800, 1000, 1200, 1500, 1800 y 2000 secuencialmente por 10 s cada una rotando el diente en 90°, para obtener una superficie plana, lisa con una capa de *smear layer* estándar. Posteriormente las muestras fueron almacenadas en agua destilada (8,9,17-19).

Las muestras se asignaron aleatoriamente para cada grupo de estudio y se rotularon. Para el acondicionamiento del esmalte se emplearon ácido grabadores, ácidos fosfóricos al 37% Eco-Etch (IvoclarVivadent), ETCH-37 with BAC (Bisco), Condac 37 (FGM) y ácidos fosfóricos al 35% Ultra-Etch (Ultradent), Scotchbond™ etchant (3 M ESPE), Etching gel (Densell) realizando el grabado ácido durante 15 s. Para el procedimiento adhesivo se utilizó el adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Las características e instrucciones de uso se muestran en el Anexo 2.

Luego de la aplicación de los agentes de unión sobre la esmalte, se conformaron varillas de resina fluida de 2 mm de altura sobre el esmalte con ayuda de tubos *Tygon* de polietileno (Tygon Medical Tubing Formulations 54-HL, Saint Gobain Performance Plastics, Akron, OH, EE. UU.) aplicando resina Filtek™ Z350 XT Flow (3 M ESPE, St. Paul, MN, EE. UU.) A2 con una punta dispensadora en el interior del tubo. Se

posicionaron de 2 a 4 varillas por muestra. Cada varilla de resina se polimerizó con la lámpara LED VALO® (Ultradent, South Jordan, UT, EE. UU.) durante 20 s (1000 mW/cm²) a una distancia de 1 mm de la resina a fotocurar (14,17,18).

Resistencia de unión a la microcizallamiento

Las muestras se almacenaron en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 h, luego se retiraron los tubos *Tygon* y las muestras se colocaron en la máquina de microcizallamiento semiuniversal (Odeme, San Carlos, SP, BR), para someter a la prueba las varillas de resina a una velocidad de corte de 1 mm/min hasta producirse la falla (14-16,19,20).

El procedimiento se realizó enrollando un alambre delgado de 0,2mm de diámetro alrededor de la base la varilla de resina, posicionándolo sobre una mitad circunferencial, buscando garantizar la dirección correcta de la fuerza aplicada (14). Los valores de resistencia de unión obtenidos tras la prueba se analizaron en Megapascuales (MPa.) (14,16,21).

Aspectos éticos del estudio

El presente estudio se envió al Comité Institucional de Ética (CIE) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para su registro y evaluación. Asimismo, se solicitó la autorización de la Dirección de posgrado y especialización para el uso del laboratorio de investigación para la confección de los especímenes y el uso de los equipos respectivos.

Por otro lado, los dientes utilizados fueron donados por un Cirujano Dentista, las extracciones fueron realizadas por indicación terapéutica y el investigador no tuvo contacto con los pacientes.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis univariado de la resistencia de unión al microcizallamiento (distribución de frecuencias, media y desviación estándar). Se analizó la distribución normal de los valores de resistencia de unión al microcizallamiento con la prueba de Shapiro-Wilk. El análisis de ANOVA/Tukey fue utilizado para determinar las diferencias entre los grupos según los ácidos fosfóricos y el sistema adhesivo. Se utilizó un nivel de significancia de 0.5%.

IV. RESULTADOS

Resistencia de unión al microcizallamiento

La estadística descriptiva tras la prueba de resistencia adhesiva con los diferentes ácidos grabadores se presenta en la tabla 1. La prueba de ANOVA reveló la presencia de diferencia significativa en los grupos de estudio ($p < 0,0001$). Además la prueba *post hoc* de Tukey mostró diferencia estadística entre los grupos utilizando diversos ácidos grabadores y el grupo control.

Los mayores valores de resistencia adhesiva se encontraron en el grupo 1, 4, 5, siendo significativamente mayores que los grupos 2, 3, 6 y 7 ($p < 0,05$). Los valores de los grupos 2, 3, 6 y 7 no mostraron de diferencia estadística entre sí. El menor valor de resistencia adhesiva se encontró en el grupo 7, el grupo de autograbado.

V. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento del sistema adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) al esmalte grabado con diferentes ácidos fosfóricos. Los resultados muestran que independientemente de los ácidos grabadores utilizados en este estudio, el grabado ácido presenta mayores valores de resistencia de unión en comparación a no utilizar ácido grabador. Esto está corroborado en diversos estudios que indican que el grabado ácido mejora la resistencia de unión en el esmalte antes de utilizar estos adhesivos (8,14-16,17,22-24). En una revisión sistemática publicada por Rosa *et al* (2015) (25) concluyeron que al utilizar adhesivos universales, la resistencia adhesiva se incrementa significativamente cuando se realiza el grabado químico con ácido fosfórico.

El adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) presenta óptimos resultados en resistencia adhesiva evidenciados en diversos estudios (8,16,17,22-24), esto se puede atribuir a la presencia del copolímero de ácido polialquenoico con metacrilato en su composición, ya que incrementa la interacción del adhesivo con el Ca de la hidroxiapatita, específicamente los grupos carboxilos del ácido polialquenoico se disocian, liberan protones y reemplazan los iones fosfato del esmalte, formando enlaces iónicos con el Ca, permitiendo la interacción en reacciones ácido base (8,16,22).

La prueba mecánica establecida en este estudio fue la resistencia de unión al microcizallamiento. Su uso se estableció por diversas razones: permite realizar varias mediciones de resistencia adhesiva en un área compartida, proporciona más fallas

adhesivas que cohesivas en comparación con la prueba de resistencia a la microtracción, conveniente para sustratos frágiles como el esmalte y es ampliamente utilizada en diversos estudios para determinar la resistencia adhesiva en el esmalte dental (8,16,17,22-24,26-28).

El aumento significativo de la resistencia adhesiva está relacionado con la acción del ácido grabador, como se demostró en este estudio. El ácido fosfórico elimina el *smear layer*, disuelve selectivamente los cristales de hidroxiapatita con desprendimiento concomitante de calcio y fósforo, eleva la energía superficial del tejido, aumenta la humectabilidad y altera la superficie de un estado hidrófugo a hidrófilo mediante la exposición de los grupos hidroxilos del esmalte; formando irregularidades que proporcionan un mejor patrón de grabado (1,17,24). Además también está relacionado con la alta capacidad de unión química de la hidroxiapatita con el monómero 10-MDP; tras la disolución parcial de la hidroxiapatita por el monómero ester de ácido fosfórico, la hidroxiapatita se une con los grupos fosfatos del monómero para formar la sal Ca-10MDP estable hidrolíticamente, manifestándose en la formación de nanocapas adhesivas en la interfaz (23,29). Otro factor a considerar es la forma de aplicación del sistema adhesivo; en el presente estudio la aplicación del sistema adhesivo fue de forma activa, la aplicación activa durante 20 segundos permite el íntimo contacto entre la hidroxiapatita y el monómero 10-MDP, promueve la desmineralización, facilita la evaporación del solvente por los cambios en la topología del polímero, reduce la formación de nanoporos permitiendo un aumento de uniones cruzadas poliméricas y facilita el transporte de monómeros resinosos a las áreas prismáticas e interprismáticas más profundas del esmalte, permitiendo la nucleación y el desarrollo de las sales de Ca-10MDP (14,16,22).

Los resultados mostraron los mayores valores de resistencia adhesiva para los ácidos: ETCH-37 with BAC (Bisco), Etching gel (Densell) y Scotchbond™ etchant (3 M ESPE). Estos resultados están relacionados con la composición de estos ácidos. El ácido ETCH-37 with BAC (Bisco) está compuesto por ácido fosfórico al 37%, compuestos de amonio cuaternario, bencil-C8-18-alkyldimetil, cloruros. Estos tres últimos elementos actúan en conjunto como una familia de compuestos antimicrobianos; el compuesto de amonio cuaternario es un elemento hidrosoluble, el cual se presume fue eliminado en el lavado; las cadenas alquílicas de 8 y 18 carbonos presentan poder antimicrobiano; el cloruro de benzalconio desarrolla zonas de inhibición bacteriana de hasta 7 mm, específicamente ante el *Actinomyces viscosus* (30,31). Además, en la composición del ácido está incluido un espesante polimérico, el cual no es especificado, pero se presume fue eliminado por completo con el tiempo de lavado establecido sin interferir en la resistencia adhesiva, considerando que el fabricante indica un tiempo de lavado de por lo menos 5 segundos.

Respecto al ácido Etching gel (Densell), está constituido por gel de ácido fosfórico 35%, agua destilada, goma xántica. La goma xántica es un polisacárido que al contacto con soluciones acuosas y agua destilada actúa como solución espesante (32). Además, al ser una solución hidrosoluble, se presume que el tiempo de lavado establecido fue suficiente para eliminarla por completo. Otros componentes son el azul de metileno, que actúa como colorante orgánico, y el aerosil llamado también sílice pirogénica, que como ya se ha descrito es una sustancia que otorga viscosidad. Se podría suponer que la cantidad agregada es moderada por la viscosidad semigel del ácido, lo cual facilitaría su eliminación tras el lavado sin mostrar influencia en la resistencia adhesiva (33).

En el caso del ácido grabador Scotchbond™ etchant (3 M ESPE), su composición está dada por ácido fosfórico al 35%; agua; poly (vinyl Alcohol), el cual es un polímero sintético soluble en agua utilizado como espesante, que se presume fue eliminado por completo y no tuvo efecto secundario en la resistencia adhesiva (34). Otro componente es la sílice amorfa, la cual es una sustancia muy ligera que al contacto con el agua se vuelve muy viscosa pudiendo ser de difícil remoción con el tiempo de lavado establecido (33). Sin embargo, por la viscosidad líquida del ácido grabador, se podría suponer que la cantidad agregada de esta sustancia es reducida y el tiempo de lavado fue suficiente para eliminarla, sin interferir en los resultados de resistencia adhesiva. Diversas investigaciones muestran resultados muy variables. Loguercio *et al* (2015) investigaron la resistencia de unión al microcizallamiento luego de 24 horas de almacenamiento en agua, utilizando Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) con el ácido grabador Scotchbond™ etchant (3 M ESPE) por 15 segundos y 10 segundos de lavado, ellos obtuvieron la resistencia adhesiva de 22.2(1.3) MPa, mientras que para el grupo de autograbado con aplicación activa obtuvieron 18.0(2.6) MPa y para el grupo con aplicación pasiva 16.9(1.3) MPa (16). Mientras que Cárdenas *et al* (2016) en otra investigación donde también determinaron la resistencia de unión al microcizallamiento luego de 24 horas de almacenamiento en agua, utilizando Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) con el ácido grabador Scotchbond™ Etchant (3 M ESPE) por 15 segundos y 10 segundos de lavado, obtuvieron la resistencia adhesiva de 19.3(1.7) MPa, mientras que para el grupo de autograbado por 20s 16.9(1.1) y por 40s 20.4(1.5) (14). En otro estudio similar Tsujimoto *et al* (2016), investigaron la resistencia de unión al cizallamiento luego de 24 horas de almacenamiento en agua, utilizando Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) con el ácido grabador Scotchbond™ Etchant (3 M ESPE) por 15 segundos y lavando 10 segundos, obteniendo resistencias adhesivas más

altas, de 33.9(4.1) MPa, y el grupo de autograbado 27.4(3.1) (24). Guba *et al* (1994) estudiaron la resistencia adhesiva al esmalte al comparar diferentes viscosidades de ácidos fosfóricos, encontrando valores adhesivos superiores para el ácido líquido, grabando el tejido durante 20 segundos y realizando el lavado 30 segundos (4).

Los grupos con menor resistencia adhesiva son: el ácido fosfórico Condac 37 (FGM), Ultra-etch (Ultradent), Eco-etch (IvoclarVivadent) y el grupo control. El ácido Condac 37 (FGM) está compuesto por gel ácido fosfórico 37%, colorante, agua desionizada y un espesante. No se tiene información detallada sobre sus componentes; sin embargo, por los menores valores de resistencia adhesiva mostrados, se presume que el espesante no pudo ser eliminado en su totalidad mediante el tiempo de lavado establecido, impidiendo una adecuada difusión monomérica en zonas inter e intraprismática pudiendo influir en la resistencia de unión (35). Esta teoría deberá corroborarse mediante estudios posteriores. Estudios comprueban valores similares tras utilizar este ácido. Tsujimoto *et al* (2016), investigaron la resistencia de unión al cizallamiento luego de 24 horas de almacenamiento en agua, utilizando Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) con el ácido grabador Condac 37 (FGM) por 30 segundos y lavando 30 segundos, obteniendo una resistencia adhesiva de 22.6(9.9) MPa, mientras que para el grupo de autograbado de 23.5(8.4) MPa (36).

En el caso del ácido grabador Ultra-etch (Ultradent), este incluye en su composición ácido fosfórico al 35%; el colorante inorgánico espinela azul de aluminato de cobalto, el cual es un pigmento inorgánico con excelente estabilidad química y térmica (37). Además en su composición se encuentra el Glycol, sustancia poco volátil y ligeramente espesa; además del siloxano, que es un monómero viscoso (38,39). Estos últimos pueden requerir

un lavado por tiempo más prolongado para su completa remoción y pueden estar relacionados con los bajos valores de resistencia adhesiva. Estudios muestran diferentes valores de resistencia de unión usando este ácido grabador, Tsujimoto *et al* (2016), investigaron la resistencia de unión al cizallamiento luego de 24 horas de almacenamiento en agua, utilizando Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) con el ácido grabador Ultra-Etch (Ultradent) por 15 segundos y lavando 10 segundos, obteniendo una resistencia adhesiva de 33.9(5.1) MPa, mientras que para el grupo de autograbado 27.4(5.1) (17). Más adelante, Suda *et al* (2018) también investigaron la resistencia de unión al cizallamiento luego de 24 horas de almacenamiento en agua, utilizando Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE) con el ácido grabador Ultra-Etch (Ultradent) por 15 segundos y lavando 10 segundos, obteniendo resultados distintos; la resistencia adhesiva de 43.4(4.8) MPa, mientras que para el grupo de autograbado 27.2(2.3) MPa (8).

El ácido grabador Eco-etch (IvoclarVivadent), está compuesto por ácido fosfórico 37%, pigmentos y dióxido de silicio. El dióxido de silicio es una sustancia amorfa comúnmente llamada sílice, que actúa como espesante y que al humedecerse se vuelve viscosa; al lavar el ácido por el tiempo establecido es probable queden restos en la estructura adamantina, pudiendo afectar a la resistencia adhesiva (35,40). Además, este ácido presenta una viscosidad tipo gel, lo que supone que la cantidad de dióxido de silicio agregada es alta, dificultando la eliminación del espesante y los subproductos residuales en el esmalte, lo cual puede estar relacionado con la baja resistencia adhesiva mostrada en este estudio (1).

La menor resistencia adhesiva se presentó para el grupo control de autograbado. Esto puede explicarse por la composición del adhesivo, a pesar que el pH es 2.7, este grado de acidez no es suficiente para desmineralizar el esmalte, solo disuelven parcialmente el smear layer grabando superficialmente el esmalte, evidenciando tags resinosos con una penetración interprismática monomérica poco profunda; a diferencia del ácido fosfórico, el cual tiene un pH aproximado de 0.1, elimina el *smear layer* y proporciona un patrón de grabado retentivo y profundo (14,16). Sin embargo, los valores adhesivos fueron similares a grupos de grabado ácido, es decir la adhesión es aceptable, esto puede atribuirse al monómero 10-MDP, el copolímero de ácido polialquenoico modificado con metacrilato que proporciona un amplio potencial para la unión química y a la aplicación activa.

Con los resultados del presente estudio podemos concluir que el grabado ácido al esmalte dental mejora la resistencia de unión previo al uso del sistema adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive, sin embargo esto depende de los componentes del ácido grabador, los elementos espesantes y el tiempo de lavado que determinan la remoción completa del ácido grabador, espesante y subproductos. No todas las marcas ácido fosfórico que se encuentran en el mercado mejoran la resistencia adhesiva del sistema adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive.

VI. CONCLUSIONES

1.- El grabado ácido con ETCH-37 with BAC (Bisco), Etching gel (Densell) y Scotchbond™ etchant (3 M ESPE) mejora la resistencia adhesiva en el esmalte al utilizar el adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE).

2.- El grabado ácido con Condac 37 (FGM), Ultra-etch (Ultradent), Eco-etch (IvoclarVivadent) proporciona valores de resistencia adhesiva semejantes al modo autograbado del adhesivo Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reis A, Loguercio A, Grande R, Marins de Carvalho. Sistemas adhesivos. En: Reis A, Loguercio AD. Materiales dentales directos – de los fundamentos a la aplicación clínica. 1era ed. Sao Paulo: Santos; 2012. p. 181-216.
2. Uribe-Echevarría J, Priotto EG, Lutri MS. Adhesión a esmalte y dentina con adhesivos poliméricos. En Henostroza Haro G et al. Adhesión en Odontología Restauradora. 1era ed. Curitiba: Maio; 2003. 71-111.
3. Zhu JJ, Tang AT, Matinlinna JP, Hägg U. Acid etching of human enamel in clinical applications: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2014;112(2):122-35.
4. Guba CJ, Cochran MA, Swartz ML. The effects of varied etching time and etching solution viscosity on bond strength and enamel morphology. *Oper Dent.* 1994;19(4):146-53.
5. Sava Rosianu, R., Sinescu, C., Negrutiu, M.L et al. Microscopic Assessment of the Enamel Etching Pattern According to Different Etching Times Using Orthophosphoric Acid Gels, *Mat. Plast.* 2016;53(1):153.
6. Tay FR, Pashley DH. Etched enamel structure and topography: interface with materials. En: Eliades G, Watts DC, Eliades T. Dental hard tissues and bonding. 1era ed. Heidelberg: Springer; 2005. p. 3-27.
7. Sai K, Takamizawa T, Imai A, Tsujimoto A, Ishii R, Barkmeier WW et al. Influence of Application Time and Etching Mode of Universal Adhesives on Enamel Adhesion. *J Adhes Dent.* 2018;20(1):65-77.
8. Suda S, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Nojiri K, Nagura Y, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Comparison of enamel bond fatigue durability between universal adhesives and two-step self-etch adhesives: Effect of phosphoric acid pre-etching. *Dent Mater J.* 2018;37(2):244-55.
9. Beltrami R, Chiesa M, Scribante A, Allegretti J, Poggio C. Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2016;14(1):78-83.
10. Perdigao J, Denehy GE, Swift EJ Jr. Silica contamination of etched dentin and enamel surfaces: a scanning electron microscopic and bond strength study. *Quintessence Int.* 1994;25(5):327-33.
11. Bates D, Retief DH, Jamison HC, Denys FR. Effects of acid etch parameters on enamel topography and composite resin--enamel bond strength. *Pediatr Dent.* 1982;4(2):106-10.
12. Chow LC, Brown WE. Phosphoric acid conditioning of teeth for pit and fissure sealants. *J Dent Res.* 1973;52(5):115.
13. Williams B, von Fraunhofer JA. The influence of the time of etching and washing on the bond strength of fissure sealants applied to enamel. *J Oral Rehabil.* 1977;4(2):139-43.
14. Cardenas AM, Siqueira F, Rocha J, Szesz AL, Reis A, Loguercio A et al. Influence of Conditioning Time of Universal Adhesives on Adhesive Properties and Enamel-Etching Pattern. *Oper Dent.* 2016;41(5):481-90.
15. Vermelho PM, Reis AF, Ambrosano GMB, Giannini M. Adhesion of multimode adhesives to enamel and dentin after one year of water storage. *Clin Oral Investig.* 2017;21(5):1707-15.
16. Loguercio AD, Muñoz MA, Luque-Martinez I, Hass V, Reis A, Perdigão J. Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance?. *J Dent.* 2015;43(9):1060-70.

17. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA et al. Influence of duration of phosphoric acid pre-etching on bond durability of universal adhesives and surface free-energy characteristics of enamel. *Eur J Oral Sci.* 2016;124(4):377-86.
18. Suzuki T, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Endo H, Erickson RL et al. Influence of Etching Mode on Enamel Bond Durability of Universal Adhesive Systems. *Oper Dent.* 2016;41(5):520-30.
19. Suzuki S, Takamizawa T, Imai A, Tsujimoto A, Sai K, Takimoto M et al. Bond durability of universal adhesive to bovine enamel using self-etch mode. *Clin Oral Investig.* 2018;22(3):1113-22.
20. Barkmeier WW, Erickson RL, Kimmes NS, Latta MA, Wilwerding TM. Effect of enamel etching time on roughness and bond strength. *Oper Dent.* 2009;34(2):217-22.
21. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Wilwerding TM, Latta MA, Miyazaki M. Interfacial Characteristics and Bond Durability of Universal Adhesive to Various Substrates. *Oper Dent.* 2017;42(2):59-70.
22. de Goes MF, Shinohara MS, Freitas MS. Performance of a new one-step multi-mode adhesive on etched vs non-etched enamel on bond strength and interfacial morphology. *J Adhes Dent.* 2014;16(3):243-50.
23. McLean DE, Meyers EJ, Guillory VL, Vandewalle KS. Enamel Bond Strength of New Universal Adhesive Bonding Agents. *Oper Dent.* 2015;40(4):410-7.
24. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. The Effect of Phosphoric Acid Pre-etching Times on Bonding Performance and Surface Free Energy with Single-step Self-etch Adhesives. *Oper Dent.* 2016;41(4):441-9.
25. Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2015;43(7):765-76.
26. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. *Dent Mater.* 2010;26(2):78-93.
27. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater.* 2010;26(2):50-62.
28. Andrade AM, Moura SK, Reis A, Loguercio AD, Garcia EJ, Grande RH. Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(6):591-8.
29. Moncada Gustavo et al. Rol del 10-metacriloxidecilsfosfato dihidrogenado en el cambio de paradigma de los sistemas adhesivos integrados en la dentina. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil.Oral.* 2014;7(3):194-9.
30. Zubris DL, Minbiole KP, Wuest WM. Polymeric Quaternary Ammonium Compounds: Versatile Antimicrobial Materials. *Curr Top Med Chem.* 2017;17(3):305-18.
31. Druvari D, Koromilas ND, Bekiari V, Bokias G, Kallitsis JK. Polymeric Antimicrobial Coatings Based on Quaternary Ammonium Compounds. *Coatings.* 2018;8(1):8-21.
32. Kumar A, Rao KM, Han SS. Application of xanthan gum as polysaccharide in tissue engineering: A review. *Carbohydr Polym.* 2018;180:128-44.
33. L. Fernandes, C.C. Arruda, A.D.V. Souza, R. Salomão, Characterization of synthetic amorphous silica (SAS) used in the ceramic industry. *Interceram.* 2014;63(4):220-4.

34. Aslam, M.; Kalyar, M.A.; Zulfiqar Ali Raza, Z.A. Polyvinyl alcohol: A review of research status and use of polyvinyl alcohol based nanocomposites. *Polym. Eng. Sci.* 2018;58:2119–32.
35. Kanca JJ. “Etchant Composition and Bond Strength to Dentin.” *Am J Dent* 1993;6:162-4.
36. Isolan C y col. Bond strength of a universal bonding agent and other contemporary dental adhesive applied on enamel, dentin, composite, and porcelain. *J. Appl Phys.* 2014; 2(25):1-10
37. Taguchi M et al. Reaction temperature variations on the crystallographic state of spinel cobalt aluminate. *Dalton Trans.* 2013;42(19):7167-76.
38. Rhys NH, Gillams RJ, Collins LE, Callear SK, Lawrence MJ, McLain SE. On the structure of an aqueous propylene glycol solution. *J Chem Phys.* 2016;145(22):224504.
39. Rucker C, Kummerer K. Environmental chemistry of organosiloxanes. *Chem Rev.* 2015;115(1):466-524.
40. Mebert AM, Baglolle CJ, Desimone MF, Maysinger D. Nanoengineered silica: Properties, applications and toxicity. *Food Chem Toxicol.* 2017;109(1):753-70.

ANEXO 1

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Tipo	Escala de Medición	Valores y categorías
Resistencia de unión al microcizallamiento	Fuerza de cizallamiento máxima sobre el punto fractura de una muestra	Fuerza necesaria para producir falla de unión entre el esmalte y la resina compuesta.	Fuerza que marca la máquina de ensayo semiuniversal al momento de la falla.	Cuantitativa	continua	Mpa
Ácido Grabador	Agente de grabado que, interactúa con la hidroxiapatita del esmalte a través de reacciones ácido base formando sales de fosfato	Sustancia que desmineraliza el esmalte creando poros y surcos para mejor difusión del adhesivo dental.	Ácido fosfórico grabador	Cualitativa	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Scotchbond™ etchant (3 M ESPE, St Paul, Minesota, EE. UU.) • Ultra-Etch (Ultradent, South Jordan, Utah, EE. UU.) • Eco-Etch (Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein, CH) • ETCH-37 with BAC (Bisco, Schaumburg, Illinois, EE. UU.) • Etching gel (Densell, GDK, Buenos Aires, ARG) • Condac 37 (FGM, Joinville, Santa Catarina, BR)

ANEXO 2

MATERIALES

Material	Tipo de Material	pH	Composición	Modo de Aplicación	
				Autograbado	Grabado y lavado
Scotchbond™ Universal Adhesive (3 M ESPE, St Paul, Minesota, EE. UU.)	Adhesivo Universal	2.7	10-MPD, monómero éster de ácido fosfórico, HEMA, silano, dimetacrilato, copolímero de ácido polialquenoico modificado con metacrilato, relleno, etanol, agua, iniciadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar con una microbrocha durante 20 s. 2. Flujo de aire suave por 5 s. 3. Fotopolimerización por 20 s. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar ácido fosfórico por 15 s. 2. Lavar por 15 s. 3. Flujo de aire suave por 5 s. 4. Aplicar adhesivo con microbrocha por 20 s. 5. Flujo de aire suave por 5 s. 6. Fotopolimerización por 20 s a 1000 mW/cm².
Scotchbond™ etchant (3 M ESPE, St Paul, Minesota, EE. UU.)	Ácido Grabador	--	Ácido fosfórico 35%, agua, poly (vinyl Alcohol), espesante sílice amorfa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Secar la superficie. 2. Aplicar en la superficie del esmalte por 15 s. 3. Lavar por 15 s. 4. Secar el exceso de agua. 	
Ultra-Etch (Ultradent, South Jordan, Utah, EE. UU.)	Ácido Grabador	--	Ácido fosfórico 35%, espinela azul de aluminato de cobalto, glycol, siloxano		
Eco-Etch (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, CH)	Ácido Grabador	--	Ácido fosfórico 37%, pigmentos, dióxido de silicio		
ETCH-37 with BAC (Bisco, Schaumburg, Illinois, EE. UU.)	Ácido Grabador	--	Ácido fosfórico al 37%, compuestos de amonio cuaternario, bencil-C8-18-alquildimetil, cloruros, espesante polimérico		

Etching gel (Densell, GDK, Buenos Aires, ARG)	Ácido Grabador	--	Gel de ácido fosfórico 35%, goma xántica, aerosil, agua destilada, azul de metileno	
Condac 37 (FGM, Joinville, Santa Catarina, BR)	Ácido Grabador	--	Gel Ácido fosfórico 37%, colorante, agua desionizada, espesante	

Tabla 1 Media y desviación estándar de los valores de la resistencia de unión al microcizallamiento (MPa) en los diferentes grupos experimentales.

Grupo según ácido grabador	\bar{X} (DS)
G1 Scotchbond™ etchant (3 M ESPE)	30.870 (3.649) ^a
G2 Ultra-Etch (Ultradent)	23.954 (2.286) ^b
G3 Eco-Etch (Ivoclar Vivadent)	22.158 (1.933) ^b
G4 ETCH-37 with BAC (Bisco)	32.052 (3.675) ^a
G5 Etching gel (Densell)	31.108 (2.630) ^a
G6 Condac 37 (FGM)	24.533 (3.851) ^b
G7 Autograbado (3 M ESPE)	20.706 (2.483) ^b

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los grupos ($p < 0.05$).