



Facultad Ciencias de la Salud

Especialidad En Operatoria Dental Y Estética

Tema:

Influencia De Irrigantes Cavitarios En La Resistencia De Unión De Sistemas Adhesivos

Universales En Dentina Profunda, Mediante Pruebas De Microtracción

Tesis para la obtención del Título de “Especialista en operatoria dental y estética”

Presentada por:

Mónica Elizabeth Navarrete Mesias

Tutor:

Dr. Cristian Sánchez

Quito, marzo de 2026

Resumen

La adhesión a dentina profunda continúa siendo uno de los principales retos de la odontología restauradora, debido a que este sustrato presenta mayor densidad y diámetro tubular, menor cantidad de dentina intertubular y un contenido hídrico más elevado que la dentina superficial. Estas características pueden dificultar la infiltración adecuada de los monómeros adhesivos y comprometer la estabilidad de la capa híbrida. A ello se suma que, en dientes sometidos a procedimientos endodónticos, la dentina coronaria suele entrar en contacto con irrigantes químicos como el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), capaces de modificar la composición orgánica e inorgánica del sustrato dentinario y, por tanto, su comportamiento adhesivo.

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de diferentes irrigantes cavitarios en la resistencia de unión de sistemas adhesivos universales aplicados sobre dentina profunda, mediante pruebas de microtracción. Se utilizaron terceros molares humanos libres de caries y defectos estructurales, que fueron preparados para exponer dentina profunda. Los especímenes se distribuyeron según el protocolo de irrigación cavitaria (agua destilada, NaOCl al 5 % y NaOCl al 5 % seguido de EDTA al 17 %) y se evaluaron tres sistemas adhesivos universales bajo estrategias de self-etch y total-etch. Posteriormente, los dientes fueron restaurados con resina compuesta, se obtuvieron sticks para microtracción y se analizaron los valores de resistencia de unión a las 24 horas y después de 10 000 ciclos de termociclado.

Los resultados mostraron que el tipo de adhesivo, el protocolo de irrigación y el tiempo de evaluación influyeron significativamente en la resistencia de unión. En la estrategia self-etch, el uso exclusivo de NaOCl mostró una tendencia a disminuir los valores adhesivos, mientras que la secuencia NaOCl + EDTA permitió recuperar valores similares al control. En la estrategia de total-etch también se observó influencia del irrigante y del envejecimiento, aunque con menor expresión de diferencias entre grupos. Se concluye que la irrigación

cavitaria puede modificar el desempeño adhesivo de los sistemas universales sobre dentina profunda y que la asociación de NaOCl con un agente quelante posterior representa una alternativa más favorable para preservar la resistencia de unión.

Palabras clave: DENTINA PROFUNDA, ADHESIVOS UNIVERSALES, IRRIGANTES CAVITARIOS, MICROTRACCIÓN.

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Mónica Elizabeth Navarrete Mesias

1721103693

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, quienes han sido el cimiento sobre el que se han construido mis sueños. Gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser esa fuerza silenciosa que me impulsa a seguir siempre adelante aun en los momentos más desafiantes.

A mi compañero de vida, por su paciencia y comprensión durante este proceso, por caminar a mi lado aun cuando el camino parecía más difícil, tu apoyo ha sido una luz constante que me recuerda que los sueños se alcanzan mejor cuando se comparten.

A mi pequeño Benjamín, quien me acompañó este último año con sus pequeños latidos, dándole un nuevo sentido a mi vida, siendo ese motor que impulsa mis días, inspirándome a seguir creciendo, aprendiendo y construyendo un futuro lleno de esperanza.

A mis profesores, quienes con generosidad compartieron su conocimiento y me guiaron con dedicación y sabiduría a lo largo de este camino, en especial a mi coordinador de carrera el Dr. Cristian Sánchez y al Dr. Camilo Pulido quienes con su orientación no solo enriquecieron este trabajo, sino también mi formación profesional y humana.

A mis compañeros y amigos que de distintas maneras formaron parte de este proceso y de este logro, les dedico estas páginas con profunda gratitud.

Porque cada sueño alcanzado no es solo el resultado del esfuerzo individual, sino también del reflejo del amor, el apoyo y la fe de quienes caminan a nuestro alado.

Índice

Resumen	2
Dedicatoria.....	5
Índice	6
Índice De Tablas	7
Índice De Figuras.....	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción	11
Material y Métodos.....	15
Cálculo del tamaño de muestra	15
Selección y preparación de dientes	15
Grupos experimentales y protocolos de irrigación.....	15
Procedimientos restauradores	16
Ensayo de microtracción	16
Análisis estadístico	20
Hallazgos	20
Estrategia self-etch	20
Estrategia total-etch.....	21
Discusión	23
Conclusiones.....	27
Referencias	28

Índice De Tablas

Tabla 1 Distribución de los grupos experimentales.	17
Tabla 2 Especificaciones de los materiales utilizados	18
Tabla 3 Resistencia de unión \pm desviación estandar (MPa), estrategia self-etch.....	22
Tabla 4 Resistencia de unión \pm desviación estandar (MPa), estrategia total-etch	23

Índice De Figuras

Figura 1 Esquema metodológico de la preparación de los cuerpos de prueba	19
Figura 2 Secuencia restauradora.....	19

INFLUENCIA DE IRRIGANTES CAVITARIOS EN LA RESISTENCIA DE UNIÓN DE SISTEMAS ADHESIVOS UNIVERSALES EN DENTINA PROFUNDA, MEDIANTE PRUEBAS DE MICROTRACCIÓN

Mónica Elizabeth Navarrete Mesias

Resumen

La adhesión a dentina profunda continúa siendo uno de los principales retos de la odontología restauradora, debido a que este sustrato presenta mayor densidad y diámetro tubular, menor cantidad de dentina intertubular y un contenido hídrico más elevado que la dentina superficial. Estas características pueden dificultar la infiltración adecuada de los monómeros adhesivos y comprometer la estabilidad de la capa híbrida. A ello se suma que, en dientes sometidos a procedimientos endodónticos, la dentina coronaria suele entrar en contacto con irrigantes químicos como el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), capaces de modificar la composición orgánica e inorgánica del sustrato dentinario y, por tanto, su comportamiento adhesivo.

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de diferentes irrigantes cavitarios en la resistencia de unión de sistemas adhesivos universales aplicados sobre dentina profunda, mediante pruebas de microtracción. Se utilizaron terceros molares humanos libres de caries y defectos estructurales, que fueron preparados para exponer dentina profunda. Los especímenes se distribuyeron según el protocolo de irrigación cavitaria (agua destilada, NaOCl al 5 % y NaOCl al 5 % seguido de EDTA al 17 %) y se evaluaron tres sistemas adhesivos universales bajo estrategias de self-etch y total-etch. Posteriormente, los dientes fueron restaurados con resina compuesta, se obtuvieron sticks para microtracción y se analizaron los valores de resistencia de unión a las 24 horas y después de 10 000 ciclos de termociclado.

Los resultados mostraron que el tipo de adhesivo, el protocolo de irrigación y el tiempo de evaluación influyeron significativamente en la resistencia de unión. En la estrategia self-etch, el uso exclusivo de NaOCl mostró una tendencia a disminuir los valores adhesivos, mientras que la secuencia NaOCl + EDTA permitió recuperar valores similares al control. En la estrategia de total-etch también se observó influencia del irrigante y del envejecimiento, aunque con menor expresión de diferencias entre grupos. Se concluye que la irrigación cavitaria puede modificar el desempeño adhesivo de los sistemas universales sobre dentina profunda y que la asociación de NaOCl con un agente quelante posterior representa una alternativa más favorable para preservar la resistencia de unión.

Palabras clave: DENTINA PROFUNDA, ADHESIVOS UNIVERSALES, IRRIGANTES CAVITARIOS, MICROTRACCIÓN, DENTINA PROFUNDA.

Abstract

Bonding to deep dentin remains one of the major challenges in restorative dentistry because this substrate presents a higher density and diameter of dentinal tubules, a reduced amount of intertubular dentin, and increased intrinsic moisture compared with superficial dentin. These characteristics may impair adequate infiltration of adhesive monomers and compromise the stability of the hybrid layer. In addition, in teeth subjected to endodontic procedures, coronal dentin is frequently exposed to chemical irrigants such as sodium hypochlorite (NaOCl) and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), which are capable of modifying the organic and inorganic composition of dentin and consequently affecting its bonding performance.

The aim of this study was to evaluate the influence of cavity irrigants on the bond strength of universal adhesive systems applied to deep dentin using the microtensile bond strength test. Human third molars free of caries and structural defects were prepared to expose deep dentin. The specimens were distributed according to the cavity irrigation protocol

(distilled water, 5% NaOCl, and 5% NaOCl followed by 17% EDTA), and three universal adhesive systems were evaluated using both self-etch and etch-and-rinse strategies. After adhesive application, composite resin build-ups were performed, and specimens were sectioned to obtain sticks for microtensile testing. Bond strength values were assessed after 24 hours of storage and after aging through 10,000 thermocycles.

The results showed that adhesive type, irrigation protocol, and evaluation time significantly influenced bond strength values. Under the self-etch strategy, the use of NaOCl alone showed a tendency to reduce bond strength, whereas the NaOCl + EDTA sequence allowed the recovery of bond strength values comparable to the control group. In the etch-and-rinse strategy, the irrigation protocol and aging also influenced bond strength, although intergroup differences were less pronounced.

It can be concluded that cavity irrigation may influence the bonding performance of universal adhesive systems applied to deep dentin, and that the use of NaOCl followed by a chelating agent such as EDTA may represent a more favorable approach for preserving bond strength.

Keywords: DEEP DENTIN, UNIVERSAL ADHESIVES, CAVITY IRRIGANTS, MICROTENSILE BOND STRENGTH, DENTIN ADHESION.

Introducción

El tratamiento de la pulpa dental inflamada o infectada mediante terapia endodóntica tiene como objetivo principal la eliminación de microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares, así como la prevención de su reinfección. Para lograr este propósito es indispensable realizar una adecuada limpieza, conformación y desinfección del conducto radicular. La instrumentación mecánica permite remover gran parte del tejido pulpar y de los microorganismos presentes; sin embargo, por sí sola no logra eliminar completamente las bacterias que permanecen en las irregularidades del sistema de conductos, por lo que el uso de

irrigantes químicos se vuelve fundamental para completar el proceso de desinfección (Estrela C., et al., 2014; Hapassalo M., et al., 2010; Nair P., et al., 2005).

Dentro de los irrigantes utilizados en endodoncia, el hipoclorito de sodio (NaOCl) es uno de los agentes más empleados debido a su potente actividad antimicrobiana y su capacidad para disolver tejido orgánico. Estas propiedades lo convierten en un irrigante altamente eficaz durante la preparación biomecánica del conducto radicular (Estrela C., et al., 2002; Hand R., et al., 1978). No obstante, su naturaleza oxidante puede producir modificaciones en la superficie dentinaria que pueden influir en los procedimientos restauradores posteriores. Durante su acción química, el NaOCl puede generar radicales libres y dejar residuos de oxígeno en la dentina, lo que puede interferir con la polimerización de los sistemas adhesivos. Como consecuencia, se ha descrito una disminución en la resistencia de unión entre la dentina y los materiales restauradores, así como un posible incremento en la microfiltración marginal (Morris M., et al., 2001; Seballos V., et al., 2018).

Después de un tratamiento endodóntico, uno de los principales desafíos clínicos es conseguir un sellado coronario adecuado permitiendo de esta manera preservar la integridad estructural del diente y evitar la filtración de bacterias y fluidos. Teniendo en cuenta esto, las restauraciones adhesivas son la alternativa más eficaz y conservadora para rehabilitar dientes tratados endodónticamente (Carvalho M., et al., 2018; Shipper G., et al., 2004). Sin embargo, el éxito de las restauraciones va a depender de la calidad de la unión que se da entre el material restaurador y la dentina.

La adhesión de cualquier material a la dentina se basa principalmente en la formación de la capa híbrida, que se da por la infiltración de monómeros resinosos dentro de la matriz colágena desmineralizada de la dentina. Para que esta interfase se forme de manera adecuada, el sistema adhesivo debe ser capaz de penetrar la superficie dentinaria previamente acondicionada y establecer enlaces entre el colágeno dentinario y la resina restauradora

(Breschi L., et al., 2018). No obstante, este proceso puede verse afectado por diversos factores, entre ellos las características del sustrato dentinario, la humedad del tejido, la presencia de residuos químicos y los tratamientos previos aplicados sobre la dentina.

Dentro de los sustratos dentarios, la dentina profunda es la que presenta uno de los mayores desafíos para realizar procedimientos adhesivos. A medida que la preparación cavitaria se aproxima a la pulpa, los túbulos dentinarios aumentan en número y diámetro y disminuye la cantidad de dentina intertubular sobre la cual se van a infiltrar los monómeros adhesivos. Estas características hacen que se presente un sustrato más húmedo y menos mineralizado, lo cual puede comprometer la estabilidad de la unión adhesiva, por la dificultad en la formación de una capa híbrida uniforme y duradera (Breschi L., et al., 2018; Sano H., et al., 2020).

Como respuesta a estas limitaciones que se han presentado a lo largo de los años, los sistemas adhesivos han ido evolucionando dando lugar al desarrollo de adhesivos universales, los cuales han sido diseñados para simplificar los protocolos clínicos con el afán de minimizar fallas del operador, también estos permiten su aplicación mediante diferentes estrategias adhesivas, como el self-etch, total-etch o selective etch. Estos sistemas suelen incorporar en su composición monómeros funcionales capaces de establecer interacciones químicas con la hidroxiapatita dentinaria (Yuan Y., et al., 2023).

La incorporación de diferentes monómeros funcionales en los nuevos sistemas adhesivos ha permitido mejorar el potencial de unión a dentina y aumentar la estabilidad de los enlaces adhesivos (Cecchin D., et al., 2018).

A pesar de estas mejoras en la formulación de los adhesivos, su desempeño clínico puede verse influenciado por las condiciones del sustrato dentinario y por los tratamientos químicos aplicados previamente a la superficie. En particular, la exposición de la dentina a irrigantes oxidantes como el hipoclorito de sodio puede alterar la matriz colágena y afectar la

polimerización de los monómeros resinosos, reduciendo la resistencia de unión. Diversos estudios han señalado que la presencia de oxígeno residual en la superficie dentinaria puede interferir con los radicales libres responsables de la polimerización de las resinas, favoreciendo terminaciones prematuras de cadena y una conversión monomérica incompleta (Morris M., et al., 2001; Seballos V., et al., 2018).

Por otro lado, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) actúa como un agente quelante capaz de eliminar la fracción inorgánica del smear layer y exponer los túbulos dentinarios, lo que puede favorecer la penetración de los monómeros adhesivos en la matriz colágena dentinaria. La combinación de NaOCl y EDTA se utiliza con frecuencia en los protocolos de irrigación endodóntica con el objetivo de aprovechar las propiedades antimicrobianas del hipoclorito junto con la capacidad del EDTA para remover el smear layer y mejorar la interacción del adhesivo con la dentina (Santos J., et al., 2006).

Para evaluar la resistencia de unión entre dentina y materiales restauradores, la prueba de microtracción se ha consolidado como uno de los métodos experimentales más utilizados en investigación odontológica. Esta técnica permite analizar áreas adhesivas pequeñas y relativamente uniformes, lo que mejora la sensibilidad del ensayo y facilita la detección de diferencias entre distintos protocolos de tratamiento (Sano H., et al., 2020).

Analizando todo esto, conocer cómo los irrigantes cavitarios alteran la estructura dentinaria y cómo estas modificaciones influyen en el buen desempeño de los sistemas adhesivos universales es fundamental para lograr procedimientos restauradores óptimos posteriores a un tratamiento endodóntico. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del hipoclorito de sodio en la resistencia de unión de adhesivos universales autograbantes aplicados sobre dentina profunda mediante pruebas de microtracción.

Material y Métodos

Cálculo del tamaño de muestra

El tamaño de muestra se calculó en SealedEnvelope.com, con base en datos publicados de microtracción en dentina y considerando una diferencia esperada de 8 MPa entre los protocolos de irrigación, un nivel de significancia del 5 por ciento y un poder del 80 por ciento, se determinó que se requerían ocho dientes por grupo. El diente fue la unidad experimental y el promedio de los sticks obtenidos por cada diente se consideró el resultado final del grupo.

Selección y preparación de dientes

Se recolectaron terceros molares humanos libres de caries y defectos estructurales, bajo aprobación local del comité de ética. Los dientes fueron desinfectados en cloramina al 0.5 por ciento durante siete días y almacenados en agua destilada a 4 °C. El esmalte oclusal se removió con un disco de diamante a baja velocidad bajo irrigación, para exponer dentina coronal media plana. La ausencia de esmalte remanente se verificó con un estereomicroscopio. La capa de smear layer se estandarizó mediante pulido con lija de carburo de silicio de grano 600 durante 30 segundos.

Grupos experimentales y protocolos de irrigación

Los dientes se asignaron aleatoriamente a tres protocolos de irrigación: agua destilada como control, hipoclorito de sodio al 5 por ciento y una secuencia de hipoclorito de sodio al 5 por ciento seguida de EDTA al 17 por ciento. Cada solución se aplicó durante 60 segundos y se enjuagó con agua destilada durante 30 segundos.

Se evaluaron dos estrategias adhesivas: self-etch y total-etch. Los adhesivos fueron: Palfique Universal Bond (self cure), LuxaBond Universal (dual cure) y OptiBond eXTRa Universal (fotoactivado). Los adhesivos se aplicaron según las instrucciones del fabricante. En

la estrategia total-etch se utilizó ácido fosfórico al 37 por ciento durante 10 segundos. La fotoactivación se realizó con una lámpara LED calibrada con irradiancia superior a 1000 mW/cm² durante 20 segundos. Como no se evaluaron variaciones en la distancia de polimerización; por lo tanto, se garantizó la polimerización completa de todos los adhesivos.

Procedimientos restauradores

Tras la aplicación del adhesivo, se construyó un muñón de resina compuesta marca Tetric- N ceram de Ivoclar de aproximadamente 4 mm en dos incrementos de 2 mm, cada uno fotoactivado durante 40 segundos. La irradiancia de la lámpara se verificó periódicamente con un radiómetro.

Ensayo de microtracción

Después de 24 horas de almacenamiento a 37 °C, cada diente restaurado se seccionó en ambos sentidos para obtener sticks de aproximadamente 1.0 mm² de área adhesiva. De cada diente se destinaron cinco sticks para evaluación inmediata (24 h) y cinco para evaluación tras termociclado. El termociclado consistió en 10,000 ciclos entre 5 °C y 55 °C con 5 segundos de permanencia.

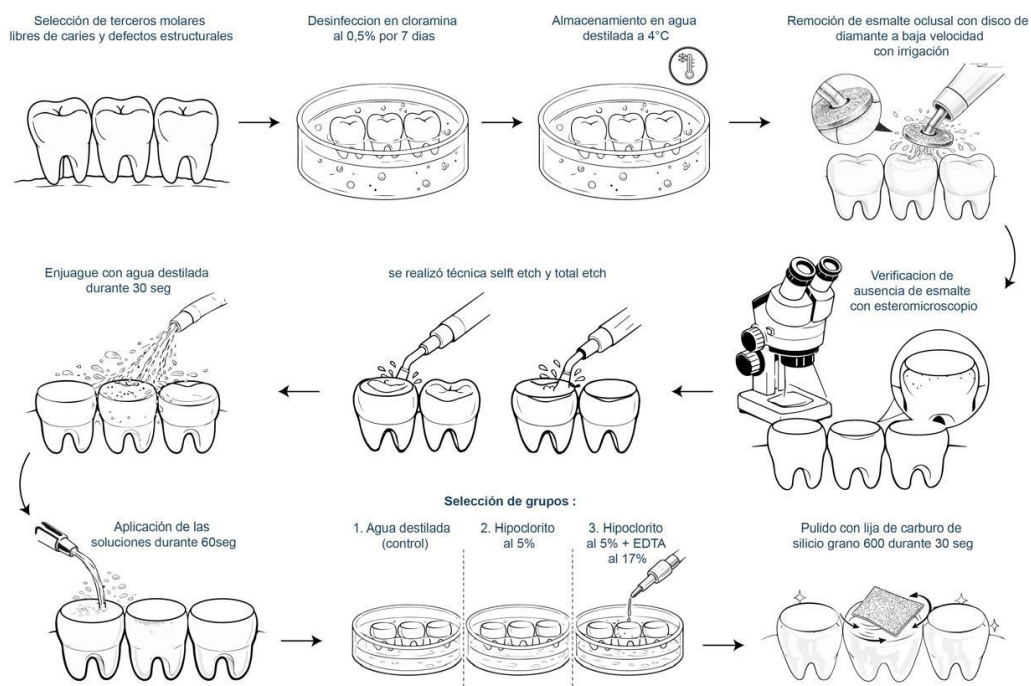
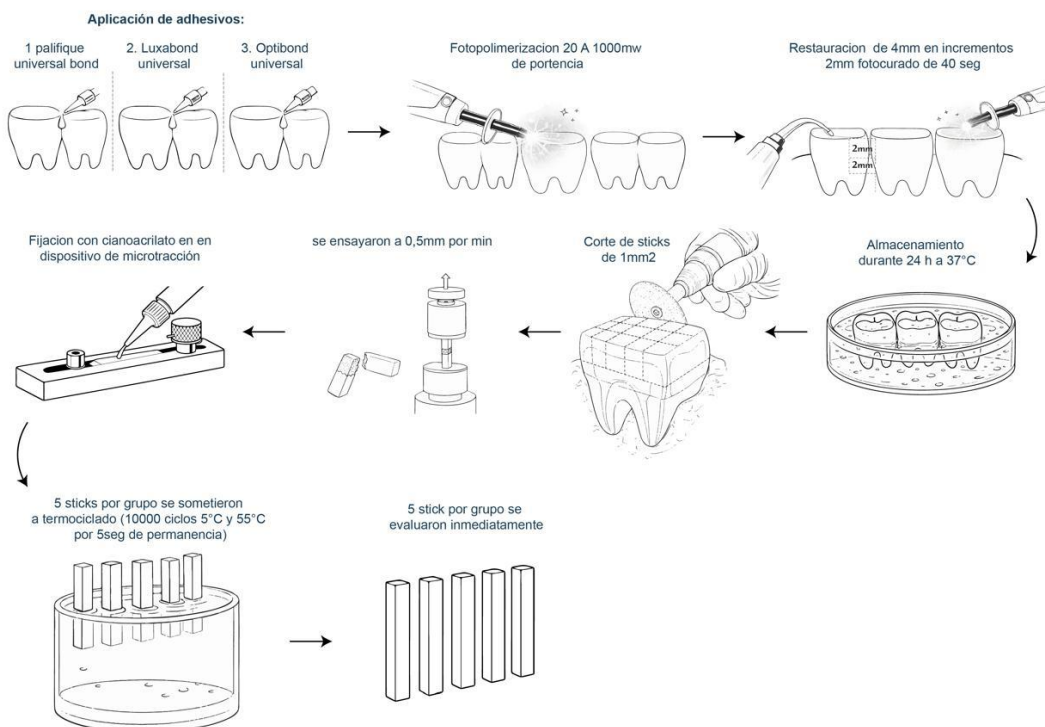
Los sticks se fijaron a un dispositivo de microtracción con cianoacrilato y se ensayaron a 0.5 mm por minuto. Las fallas prematuras se registraron, pero no se incluyeron en el cálculo. La microtracción se expresó en MPa.

Tabla 1*Distribución de los grupos experimentales.*

GRUPO 1 PALIFIQUE UNIVERSAL BOND	CONTROL	SELF ETCH	24 HORAS	
			10K CICLOS	
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
	NAOCL		SELF ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
	NAOCL+EDTA		SELF ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
GRUPO 2 LUXABOND UNIVERSAL	CONTROL	SELF ETCH	24 HORAS	
			10K CICLOS	
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
	NAOCL		SELF ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
	NAOCL+EDTA		SELF ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
GRUPO 3 OPTIVBONDEEXTRA UNIVERSAL	CONTROL	SELF ETCH	24 HORAS	
			10K CICLOS	
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
	NAOCL		SELF ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
	NAOCL+EDTA		SELF ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS
			TOTAL, ETCH	24 HORAS
				10K CICLOS

Tabla 2*Especificaciones de los materiales utilizados*

MATERIAL	FABRICANTE	COMPOSICION	MODO DE USO
Palifique Universal Bond	Tokuyama Dental Corporation, Tokyo, Japón	Bond A: Monómero de ácido fosfórico.MTU-6. HEMA. Bis-GMA.TEGDMA. Acetona. Bond B:MPTES. Borato Peróxido. Acetona. Alcohol isopropílico. Agua	Grabado acido opcional. Dispensar el adhesivo A y adhesivo B en gotas, en proporción 1:1; mezclar con un aplicador Aplicar la mezcla sobre la superficie del diente (no se necesita esperar) Secar con aire por 10 seg No necesita fotoactivación.
Luxabond Universal	DMG Chemisch-Pharmazeutische, Hamburg, Germany	Bond A: HEMA, bis-GMA, MDP, BPO, aditivos Bond B: etanol, água, sulfinatode tolueno de sodio, DABE, CQ, aditivos	Grabado con ácido fosfórico (opcional) Mezclar 1 o 2 gotas de cada frasco Aplicar una capa con micro cepillo durante 20 seg. Retirar excesos y airear durante 10 seg. (observar que la superficie este húmeda y brillante) Aplicar una segunda capa con micro cepillo durante 20 seg. Retirar excesos y airear durante 10 segundos Fotopolimerizar 20 seg.
Optibond extra universal	Kerr Corporation, Orange, USA	Disolvente ternario, GPDM	Grabado con ácido fosfórico (opcional) Aplicar el primer (botella 1) de forma activa 20 seg. Airear el primer por 5 seg. Agitar el adhesivo (botella 2) por 5 seg. Aplicar el adhesivo con movimiento suave 15 seg. Airear 5 seg. Fotopolimerizar 10seg.

Figura 1*Esquema metodológico de la preparación de los cuerpos de prueba***Figura 2***Secuencia restauradora*

Análisis estadístico

La resistencia de unión (MPa) se analizó considerando el diente como unidad experimental. Para cada diente se obtuvieron dos mediciones, a 24 h y después de 10 000 ciclos de termociclado (10k), calculadas como el promedio de los sticks correspondientes a cada tiempo dentro del mismo diente.

Previo al análisis inferencial, se evaluaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. La distribución de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro–Wilk, mientras que la homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene. Dado que los supuestos fueron cumplidos, se aplicaron pruebas estadísticas paramétricas.

Los análisis se realizaron por separado para las estrategias self-etch y total-etch. Los datos se analizaron mediante un ANOVA de medidas repetidas de tres factores, considerando: Adhesivo (3 niveles), Protocolo de irrigación (3 niveles), como factores entre sujetos, y Tiempo de evaluación (24 h y 10 000 ciclos) como factor intra sujeto.

Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba post hoc de Tukey. El nivel de significación se estableció en $\alpha = 0.05$.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando Jamovi for Mac.

Hallazgos

Estrategia self-etch

En la estrategia self-etch, el ANOVA de medidas repetidas reveló efectos significativos del adhesivo, del protocolo de irrigación y del tiempo de evaluación sobre la resistencia de unión ($p < 0.001$ para todos los factores). En contraste, no se observaron interacciones significativas entre los factores evaluados, lo que indica que los efectos del adhesivo, del irrigante y del envejecimiento ocurrieron de manera independiente.

Las comparaciones post hoc mostraron que los especímenes irrigados únicamente con NaOCl tendieron a presentar valores menores de resistencia de unión en comparación con el grupo control. Este efecto fue estadísticamente significativo en el adhesivo Palfique Universal Bond, mientras que en los otros adhesivos la diferencia no alcanzó significancia después del ajuste por comparaciones múltiples. Por el contrario, el protocolo que combinó NaOCl seguido de EDTA produjo valores significativamente mayores que el NaOCl sólo, en los tres adhesivos evaluados, alcanzando valores comparables a los observados en el grupo control.

El envejecimiento mediante termociclado produjo una reducción general en la resistencia de unión, lo que se reflejó en el efecto significativo del factor tiempo en el ANOVA. Sin embargo, las comparaciones múltiples entre 24 h y 10k dentro de cada grupo mostraron diferencias significativas únicamente en la combinación Palfique Universal Bond con el protocolo NaOCl + EDTA ($p = 0.045$), mientras que las demás combinaciones no mostraron diferencias significativas tras el ajuste estadístico.

Estrategia total-etch

Para la estrategia total-etch, el ANOVA también mostró efectos significativos del adhesivo, del protocolo de irrigación y del tiempo de evaluación sobre la resistencia de unión ($p \leq 0.008$). Al igual que en la estrategia self-etch, no se detectaron interacciones significativas entre los factores evaluados.

Las comparaciones post hoc indicaron que, aunque se observaron diferencias numéricas entre los protocolos de irrigación, estas no alcanzaron significancia estadística después del ajuste por comparaciones múltiples dentro de cada adhesivo. De manera similar, la comparación entre los valores obtenidos a 24 h y después del termociclado no mostró diferencias significativas dentro de las combinaciones adhesivo \times irrigante evaluadas, a pesar del efecto significativo del tiempo observado en el análisis global.

En conjunto, estos resultados indican que tanto el tipo de adhesivo como el protocolo de irrigación influyeron en la resistencia de unión, mientras que el envejecimiento produjo una reducción general de los valores. No obstante, la magnitud de estos efectos fue consistente entre las combinaciones evaluadas, como lo demuestra la ausencia de interacciones significativas entre los factores.

Tabla 3

Resistencia de unión \pm desviación estandar (MPa), estrategia self-etch

Adhesivo	Irrigante	24 h	Termociclado
	Control	34.50 \pm 3.45 aA	28.98 \pm 2.90 aB
Palfique Universal Bond	NaOCl	28.50 \pm 2.85 bA	23.94 \pm 2.39 bB
	NaOCl + EDTA	36.50 \pm 3.65 aA	30.66 \pm 3.07 aB
	Control	36.50 \pm 3.65 aA	32.12 \pm 3.21 aB
LuxaBond Universal	NaOCl	31.50 \pm 3.15 bA	27.72 \pm 2.77 bA
	NaOCl + EDTA	38.00 \pm 3.80 aA	33.44 \pm 3.34 aB
	Control	36.00 \pm 3.60 aA	32.40 \pm 3.24 aA
OptiBond Universal Extra	NaOCl	31.00 \pm 3.10 bA	27.90 \pm 2.79 bA
	NaOCl + EDTA	37.50 \pm 3.75 aA	33.75 \pm 3.38 aA

Letras distintas (mayúsculas dentro de la columna, minúscula dentro de la fila) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Tabla 4*Resistencia de unión ± desviación estandar (MPa), estrategia total-etch*

Adhesivo	Irrigante	24 h	Termociclado
	Control	36.50 ± 3.65 aA	30.66 ± 3.07 aB
Palfique Universal Bond	NaOCl	34.50 ± 3.45 aA	28.98 ± 2.90 bB
	NaOCl + EDTA	37.50 ± 3.75 aA	31.50 ± 3.15 aB
	Control	38.00 ± 3.80 aA	33.44 ± 3.34 aB
LuxaBond Universal	NaOCl	36.50 ± 3.65 aA	32.12 ± 3.21 aA
	NaOCl + EDTA	39.00 ± 3.56 aA	34.32 ± 3.43 aB
	Control	37.80 ± 3.78 aA	34.02 ± 3.40 aA
OptiBond Universal Extra	NaOCl	36.20 ± 3.62 aA	32.58 ± 3.26 aB
	NaOCl+ EDTA	38.50 ± 3.85 aA	34.65 ± 3.47 aA

Letras distintas (mayúsculas dentro de la columna, minúscula dentro de la fila) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Discusión

Los hallazgos que pudimos observar en el presente estudio confirman que la resistencia de unión de los sistemas adhesivos universales sobre dentina profunda no depende solo del material empleado, también influyen las condiciones químicas que presenta el sustrato dentinario al momento de realizar la adhesión. Tanto en self-etch como en total-etch, el ANOVA mostró efectos significativos del tipo de adhesivo, del protocolo de irrigación y del envejecimiento, lo que respalda la naturaleza multifactorial del fenómeno adhesivo descrita en la literatura (Breschi et al., 2018).

En la estrategia self-etch, los grupos irrigados únicamente con NaOCl presentaron una reducción de resistencia de unión frente al grupo control. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Fazelian et al. (2022), quienes encontraron que el uso de NaOCl al 5.25 % influyó significativamente en la disminución de la microtracción del adhesivo universal G-

Premio Bond aplicado en modo self-etch. Los autores atribuyeron este efecto a la eliminación de componentes orgánicos de la dentina, debido a la alteración del colágeno del sustrato y a la interferencia del oxígeno residual del NaOCl en la polimerización de la resina. Estas explicaciones también concuerdan con los hallazgos del presente estudio, debido a que la estrategia self-etch fue particularmente más sensible a los cambios inducidos por el hipoclorito.

Desde el punto de vista clínico, este estudio sugiere que el uso aislado de NaOCl sobre dentina profunda nos deja una superficie menos favorable para la aplicación de adhesivos universales usados en estrategia self-etch. Debido a que estos sistemas adhesivos dependen de una desmineralización más superficial y de preservar la hidroxiapatita alrededor del colágeno, la alteración excesiva de la fase orgánica compromete la interfase adhesiva uniforme y estable. Esta interpretación coincide con la revisión de Triani et al. (2022), quienes concluyeron que, en dentina, la estrategia self-etch tiende a mostrar un comportamiento favorable, aunque su desempeño sigue condicionado por la condición del sustrato y la interacción entre monómeros funcionales y dentina remanente.

Un hallazgo particularmente relevante de este trabajo fue el comportamiento del protocolo NaOCl + EDTA. En la estrategia self-etch, esta secuencia mostró una tendencia a mejorar los valores de resistencia de unión comparables a los del grupo control y significativamente superiores a los obtenidos con el NaOCl solo. Este resultado sugiere que la acción quelante del EDTA pudo compensar parcialmente los efectos adversos del hipoclorito, ya sea removiendo residuos del smear layer, exponiendo una superficie homogénea para infiltrar el adhesivo o reduciendo la presencia de productos residuales que interfieran con la polimerización. En este sentido, Par et al. (2024) reportaron que la secuencia de irrigación influye directamente en la microtracción y que ciertos protocolos combinados pueden mejorar el comportamiento adhesivo, especialmente cuando se utilizan sistemas self-etch.

En la estrategia total-etch, el protocolo de irrigación también ejerció un efecto significativo, las comparaciones múltiples no mostraron diferencias marcadas entre los grupos dentro de cada adhesivo. Una posible explicación para esto es que el uso previo de ácido fosfórico al 37 % desmineraliza de manera más agresiva y una remueve el smear layer, lo que podría reducir la influencia relativa de la condición superficial inicial inducida por los irrigantes. Este comportamiento también fue descrito por Par et al. (2024), quienes observaron que con un sistema total-etch las diferencias entre protocolos de irrigación tendieron a atenuarse, en comparación con lo ocurrido con el adhesivo self-etch.

La ausencia de interacciones significativas entre adhesivo, irrigación y tiempo sugiere que los efectos observados fueron relativamente consistentes entre las combinaciones experimentales. No obstante, esto no indica que los adhesivos se comporten de manera idéntica, sino más bien que la dirección del efecto se mantuvo. En términos descriptivos, se observó que Palfique Universal Bond fue el adhesivo más sensible a la irrigación con NaOCl bajo la estrategia self-etch, mientras que LuxaBond Universal y OptiBond eXTRa Universal también reflejaron una tendencia a la reducción, aunque sin alcanzar diferencias significativas en todas las comparaciones post hoc. Estas variaciones pueden relacionarse con diferencias en composición, tipo de solvente, presencia y concentración de monómeros funcionales y modo de polimerización.

Los resultados también ponen en evidencia la importancia del envejecimiento térmico. Tanto en self-etch como en total-etch, el tiempo de evaluación fue un factor significativo y se observó una reducción general de los valores tras 10 000 ciclos de termociclado. Este hallazgo coincide con el concepto ampliamente aceptado de que la interfase adhesiva es susceptible a degradación hidrolítica, a tensiones por expansión y contracción térmica y a pérdida progresiva de integridad estructural. Pérez-Soto et al. (2025) también documentaron una disminución de la fuerza de unión tras envejecimiento, tanto en dentina sana como

desmineralizada, lo que respalda la necesidad de incorporar protocolos de envejecimiento cuando se pretende estimar la estabilidad clínica de los sistemas adhesivos.

Por otra parte, el de la adhesión en dientes tratados endodónticamente no se limita a la fuerza de unión inicial. Frankenberger et al. (2021) describieron que el desempeño tras la fatiga y la calidad marginal son variables importantes para la supervivencia de la restauración. Aunque el presente estudio no evaluó fractura ni integridad marginal, la reducción de resistencia de unión tras el termociclado indica que una interfase adhesiva debilitada podría repercutir negativamente en la capacidad del complejo diente-restauración al resistir cargas funcionales con el paso de tiempo. Desde esta perspectiva, seleccionar un protocolo de irrigación que preserve mejor la adhesión podría contribuir indirectamente a un comportamiento restaurador más estable.

En términos prácticos, los resultados respaldan la conveniencia de evitar la exposición aislada de la dentina profunda a NaOCl inmediatamente antes de la adhesión, sobre todo cuando se elige usar un adhesivo universal en modo self-etch. La incorporación de un paso posterior con EDTA se presenta como una alternativa para obtener una superficie más favorable, al menos desde la perspectiva de la resistencia de unión inmediata y tras envejecimiento. Esta observación coincide con recomendaciones previas de autores que sugieren el uso de un agente quelante final para revertir el efecto oxidante del hipoclorito (Fazelian et al., 2022).

Entre las limitaciones del presente estudio se reconoce su carácter *in vitro*. Variables clínicas como presión pulpar, contaminación salival, anatomía cavitaria y fuerzas oclusales repetidas no fueron reproducidas en su totalidad.

A pesar de estas limitaciones, la investigación aporta evidencia científica relevante en operatoria dental y odontología restauradora adhesiva. El uso de una prueba de microtracción,

la comparación de tres adhesivos universales, la inclusión de dos estrategias adhesivas y la evaluación tras termociclado permiten una visión amplia del fenómeno. En conjunto, los datos obtenidos sugieren que la elección del protocolo de irrigación no debe considerarse un paso aislado del tratamiento endodóntico o restaurador, sino un determinante directo del comportamiento de la interfaz adhesiva en dentina profunda.

Conclusiones

1. El protocolo de irrigación cavitaria influye en la resistencia de unión de los sistemas adhesivos universales aplicados sobre dentina profunda.

2. La irrigación con hipoclorito de sodio mostró una tendencia a reducir los valores de adhesión en comparación con el grupo control.

3. La combinación de NaOCl seguido de EDTA permitió obtener valores de resistencia de unión comparables al grupo control.

4. El envejecimiento mediante termociclado produjo una disminución general en la resistencia de unión, aunque los sistemas adhesivos evaluados mantuvieron un comportamiento relativamente estable.

Referencias

- Breschi, L., Maravic, T., Cunha, S. R., Comba, A., Cadenaro, M., Tjäderhane, L., Pashley, D. H., Tay, F. R., Mazzoni, A., & Ferrari, M. (2018). Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. *Dental Materials*, 34(1), 78-96. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.11.005>
- Carvalho, M. A. D., Lazari, P. C., Gresnigt, M., Del Bel Cury, A. A., & Magne, P. (2018). Current options concerning endodontically treated teeth restoration with the adhesive approach. *Brazilian Oral Research*, 32, e74. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0074>
- Cecchin, D., Farina, A. P., & Bedran-Russo, A. K. (2018). Efficacy of natural collagen crosslinkers on the compromised adhesive bond strength to NaOCl-treated pulp chamber dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 20*(4), 365–369. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41060>
- Estrela, C., Estrela, C. R. A., Barbin, E. L., Spanó, J. C. E., Marchesan, M. A., & Pécora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 13(2), 113-117.
- Estrela, C., Holland, R., Estrela, C. R. A., Alencar, A. H. G., Sousa-Neto, M. D., & Pécora, J. D. (2014). Characterization of successful root canal treatment. *Brazilian Dental Journal*, 25(1), 3-11. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302350>
- Fazelian, N., Rahimi Dashtaki, A., Eftekharian, M. A., & Amiri, B. (2022). Influence of chlorhexidine 2% and sodium hypochlorite 5.25% on micro-tensile bond strength of universal adhesive system (G-Premio Bond). *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 21, e227932. <http://dx.doi.org/10.20396/bjos.v21i00.8667932>
- Frankenberger, R., Winter, J., Dudek, M.-C., Naumann, M., Amend, S., Braun, A., Krämer, N., & Roggendorf, M. J. (2021). Post-fatigue fracture and marginal behavior of

- endodontically treated teeth: Partial crown vs. full crown vs. endocrown vs. fiber-reinforced resin composite. *Materials*, 14, 7733. <https://doi.org/10.3390/ma14247733>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 291-312. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
- Hand, R. E., Smith, M. L., & Harrison, J. W. (1978). Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 4(2), 60-64. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(78\)80211-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(78)80211-X)
- Morris, M. D., Lee, K. W., Agee, K. A., Bouillaguet, S., & Pashley, D. H. (2001). Effects of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *Journal of Endodontics*, 27(11), 753-757. <https://doi.org/10.1097/00004770-200111000-00007>
- Nair, P. N. R., Henry, S., Cano, V., & Vera, J. (2005). Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after one-visit endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 99(2), 231-252. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.07.011>
- Par, M., Steffen, T., Dogan, S., Walser, N., & Tauböck, T. T. (2024). Effect of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid, and dual-rinse irrigation on dentin adhesion using an etch-and-rinse or self-etch approach. *Scientific Reports*, 14, 6315. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57009-x>
- Pérez-Soto, E., Bourgi, R., Hardan, L., Cuevas-Suarez, C. E., Monjás-Ávila, A. J., Fernández-Barrera, M. Á., Nassar, N., Lukomska-Szymanska, M., Daoui, R., Kharouf, N., & Haikel, Y. (2025). Bonding to demineralized dentin: Impact of immediate and delayed dentin sealing over time. *Dentistry Journal*, 13, 354. <https://doi.org/10.3390/dj13080354>

- Sano, H., Chowdhury, A. F. M. A., Saikaew, P., Matsumoto, M., Hoshika, S., & Yamauti, M. (2020). The microtensile bond strength test: Its historical background and application to bond testing. *Japanese Dental Science Review*, 56(1), 24-31.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2019.09.001>
- Santos, J. N., Carrilho, M. R., De Goes, M. F., Zaia, A. A., Gomes, B. P. F. A., Souza-Filho, F. J., & Ferraz, C. C. R. (2006). Effect of chemical irrigants on the bond strength of a self-etching adhesive to pulp chamber dentin. *Journal of Endodontics*, 32(11), 1088-1090.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.06.004>
- Seballos, V. G., Barreto, M. S., Da Rosa, R. R. A., Machado, E., Valandro, L. F., & Kaizer, O. B. (2018). Effect of post-space irrigation with NaOCl and CaOCl at different concentrations on the bond strength of posts cemented with a self-adhesive resin cement. *Brazilian Dental Journal*, 29(5), 446-451. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201801931>
- Shipper, G., & Trope, M. (2004). In vitro microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 30(3), 154-158.
<https://doi.org/10.1097/00004770-200403000-00006>
- Triani, F., Pereira da Silva, L., Ferreira Lemos, B., Domingues, J., Teixeira, L., & Manarte-Monteiro, P. (2022). Universal adhesives: Evaluation of the relationship between bond strength and application strategies-A systematic review and meta-analyses. *Coatings*, 12, 1501. <https://doi.org/10.3390/coatings12101501>
- Yuan, Y., Intajak, P., Islam, R., Ting, S., Matsumoto, M., Hoshika, S., & Sano, H. (2023). Effect of sodium hypochlorite on bonding performance of universal adhesives to pulp chamber dentin. *Journal of Dental Sciences*, 18(3), 1116-1124.