



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA, COSMÉTICA,
RESTAURADORA E IMPLANTOLOGÍA

TESIS DE ESPECIALIDAD
**EFFECTO DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DE ÁCIDO
FOSFÓRICO SOBRE LA MICRORRUGOSIDAD DEL ESMALTE Y LA
DENTINA: ESTUDIO EXPERIMENTAL MEDIANTE MICROSCOPIA
DE FUERZA ATÓMICA**

PRESENTA
MONSERRAT RAMÍREZ RODRÍGUEZ

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P., MÉXICO, JULIO DE 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA, COSMÉTICA,
RESTAURADORA E IMPLANTOLOGÍA

TESIS DE ESPECIALIDAD

**EFFECTO DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DE ÁCIDO
FOSFÓRICO SOBRE LA MICRORRUGOSIDAD DEL ESMALTE Y LA
DENTINA: ESTUDIO EXPERIMENTAL MEDIANTE MICROSCOPIA
DE FUERZA ATÓMICA**

PRESENTA

MONSERRAT RAMÍREZ RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Francisco Javier Gutiérrez Cantú

CODIRECTOR

Dr. Jairo Mariel Cárdenas

© Copyright

Julio 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA, COSMÉTICA, RESTAURADORA E
IMPLANTOLOGÍA

TESIS DE ESPECIALIDAD
**EFFECTO DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DE ÁCIDO FOSFÓRICO
SOBRE LA MICRORRUGOSIDAD DEL ESMALTE Y LA DENTINA: ESTUDIO
EXPERIMENTAL MEDIANTE MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

PRESENTA

MONSERRAT RAMÍREZ RODRÍGUEZ

AUTORIDADES:

M.C. Alan Martínez Zumarán
Director de la Facultad

Dra. Rita Elizabeth Martínez Martínez
Secretaria General de la Facultad

Dr. Francisco Javier Gutiérrez Cantú
Jefe de Posgrados de la Facultad

E.O.R. Everardo Ruiz Cruz
Coordinador de la Especialidad

San Luis Potosí, S. L. P., México, julio 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA, COSMÉTICA, RESTAURADORA E
IMPLANTOLOGÍA

TESIS DE ESPECIALIDAD

**EFFECTO DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DE ÁCIDO FOSFÓRICO
SOBRE LA MICRORRUGOSIDAD DEL ESMALTE Y LA DENTINA: ESTUDIO
EXPERIMENTAL MEDIANTE MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

PRESENTA
MONSERRAT RAMÍREZ RODRÍGUEZ

Director de Tesis

Francisco Javier Gutiérrez Cantú

Codirector:

Dr. Jairo Mariel Cárdenas

Firmas

San Luis Potosí, S. L. P., México, Julio 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA, COSMÉTICA, RESTAURADORA E
IMPLANTOLOGÍA

TESIS DE ESPECIALIDAD

**EFFECTO DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DE ÁCIDO FOSFÓRICO
SOBRE LA MICRORRUGOSIDAD DEL ESMALTE Y LA DENTINA: ESTUDIO
EXPERIMENTAL MEDIANTE MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

PRESENTA
MONSERRAT RAMÍREZ RODRÍGUEZ

Sinodales:

Dr. Ricardo Oliva Rodríguez
Presidente

E.O.R Everardo Ruiz Cruz
Secretario

M.E.P Gabriela Torre Delgadillo
Vocal

Dr. Abraham Israel Muñoz Ruiz
Sinodal Suplente

San Luis Potosí, S. L. P., México, Julio 2026



Efecto de diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico sobre la microrrugosidad del esmalte y la dentina: Estudio experimental mediante microscopía de fuerza atómica © 2026 por Monserrat Ramírez Rodríguez se distribuye bajo Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Para ver una copia de esta licencia, visite

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMIENTOS

Hoy concluyo una etapa importante, mi especialidad. Este logro no solo representa un crecimiento académico, sino también personal aplicando, desarrollando e incluso fortaleciendo valores, un camino lleno de retos, aprendizajes y esfuerzo constante

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas principales, mis papás, por su apoyo incondicional, por cada sacrificio y comprensión en todo momento para alcanzar mis metas y por creer en mí incluso en los días más difíciles. Su respaldo, tanto emocional como económico, ha sido fundamental para mi formación tanto personal como profesional, con gran profunda gratitud y admiración, gracias por siempre estar a mi lado.

A mis hermanas, gracias por estar siempre presentes, por acompañarme en los momentos de dificultad y por hacer más amenos los días complicados. Gracias por escucharme, por su cariño y paciencia.

A mis docentes del posgrado, mi agradecimiento por su entrega y vocación. Gracias por compartir su conocimiento, por su disposición constante para enseñar y guiar, por sus consejos en situaciones clínicas complejas. Su acompañamiento ha sido clave en mi formación profesional.

A mis compañeros, gracias por ser parte de este proceso. En donde terminamos acompañándonos y apoyándonos en buenos, así como en caóticos momentos, por el aprendizaje compartido, conversaciones valiosas, y experiencias que hicieron este camino más llevadero y significativo.

Hoy celebro este logro con gratitud, sabiendo que no es solo mío, sino de todas las personas que me acompañaron y creyeron en mí a lo largo de este camino.

RESUMEN

Introducción: El ácido fosfórico es un agente acondicionador fundamental en odontología restauradora adhesiva, ya que modifica la superficie del esmalte y la dentina mediante desmineralización controlada. Aunque diferentes productos comerciales presentan concentraciones similares, sus formulaciones pueden variar en viscosidad, agentes espesantes y componentes complementarios, lo que podría modificar la microrrugosidad superficial y la microdureza de los tejidos dentales.

Objetivo: Comparar el efecto de diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico sobre la microrrugosidad superficial y la microdureza del esmalte y la dentina mediante microscopía de fuerza atómica, rugosimetría de contacto y microdureza Vickers.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio experimental in vitro con 16 piezas dentales humanas permanentes, de las cuales se obtuvieron 48 muestras distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos experimentales: Scotchbond Universal Etchant (3M), Ultra-Etch (Ultradent), ETCH-37 con BAC (BISCO) y Prime Dent Etchant Gel. Las superficies de esmalte y dentina fueron evaluadas antes y después del grabado ácido. La microrrugosidad se determinó mediante AFM en áreas de $60 \times 60 \mu\text{m}$, considerando el parámetro S_q como indicador principal de microrrugosidad; la rugosidad lineal se evaluó con rugosímetro mediante R_a , y la microdureza se determinó mediante prueba Vickers. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva. La normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para la comparación antes y después del grabado ácido se emplearon pruebas no paramétricas para muestras relacionadas, y para la comparación entre grupos se utilizaron pruebas no paramétricas de comparación intergrupar. Se consideró significancia estadística cuando $p \leq 0,05$.

Resultados: Mediante AFM se observaron cambios significativos en dentina para Scotchbond y Prime Dent, mientras que en esmalte las diferencias fueron significativas para Scotchbond, BISCO y Prime Dent. En rugosimetría, la dentina no presentó cambios significativos antes y después del grabado, mientras que el esmalte mostró diferencias significativas con Scotchbond y Ultra-Etch. En microdureza Vickers, Ultra-Etch, BISCO y

Prime Dent produjeron disminuciones significativas tanto en dentina como en esmalte, mientras que Scotchbond no mostró disminución significativa.

Se analizaron los cambios producidos por el grabado con ácido fosfórico sobre dentina y esmalte mediante tres métodos de evaluación: microscopía de fuerza atómica, rugosimetría de contacto y microdureza Vickers. Los resultados se organizaron en estadística descriptiva, comparación antes-después por tratamiento, comparación entre tratamientos y comparación entre dentina y esmalte. Los tratamientos evaluados fueron Scotchbond, Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para las comparaciones antes-después se empleó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas; para la comparación entre tratamientos se utilizó Kruskal-Wallis con comparaciones post hoc ajustadas. Se consideró diferencia estadísticamente significativa cuando $p \leq 0,05$.

ÍNDICE

Tabla de contenido	
RESUMEN	1
ÍNDICE.....	3
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE SÍMBOLOS / NOMENCLATURAS	7
ANTECEDENTES	8
1. Esmalte y dentina como sustratos para el grabado ácido	8
2. Ácido fosfórico y formulaciones comerciales	8
3. Rugosidad superficial, microrrugosidad y microdureza.....	9
4. Métodos de evaluación superficial	9
5. Vacío de conocimiento y pertinencia del estudio	10
JUSTIFICACIÓN.....	11
HIPÓTESIS	12
Hipótesis alternativa	12
Hipótesis nula	12
Hipótesis secundaria	12
OBJETIVOS	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Diseño del estudio	14
Muestra	14

Preparación y almacenamiento	14
Evaluación mediante microscopía de fuerza atómica.....	17
Evaluación de microdureza Vickers	18
Evaluación mediante rugosimetría de contacto	20
Análisis estadístico	23
CONSIDERACIONES ÉTICAS	23
RESULTADOS	25
Microscopía de fuerza atómica.....	25
Rugosímetro	28
Microdurómetro Vickers.....	31
DISCUSIÓN	35
CONCLUSIONES.....	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS	45

LISTA DE CUADROS

Tabla I .Estadística descriptiva de microrrugosidad superficial mediante AFM.....	25
Tabla II Comparación antes-después mediante AFM por tratamiento	26
Tabla III . Comparaciones entre tratamientos mediante AFM	27
Tabla IV . Comparación dentina-esmalte mediante AFM por tratamiento.....	28
Tabla V Estadística descriptiva de rugosidad superficial mediante rugosimetría.....	28
Tabla VI . Comparación antes-después de Ra por tratamiento.....	29
Tabla VII . Comparaciones entre tratamientos	30
Tabla VIII . Comparación dentina vs esmalte por tratamiento	31
Tabla IX . Estadística descriptiva de microdureza Vickers	31
Tabla X . Comparación antes-después por tratamiento	33
Tabla XI . Comparaciones de microdureza Vickers entre tratamientos.....	33
Tabla XII . Comparación dentina-esmalte de microdureza Vickers por tratamiento	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Preparación de las piezas dentales y obtención de las muestras para el análisis experimental.	15
Figura 2 Distribución experimental de las muestras en los cuatro grupos de tratamiento con ácido fosfórico.	17
Figura 3 . Procedimiento de tratamiento y evaluación de las muestras del grupo Scotchbond Universal Etchant.	18
Figura 4 . Procedimiento de tratamiento y evaluación de las muestras del grupo Ultra-Etch.	19
Figura 5 . Procedimiento de tratamiento y evaluación de las muestras del grupo ETCH-37 con BAC.	20
Figura 6 . Procedimiento de tratamiento y evaluación de las muestras del grupo Prime Dent Etchant Gel.	21
Figura 7 Esquema resumiendo metodología	22

LISTA DE SÍMBOLOS / NOMENCLATURAS

AFM: Microscopía de fuerza atómica.

Sa: Altura media aritmética de la superficie.

Sq: Raíz cuadrática media de las alturas superficiales.

Ra: Rugosidad media aritmética de un perfil lineal.

HV: Unidades de dureza Vickers.

MDP: 10-metacriloiloxidecil dihidrógeno fosfato.

SEM/MEB: Microscopía electrónica de barrido.

p: Nivel de significancia estadística.

ANTECEDENTES

1. Esmalte y dentina como sustratos para el grabado ácido

El esmalte y la dentina son los principales sustratos sobre los que se realiza el acondicionamiento ácido en odontología restauradora. El esmalte presenta alto contenido mineral, principalmente hidroxiapatita, y una organización prismática que favorece la formación de microporosidades después del contacto con ácido fosfórico. Estas microporosidades incrementan la energía superficial y facilitan la retención micromecánica de los sistemas adhesivos; sin embargo, una desmineralización excesiva puede modificar la topografía y reducir propiedades mecánicas como la microdureza (1,2).

La dentina, en contraste, es un tejido mineralizado hidratado con mayor contenido orgánico, presencia de túbulos dentinarios y matriz colágena. Por ello, su respuesta al grabado ácido es más compleja que la del esmalte: el ácido puede eliminar o modificar el barrillo dentinario, desmineralizar la dentina intertubular y exponer fibras colágenas. Estas características justifican que esmalte y dentina sean evaluados por separado cuando se estudia el efecto de agentes grabadores (3).

2. Ácido fosfórico y formulaciones comerciales

El grabado con ácido fosfórico se consolidó como un procedimiento fundamental para mejorar la retención micromecánica en esmalte y, bajo protocolos controlados, para acondicionar dentina en sistemas adhesivos de grabado y enjuague (4-6). En la actualidad, los adhesivos universales permiten distintas estrategias clínicas; no obstante, el grabado selectivo o total con ácido fosfórico continúa siendo relevante, especialmente cuando se busca modificar la superficie del esmalte y mejorar la interacción con sistemas adhesivos contemporáneos (7,8).

Aunque los ácidos fosfóricos comerciales suelen presentar concentraciones similares, no son materiales idénticos. Cada producto puede variar en concentración declarada, pH efectivo, viscosidad, pigmentos, agentes espesantes, polímeros, aditivos y comportamiento tixotrópico. Estas diferencias pueden modificar la humectación, permanencia, penetración y remoción del

gel sobre esmalte y dentina, influyendo en la rugosidad superficial y en la microdureza posterior al acondicionamiento (9-11).

En el presente estudio se compararon cuatro grabadores comerciales: Scotchbond Universal Etchant, Ultra-Etch, ETCH-37 con BAC y Prime Dent Etchant Gel. Estos productos comparten el uso de ácido fosfórico como componente principal, pero difieren en formulación y características de manipulación; por ello, no deben considerarse equivalentes únicamente por su concentración nominal (24-27).

3. Rugosidad superficial, microrrugosidad y microdureza

El grabado ácido produce cambios morfológicos en la superficie dental. En esmalte, puede generar patrones de disolución prismática y aumento de irregularidades superficiales; en dentina, puede modificar la fase mineral y exponer una matriz orgánica más susceptible a alteraciones mecánicas. El tiempo de aplicación y la formulación del ácido influyen en la intensidad de estos cambios, por lo que la evaluación topográfica y mecánica resulta necesaria para comparar agentes grabadores (12,13).

La rugosidad puede evaluarse mediante parámetros lineales y areales. Ra expresa la rugosidad media aritmética de un perfil lineal, mientras que Sa y Sq describen la topografía de un área tridimensional; Sa corresponde a la altura media aritmética y Sq a la raíz cuadrática media de las alturas superficiales. Estos parámetros no son intercambiables, ya que dependen de la técnica y de la escala de medición utilizada (18,19).

La microdureza Vickers permite estimar la resistencia del esmalte y la dentina a la deformación producida por una carga controlada. En general, la desmineralización ácida puede disminuir la microdureza, mientras que la pérdida mineral superficial puede aumentar la rugosidad. Sin embargo, la relación entre rugosidad y microdureza no siempre es proporcional, por lo que ambas variables deben analizarse de manera complementaria (16,17,20-22).

4. Métodos de evaluación superficial

La microscopía de fuerza atómica permite obtener imágenes tridimensionales y mediciones cuantitativas de topografía con resolución nanométrica, por lo que es útil para detectar cambios sutiles generados por el grabado ácido. La rugosimetría de contacto complementa esta información mediante mediciones lineales de Ra en micrómetros, mientras que la microdureza

Vickers evalúa el efecto mecánico de la desmineralización. La combinación de estas técnicas permite caracterizar de manera integral los cambios superficiales y mecánicos del esmalte y la dentina (14-16,18,19,23).

5. Vacío de conocimiento y pertinencia del estudio

Aunque existen estudios sobre el efecto del ácido fosfórico en tejidos dentales, la evidencia comparativa entre marcas comerciales específicas sigue siendo limitada, especialmente cuando se analizan conjuntamente microrrugosidad mediante AFM, rugosidad lineal mediante rugosimetría y microdureza Vickers. Debido a que los ácidos fosfóricos comerciales presentan diferencias en concentración declarada, viscosidad, agentes espesantes, pigmentos y comportamiento tixotrópico, resulta necesario evaluar si dichas variaciones modifican de manera diferenciada la microrrugosidad superficial y la microdureza del esmalte y la dentina.

Por ello, el presente estudio compara cuatro marcas comerciales de ácido fosfórico con el propósito de determinar si sus efectos sobre esmalte y dentina pueden considerarse equivalentes o si existen diferencias relevantes entre formulaciones. Esta información puede contribuir a una selección más racional de agentes grabadores en procedimientos adhesivos, sin asumir que productos con concentraciones cercanas generan necesariamente el mismo efecto topográfico y mecánico.

JUSTIFICACIÓN

El ácido fosfórico continúa siendo uno de los agentes acondicionadores más utilizados en odontología restauradora adhesiva, debido a su capacidad para modificar la superficie del esmalte y la dentina mediante una desmineralización controlada que favorece la retención micromecánica de los sistemas adhesivos. Sin embargo, aunque los productos comerciales suelen presentar concentraciones similares, sus formulaciones pueden diferir en viscosidad, agentes espesantes, pigmentos, componentes tixotrópicos y características de manipulación clínica. Estas diferencias podrían influir en el patrón de grabado, la microrrugosidad superficial y la microdureza de los tejidos dentales.

La evidencia disponible ha demostrado que el tiempo de aplicación, la concentración del ácido y las características del sustrato dental modifican la respuesta del esmalte y la dentina al acondicionamiento ácido. No obstante, existe información comparativa limitada sobre el efecto que producen distintas marcas comerciales de ácido fosfórico sobre la microrrugosidad y la microdureza de ambos tejidos dentales, especialmente cuando se emplean técnicas de alta resolución como la microscopía de fuerza atómica, complementada con rugosimetría y microdureza Vickers.

La evaluación conjunta de estos parámetros resulta relevante porque la rugosidad superficial permite conocer los cambios topográficos inducidos por el grabado ácido, mientras que la microdureza permite valorar el posible efecto de la desmineralización sobre la resistencia mecánica del esmalte y la dentina. Por lo anterior, el presente estudio se justifica por la necesidad de generar evidencia experimental que permita comparar el efecto de diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico y aportar información útil para la selección racional de agentes grabadores en procedimientos adhesivos.

Aunque existen estudios sobre el efecto del ácido fosfórico en esmalte o dentina, la evidencia comparativa entre marcas comerciales específicas es limitada, especialmente cuando se analizan de forma conjunta parámetros topográficos tridimensionales mediante AFM, rugosidad lineal mediante rugosimetría y microdureza Vickers. Por ello, este estudio aporta información experimental relevante para comprender si los grabadores comerciales pueden considerarse equivalentes o si producen efectos diferenciados sobre los tejidos dentales.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa

Existen diferencias estadísticamente significativas en los cambios de microrrugosidad superficial y microdureza del esmalte y la dentina antes y después del grabado ácido, según la marca comercial de ácido fosfórico utilizada.

Hipótesis nula

No existen diferencias estadísticamente significativas en los cambios de microrrugosidad superficial y microdureza del esmalte y la dentina antes y después del grabado ácido, según la marca comercial de ácido fosfórico utilizada.

Hipótesis secundaria

Los cambios de rugosidad superficial posteriores al grabado ácido se relacionan parcialmente con los cambios de microdureza del esmalte y la dentina; sin embargo, la magnitud de dicha relación puede variar según la marca comercial de ácido fosfórico y el tejido dental evaluado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Comparar el efecto de diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico sobre la microrrugosidad superficial y la microdureza del esmalte y la dentina antes y después del grabado ácido, mediante microscopía de fuerza atómica, rugosimetría de contacto y microdureza Vickers.

Objetivos específicos

1. Evaluar la microrrugosidad superficial del esmalte y la dentina antes y después del grabado ácido mediante AFM.
2. Comparar los parámetros S_a y S_q entre las diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico.
3. Determinar la rugosidad superficial R_a del esmalte y la dentina antes y después del grabado ácido mediante rugosimetría de contacto.
4. Determinar la microdureza Vickers del esmalte y la dentina antes y después del grabado ácido.
5. Comparar los cambios topográficos y mecánicos entre esmalte y dentina.
6. Identificar qué marca comercial produce mayor modificación superficial y mayor disminución de microdureza.
7. Analizar la relación entre los cambios de rugosidad y microdureza posteriores al grabado ácido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó un estudio cuantitativo, experimental, comparativo e in vitro, con mediciones antes y después del grabado ácido. El estudio fue diseñado para evaluar el efecto de diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico sobre la microrrugosidad superficial y la microdureza del esmalte y la dentina. Las evaluaciones se realizaron mediante microscopía de fuerza atómica, rugosimetría de contacto y microdureza Vickers. El procedimiento experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Nanomateriales y en el Laboratorio de Metrología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Las mediciones fueron realizadas bajo un esquema de evaluación a ciegas; durante el análisis, el operador desconocía la distribución de las muestras entre los grupos experimentales y el tipo de ácido asignado a cada una.

Muestra

Se utilizaron 16 piezas dentales humanas permanentes extraídas por motivos ortodónticos o terapéuticos. Se incluyeron incisivos, caninos, premolares y molares provenientes de pacientes adultos. Se seleccionaron piezas dentales sin caries visible, sin restauraciones, sin fracturas y sin alteraciones estructurales evidentes. Se excluyeron dientes con caries, restauraciones previas, fracturas, fisuras, defectos estructurales, alteraciones del desarrollo o almacenamiento inadecuado.

Preparación y almacenamiento

Posterior a la exodoncia, las piezas dentales se limpiaron con curetas periodontales para retirar restos de tejido blando, cálculo o material orgánico adherido. Posteriormente, fueron desinfectadas en solución de timol al 0,5% y almacenadas en solución salina a temperatura ambiente hasta su preparación. Las piezas fueron seccionadas a nivel de la unión amelocementaria mediante disco de diamante bajo refrigeración constante. Después se realizaron cortes longitudinales en sentido mesiodistal, obteniéndose tres secciones por diente,

para un total de 48 muestras. Cada muestra fue montada en un bloque de acrílico, sometida a baño ultrasónico y almacenada nuevamente en solución salina hasta su evaluación. Fig.1

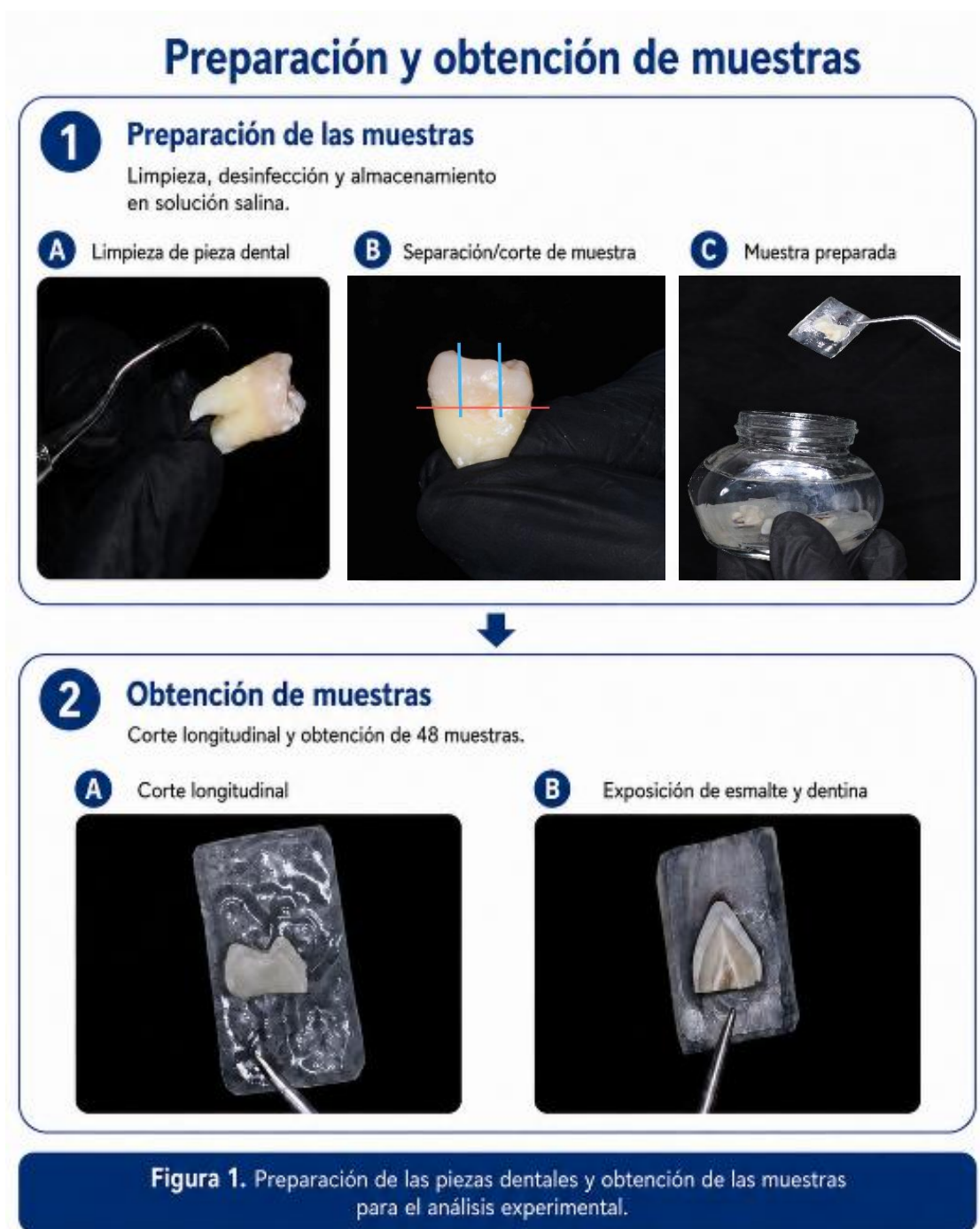


Figura 1. Preparación de las piezas dentales y obtención de las muestras para el análisis experimental.

Distribución experimental y agentes grabadores

Las 48 muestras fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos experimentales de 12 muestras cada uno. El Grupo 1 correspondió a Scotchbond Universal Etchant; el Grupo 2 a Ultra-Etch; el Grupo 3 a ETCH-37 con BAC de BISCO; y el Grupo 4 a Prime Dent Etchant Gel. Cada muestra fue evaluada en esmalte y dentina antes y después del procedimiento de grabado ácido. El protocolo de aplicación se realizó de acuerdo con las instrucciones de cada fabricante, considerando tiempos de grabado de 15 segundos en esmalte y dentina, excepto cuando la indicación técnica del producto especificó tiempos diferentes para esmalte no cortado. Fig.2

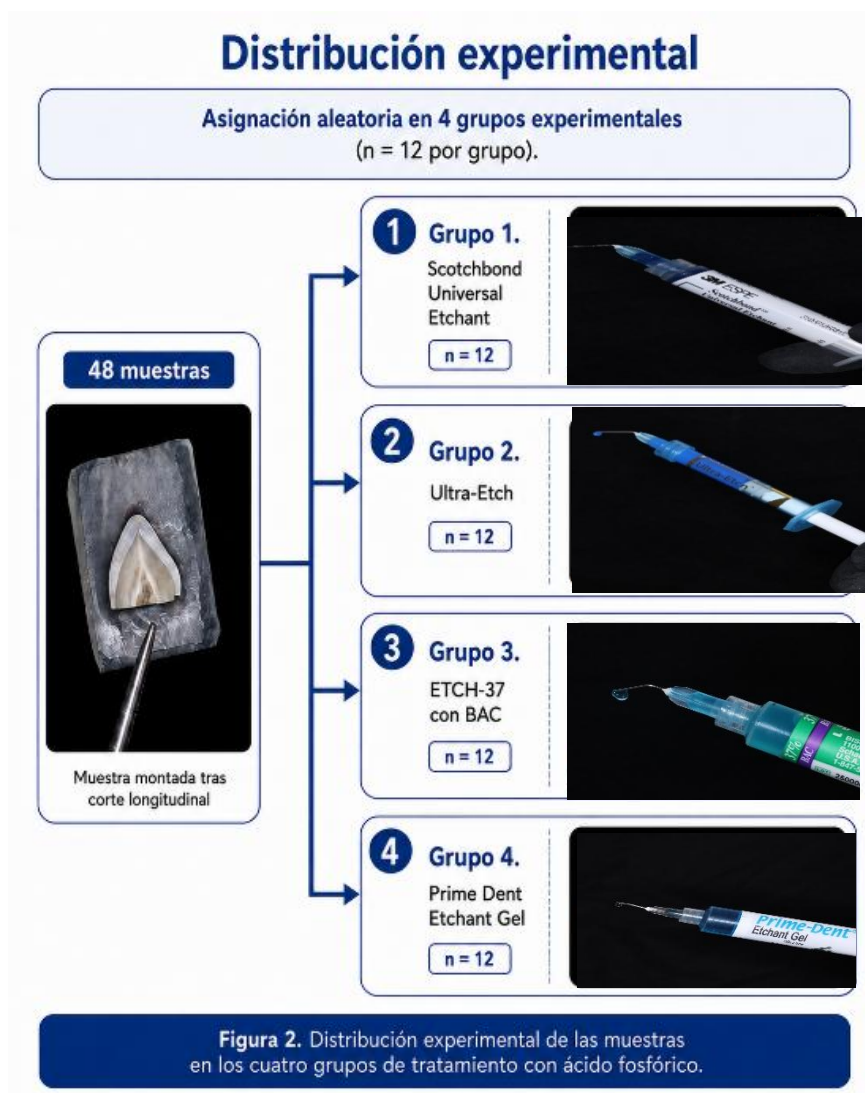


Figura 2 Distribución experimental de las muestras en los cuatro grupos de tratamiento con ácido fosfórico.

Evaluación mediante microscopía de fuerza atómica

Las imágenes tridimensionales fueron procesadas mediante el software Gwyddion 2,1. Los parámetros analizados fueron S_a y S_q ; para la presentación de resultados se reportó S_q como indicador principal de microrrugosidad superficial. S_a correspondió a la altura media aritmética de la superficie evaluada, mientras que S_q correspondió a la raíz cuadrática media de las alturas superficiales dentro del área analizada. Fig. 3,4,5,6.

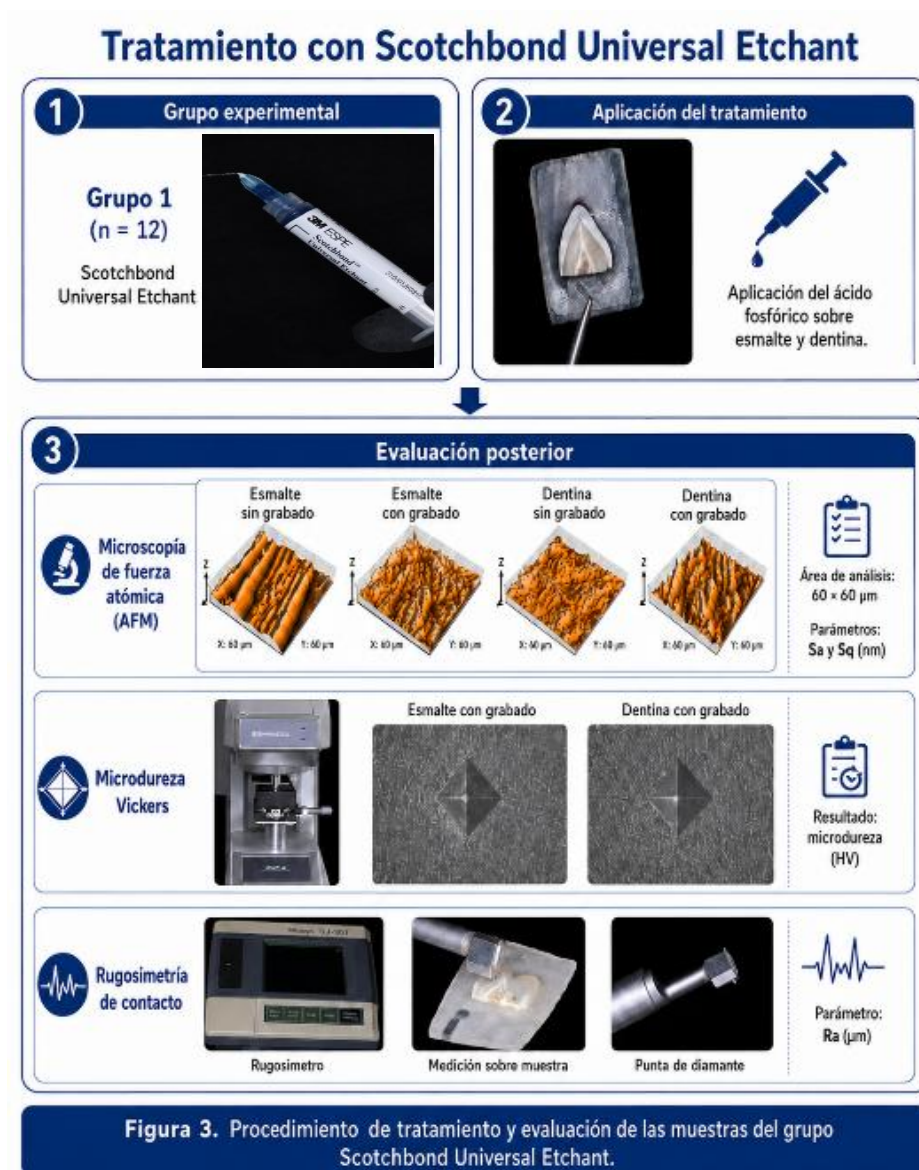
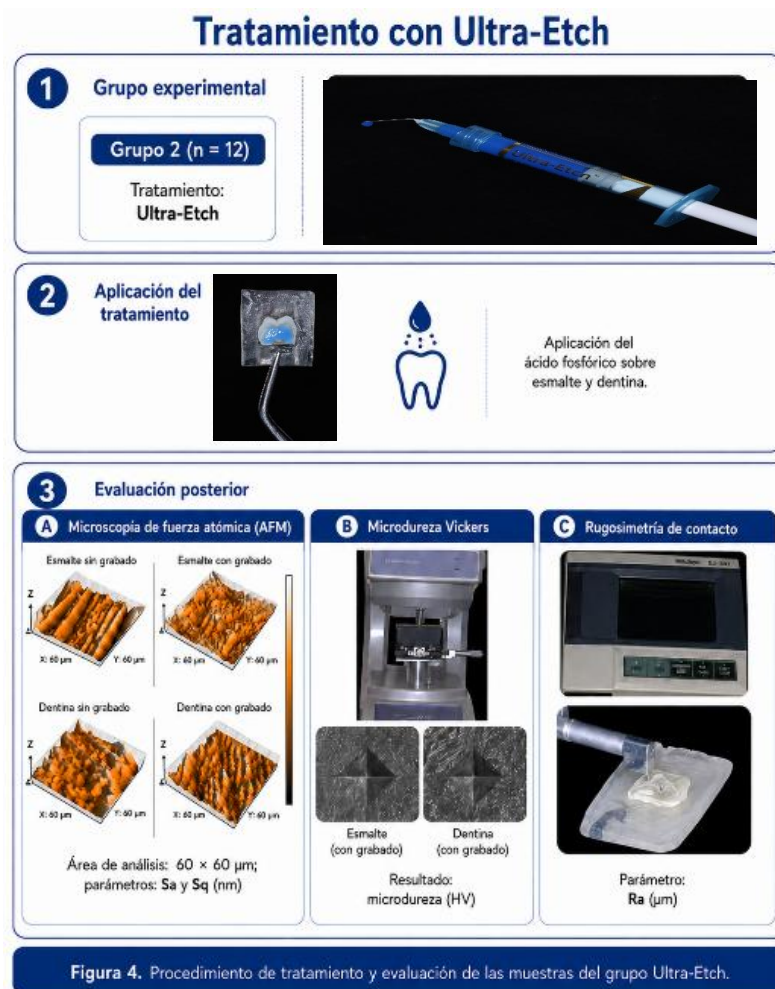


Figura 3 . Procedimiento de tratamiento y evaluación de las muestras del grupo Scotchbond Universal Etchant.

Evaluación de microdureza Vickers

La microdureza del esmalte y la dentina fue evaluada mediante un microdurómetro Vickers Hardness Tester Shimadzu HMV-G Series, utilizando el software HMV Test. Las mediciones se realizaron antes y después del grabado ácido en cada muestra. Se aplicó una carga de 980,7 mN, equivalente a HV 0,1, tanto en esmalte como en dentina, con un tiempo de indentación de 15 segundos. Se descartaron indentaciones localizadas en los bordes de la muestra, superpuestas, incompletas o irregulares. Se mantuvo una distancia mínima entre indentaciones equivalente a tres veces la longitud promedio de la diagonal de la huella, con el propósito de evitar la superposición de zonas de deformación. Fig. 3,4,5,6.



Evaluación mediante rugosimetría de contacto

La rugosidad superficial lineal fue evaluada mediante rugosímetro Mitutoyo SJ-301. El equipo funciona por contacto mediante un palpador con punta de diamante de radio de $2\text{ }\mu\text{m}$ y ángulo de 90° . Las mediciones se realizaron mediante desplazamiento lineal del palpador sobre la superficie de la muestra. Se empleó una longitud de corte λ_c de $0,25\text{ mm}$, seleccionada de acuerdo con la norma ISO 4288 para superficies con irregularidad moderada. La longitud de evaluación se ajustó al área plana disponible, estableciéndose un recorrido aproximado de $2,5\text{ mm}$ para garantizar al menos cinco longitudes de muestreo por medición. El parámetro registrado fue R_a , expresado en micrómetros. Fig. 3,4,5,6.

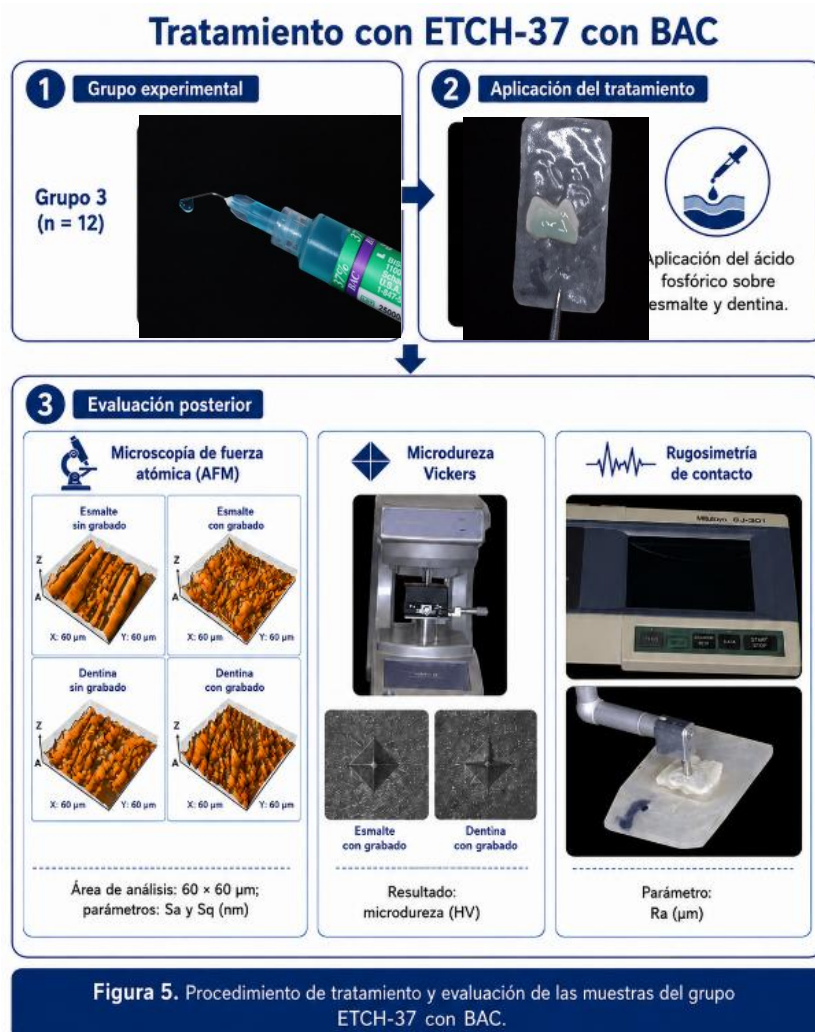


Figura 5 . Procedimiento de tratamiento y evaluación de las muestras del grupo ETCH-37 con BAC.



Figura 6 .Procedimiento de tratamiento y evaluación de las muestras del grupo Prime Dent Etchant Gel.

Figura 1. Descripción general del estudio, hallazgos representativos de AFM y resumen de los efectos inmediatos de los grabadores comerciales de ácido fosfórico.

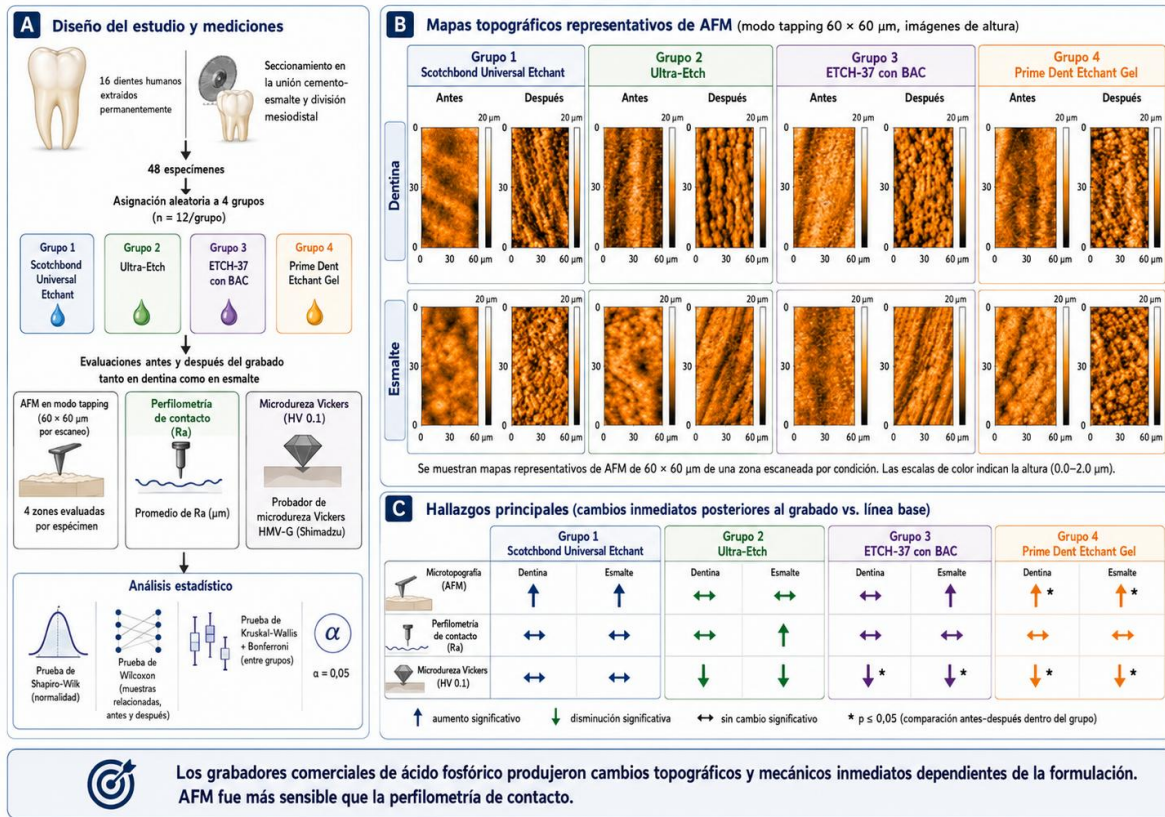


Figura 7 Esquema resumiendo metodología

Análisis estadístico

Los datos fueron organizados de acuerdo con grupo experimental, tejido dental, momento de medición y técnica empleada. Se realizó estadística descriptiva mediante media, error estándar, desviación estándar, mínimo, mediana y máximo. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Debido al tamaño muestral y a la distribución de los datos, se emplearon pruebas no paramétricas. Para comparar las mediciones antes y después del grabado ácido dentro de cada grupo se utilizó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Para comparar las diferencias entre las marcas comerciales se empleó la prueba de Kruskal-Wallis y, cuando se identificaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones post hoc con ajuste de Bonferroni. El nivel de significancia estadística se estableció en $p \leq 0,05$.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio se apegó a los principios éticos, legales y científicos que regulan la investigación para la salud en México. Se realizó conforme a lo establecido en la Ley General de Salud, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos.

De acuerdo con el artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, este estudio se clasificó como investigación sin riesgo, debido a que no se realizó ninguna intervención o modificación intencionada en individuos vivos. La investigación se efectuó únicamente con piezas dentales humanas extraídas previamente por indicación clínica, terapéutica u ortodóntica, sin que la extracción estuviera motivada por los fines del presente estudio.

Previo al uso de las muestras, se obtuvo consentimiento informado por escrito de los pacientes o, en su caso, del responsable legal correspondiente. Se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los participantes mediante codificación alfanumérica de las piezas dentales, evitando el uso de nombres, expedientes clínicos o cualquier dato que permitiera identificar directamente a los pacientes.

El manejo de las muestras biológicas se realizó bajo condiciones de bioseguridad. Las piezas dentales excluidas, restos biológicos, materiales contaminados y residuos generados durante la

preparación experimental fueron manejados como residuos peligrosos biológico-infecciosos, conforme a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Los residuos fueron separados, identificados, almacenados temporalmente y entregados a una empresa autorizada para su recolección, tratamiento y disposición final.

La elaboración de este estudio no contó con financiamiento externo de ninguna institución pública, privada o comercial. Los recursos necesarios para su desarrollo fueron cubiertos mediante apoyo institucional en infraestructura y equipo, así como por aportación de la alumna para la adquisición de insumos. Los investigadores declararon no tener conflicto de interés financiero, comercial, académico o personal con las marcas comerciales de ácido fosfórico utilizadas.

Previo al inicio de la investigación, el protocolo fue sometido a evaluación por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. El comité revisó los aspectos éticos, legales y de bioseguridad del proyecto, y otorgó aprobación para la realización del estudio, quedando registrado con la clave CONBIOÉTICA-24-CEI001-20190213. (Anexo 1)

RESULTADOS

Se analizaron los cambios producidos por el grabado con ácido fosfórico sobre dentina y esmalte mediante tres métodos de evaluación: microscopía de fuerza atómica, rugosímetro y microdurómetro de Vickers. Los resultados se organizaron en estadística descriptiva, comparación antes vs después por tratamiento, comparación entre tratamientos y comparación entre dentina y esmalte. Los tratamientos evaluados fueron Scotchbond, Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent. La normalidad de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk y las comparaciones se realizaron mediante las pruebas no paramétricas correspondientes.

Microscopía de fuerza atómica.

Tabla I .Estadística descriptiva de microrrugosidad superficial mediante AFM

Tejido	Tiempo	Tratamiento	Media	Error	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
Dentina	Antes	Scotchbond	112,9	12,8	42,6	71,0	103,0	190,0
		Ultra-Etch	315,7	48,0	159,3	120,0	304,0	598,0
		BISCO	296,5	37,4	124,1	140,0	318,0	499,0
		Prime Dent	205,2	28,1	93,2	85,0	214,0	347,0
	Después	Scotchbond	400,5	30,2	100,1	230,0	382,0	594,0
		Ultra-Etch	296,1	18,1	60,0	229,0	276,0	422,0
		BISCO	380,0	28,6	94,9	262,0	351,0	602,0
		Prime Dent	325,0	16,4	54,4	246,0	317,0	413,0
Esmalte	Antes	Scotchbond	93,1	13,1	43,6	39,2	92,5	165,0
		Ultra-Etch	246,7	20,2	67,1	183,0	233,0	414,0
		BISCO	252,6	27,6	91,6	119,0	275,0	379,0
		Prime Dent	236,2	32,8	108,9	119,0	198,0	418,0

Tejido	Tiempo	Tratamiento	Media	Error	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
	Después	Scotchbond	425,2	44,1	146,4	217,0	383,0	693,0
		Ultra-Etch	268,7	14,3	47,5	177,0	273,0	339,0
		BISCO	371,8	46,7	155,0	203,0	344,0	738,0
		Prime Dent	339,7	41,0	136,0	196,0	321,0	606,0

Nota: valores de microrrugosidad obtenidos mediante AFM, expresados en nm. El parámetro reportado corresponde a Sq. Media: promedio aritmético; Error: error estándar; Desv. Est.: desviación estándar.

La Tabla I muestra la estadística descriptiva de los valores obtenidos mediante AFM. En dentina antes del grabado, Scotchbond presentó la mediana más baja, con 103, mientras que BISCO mostró la mediana más elevada, con 318, seguido de Ultra-Etch con 304 y Prime Dent con 214. Después del grabado, los valores aumentaron principalmente en Scotchbond, con una mediana de 382, seguido de BISCO con 351,0 y Prime Dent con 317,0. En Ultra-Etch, la mediana después del grabado fue de 276,0.

En esmalte, antes del grabado, Scotchbond presentó la mediana más baja, con 92,5, mientras que BISCO mostró la mediana más elevada, con 275, seguido de Ultra-Etch con 233 y Prime Dent con 198. Después del grabado, Scotchbond presentó la mediana más alta, con 383, seguido de BISCO con 344, Prime Dent con 321 y Ultra-Etch con 273.

Tabla II Comparación antes-después mediante AFM por tratamiento

Tejido	Scotchbond	Ultra-Etch	BISCO	Prime Dent
Dentina	0,000*	1,000	0,149	0,005*
Esmalte	0,000*	0,189	0,050*	0,050*

Nota: comparación antes-después mediante AFM por tratamiento. Prueba estadística: Wilcoxon para muestras relacionadas. Valores expresados como p. * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla II presenta la comparación antes vs después del grabado para cada tratamiento. En dentina, se observaron diferencias estadísticamente significativas en Scotchbond y Prime Dent, con valores de $p = 0,000$ y $p = 0,005$, respectivamente. En Ultra-Etch y BISCO no se encontraron

diferencias significativas. En esmalte, se observaron diferencias significativas en Scotchbond, BISCO y Prime Dent, con valores de $p = 0,000$, $p = 0,050$ y $p = 0,050$, respectivamente. Ultra-Etch no presentó diferencia significativa.

Tabla III . Comparaciones entre tratamientos mediante AFM

Tejido	Tiempo	Scotchbond vs Ultra- Etch	Scotchbond vs BISCO	Scotchbond vs Prime Dent	Ultra- Etch vs BISCO	Ultra- Etch vs Prime Dent	BISCO vs Prime Dent
Dentina	Antes	0,000*	0,000*	0,016*	0,948	0,115	0,101
Dentina	Después	0,009*	0,470	0,042*	0,026*	0,200	0,168
Esmalte	Antes	0,000*	0,001*	0,002*	0,646	0,646	0,718
Esmalte	Después	0,003*	0,431	0,115	0,107	0,393	0,599

Nota: comparación entre tratamientos mediante AFM. Prueba estadística: Kruskal-Wallis con comparaciones post hoc ajustadas por Bonferroni. Valores expresados como p . * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla III muestra las comparaciones entre tratamientos. En dentina antes del grabado, se encontraron diferencias significativas entre Scotchbond vs Ultra-Etch, Scotchbond vs BISCO y Scotchbond vs Prime Dent. Después del grabado, las diferencias significativas se presentaron entre Scotchbond vs Ultra-Etch, Scotchbond vs Prime Dent y Ultra-Etch vs BISCO. En esmalte antes del grabado, se observaron diferencias significativas entre Scotchbond vs Ultra-Etch, Scotchbond vs BISCO y Scotchbond vs Prime Dent. Después del grabado, únicamente Scotchbond vs Ultra-Etch presentó diferencia estadísticamente significativa.

Tabla IV . Comparación dentina-esmalte mediante AFM por tratamiento

Tiempo	Scotchbond	Ultra-Etch	BISCO	Prime Dent
Antes	0,324	0,358	0,264	0,555
Después	0,844	0,324	0,646	0,844

Nota: comparación entre dentina y esmalte mediante AFM por tratamiento. Valores expresados como p. * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla IV muestra la comparación entre dentina y esmalte por tratamiento. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tejidos en ninguno de los tratamientos evaluados, ni antes ni después del grabado ácido.

Rugosímetro

Tabla V Estadística descriptiva de rugosidad superficial mediante rugosimetría

Tejido	Tiempo	Tratamiento	Media	Error	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
Dentina	Antes	Scotchbond	6,8	0,6	4,6	1,1	6,3	17,6
		Ultra-Etch	7,2	0,7	5,2	2,3	4,9	23,0
		BISCO	8,5	0,5	3,5	2,5	8,0	17,3
		Prime Dent	7,4	0,4	2,7	2,0	7,3	12,7
	Después	Scotchbond	7,2	0,5	3,8	1,6	7,5	16,7
		Ultra-Etch	7,5	0,7	5,6	2,2	5,4	22,7
		BISCO	7,4	0,4	3,2	2,4	6,8	16,1
		Prime Dent	8,1	0,4	3,3	3,2	7,3	15,0
Esmalte	Antes	Scotchbond	8,5	0,7	5,3	1,8	6,9	25,4
		Ultra-Etch	10,4	0,7	5,5	3,2	9,2	21,9
		BISCO	10,7	0,7	5,1	2,6	11,7	24,1

Tejido	Tiempo	Tratamiento	Media	Error	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
		Prime Dent	8,3	0,3	2,6	3,3	8,7	13,3
	Después	Scotchbond	9,8	0,5	4,2	2,5	10,2	20,6
		Ultra-Etch	13,3	0,9	6,9	4,0	12,2	29,4
		BISCO	9,7	0,5	4,3	2,9	9,3	17,4
		Prime Dent	8,6	0,4	3,3	3,8	8,1	17,2

Nota: valores de rugosidad superficial R_a obtenidos mediante rugosimetría de contacto, expresados en μm . Media: promedio aritmético; Error: error estándar; Desv. Est.: desviación estándar.

La Tabla V muestra la estadística descriptiva de la rugosidad medida con rugosímetro. En dentina antes del grabado, las medianas fueron similares entre los tratamientos: Scotchbond presentó una mediana de 6,3, Ultra-Etch de 4,9, BISCO de 8,0 y Prime Dent de 7,3. Después del grabado, las medianas fueron de 7,5 para Scotchbond, 5,4 para Ultra-Etch, 6,8 para BISCO y 7,3 para Prime Dent.

En esmalte antes del grabado, las medianas fueron de 6,9 para Scotchbond, 9,2 para Ultra-Etch, 11,7 para BISCO y 8,7 para Prime Dent. Después del grabado, los valores fueron de 10,2 para Scotchbond, 12,2 para Ultra-Etch, 9,3 para BISCO y 8,1 para Prime Dent. El valor más alto posterior al grabado se observó en esmalte tratado con Ultra-Etch.

Tabla VI. Comparación antes-después de R_a por tratamiento

Tejido	Scotchbond	Ultra-Etch	BISCO	Prime Dent
Dentina	0,269	0,580	0,064	0,368
Esmalte	0,028*	0,014*	0,330	0,576

Nota: comparación antes-después de R_a por tratamiento. Prueba estadística: Wilcoxon para muestras relacionadas. Valores expresados como p . * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla VI presenta la comparación antes vs después del grabado. En dentina, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los cuatro tratamientos. En esmalte, se observaron diferencias significativas en Scotchbond y Ultra-Etch, con valores de $p = 0,028$ y $p = 0,014$, respectivamente. BISCO y Prime Dent no mostraron diferencias significativas.

Tabla VII . Comparaciones entre tratamientos

Tejido	Tiempo	Scotchbond vs Ultra- Etch	Scotchbond vs BISCO	Scotchbond vs Prime Dent	Ultra- Etch vs BISCO	Ultra-Etch vs Prime Dent	BISCO vs Prime Dent
Dentina	Antes	0,544	0,005*	0,071	0,001*	0,030*	0,129
Dentina	Después	0,600	0,665	0,117	0,073	0,009*	0,309
Esmalte	Antes	0,050*	0,008*	0,282	0,600	0,250	0,004*
Esmalte	Después	0,010*	0,875	0,105	0,006*	0,000*	0,188

Nota: comparación de Ra entre tratamientos. Prueba estadística: Kruskal-Wallis con comparaciones post hoc ajustadas por Bonferroni. Valores expresados como p. * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla VII muestra las comparaciones entre tratamientos. En dentina antes del grabado, se observaron diferencias significativas entre Scotchbond vs BISCO, Ultra-Etch vs BISCO y Ultra-Etch vs Prime Dent. Después del grabado, la única diferencia significativa en dentina se presentó entre Ultra-Etch vs Prime Dent. En esmalte antes del grabado, se encontraron diferencias significativas entre Scotchbond vs Ultra-Etch, Scotchbond vs BISCO y BISCO vs Prime Dent. Después del grabado, las diferencias significativas se observaron entre Scotchbond vs Ultra-Etch, Ultra-Etch vs BISCO y Ultra-Etch vs Prime Dent.

Tabla VIII . Comparación dentina vs esmalte por tratamiento

Tiempo	Scotchbond	Ultra-Etch	BISCO	Prime Dent
Antes	0,050*	0,000*	0,016*	0,046*
Después	0,001*	0,000*	0,003*	0,289

Nota: comparación de Ra entre dentina y esmalte por tratamiento. Valores expresados como p.

* Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla VIII muestra la comparación entre dentina y esmalte por tratamiento. Antes del grabado, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tejidos en Scotchbond, Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent. Después del grabado, las diferencias significativas se mantuvieron en Scotchbond, Ultra-Etch y BISCO. En Prime Dent no se observó diferencia significativa entre dentina y esmalte después del grabado.

Microdurómetro Vickers

Tabla IX . Estadística descriptiva de microdureza Vickers

Tejido	Tiempo	Tratamiento	Media	Error	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
Dentina	Antes	Scotchbond	116,1	8,9	30,8	71,8	108,0	172,2
		Ultra-Etch	169,8	11,5	39,7	72,2	176,2	225,0
		BISCO	139,5	9,5	32,8	96,5	133,3	199,4
		Prime Dent	177,5	12,3	42,7	89,3	177,2	254,6
	Después	Scotchbond	108,9	11,3	39,1	69,3	101,1	217,8
		Ultra-Etch	80,5	4,5	15,5	56,2	79,7	111,0
		BISCO	74,2	4,3	15,0	46,9	76,5	108,0
		Prime Dent	69,5	3,3	11,3	55,4	66,7	93,7
Esmalte	Antes	Scotchbond	349,8	13,3	45,9	281,2	352,5	421,6

Tejido	Tiempo	Tratamiento	Media	Error	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
	Después	Ultra-Etch	382,8	15,8	54,7	263,8	381,1	476,0
		BISCO	411,8	17,2	59,5	303,0	410,8	518,0
		Prime Dent	439,2	22,5	78,1	270,0	426,1	557,6
		Scotchbond	341,7	8,7	30,0	292,8	338,0	391,8
		Ultra-Etch	326,7	10,7	36,9	254,4	323,4	390,4
		BISCO	340,5	10,6	36,6	304,4	324,6	422,8
		Prime Dent	341,3	10,1	34,9	280,4	346,0	381,0

***Nota:** valores de microdureza Vickers expresados en HV. Media: promedio aritmético; Error: error estándar; Desv. Est.: desviación estándar.*

La Tabla IX muestra la estadística descriptiva de la microdureza Vickers. En dentina antes del grabado, Prime Dent presentó la mediana más alta, con 177,2, seguido de Ultra-Etch con 176,2, BISCO con 133,3 y Scotchbond con 108,0. Después del grabado, los valores disminuyeron principalmente en Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent, con medianas de 79,7, 76,5 y 66,7, respectivamente. En Scotchbond, la mediana posterior al grabado fue de 101,1.

En esmalte antes del grabado, los valores fueron mayores que los observados en dentina. Prime Dent presentó la mediana más elevada, con 426,1, seguido de BISCO con 410,8, Ultra-Etch con 381,1 y Scotchbond con 352,5. Después del grabado, las medianas fueron de 338,0 para Scotchbond, 323,4 para Ultra-Etch, 324,6 para BISCO y 346,0 para Prime Dent.

Tabla X . Comparación antes-después por tratamiento

Tejido	Scotchbond	Ultra-Etch	BISCO	Prime Dent
Dentina	0,371	0,000*	0,000*	0,000*
Esmalte	0,624	0,006*	0,006*	0,001*

Nota: comparación antes-después de microdureza Vickers por tratamiento. Prueba estadística: Wilcoxon para muestras relacionadas. Valores expresados como p. * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla X presenta la comparación antes vs después del grabado. En dentina, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent, todos con $p = 0,000$. Scotchbond no mostró diferencia significativa. En esmalte, se observaron diferencias significativas en Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent, con valores de $p = 0,006$, $p = 0,006$ y $p = 0,001$, respectivamente. Scotchbond no presentó diferencia significativa.

Tabla XI. Comparaciones de microdureza Vickers entre tratamientos

Tejido	Tiempo	Scotchbond vs Ultra-Etch	Scotchbond vs BISCO	Scotchbond vs Prime Dent	Ultra- Etch vs BISCO	Ultra- Etch vs Prime Dent	BISCO vs Prime Dent
Dentina	Antes	0,003*	0,141	0,002*	0,046*	0,795	0,033*
Dentina	Después	0,014*	0,004*	0,001*	0,285	0,069	0,341
Esmalte	Antes	0,157	0,023*	0,002*	0,341	0,023*	0,312
Esmalte	Después	0,312	0,665	0,817	0,624	0,419	0,707

Nota: comparación de microdureza Vickers entre tratamientos. Prueba estadística: Kruskal-Wallis con comparaciones post hoc ajustadas por Bonferroni. Valores expresados como p. * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla XI muestra las comparaciones entre tratamientos. En dentina antes del grabado, se observaron diferencias significativas entre Scotchbond vs Ultra-Etch, Scotchbond vs Prime Dent, Ultra-Etch vs BISCO y BISCO vs Prime Dent. Después del grabado, las diferencias significativas se presentaron entre Scotchbond vs Ultra-Etch, Scotchbond vs BISCO y Scotchbond vs Prime Dent. En esmalte antes del grabado, se encontraron diferencias significativas entre Scotchbond vs BISCO, Scotchbond vs Prime Dent y Ultra-Etch vs Prime Dent. Después del grabado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla XII . Comparación dentina-esmalte de microdureza Vickers por tratamiento

Tiempo	Scotchbond	Ultra-Etch	BISCO	Prime Dent
Antes	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
Después	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

Nota: comparación de microdureza Vickers entre dentina y esmalte por tratamiento. Valores expresados como *p*. * Diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$.

La Tabla XII muestra la comparación entre dentina y esmalte por tratamiento. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tejidos en todos los tratamientos, tanto antes como después del grabado ácido. Estos resultados indican que la microdureza fue consistentemente diferente entre dentina y esmalte en todas las condiciones evaluadas.

En conjunto, los resultados muestran que el efecto del grabado ácido varió según el método de evaluación, el tejido analizado y el tratamiento utilizado. En AFM, los cambios fueron más evidentes en Scotchbond y Prime Dent para dentina, y en Scotchbond, BISCO y Prime Dent para esmalte. En rugosímetro, la dentina no mostró cambios significativos antes y después del grabado, mientras que el esmalte presentó diferencias significativas con Scotchbond y Ultra-Etch. En microdureza Vickers, el grabado ácido produjo una disminución significativa principalmente en Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent, tanto en dentina como en esmalte.

DISCUSIÓN

El presente estudio comparó el efecto de cuatro marcas comerciales de ácido fosfórico sobre esmalte y dentina, empleando tres aproximaciones complementarias: microscopía de fuerza atómica (AFM), rugosimetría de contacto y microdureza Vickers. Los resultados demostraron que el grabado ácido produjo cambios diferentes según la marca comercial, el tejido dental evaluado y la técnica de medición utilizada. Este comportamiento permite aceptar parcialmente la hipótesis alternativa, ya que no todos los ácidos generaron la misma magnitud de modificación topográfica ni la misma pérdida de microdureza. La comparación con diez estudios recientes permite explicar que estos cambios no dependen únicamente de la concentración porcentual de ácido fosfórico, sino también de la formulación comercial, el tiempo de contacto, la condición inicial del sustrato y la escala de análisis empleada para medir la superficie.

En relación con la dentina, los resultados del presente estudio mostraron que Scotchbond y Prime Dent produjeron cambios significativos en la microrrugosidad evaluada mediante AFM, mientras que Ultra-Etch y BISCO no mostraron diferencias significativas en esta técnica. Estos hallazgos coinciden parcialmente con de Souza et al., quienes compararon diferentes formulaciones comerciales de ácido fosfórico y observaron que la estructura dentinaria, la rugosidad, la nanofiltración y el desempeño adhesivo pueden variar de acuerdo con el grabador utilizado y el tiempo de aplicación (28). La similitud entre ambos estudios radica en que las formulaciones comerciales no se comportaron como equivalentes. La diferencia principal es que de Souza et al. evaluaron, además, desempeño adhesivo inmediato y después de cuatro años de almacenamiento en agua, mientras que en el presente trabajo se analizaron cambios inmediatos de rugosidad y microdureza. Por ello, se considera que las diferencias observadas en nuestra dentina pudieron deberse a la composición de cada gel, a su capacidad de humectación y remoción, así como a la profundidad de desmineralización generada en un tiempo clínico de aplicación estandarizado.

Los cambios observados en esmalte también pueden explicarse a partir del estudio de Landmayer et al., quienes analizaron morfología, rugosidad y pérdida superficial del esmalte sometido a diferentes agentes grabadores y tiempos de aplicación (30). En dicho estudio, todos

los ácidos produjeron modificaciones superficiales, pero la magnitud de la pérdida estructural y de la rugosidad dependió del producto y del tiempo. Esta observación es semejante a lo encontrado en la presente investigación, donde Scotchbond, BISCO y Prime Dent mostraron cambios significativos en esmalte mediante AFM, mientras que Ultra-Etch no presentó diferencia significativa en esa misma técnica. La diferencia podría atribuirse al comportamiento autolimitante descrito para algunas formulaciones, a la viscosidad del gel y a la capacidad del producto para permanecer o no de forma uniforme sobre la superficie. En otras palabras, aunque todos los grabadores contienen ácido fosfórico, la interacción real con el esmalte puede variar por el vehículo y los agentes espesantes.

Sato et al. evaluaron diferentes acondicionadores sobre esmalte cortado y no cortado, y demostraron que la respuesta del esmalte al grabado depende de la condición inicial de la superficie (11). Esta evidencia ayuda a interpretar las diferencias basales observadas en el presente estudio, particularmente en AFM, donde las medias antes del grabado no fueron homogéneas entre tratamientos. La similitud con Sato et al. se encuentra en que el esmalte no responde de manera uniforme al acondicionamiento ácido; la diferencia es que su estudio se enfocó en resistencia adhesiva y observación morfológica, mientras que el presente trabajo midió microrrugosidad y microdureza. Una posible explicación es que el esmalte humano presenta variabilidad natural en orientación prismática, grado de mineralización, desgaste previo y exposición de esmalte cortado o no cortado. Por ello, aun bajo un protocolo experimental controlado, las superficies pueden mostrar diferentes valores iniciales y responder de manera distinta ante el mismo agente grabador.

Los resultados también se relacionan con Muto et al., quienes reportaron que distintos agentes de pretratamiento modifican de manera variable el desempeño adhesivo en esmalte intacto y preparado (10). En el presente estudio, las diferencias entre Scotchbond, Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent fueron más evidentes en los parámetros topográficos que en la comparación dentina-esmalte por AFM. La coincidencia con Muto et al. es que el pretratamiento de la superficie dental constituye un factor determinante en el comportamiento posterior del sustrato. La diferencia radica en que Muto et al. valoraron principalmente desempeño adhesivo, mientras que este estudio analizó cambios previos a la adhesión. Por ello, no es posible afirmar que el ácido que generó mayor rugosidad sea clínicamente superior; solo puede concluirse que produjo una modificación superficial más marcada bajo las condiciones evaluadas.

Han et al. demostraron que el pregrabado con ácido fosfórico puede aumentar la carga negativa de la superficie del esmalte y favorecer la interacción química entre la hidroxiapatita y adhesivos universales que contienen 10-MDP (8). Este hallazgo es importante para interpretar el aumento de microrrugosidad observado en esmalte, especialmente con Scotchbond. La similitud consiste en que ambos estudios reconocen que el ácido fosfórico modifica la superficie adamantina y genera condiciones potencialmente favorables para la adhesión. La diferencia es que Han et al. estudiaron la interacción química con adhesivos MDP, mientras que el presente estudio no evaluó adhesión, sino rugosidad y microdureza. Por lo tanto, aunque un aumento de microrrugosidad puede favorecer la retención micromecánica, no necesariamente garantiza mayor fuerza adhesiva si no existe infiltración adecuada del adhesivo o si la desmineralización supera la capacidad de penetración de los monómeros.

Camacho Rodríguez et al. realizaron un estudio cercano al presente porque evaluaron esmalte acondicionado con ácidos mediante microdureza, AFM y perfilometría (16). Sus resultados respaldan la utilidad de combinar métodos topográficos y mecánicos para caracterizar los efectos del acondicionamiento ácido. La similitud principal es metodológica, ya que ambos trabajos utilizaron herramientas que permiten analizar la superficie desde diferentes escalas. La diferencia es que Camacho Rodríguez et al. compararon ácido acético y ácido fosfórico, mientras que el presente estudio comparó marcas comerciales de ácido fosfórico. Esto explica por qué en nuestro trabajo las diferencias fueron más sutiles y dependientes de la formulación, mientras que en estudios con ácidos de diferente naturaleza química las diferencias pueden ser más marcadas. Aun así, la coincidencia confirma que la microdureza y la rugosidad deben interpretarse como variables complementarias, no como equivalentes.

En cuanto a la microdureza, Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent produjeron disminuciones significativas tanto en dentina como en esmalte, mientras que Scotchbond no generó una disminución significativa. Este resultado coincide parcialmente con Zawawi y Almosa, quienes encontraron relación entre aumento de rugosidad, disminución de microdureza y profundidad de desmineralización del esmalte (17). La similitud se observa en que los procesos que modifican la superficie dental pueden acompañarse de pérdida de resistencia mecánica. Sin embargo, el presente estudio mostró una excepción relevante: Scotchbond aumentó notablemente la microrrugosidad sin disminuir significativamente la microdureza. Esta diferencia podría explicarse porque no toda irregularidad topográfica implica una pérdida

mineral profunda; algunas formulaciones pueden producir un patrón superficial más rugoso pero menos agresivo en profundidad, o generar una alteración predominantemente externa que no modifica de forma significativa la resistencia a la indentación Vickers.

La revisión sistemática y metaanálisis de Chen et al. mostró que el modo de grabado influye en la resistencia adhesiva de adhesivos universales, especialmente en dentina (31). Esta evidencia ayuda a interpretar por qué los cambios observados en dentina deben manejarse con cautela. En el presente estudio, la dentina mostró disminución significativa de microdureza con Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent, lo cual podría indicar una desmineralización más profunda o una mayor alteración de la matriz dentinaria. La similitud con Chen et al. radica en que la dentina es un sustrato más sensible al protocolo de grabado; la diferencia es que esa revisión evaluó resistencia adhesiva, mientras que este trabajo evaluó propiedades superficiales y mecánicas. Por ello, se considera que una mayor disminución de microdureza en dentina no debe interpretarse automáticamente como mejor acondicionamiento adhesivo, ya que una desmineralización excesiva puede dificultar la infiltración completa del adhesivo y comprometer la estabilidad de la capa híbrida.

Huang et al. evaluaron el efecto de diferentes tiempos de grabado con ácido fosfórico sobre la resistencia adhesiva y la rugosidad del esmalte normal y erosionado (33). Estos autores observaron que el tiempo de grabado modificó la rugosidad del esmalte normal, pero no necesariamente produjo incrementos proporcionales en la resistencia adhesiva. Este resultado se asemeja al presente estudio porque demuestra que la rugosidad por sí sola no explica completamente el comportamiento adhesivo ni mecánico de la superficie. La diferencia es que Huang et al. trabajaron con esmalte bovino, condiciones de erosión y tiempos de grabado, mientras que el presente estudio utilizó dientes humanos y comparó marcas comerciales. La explicación probable de las diferencias radica en que la condición inicial del esmalte, su grado de mineralización y el modelo experimental influyen tanto como el ácido utilizado. Por ello, los resultados de rugosidad deben interpretarse junto con la microdureza y no como indicador aislado de eficacia clínica.

Salman y Hussein compararon la topografía del esmalte humano después del grabado con ácido fosfórico y con láser Er,Cr:YSGG, utilizando métodos de caracterización superficial como AFM, SEM y perfilometría (34). Sus resultados mostraron que el ácido fosfórico produce una

superficie más irregular y con mayor rugosidad que otros métodos de acondicionamiento. Esta observación coincide con el incremento de microrrugosidad encontrado en el presente estudio, particularmente en esmalte. La diferencia es que Salman y Hussein compararon técnicas de acondicionamiento, mientras que este trabajo comparó formulaciones comerciales del mismo agente químico. Esto sugiere que, incluso dentro de una misma técnica de grabado químico, existen diferencias relevantes atribuibles a composición, viscosidad, capacidad de difusión y remoción del gel.

En conjunto, la comparación con estos diez artículos recientes permite interpretar que las diferencias entre los ácidos evaluados no se explican únicamente por la concentración de ácido fosfórico. Scotchbond produjo los mayores cambios de microrrugosidad mediante AFM, especialmente en esmalte, pero no redujo significativamente la microdureza. Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent sí produjeron disminuciones significativas de microdureza, aunque sus cambios topográficos no siempre fueron equivalentes. Esta falta de proporcionalidad entre rugosidad y dureza puede explicarse porque la AFM detecta modificaciones superficiales nanométricas, mientras que la prueba Vickers refleja una respuesta mecánica más profunda y dependiente del volumen de tejido afectado por la indentación. Además, los geles grabadores pueden diferir en viscosidad, humectabilidad, pH efectivo, espesantes, colorantes y capacidad de lavado, factores que modifican la interacción con esmalte y dentina.

También es importante considerar la discrepancia entre AFM y rugosimetría de contacto. En el presente estudio, la AFM detectó cambios significativos en más grupos que la rugosimetría, especialmente en dentina. Esto se debe probablemente a que la AFM analiza áreas pequeñas en tres dimensiones y con resolución nanométrica, mientras que el rugosímetro registra un perfil lineal y puede promediar irregularidades en una escala mayor. Por ello, los cambios inducidos por el grabado ácido pueden ser evidentes en S_a y S_q , pero no necesariamente en R_a . Esta diferencia metodológica explica por qué la rugosimetría mostró cambios significativos en esmalte con Scotchbond y Ultra-Etch, pero no en dentina, aun cuando AFM sí detectó modificaciones en algunos grupos.

Desde el punto de vista biológico, la diferencia entre esmalte y dentina también explica parte de los resultados. El esmalte, por su alto contenido mineral, responde al ácido mediante disolución selectiva de cristales y exposición de patrones prismáticos, lo que incrementa la rugosidad. La

dentina, en cambio, contiene mayor proporción de agua y colágeno, además de túbulos dentinarios y dentina intertubular, por lo que el grabado no solo modifica la fase mineral, sino también la matriz orgánica expuesta. Esto puede producir cambios mecánicos más evidentes, como la reducción de microdureza observada con Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent. La ausencia de disminución significativa con Scotchbond sugiere que este producto pudo generar una modificación más superficial, menos profunda o menos agresiva para la estructura mecánica del tejido.

Los hallazgos tienen implicaciones clínicas prudentes. Una superficie más rugosa puede favorecer la retención micromecánica; sin embargo, una desmineralización excesiva puede comprometer la estabilidad de la dentina o generar una zona que no sea completamente infiltrada por el adhesivo. Por ello, no puede afirmarse que el grabador que produjo mayor microrrugosidad sea el mejor clínicamente. Para establecer superioridad clínica sería necesario evaluar resistencia de unión, microfiltración, nanofiltración, envejecimiento artificial y comportamiento de la interfase adhesiva. Aun así, el presente estudio aporta evidencia experimental relevante al demostrar que distintas marcas comerciales de ácido fosfórico producen respuestas topográficas y mecánicas diferentes sobre esmalte y dentina.

Entre las limitaciones del estudio se encuentran la variabilidad inherente de las piezas dentales humanas, la posible diferencia en edad, tipo de diente, zona anatómica y grado de mineralización. Además, aunque la AFM proporciona alta resolución, su área de exploración es reducida; por ello, los resultados representan zonas específicas y no la totalidad de la superficie dental. Otra limitación es que no se realizó caracterización fisicoquímica de los ácidos, como pH, viscosidad, análisis de residuos o composición exacta de espesantes, lo cual habría permitido explicar con mayor precisión las diferencias entre marcas. Finalmente, no se evaluó fuerza adhesiva ni envejecimiento de la interfase, por lo que los resultados deben interpretarse como cambios inmediatos *in vitro*.

Con base en lo anterior, se considera que las diferencias observadas entre Scotchbond, Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent se debieron probablemente a una combinación de factores: composición comercial del gel, comportamiento tixotrópico, capacidad de humectación, profundidad de desmineralización, facilidad de remoción, estructura inicial del sustrato y sensibilidad de la técnica de medición. La discusión con estudios recientes confirma que el

grabado ácido es un fenómeno multifactorial y que las marcas comerciales no deben considerarse equivalentes únicamente por compartir concentraciones cercanas de ácido fosfórico. La selección clínica de un grabador debe contemplar no solo la concentración declarada, sino también su efecto sobre la topografía y la integridad mecánica del esmalte y la dentina.

CONCLUSIONES

1. Las marcas comerciales de ácido fosfórico evaluadas produjeron cambios diferentes en la microrrugosidad superficial y la microdureza del esmalte y la dentina.
2. La AFM fue más sensible que la rugosimetría de contacto para detectar modificaciones topográficas posteriores al grabado ácido.
3. Scotchbond mostró los mayores incrementos de microrrugosidad, especialmente en esmalte, sin producir una disminución significativa de microdureza bajo las condiciones evaluadas.
4. Ultra-Etch, BISCO y Prime Dent produjeron disminuciones significativas de microdureza en esmalte y dentina.
5. No es posible establecer superioridad clínica directa de alguna marca comercial, debido a que no se evaluaron fuerza adhesiva, microfiltración ni envejecimiento de la interfase; por ello, se recomiendan estudios complementarios con pruebas adhesivas y análisis fisicoquímico de los geles grabadores.

REFERENCIAS

1. Lacruz RS, Habelitz S, Wright JT, Paine ML. Dental enamel formation and implications for oral health and disease. *Physiol Rev.* 2017;97(3):939-993. doi:10.1152/physrev.00030.2016.
2. Zarinfar M, Aghazadeh M, Bapat RA, Ji Y, Paine ML. Enamel maturation as a systems physiology: ion transport and Pi flux. *Cells.* 2025;14(22):1821. doi:10.3390/cells14221821.
3. Walker MP, Fricke B. Dentin-enamel junction of human teeth. In: *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering.* Hoboken: Wiley; 2006. doi:10.1002/9780471740360.ebs1431.
4. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-853. doi:10.1177/00220345550340060801.
5. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From Buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives. A status perspective of rapidly advancing dental adhesive technology. *J Adhes Dent.* 2020;22(1):7-34. doi:10.3290/j.jad.a43994.
6. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265-273. doi:10.1002/jbm.820160307.
7. Hardan L, Bourgi R, Kharouf N, Mancino D, Zarow M, Jakubowicz N, et al. Bond strength of universal adhesives to dentin: a systematic review and meta-analysis. *Polymers (Basel).* 2021;13(5):814. doi:10.3390/polym13050814.
8. Han F, Liang R, Xie H. Effects of phosphoric acid pre-etching on chemisorption between enamel and MDP-containing universal adhesives: chemical and morphological characterization, and evaluation of its potential. *ACS Omega.* 2021;6(20):13182-13191. doi:10.1021/acsomega.1c01016.
9. Bernales Sender FR, Cardenas Via JA, Tay LY. Influence of different phosphoric acids before application of universal adhesive on the dental enamel. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(8):797-805. doi:10.1111/jerd.12636.
10. Muto R, Takamizawa T, Shoji M, Hirokane E, Shibasaki S, Barkmeier WW, et al. Effect of different pretreatment agents on intact or ground enamel bond performance of different types of adhesive systems. *Int J Adhes Adhes.* 2024;132:103698. doi:10.1016/j.ijadhadh.2024.103698.
11. Sato A, Sato T, Ikeda M, Takagaki T, Nikaido T, Tagami J, et al. Influence of different tooth etchants on bur-cut and uncut enamel. *Dent Mater J.* 2023;42(3):311-318. doi:10.4012/dmj.2022-194.
12. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res.* 1975;9(5):373-387. doi:10.1159/000260179.

13. Zafar MS, Ahmed N. The effects of acid etching time on surface mechanical properties of dental hard tissues. *Dent Mater J*. 2015;34(3):315-320. doi:10.4012/dmj.2014-083.
14. Loyola-Rodriguez JP, Zavala-Alonso V, Reyes-Vela E, Patino-Marin N, Ruiz F, Anusavice KJ. Atomic force microscopy observation of the enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching. *J Electron Microsc* (Tokyo). 2010;59(2):119-125. doi:10.1093/jmicro/dfp042.
15. Mahmoud SH, Ahmed ME, Mahmoud KM, Grawish ME, Zaher AR. Effects of phosphoric acid concentration and etching duration on enamel and dentin tissues of uremic patients receiving hemodialysis: an AFM study. *J Adhes Dent*. 2012;14(3):215-221. doi:10.3290/j.jad.a22421.
16. Camacho Rodriguez R, Araiza Tellez MA, Rodriguez Chavez JA, Alvarado Lopez FJ, Garcia Perez A. Microhardness, atomic force microscopy and profilometry of dental enamel conditioned with acetic and phosphoric acids. *Am J Dent*. 2025;38(2):100-104. PMID:40324043.
17. Zawawi R, Almosa N. Correlation between the enamel-changed surface roughness, microhardness and the depth of demineralization after orthodontic bracket use. *J Clin Pediatr Dent*. 2025;49(3):134-142. doi:10.22514/jocpd.2025.060.
18. Rosentritt M, Schneider-Feyrer S, Kurzendorfer L. Comparison of surface roughness parameters Ra/Sa and Rz/Sz with different measuring devices. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024;150:106349. doi:10.1016/j.jmbbm.2023.106349.
19. International Organization for Standardization. ISO 25178-2:2021. Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters. Geneva: ISO; 2021.
20. Jaramillo-Cartagena R, Lopez-Galeano EJ, Latorre-Correa F, Agudelo-Suarez AA. Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nano-filling composite resins: a systematic review. *Dent J (Basel)*. 2021;9(8):95. doi:10.3390/dj9080095.
21. Jamwal N, Rao A. Effect of whitening toothpaste on surface roughness and microhardness of human teeth: a systematic review and meta-analysis. *F1000Res*. 2022;11:22. doi:10.12688/f1000research.74235.1.
22. Carrillo-Marcos A, Salazar-Correa G, Castro-Ramirez L, Ladera-Castaneda M, Lopez-Gurreonero C, Cachay-Criado H, et al. The microhardness and surface roughness assessment of bulk-fill resin composites treated with and without the application of an oxygen-inhibited layer and a polishing system: an in vitro study. *Polymers (Basel)*. 2022;14(15):3053. doi:10.3390/polym14153053.
23. Giessibl FJ. Atomic force microscopy with qPlus sensors. *MRS Bull*. 2024;49:492-502. doi:10.1557/s43577-023-00654-w.

24. 3M Oral Care. Scotchbond Universal Etchant technical product information. St Paul: 3M; 2023.
25. Ultradent Products Inc. Ultra-Etch technical data sheet. South Jordan: Ultradent Products; 2023.
26. BISCO Inc. ETCH-37 with BAC instructions for use and product information. Schaumburg: BISCO Inc.; 2023.
27. Prime Dental Products Pvt Ltd. Etching Gel and Etching Liquid technical information. Mumbai: Prime Dental Products; 2024.
28. de Souza J, Ñaupari-Villasante R, Hass V, Arana-Gordillo LA, Gutiérrez MF, Gomes GM, Loguercio AD, Gomes JC. Optimizing phosphoric acid etching times across different formulations: impact on dentin structure, roughness, and adhesive performance after 4 years. *Dent Mater*. 2025;41(7):850-861. doi:10.1016/j.dental.2025.05.004.
29. Jäggi M, Karlin S, Zitzmann NU, Rohr N. Shear bond strength of universal adhesives to human enamel and dentin. *J Esthet Restor Dent*. 2024;36(5):804-812. doi:10.1111/jerd.13204.
30. Landmayer K, Pastori IC, Ordonez-Aguilera JF, Iatarola BO, Zezell DM, Francisconi-dos-Rios LF. Morphology, roughness, and surface loss of sound enamel submitted to different acid etching agents and different durations of application. *Braz Dent Sci*. 2025;28(4):e4786. doi:10.4322/bds.2025.e4786.
31. Chen H, Feng S, Jin Y, Hou Y, Zhu S. Comparison of bond strength of universal adhesives using different etching modes: a systematic review and meta-analysis. *Dent Mater J*. 2022;41(1):1-10. doi:10.4012/dmj.2021-111.
32. Takamizawa T, Hirokane E, Sai K, Ishii R, Aoki R, Barkmeier WW, et al. Bond durability of a two-step adhesive with a universal-adhesive-derived primer in different etching modes under different degradation conditions. *Dent Mater J*. 2023;42(1):121-132. doi:10.4012/dmj.2022-130.
33. Huang S, Chai Y, Niu G. The effect of phosphoric acid etching duration on the bond strength of universal adhesive on enamel with or without erosion. *Front Dent Med*. 2025;6:1685381. doi:10.3389/fdmed.2025.1685381.
34. Salman SQ, Hussein BMA. Topographical analysis of human enamel after phosphoric acid etching and Er,Cr:YSGG laser irradiation. *J Lasers Med Sci*. 2023;14:e68. doi:10.34172/jlms.2023.68.

ANEXOS



San Luis Potosí, S.L.P. 12 DE FEBRERO DE 2026

M.E. Monserrat Ramírez Rodríguez
Estudiante de la Especialidad en Odontología Estética,
Cosmética. Restauradora e Implantología
Facultad de Estomatología, UASLP
P R E S E N T E

Por este conducto me dirijo a Usted en referencia a su trabajo de investigación *titulado* **"Efecto de diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico sobre la microrrugosidad del esmalte y la dentina: Estudio experimental mediante microscopía de fuerza atómica"** asignado con la clave: CEI-FE-021-026.

Dicho trabajo fue evaluado en los **aspectos del marco ético-legal y bioseguridad** por los miembros del H. Comité de Ética en Investigación: Dr. Fernando Torres Méndez, CMF Víctor Mario Fierro Serna, EP Lía Eunice Martínez Martínez, Dr. Marco Felipe Salas Orozco, Dra. Adriana Torre Delgadillo, Dra. Marlen Guadalupe Vitales Noyola y Arq. Claudia Ramos Alvarado. De dicha evaluación y de forma colegiada, el Comité ha dictaminado que su protocolo de investigación ha sido **APROBADO POR UNANIMIDAD** pudiendo llevarlo a cabo en los tiempos que Usted ha considerado necesarios para su ejecución.

El Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología se rige con la clave **CONBIOÉTICA-24-CEI-001-20190213** de acuerdo con las directrices nacionales para la integración y funcionamiento de los Comités de Ética e Investigación emitidas por la Comisión Nacional de Bioética (CONBIOÉTICA).



Le solicitamos nos haga llegar los informes correspondientes del **AVANCE** de su proyecto de investigación, así como un **INFORME FINAL** para nuestro archivo, recordándole además que este proyecto podrá ser monitoreado en cualquier momento por este Comité.

ATENTAMENTE

DR FERNANDO TORRES MÉNDEZ
PRESIDENTE DEL H. COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA, UASLP



www.uaslp.mx
Av. Dr. Manuel Nava 2
Zona Universitaria • CP 78200
San Luis Potosí, S.L.P., México
tel: +52 (441) 836 2100
ext: 3111 o 5120
gpo@uaslp.mx, gpo@uaslp.mx
www.mcm@uaslp.mx
estomatologia@uaslp.mx



La Universidad Autónoma de San Luis Potosí
a través de la Facultad de Estomatología y la Especialidad en Odontología Estética,
Cosmética, Restauradora e Implantología

otorgan el presente

Reconocimiento

a: **ME. MONSERRAT RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

Como **ASISTENTE** al Curso

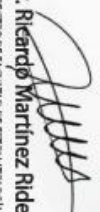
"Menos es más en odontología adhesiva"
impartido a personal docente y alumnos de la especialidad,
el día viernes 17 de mayo de 2024, con una duración de 6 horas.

San Luis Potosí, S.L.P., México.

"SIEMPRE AUTÓNOMA. POR MI PATRIA EDUCARÉ"

"ARS ET SCIENTIA AT SALUTEM"


Dr. Miguel Ángel Noyola Frías
DIRECTOR GENERAL
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA


Dr. Ricardo Martínez Rider
DIRECTOR DE FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA


EOE. Everardo Ruiz Cruz
COORDINADOR DE LA ESPECIALIDAD EN ODONTOLÓGIA ESTÉTICA
COSMÉTICA, RESTAURADORA E IMPLANTOLÓGICA

"UASLP, con profesionistas abiertos al mundo"





UASLP
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ



FACULTAD DE
ESTOMATOLOGÍA

Este documento se encuentra registrado
en la Facultad de Estomatología de la UASLP

No. de Registro: 1051

Libro: 7 Año: 2024



FACULTAD DE
ESTOMATOLOGÍA

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí
a través de la Facultad de Estomatología

Otorga el presente

RECONOCIMIENTO

Monserrat Ramirez Rodriguez

como **- ASISTENTE -** al



XXXI Congreso
Internacional
de Posgrados
IV CONCURSO DE INVESTIGACIÓN
EN ESTOMATOLOGÍA

11, 12 y 13 de septiembre 2024.
San Luis Potosí, S.L.P. México

"SIEMPRE AUTÓNOMA, POR MI PATRIA EDUCARÉ"
"MÁS ETI SCIENTIA ALI SALUTEM"


Dr. Miguel Ángel Noyola Frías
SECRETARIO GENERAL,
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA


Dr. Alan Martínez Zúñiga
DIRECTOR
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA


Dra. Yolanda Hernández Molinar
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN POSGRADO
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

30 HORAS
CRÉDITO

"UASLP, con profesionistas abiertos al mundo"



Este documento se encuentra registrado
en la Facultad de Estomatología de la UASLP

No. de Registro: **1643** Libro: **7**

Año: **2024**



La Universidad Autónoma de San Luis Potosí
a través de la Facultad de Estomatología

Otorga el presente

RECONOCIMIENTO

a Monserrat Ramirez Rodriguez

como **ASISTENTE** al

XXXII Congreso Internacional de Posgrados,

realizado del 28 al 30 de agosto de 2025, con una duración de 30 horas crédito.

San Luis Potosí, S.L.P., México

"SEMPRE AUTÓNOMA, POR VI PATRIA EDUCARE"
"VIVIS ET SCRIBIS AT SALUTEM"

Dr. Alan Martínez Zumarán
DIRECTOR
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

Dra. Risa Elizabeth Martínez Martínez
VICERRECTORA GENERAL
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

Dr. Francisco Javier Gutiérrez Cantú
JEFE DE DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

MCO Adriana Torre Delgadillo
COORDINADORA GENERAL
DEL EXAMEN

"UASLP, con profesionistas abiertos al mundo"



**Este documento se encuentra registrado
en la Facultad de Estomatología de la UASLP**

No. de Registro: 581 **Libro:** 8

Año: 2025

ivoclar

CONSTANCIA

de asistencia
otorgada a:

Monserrat Ramírez Rodríguez

Por su participación en el:

**Ivoclar LATAM
Symposium 2024**

WTC Ciudad de México | 30 y 31 agosto

Evento avalado por la Facultad de Odontología de la UNAM
con valor curricular de 16 hrs. crédito.



Mirco Stiehl
Head of LATAM



Ing. Oliver López
Managing Director
México



Dra. Catalina Hurtado
Professional Services
Manager LATAM



Esp. Ricardo Michigan
Ito Medina
Secretario de Extensión y
Vinculación de la Facultad
de Odontología de la UNAM

Ivoclar Academy, agosto 2024

FOLIO: 421310820240895





Otorgan a:

Monserrat Ramírez Rodríguez

La presente

Constancia

Por haber completado el:

**Congreso Internacional
Prosto-Perio Rockin Dentistry 6**

Monterrey, N.L., a 7 de septiembre del 2024

Mtro. Alfredo David Cantú Villanueva
Decano Asociado
Educación Médica Continua y Extensión
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Dra. Alejandra Sifuentes Sánchez
Presidente
Colegio Mexicano de Prosthodontia de NL A.C.

Horas: 20 | 5, 6 y 7 de septiembre del 2024



Se otorga el presente

RECONOCIMIENTO

a

Montserrat Ramírez Rodríguez

Por su participación en la:

XVI REUNIÓN NACIONAL DE POSGRADOS DE PROSTODONCIA

Realizada los días 24, 25 y 26 de abril del 2024 en la Universidad Anáhuac Mayab en la ciudad de Mérida Yucatán.

"VINCE IN BONO MALUM"

C.D.E.P. Rolando Peniche Marcin
Director de la Facultad de Odontología de la
Universidad Anáhuac Mérida

C.D.E.O.R. Rafael A. Domínguez Cervera
Coordinador del Posgrado de Rehabilitación Bucal
de la Universidad Anáhuac Mérida

CERTIFICADO



FACULDADE
ILAPEO

Confere o presente certificado a
Otorga este certificado a

Monserrat Ramírez Rodríguez

Por sua participação como aluno no curso de
Por su participación como alumno en el curso

Neo Intensive - Digital Full Arch

Realizado nesta instituição no período de 02 a 05 de setembro de 2025, com carga horária total de 32 horas
Celebrado en esta institución del 02 al 05 de septiembre de 2025, con una carga horaria total de 32h.

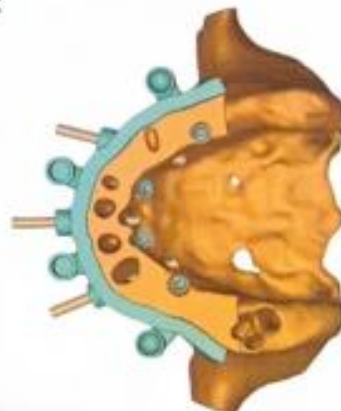

Dr. Geninho Thome
Diretor Geral



INMERSIÓN EN CIRUGÍA GUIADA PARA ARCADA COMPLETA RECONOCIMIENTO

Montserrat Ramírez Rodríguez

Por haber participado en el curso de cirugía guiada y
fabricación de guías quirúrgicas magnéticas y montables.



D. J. Juan Carlos Castellanos



BlueSkyBio



exocad



AUTODESK
Autodesk



PlastyCAD

24 y 25 de Enero del 2025 - San Luis Potosí, San Luis Potosí



otorga el presente

CERTIFICADO

a:

Dra. Monserrat Ramírez Rodríguez

Por su valiosa y destacada participación en la **Conferencia Magistral** con el tema
"CÓMO HACER PREDECIBLES MIS TRABAJOS CERÁMICOS EN DIENTES E IMPLANTES EN EL SECTOR ANTERIOR",
llevado a cabo el día 13 de diciembre del 2024 en San Luis Potosí, S.L.P.

DIRECTOR DE ACADEMIA ORDENTAL

Dr. Obed Rodríguez

PONENTE INVITADO

Dr. Melko Villarreal

Dental Training S.L.P.



OTORGA LA PRESENTE CONSTANCIA A:

Monserrat Ramírez Rodríguez

POR SU PARTICIPACIÓN EN EL CURSO:

COMPOSITE ESTÉTICO EN SECTOR POSTERIOR

IMPARTIDO LOS DÍAS 24, 25 Y 26 DE AGOSTO DEL 2024 EN SAN LUIS POTOSÍ, MX.

CDEOR. VÍCTOR GÓMEZ GÓMEZ

DICTANTE DEL CURSO

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí
a través de la Facultad de Estomatología

Otorga el presente

RECONOCIMIENTO

A: MONSERRATH RAMÍREZ RODRÍGUEZ, JAIRO MARIEL CÁRDENAS,
FRANCISCO JAVIER GUTIÉRREZ CANTÚ, JOSÉ OBED GARCÍA CORTES,
RICARDO OLIVA RODRÍGUEZ, EVERARDO RUIZ CRUZ.

por su **PARTICIPACIÓN ACADÉMICA** con el cartel titulado

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DENSIDAD ÓSEA DEL PRIMER MOLAR INFERIOR EN
CORTICAL VESTIBULAR, HUESO MEDULAR Y CORTICAL LINGUAL ENTRE HOMBRES Y
MUJERES, SEGÚN CLASES ESQUELETALES"

IV CONCURSO DE INVESTIGACIÓN
EN ESTOMATOLOGÍA

en el Marco del XXXI Congreso Internacional de Posgrados
de la Facultad de Estomatología, UASLP.

11,12 y 13 de septiembre 2024.
San Luis Potosí, S.L.P. México

"SIEMPRE AUTÓNOMA. POR MI PATRIA EDUCARÉ"
"ARS ET SCIENTIA AT SALUTEM"



Dr. Alan Martínez Zumarán
DIRECTOR
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA



Dra. Norma Verónica Zavala Alonso
ORGANIZADORA GENERAL
CONCURSO DE INVESTIGACIÓN

"UASLP, con profesionistas abiertos al mundo"

La **Universidad Autónoma de San Luis Potosí**, a través de la
Facultad de Estomatología, otorgan el presente

RECONOCIMIENTO

a **ME. Ramírez Rodríguez Monserrat**

Por pertenecer a la generación 2024-2026 de la Especialidad en
Odontología Estética, Cosmética, Restauradora e Implantología.

San Luis Potosí, SLP, a 13 de febrero de 2026.

"Siempre Autónoma. Por mi Patria Educaré"

Atentamente



Dr. Alan Martínez Zumarán
Director de la Facultad de Estomatología



Dra. Rita Elizabet Martínez Martínez
Secretaría General de la Facultad de Estomatología



**DIGITAL
DAYS**

Centro Logístico Vital otorga el presente

Constancia

A:

**Monserrat
Ramírez Rodríguez**

Por su asistencia al Congreso en Odontología Digital

DIGITAL DAYS EDICIÓN 2025

Celebrado los días 24 y 25 de Octubre de 2025 en la ciudad de Puebla, México.



JESUS MANUEL TAPIA BONILLA
DIRECTOR OPERATIVO CLV

CLV

Avalado por la Asociación Nacional de Prosthodontia en México (ANPROMEX), este congreso representa un compromiso con la actualización profesional y el avance en odontología digital, otorgando valor curricular de un total de 16 horas.



FOLIO:
ANPROMEXAC1005

C1: CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL AUTOARCHIVO DE UNA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UASLP CON Vo. Bo. DEL DIRECTOR DE TESIS

Fecha: 13/07/2026

Datos del TESISTA	Datos del DIRECTOR de la TESIS
Nombre(s): Monserrat Apellido Paterno: Ramirez Apellido Materno: Rodriguez Correo electrónico: CVU u ORCID:	Nombre(s): Francisco Javier Apellido Paterno: Gutierrez Apellido Materno: Cantu Dependencia: Facultad de Estomatologia CVU u ORCID:
Datos de la TESIS Título: Efecto de diferentes marcas comerciales de ácido fosfórico sobre la microrrugosidad del esmalte y la dentina: estudio experimental mediante microscopia de fuerza atómica Tipo de tesis: ☐ Licenciatura ☒ Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado Programa/Carrera: Especialidad en Odontología Estética, Cosmética, Restauradora e Implantología ¿La tesis ha sido o será publicada? SI ☐ NO ☒ Nombre o URL de la publicación:	

Favor de llenar esta carta para cada uno de los directores de tesis

En nuestro carácter de TESISTA y DIRECTOR DE LA TESIS, autoriza(mos) a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), por tiempo indeterminado y sin compensación económica, la divulgación y reproducción pública de la TESIS, incluida la comunicación, transmisión y distribución de la obra, por cualquier medio y soporte.

Asimismo, realiza(mos) las siguientes manifestaciones:

1. Se autoriza el depósito en carácter no exclusivo de una copia digital de la TESIS en el Repositorio Institucional de la UASLP, para efectos de seguridad y preservación.
2. Se manifiesta la intención de que la TESIS sea divulgada con fines académicos y de investigación, en el Repositorio Institucional de la UASLP y de otras plataformas institucionales, cosechadores y redes de repositorios nacionales e internacionales con las que se conecta, de conformidad con los artículos 70, 71 y 72 de la Ley de Ciencia y Tecnología.
3. Se declara ser el AUTOR y el DIRECTOR de la TESIS respectivamente, la cual es una creación original, que no invade los derechos de terceros, que el TESISTA es el titular de los derechos patrimoniales y que el DIRECTOR avala la calidad de la tesis, por lo que LA UNIVERSIDAD se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad, sea civil, administrativa o penal y se asume la responsabilidad ante cualquier reclamo o demanda por parte de terceros.
4. Se declara que la presente autorización y depósito no vulnera autorizaciones, licencias, transmisiones, contratos de edición, ni cualquier otro acto jurídico realizado con terceros.
5. Se reconoce que la presente autorización y depósito no viola de ninguna manera las disposiciones en materia de propiedad intelectual de ninguna institución o entidad legal con la cual pueda tener algún vínculo laboral o profesional; y que tampoco vulnera disposiciones de seguridad nacional, privacidad, datos personales, ni constituye difamación, calumnia, ni ningún otro delito, sino la forma legítima de expresión.
6. A la UNIVERSIDAD se le excluye de toda responsabilidad que pudiera derivar de la divulgación de la tesis.
7. Se manifiesta que la TESIS no ha sido total ni parcialmente clasificada como información confidencial, ni se ha considerado reservada por alguna autoridad competente.
8. Se manifiesta que se ha resuelto de manera favorable lo relacionado con el uso legal de gráficas, imágenes, tablas y/o figuras contenidas dentro de su tesis.
9. Se manifiesta que cualquier cita contenida en los recursos de información depositados, están debidamente referenciadas en un estilo conocido y apropiado para la disciplina, la ciencia o el campo de conocimiento, y que su publicación en medios electrónicos no afecta los derechos de terceras personas.

REGlamento del Repositorio Institucional de la UASLP



REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UASLP

10. En ausencia del cumplimiento de las declaraciones del AUTOR/AUTORES, todo efecto será responsabilidad del mismo excluyéndose a la UASLP de los efectos de tales omisiones.

La UNIVERSIDAD se compromete a exponer junto con la TESIS la licencia CC elegida por el AUTOR/AUTORES, así como la descripción de forma textual mediante un enlace web público.

La UNIVERSIDAD no se hace responsable por otros usos no autorizados de la TESIS.

El AUTOR/AUTORES pueden solicitar en cualquier momento, el retiro de la TESIS del Repositorio Institucional de la UASLP, mediante un escrito justificado; así mismo, la UNIVERSIDAD puede retirar la TESIS en caso de reclamaciones de terceros que manifiesten ser los titulares.

Lugar: San Luis Potosí, S.L.P.


M.E. Monserrat Ramírez Rodríguez
Nombre y firma del TESISISTA


Dr. Francisco Javier Gutiérrez Quinto
Nombre y Firma Vo.Bo. del DIRECTOR de tesis