



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Odontología Escuela Profesional de Odontología

Influencia de la contaminación con un cemento endodóntico biocerámico, en la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato en dentina intracameral: estudio experimental in vitro, Arequipa 2026

Tesis presentada por:

Velazco Peredo, Ariana Ximena

ORCID: 0009-0001-9366-0600

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor:

Dra. Escalante Otarola, Wilfredo Gustavo

ORCID: 0000-0003-4879-3938

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 08 de Junio del 2026

Dictamen: 018109-C-EPO-2026

Visto el borrador del expediente 018109, presentado por:

2021602062 - VELAZCO PEREDO ARIANA XIMENA

Titulado:

**INFLUENCIA DE LA CONTAMINACIÓN CON UN CEMENTO ENDODÓNTICO BIOCERÁMICO, EN
LA RESISTENCIA ADHESIVA DEL SELLADO DENTINARIO INMEDIATO EN DENTINA
INTRACAMERAL: ESTUDIO EXPERIMENTAL IN VITRO, AREQUIPA 2026**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

CIRUJANO DENTISTA

**04641311 - TEJADA TEJADA RENAN FERNANDO
DICTAMINADOR**



**29238358 - SALAS ROJAS MONICA HILDA CLEOFE
DICTAMINADOR**



**29631086 - PALOMINO VALVERDE IVO ALVARO
DICTAMINADOR**



INFLUENCIA DE LA CONTAMINACIÓN CON UN CEMENTO ENDODÓNTICO BIOCERÁMICO, EN LA RESISTENCIA ADHESIVA DEL SELLADO DENTINARIO INMEDIATO EN DENTINA INTRACAMERAL: ESTUDIO EXPERIMENTAL IN VITRO, AREQUIPA 2026

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	3%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
4	Irving Pablo Fernandez Calle, Edwin Macias Limachi, Abigail Marisol Vargas Ticona, Jenny Paula Aguilar Avalos et al. "REVOLUCIONANDO A ENDODONTIA: A IMPORTÂNCIA DE MÚLTIPLOS IRRIGUANTES PARA A DESINFECÇÃO EFICAZ DO SISTEMA DE CANAL RADICULAR UMA REVISÃO NARRATIVA", RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, 2024 Publicación	<1%

Dedicatoria

Con mi amor y profundo agradecimiento, dedico esta tesis a mis queridos padres y a mi hermana, quienes han sido pilar fundamental de mi vida y la inspiración constante en cada etapa de mi formación. Gracias por su amor infinito, sacrificio silencioso y apoyo en toda mi vida y formación profesional.

Este logro representa todo el esfuerzo, los valores y la fortaleza que sembraron en mí.

*A la memoria de mi papito Damaso,
quien siempre soñó con verme convertida en su doctora y fue una de las personas que más
creyó en mí desde el inicio de este camino.*

Espero que, desde el cielo, pueda sentirse orgulloso de la profesional y persona que soy hoy.

Con todo mi amor y eterna gratitud.

Ariana Velazco Peredo

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por ser mi guía y brindarme fortaleza y sabiduría a lo largo de este camino.

A mis papis y a mi hermana, por su amor incondicional, apoyo constante y por ser mi mayor motivación durante toda mi formación profesional.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos, enseñanzas y experiencia, contribuyendo de manera fundamental a mi crecimiento académico y humano.

Y a mis pacientes, por su confianza y colaboración, permitiéndome aprender y fortalecer mi vocación a lo largo de este camino.

Gracias.

Ariana Velazco Peredo

Epígrafe

“Cada uno ponga al servicio de los demás el don que haya recibido”

Pedro 4:10



RESUMEN

Introducción: El sellado dentinario inmediato (SDI) ha demostrado mejorar la adhesión y el sellado marginal en procedimientos restauradores indirectos; sin embargo, su efectividad puede verse comprometida cuando la dentina intracameral se contamina con cementos endodónticos biocerámicos durante el tratamiento del conducto radicular. Estos materiales, ampliamente utilizados por sus propiedades bioactivas y selladoras, pueden interferir en la capacidad adhesiva de los sistemas de unión, reduciendo la resistencia adhesiva y comprometiendo el éxito restaurador a largo plazo.

Objetivo: El presente estudio experimental in vitro tuvo el propósito de establecer la recuperación de la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato en dentina intracameral tras la contaminación con un cemento endodóntico biocerámico, así como analizar la efectividad de diferentes protocolos de limpieza y reacondicionamiento dentinario.

Metodología: Para ello, se seleccionaron dientes bovinos recolectados, en los cuales se realizó el acceso endodóntico y el SDI. Posteriormente, la dentina intracameral fue contaminada con un cemento biocerámico y sometida a distintos métodos de descontaminación antes de la aplicación del sistema adhesivo y la restauración. La resistencia adhesiva fue evaluada mediante ensayos mecánicos, y los modos de falla fueron analizados mediante observación microscópica.

Resultados: Los resultados mostraron que la contaminación con cemento biocerámico reduce significativamente la resistencia adhesiva del SDI; no obstante, determinados protocolos de limpieza permitieron recuperar parcialmente dicha resistencia, alcanzando valores clínicamente aceptables. El análisis reveló diferencias importantes entre los métodos empleados, lo que evidencia la importancia del manejo adecuado de la dentina intracameral contaminada.

Conclusión: En conclusión, la contaminación con cementos endodónticos biocerámicos afecta negativamente la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato; sin embargo, la implementación de protocolos específicos de descontaminación puede favorecer la recuperación de la adhesión. Estos hallazgos aportan evidencia relevante para optimizar la integración entre los tratamientos endodónticos y restauradores, contribuyendo al éxito clínico a largo plazo.

Palabras clave: Biocerámico, adhesivo, sellado dentinario.

ABSTRACT

Introduction: Immediate dentin sealing (IDS) has been shown to improve adhesion and marginal sealing in indirect restorative procedures; however, its effectiveness can be compromised when intracameral dentin is contaminated with bioceramic endodontic cements during root canal treatment. These materials, widely used for their bioactive and sealing properties, can interfere with the adhesion of adhesive systems, reducing bond strength and compromising long-term restorative success.

Objective: The purpose of this in vitro experiment was to assess the recovery of bond strength of immediate dentin sealing in intracameral dentin after contamination with a bioceramic endodontic cement, as well as to analyze the effectiveness of different cleaning and dentin reconditioning protocols.

Methodology: For this study, extracted bovine teeth were selected, and endodontic access and SDI were performed on them. Subsequently, the intracameral dentin was contaminated with a bioceramic cement and subjected to various decontamination methods before the adhesive system is applied and restoration. Bond strength was evaluated using mechanical tests, and failure modes were analyzed through microscopic observation..

Results: The results showed that contamination with bioceramic cement significantly reduces the adhesive strength of the immediate dentin sealant (IDS); however, specific cleaning protocols allowed for partial recovery of this strength, reaching clinically acceptable values. The analysis revealed significant differences between the methods used, highlighting the importance of proper management of contaminated intracameral dentin.

Conclusion: In conclusion, contamination with bioceramic endodontic cements negatively affects the adhesive strength of the immediate dentin sealant; however, the application of specific decontamination protocols can promote the recovery of adhesion. These findings provide relevant evidence for optimizing the integration between endodontic and restorative treatments, contributing to long-term clinical success.

Keywords: Bioceramic, adhesive, dentin sealant.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....3

1. Determinación del problema.....4

2. Pregunta de investigación5

3. Justificación5

3.1. Actualidad.....5

3.2. Utilidad5

3.3. Relevancia científica.....5

3.4. Originalidad6

3.5. Viabilidad6

3.6. Interés personal.....6

4. Objetivos6

4.1. Objetivo general:6

4.2. Objetivo específico:.....6

5. Marco Conceptual y Antecedentes Investigativos7

6. Análisis de Antecedentes Investigativos Internacionales21

7. Hipótesis.....25

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....26

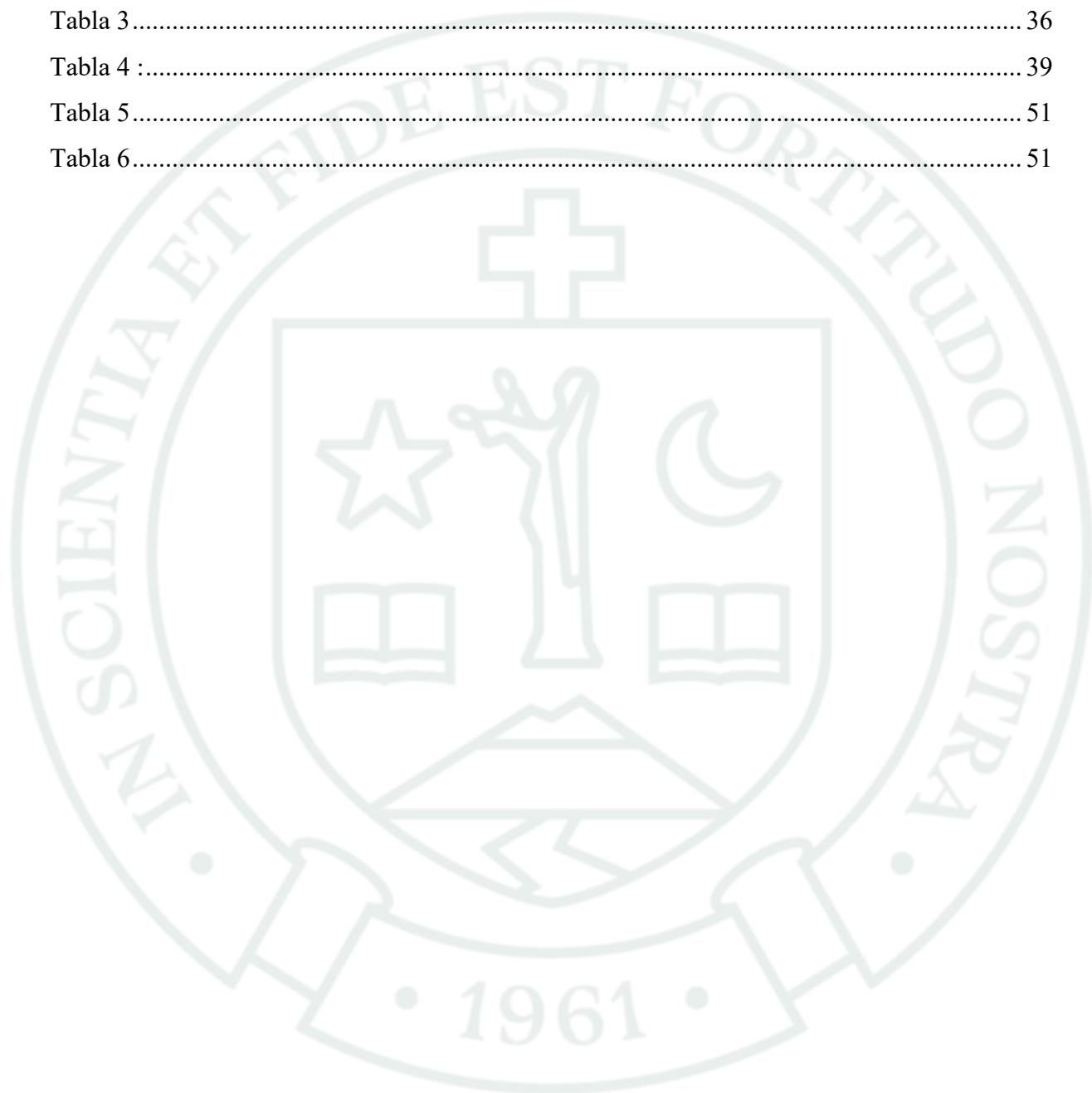
1. Diseño metodológico:27

2. Población y muestra:27

3. Tabla de variables:	29
4. Técnicas y procedimientos:	30
5. Plan de análisis	32
6. Consideraciones éticas:	33
7. Recursos:	34
7.1. Recursos Humanos	34
7.2. Recursos Físicos	34
7.3. Recursos Económicos	34
7.4. Materiales:	34
8. Cronograma	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS	37
1. Resultados	38
2. Discusión	42
3. Conclusiones	45
4. Recomendaciones	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	29
Tabla 2	35
Tabla 3	36
Tabla 4 :	39
Tabla 5	51
Tabla 6	51



ÍNDICE DE FIGURAS

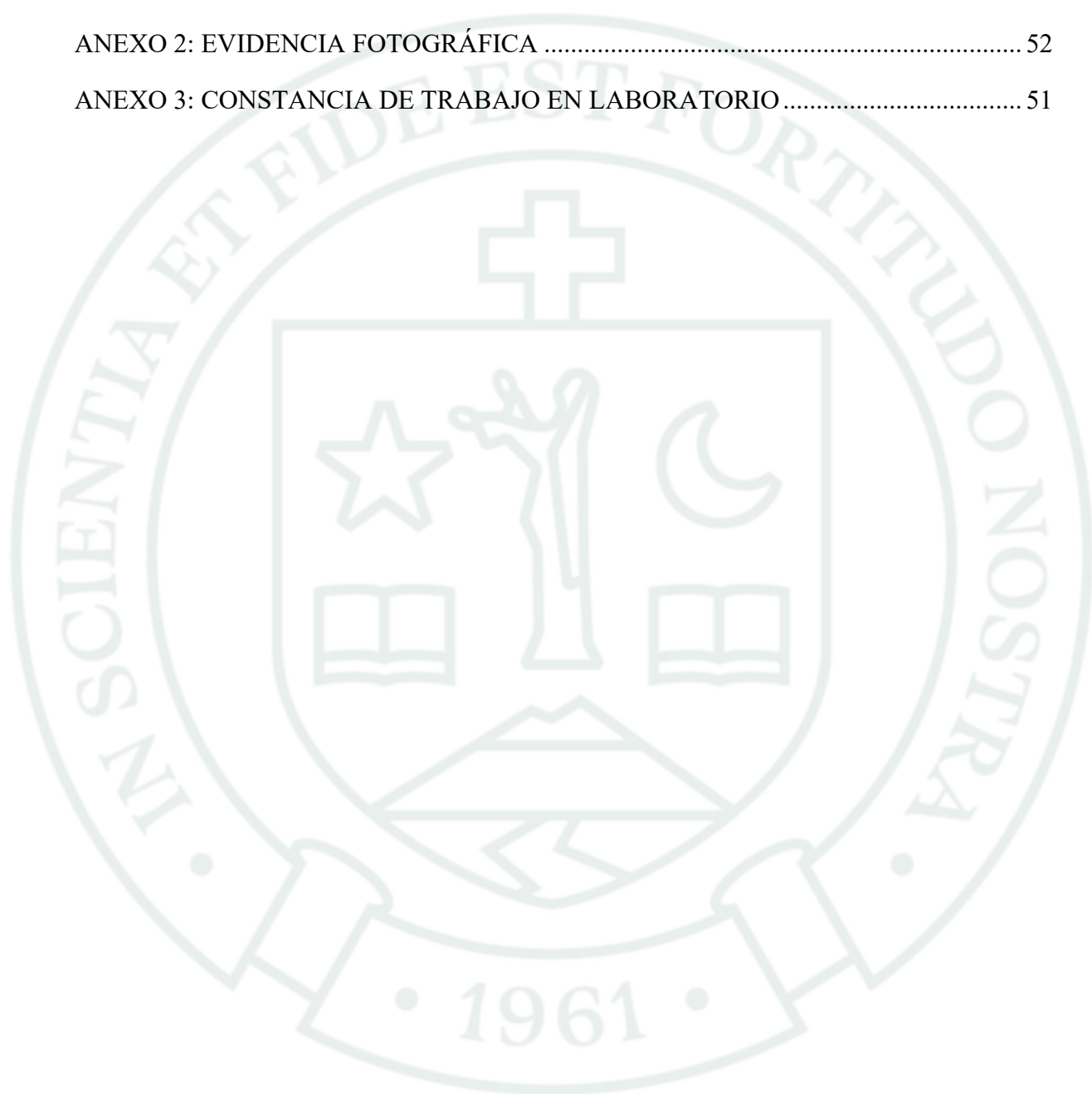
FIGURA N° 1:40

FIGURA N° 2:.....41



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE DATOS	51
ANEXO 2: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA	52
ANEXO 3: CONSTANCIA DE TRABAJO EN LABORATORIO	51



INTRODUCCION

La eficacia clínica de los procedimientos restauradores indirectos se encuentra ampliamente influenciada por la calidad de la adhesión entre la restauración y la estructura dentaria. En este contexto, el sellado dentinario inmediato (SDI) ha sido planteado como una técnica eficaz para mejorar la resistencia adhesiva, reducir la sensibilidad postoperatoria y optimizar el sellado marginal, al aplicarse el sistema adhesivo sobre dentina recién cortada antes de la cementación definitiva de la restauración. Diversa evidencia científica reporta que el SDI beneficia la estabilidad de la interfaz adhesiva y contribuye al éxito restaurador a largo plazo (1).

En dientes tratados endodónticamente, la dentina intracameral cumple un papel fundamental como sustrato adhesivo para la reconstrucción coronaria. No obstante, durante los procedimientos endodónticos, esta superficie dentinaria puede contaminarse con irrigantes, medicación intracanal y, especialmente, con cementos endodónticos. En los últimos años, los cementos endodónticos biocerámicos han adquirido amplia aceptación clínica debido a sus propiedades bioactivas, biocompatibilidad, capacidad de sellado, lo que favorece la restauración de los tejidos periapicales. Sin embargo, su composición y comportamiento químico pueden afectar negativamente el comportamiento adhesivo de los agentes de unión utilizados en la restauración coronaria (2).

La contaminación de la dentina con cementos biocerámicos puede generar una capa residual difícil de eliminar, alterando la energía superficial del sustrato y obstruyendo los túbulos dentinarios, lo que compromete la infiltración de los monómeros adhesivos y reduce la resistencia adhesiva. Esta situación representa un desafío clínico relevante, especialmente cuando se aplica el sellado dentinario inmediato previo o posterior al tratamiento endodóntico, ya que una adhesión deficiente puede conducir a microfiltración, fracaso restaurador y reinfección del sistema de conductos (3).

Diversas estrategias de limpieza y reacondicionamiento dentinario han sido propuestas para minimizar los efectos adversos de la contaminación, incluyendo el uso de agentes quelantes, irrigantes específicos y técnicas mecánicas de limpieza. No obstante, los antecedentes científicos referentes a la efectividad de estos protocolos para recuperar la resistencia adhesiva del SDI en dentina intracameral contaminada con cementos biocerámicos es aún limitada y controversial.

Por ello, resulta fundamental profundizar en el análisis de la influencia de la contaminación por cementos endodónticos biocerámicos sobre la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato, así como evaluar la capacidad de distintos protocolos de descontaminación para restablecer condiciones adhesivas adecuadas. El presente estudio experimental in vitro tiene como propósito aportar evidencia científica que permita optimizar la integración entre los tratamientos endodónticos y restauradores, contribuyendo a la efectividad clínica y conservación de las restauraciones a largo plazo (2).





CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. Determinación del problema

El sellado dentinario inmediato se ha consolidado como una estrategia fundamental en la odontología moderna adhesiva, debido a su capacidad para proteger la dentina recién expuesta, mejorar la resistencia adhesiva y reducir la microfiltración en restauraciones indirectas. Este método se basa en la aplicación de un sistema adhesivo sobre dentina intacta y no contaminada, lo que beneficia la formación de una capa híbrida estable y una interacción micromecánica eficaz entre el adhesivo y la dentina. Sin embargo, la eficacia del sellado dentinario inmediato depende directamente de las condiciones de la superficie dentinaria y de la ausencia de agentes contaminantes.

En el contexto del tratamiento endodóntico, la dentina intracameral se encuentra expuesta a diversos materiales y sustancias, entre los cuales destacan los cementos endodónticos biocerámicos. Estos materiales, compuestos principalmente por silicatos de calcio, óxidos metálicos y agentes radiopacificadores, presentan propiedades bioactivas que promueven la formación de hidroxiapatita. Si bien estas características son beneficiosas bajo un enfoque biológico, también pueden provocar la formación de depósitos minerales y residuos superficiales sobre la dentina intracameral, dificultando la adhesión posterior de los sistemas restauradores.

La presencia de residuos de cemento biocerámico puede modificar la energía superficial de la dentina, obstruir los túbulos dentinarios y alterar la interacción química entre los monómeros funcionales de los adhesivos y la dentina. Estas alteraciones pueden impedir la adecuada infiltración del adhesivo y la formación de una capa híbrida continua y homogénea, disminuyendo significativamente la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato. Además, la naturaleza alcalina y la estabilidad dimensional de los cementos biocerámicos dificultan su remoción completa mediante los protocolos de limpieza convencionales.

A pesar de la creciente incorporación de cementos biocerámicos en la práctica endodóntica, la literatura científica muestra resultados inconsistentes respecto a su influencia sobre la adhesión dentinaria y a la efectividad de los distintos métodos de descontaminación. Algunos estudios sugieren que ciertos agentes irrigantes o procedimientos mecánicos pueden mejorar la adhesión, mientras que otros reportan una recuperación limitada o insuficiente de la resistencia adhesiva. Esta falta de consenso evidencia un vacío de conocimiento que impide establecer protocolos clínicos estandarizados y confiables.

En consecuencia, persiste el problema de determinar si la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato en dentina intracameral contaminada con cemento endodóntico biocerámico puede ser recuperada y, en caso afirmativo, cuáles son los protocolos de limpieza y reacondicionamiento dentinario más eficaces para lograrlo. La ausencia de información concluyente sobre este aspecto justifica la realización de estudios experimentales in vitro que permitan analizar de manera controlada el comportamiento adhesivo del sellado dentinario inmediato frente a la contaminación biocerámica, aportando información científica que respalde la elección de estrategias clínicas y contribuya a mejorar el pronóstico restaurador de los dientes tratados endodónticamente.

2. Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la contaminación con cemento endodóntico biocerámico sobre la resistencia de unión del sellado dentinario inmediato?

¿Qué estrategia de limpieza permite una mayor recuperación de la resistencia de unión del sellado dentinario inmediato tras la contaminación con cemento endodóntico biocerámico?

¿Cuál es el modo de falla predominante del sellado dentinario inmediato en dentina intracameral contaminada con cemento endodóntico biocerámico?

3. Justificación

3.1. Actualidad

La incorporación creciente de cementos biocerámicos en la práctica endodóntica actual requiere estudios que evalúen su impacto en la adhesión restauradora, respondiendo a la necesidad urgente de información científica actualizada y pertinente.

3.2. Utilidad

Los resultados permitirán a los profesionales de odontología seleccionar protocolos efectivos para descontaminar dentina intracameral, mejorando la adhesión y prolongando la vida útil de las restauraciones en dientes tratados endodónticamente.

3.3. Relevancia científica

Este estudio contribuye a ampliar el conocimiento sobre la interacción entre los cementos endodónticos biocerámicos y los sistemas adhesivos dentinarios, área poco explorada,

aportando evidencia valiosa para optimizar protocolos clínicos y mejorar la durabilidad de las restauraciones.

3.4. Originalidad

Este trabajo puede influir en la práctica clínica y en la formulación de guías clínicas, contribuyendo a reducir fracasos restauradores y mejorando la calidad de atención odontológica a nivel local y regional.

3.5. Viabilidad

El estudio es factible debido a la disponibilidad de recursos, equipamiento adecuado para la medición de resistencia adhesiva y acceso a muestras dentales necesarias para la investigación experimental in vitro.

3.6. Interés personal

La presente investigación se fundamenta en el interés científico y profesional de contribuir a la mejora de los tratamientos restauradores post-endodónticos, fortaleciendo mis competencias y aportando al avance científico en odontología, además de obtener mi título de cirujana dentista.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general:

- Evaluar el impacto de diferentes procedimientos de descontaminación en la resistencia de unión dentinaria cameral bovina con sellado dentinario inmediato contaminado por un cemento biocerámico, mediante un modelo experimental in vitro.

4.2. Objetivo específico:

- Analizar comparativamente los niveles de resistencia de unión por microtracción registrados después de emplear diferentes protocolos de limpieza en superficies con sellado dentinario inmediato expuestas a contaminación por cemento biocerámico.
- Identificar el protocolo de limpieza que genere los valores más elevados de resistencia adhesiva en dentina cameral bovina previamente sellada y sometida a contaminación.
- Analizar el tipo de falla adhesiva, cohesiva o mixta observada luego del ensayo de microtracción, según la estrategia de limpieza aplicada.

5. Marco Conceptual y Antecedentes Investigativos

5.1. Conceptos Básicos

a) Dentina intracameral

La dentina intracameral se refiere a la dentina localizada en la cámara pulpar, es decir, la porción más interna de la dentina coronaria en íntima relación con el tejido pulpar. Esta región forma parte del complejo dentina-pulpa y presenta características estructurales y funcionales particulares.

Bajo el enfoque biológico, la dentina intracameral se caracteriza por:

- Alta densidad de túbulos dentinarios y mayor diámetro tubular en comparación con dentina superficial, lo que incrementa su permeabilidad.
- Relación directa con los odontoblastos, cuyos procesos se extienden dentro de los túbulos, conectando la dentina con la pulpa.
- Presencia de pre dentina adyacente, una matriz orgánica no mineralizada en constante formación.

Esta dentina cumple roles como:

- Actúa como barrera protectora del tejido pulpar, tanto frente a estímulos mecánicos como químicos.
- Participa en la transducción de estímulos (dolor dentinario) debido a su conexión estructural con el sistema nervioso pulpar.
- Interviene en procesos de reparación y regeneración dentinaria, especialmente ante agresiones (caries, procedimientos clínicos).

Tomando en consideración clínica:

- Es más húmeda y menos mineralizada, lo que dificulta la adhesión de materiales restauradores.
- Puede verse alterada durante procedimientos como la instrumentación endodóntica, afectando sus propiedades mecánicas.

- Su alta permeabilidad la hace más susceptible a sensibilidad y respuesta inflamatoria pulpar. (4)

b) Estructura y propiedades de la dentina

Presenta una estructura compleja y heterogénea, está formada principalmente por túbulos dentinarios que contienen prolongaciones odontoblásticas y fluido dentinario, los cuales atraviesan toda su extensión desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria. Alrededor de estos túbulos se encuentra la dentina peritubular, altamente mineralizada, mientras que entre ellos se localiza la dentina intertubular, compuesta principalmente por colágeno tipo I y cristales de hidroxiapatita.

Bajo un enfoque estructural, la dentina es un tejido compuesto anisotrópico cuya organización varía según la localización dentro del diente, la edad y factores patológicos. Estas variaciones estructurales influyen directamente en sus propiedades físicas y mecánicas.

En cuanto a sus propiedades, la dentina presenta una combinación de rigidez y elasticidad que le permite soportar cargas masticatorias y actuar como amortiguador entre el esmalte y la pulpa. Su comportamiento mecánico está determinado por su composición orgánica e inorgánica, así como por su organización jerárquica. Además, su permeabilidad está relacionada con las medidas de los túbulos dentinarios, lo cual tiene implicancia directa en la adhesión y en los procedimientos restauradores (5).

c) Adhesión dentinaria

La adhesión dentinaria se basa en la interacción entre el sistema adhesivo y un sustrato complejo, húmedo y heterogéneo como la dentina. Los principios fundamentales incluyen la capacidad del adhesivo para humectar adecuadamente la superficie dentinaria, lo cual está determinada por la interacción existente entre la energía superficial del sustrato y la tensión superficial del material adhesivo.

Uno de los conceptos clave es la infiltración de monómeros resinosos en la matriz de colágeno expuesta tras el acondicionamiento, lo que permite la formación de una interfaz de unión estable. Esta interacción está influenciada por la permeabilidad dentinaria y la presencia de fluido en los túbulos dentinarios, lo cual puede afectar la difusión de los agentes adhesivos.

Asimismo, es posible categorizar los sistemas adhesivos según su mecanismo en sistemas de grabado, lavado y sistemas autograbantes, cada uno con ventajas y limitaciones relacionadas con la profundidad de desmineralización y la capacidad de penetración del adhesivo.

En conjunto, los principios de la adhesión dentinaria dependen de factores físicos y químicos como la humectabilidad, la difusión de los monómeros, la polimerización adecuada y la interacción con la estructura dentinaria, los cuales determinan la calidad y durabilidad de la unión adhesiva (6).

d) Sistemas adhesivos dentinarios y su clasificación

Los sistemas adhesivos dentinarios son materiales diseñados para unir la estructura dental con los materiales restauradores, permitiendo la formación de una interfaz estable entre la dentina y la resina. Su evolución ha dado lugar a diferentes clasificaciones basadas principalmente en su mecanismo de acción y en la cantidad de pasos clínicos requeridos para su aplicación.

En la actualidad, los sistemas adhesivos se clasifican de acuerdo a su estrategia de adhesión en 3 grupos: grabado y enjuague, autograbantes y adhesivos universales o multimodo. Los sistemas de grabado y enjuague eliminan completamente la capa de barrillo dentinario mediante ácido fosfórico, permitiendo una mayor desmineralización y penetración del adhesivo. En contraste, los sistemas autograbantes modifican parcialmente esta capa, simplificando el procedimiento y reduciendo la sensibilidad técnica. Los adhesivos universales combinan ambas estrategias, pudiendo utilizarse en diferentes modos clínicos según la necesidad.

Además, estos sistemas pueden clasificarse según el número de pasos clínicos en sistemas de tres pasos, dos pasos o un solo paso. Los sistemas de múltiples pasos suelen ofrecer mayor control y durabilidad adhesiva, mientras que los simplificados reducen el tiempo clínico y la técnica operatoria, aunque pueden presentar algunas limitaciones en su estabilidad a largo plazo.

En conjunto, la clasificación de los sistemas adhesivos permite comprender su comportamiento clínico y seleccionar el más adecuado según las condiciones del sustrato dentinario y el procedimiento restaurador, siendo un factor clave en el éxito y longevidad de las restauraciones adhesivas (7).

5.2. Sellado Dentinario Inmediato (SDI)

a) Concepto y técnicas del sellado dentinario inmediato

El sellado dentinario inmediato (SDI) corresponde a un procedimiento basado en la aplicación y polimerización de un sistema adhesivo sobre la dentina recién preparada antes de la toma de impresión para restauraciones indirectas. Este enfoque surge como una modificación del protocolo convencional, en el cual la adhesión se realiza de forma diferida, justo antes de la cementación.

El concepto fundamental del SDI se basa en que la dentina recién cortada, libre de contaminación, ofrece condiciones óptimas para la adhesión, permitiendo una mejor infiltración de los monómeros y una interfaz adhesiva más estable. Además, esta técnica favorece la conformación temprana de la capa híbrida y protege la dentina durante la fase provisional.

En cuanto a la técnica, el procedimiento implica la aplicación inmediata del sistema adhesivo tras la preparación cavitaria, seguida de su polimerización. En algunos casos, se complementa con el uso de resinas adhesivas con carga para mejorar la adaptación y actuar como una capa intermedia de bajo módulo elástico.

El artículo señala que el SDI permite mejorar la resistencia adhesiva, reducir la formación de brechas marginales, disminuir la microfiltración bacteriana y minimizar la sensibilidad postoperatoria. Asimismo, contribuye a la conservación de los tejidos dentarios y al éxito prolongado de las restauraciones indirectas (8).

b) Ventajas clínicas del SDI

El sellado dentinario inmediato (SDI) presenta múltiples ventajas clínicas en comparación con la adhesión diferida, la aplicación del sistema adhesivo sobre dentina recién preparada permite obtener una mayor resistencia de unión, debido a que el sustrato se encuentra libre de contaminación y con una red de colágeno óptima para la infiltración de los monómeros.

Asimismo, el SDI favorece la formación temprana de la capa híbrida, lo que contribuye a una interfaz adhesiva más estable y duradera. Otra ventaja relevante es la disminución de la microfiltración y la formación de brechas marginales, mejorando el sellado y reduciendo el riesgo de filtración bacteriana.

También es importante destacar que el SDI permite el sellado inmediato de los túbulos dentinarios, lo que reduce significativamente la sensibilidad postoperatoria durante la fase provisional. Además, protege la dentina frente a la contaminación por materiales provisionales y el medio oral, preservando las condiciones ideales del sustrato para la cementación definitiva.

En conjunto, estas ventajas contribuyen a mejorar la adaptación de las restauraciones indirectas y a incrementar la longevidad clínica de los tratamientos adhesivos (9).

c) Factores que afectan la resistencia adhesiva en el SDI

La resistencia adhesiva en el sellado dentinario inmediato (SDI) está influenciada por diversas características propias del sustrato dentinario, los materiales utilizados y los procedimientos clínicos. Se señala que la aplicación del adhesivo sobre dentina recién preparada mejora la resistencia de unión; sin embargo, esta puede verse afectada por condiciones posteriores como la contaminación durante la fase provisional y la manipulación clínica.

Uno de los factores más relevantes es el tiempo transcurrido entre el SDI y la cementación definitiva, ya que procesos como el envejecimiento hídrico o la degradación de la capa híbrida pueden disminuir la calidad de la adhesión. Asimismo, el sistema de adhesión y el cemento resinoso empleado influye significativamente en los valores de resistencia adhesiva.

Otro factor importante es la contaminación del sustrato dentinario (por saliva, materiales provisionales o bacterias), la cual puede interferir con la adhesión y reducir su efectividad si no se realiza una limpieza adecuada antes de la cementación. Además, variables como el protocolo de acondicionamiento, el tipo de restauración indirecta y las condiciones de envejecimiento también afectan los resultados adhesivos.

En conjunto, se concluye que la resistencia adhesiva en el SDI está sujeta a la correcta implementación clínica del procedimiento así como de la adecuada gestión de variables capaces de alterar la integridad de la interfaz adhesiva, siendo determinantes para optimizar la durabilidad clínica de las restauraciones indirectas (8).

5.3. Cementos Endodónticos Biocerámicos

a) Composición química y propiedades

Los cementos endodónticos biocerámicos son materiales cuya composición química se basa principalmente de compuestos químicos inorgánicos fundamentales. Estos componentes les otorgan características bioactivas, permitiendo la formación de hidroxiapatita y la interacción química con la dentina, lo que favorece el sellado del sistema de conductos radiculares.

Asimismo, presentan biocompatibilidad, baja citotoxicidad y un pH básico que aportan a su acción antibacteriana. En cuanto a sus propiedades físicas, se caracterizan por su estabilidad dimensional, baja solubilidad y ligera expansión durante el proceso de fraguado, lo que mejora su capacidad de sello. Además, su naturaleza hidrofílica permite su endurecimiento en presencia de humedad.

En conjunto, la composición química de los cementos biocerámicos los convierten en materiales adecuados para procedimientos endodónticos, favoreciendo el sellado, la adaptación y la respuesta biológica de los tejidos (9).

b) Mecanismo de acción y bioactividad

La forma en que actúan los cementos endodónticos biocerámicos se basa en reacciones de hidratación de sus componentes, principalmente silicatos de calcio, al entrar en contacto con la humedad del medio. Este proceso da lugar a la formación de productos de hidratación y la exención de hidróxido de calcio, lo que genera un pH básico que contribuye a su actividad antibacteriana.

La bioactividad de estos materiales se relaciona con su capacidad de liberar iones calcio e inducir la formación de hidroxiapatita al interactuar con los fluidos tisulares. Este fenómeno permite la formación de una interfaz química con la dentina, mejorando la adaptación y el sellado de conductos radiculares.

Asimismo, se señala que los cementos presentan biocompatibilidad y favorecen la reacción de los tejidos periapicales, promoviendo procesos de mineralización. En conjunto, su mecanismo de acción y bioactividad explican su capacidad de sellado y su desempeño clínico en tratamientos endodónticos (10).

c) Aplicaciones clínicas en endodoncia

Los materiales biocerámicos han revolucionado la práctica endodóntica contemporánea debido a sus propiedades biológicas y fisicoquímicas, las que destacan su biocompatibilidad, bioactividad y capacidad de sellado. Estos materiales, basados principalmente en silicatos de calcio, presentan la capacidad de fraguar en presencia de humedad y formar hidroxiapatita, lo que favorece su integración con los tejidos dentarios.

En el ámbito clínico, una de sus principales aplicaciones es como selladores en la obturación de conductos radiculares. Su capacidad de adaptación a las paredes dentinarias, junto con una ligera expansión durante el fraguado, permite mejorar el sellado de los conductos, reduciendo la microfiltración y el riesgo de reinfección.

Asimismo, los biocerámicos son ampliamente utilizados en la reparación de perforaciones radiculares y furcales. Su elevada biocompatibilidad y bioactividad promueven la formación de tejido mineralizado y favorecen una respuesta tisular favorable, lo que contribuye a la recuperación de la integridad estructural del diente.

En terapias conservadoras de la pulpa, como el recubrimiento pulpar directo y la pulpotomía, estos materiales han demostrado inducir la formación de dentina reparativa, facilitando la preservación de la vitalidad pulpar. Esta propiedad los posiciona como una alternativa superior a materiales tradicionales, debido a su capacidad de estimular procesos biológicos regenerativos (11).

5.4. Contaminación de la Dentina Intracameral con Cementos Biocerámicos

a) Mecanismos y causas de contaminación

Uno de los principales mecanismos de contaminación se relaciona con la alteración de la superficie dentinaria producida por los irrigantes utilizados durante la instrumentación, especialmente el Hisol (NaOCl). Este irrigante, aunque posee una importante acción antimicrobiana y capacidad de disolución tisular, puede degradar el componente orgánico de la dentina, principalmente el colágeno, modificando su estructura y permeabilidad. Estas alteraciones afectan la interacción entre la dentina y el cemento biocerámico, disminuyendo su capacidad de adhesión y favoreciendo la aparición de espacios interfaciales donde pueden infiltrarse bacterias y toxinas.

Asimismo, la persistencia de residuos dentinarios, barro dentinario o humedad excesiva dentro del conducto radicular puede interferir con la respuesta del cemento biocerámico

a las paredes del conducto. Cuando el sellado no es uniforme, se produce microfiltración coronaria o apical, permitiendo el ingreso de microorganismos hacia los conductos radiculares y los tejidos alrededor. Esta situación favorece la supervivencia bacteriana y la formación de biopelículas resistentes al tratamiento endodóntico.

Otra causa importante de contaminación corresponde a las deficiencias en los protocolos clínicos, como una irrigación insuficiente, instrumentación incompleta o contaminación salival durante el procedimiento. Estas condiciones facilitan la permanencia de microorganismos en los túbulos dentinarios, disminuyendo la efectividad del cemento obturador y comprometiendo el pronóstico del tratamiento.

A pesar de que los cementos biocerámicos presentan propiedades antimicrobianas y capacidad para formar hidroxiapatita, el éxito de su aplicación se asocia estrechamente de las condiciones del sustrato dentinario y del adecuado manejo clínico. Diversos estudios señalan que la relación entre el hipoclorito de sodio y la dentina puede modificar la fuerza de unión de los selladores biocerámicos, afectando el sellado tridimensional del conducto radicular y favoreciendo procesos de contaminación secundaria.

En consecuencia, la prevención de la contaminación durante la endodoncia requiere no solo de materiales con propiedades bioactivas, sino también de protocolos clínicos adecuados que permitan preservar la integridad de la dentina y optimizar la adhesión del cemento biocerámico al sistema de conductos radiculares (12)

b) Impacto en las propiedades fisicoquímicas de la dentina

Los cementos biocerámicos utilizados en endodoncia presentan propiedades bioactivas y biocompatibles que les permiten interactuar favorablemente con la dentina radicular. Estos materiales, compuestos principalmente por silicatos de calcio, tienen la capacidad de liberar iones calcio y formar hidroxiapatita al estar en contacto con la humedad de los túbulos dentinarios, favoreciendo la interacción adhesiva entre el cemento y la dentina.

La interacción de los biocerámicos con la superficie dentinaria puede producir modificaciones en las propiedades fisicoquímicas de la dentina, especialmente en la permeabilidad y composición mineral. La formación de precipitados minerales dentro de los túbulos dentinarios contribuye a disminuir la microfiltración y mejorar el sellado del sistema de conductos radiculares. Asimismo, esta biomineralización favorece la

interacción del material a las paredes dentales y aumenta la estabilidad de la obturación endodóntica.

Sin embargo, la efectividad de esta interacción depende de las condiciones de la dentina previamente tratada. El uso de irrigantes como el HISOL y el EDTA puede alterar la composición orgánica e inorgánica que constituyen la dentina, modificando la adhesión y capacidad de penetración del cemento biocerámico. Estas alteraciones pueden afectar la fuerza de unión del material y comprometer sus propiedades de sellado.

Además, los biocerámicos presentan propiedades alcalinas y actividad antimicrobiana, lo que favorece la reducción de microorganismos residuales dentro del conducto radicular. Su capacidad de fraguar en presencia de humedad y su expansión mínima durante el endurecimiento permiten una mejor adaptación a la dentina y disminuyen el riesgo de contaminación bacteriana.

Por lo tanto, los cementos biocerámicos influyen de manera importante en las propiedades físicoquímicas de la dentina, favoreciendo procesos de biomineralización, sellado y estabilidad estructural, factores determinantes para el éxito de la terapia endodóntica (13).

c) Efectos sobre la adhesión dentinaria

La adhesión entre el cemento sellador y la dentina cameral es fundamental para garantizar un adecuado sellado del sistema de conductos y prevenir la microfiltración bacteriana. Los cementos biocerámicos presentan propiedades hidrofílicas y bioactivas que favorecen su adaptación a las paredes dentinarias y mejoran la interacción con el cemento obturador.

Además, estos materiales liberan iones calcio y promueven la creación de hidroxiapatita en la interfase cemento-dentina, contribuyendo a una unión química y micromecánica más estable. Esta biomineralización mejora la capacidad de sellado y disminuye el riesgo de contaminación bacteriana.

Sin embargo, la adhesión dentinaria puede verse afectada por factores como el uso de irrigantes endodónticos, especialmente el hipoclorito de sodio, y por la presencia de barro dentinario, los cuales pueden alterar la superficie de la dentina y comprometer la fuerza de unión del cemento biocerámico.

Por lo tanto, las propiedades bioactivas e hidrofílicas de los biocerámicos favorecen una mejor adhesión dentinaria, contribuyendo al éxito y estabilidad del tratamiento endodóntico (14).

5.5. Protocolos de Limpieza y Reacondicionamiento Dentinario

a) Agentes químicos utilizados para descontaminación (EDTA, hipoclorito, etc.)

La descontaminación los conductos radiculares es un paso esencial en una endodoncia ya que permite eliminar microorganismos, restos orgánicos y barro dentinario presentes en el interior del conducto. Para ello, se emplean diferentes agentes químicos irrigantes, entre los cuales destacan el hipoclorito de sodio y el EDTA.

Gracias a su amplio espectro de acción frente a microorganismos y a su habilidad para disolver materia orgánica, el hipoclorito de sodio se ha consolidado como el irrigante más empleado durante los procedimientos endodónticos. Además, posee la capacidad de eliminar bacterias y reducir la formación de biopelículas dentro del sistema de conductos radiculares. Sin embargo, concentraciones elevadas pueden modificar la estructura orgánica de la dentina y afectar sus propiedades fisicoquímicas.

Por otro lado, el EDTA corresponde a un agente quelante empleado con el fin de remover el barro dentinario generado durante la instrumentación mecánica. Su acción permite desmineralizar la dentina superficial y abrir los túbulos dentinarios, favoreciendo la penetración de los irrigantes y cementos endodónticos. Generalmente, el EDTA se utiliza en combinación con el hipoclorito de sodio para mejorar la limpieza y descontaminación del conducto radicular.

Asimismo, otros agentes como la clorhexidina y el ácido cítrico también son empleados como irrigantes complementarios debido a sus características anti-microbianas y potencial de limpieza. La adecuada combinación y utilización de estos agentes químicos contribuye a optimizar la desinfección de los conductos y mejorar la eficacia clínica del tratamiento endodóntico (15).

b) Métodos mecánicos y activación ultrasónica

La descontaminación del sistema de conductos radiculares no depende únicamente de la acción química de los irrigantes, sino también de los métodos mecánicos utilizados

durante la instrumentación e irrigación endodóntica. La preparación biomecánica permite remover tejido necrótico, residuos orgánicos y reducir la carga bacteriana presente en el conducto radicular. Sin embargo, debido a la complejidad anatómica en los conductos radiculares, la acción exclusiva de la instrumentación mecánica no consigue eliminar por completo los microorganismos presentes y el barro dentinario.

Por esta razón, se han desarrollado sistemas de activación de irrigantes, entre los cuales destaca la activación ultrasónica pasiva. Este método utiliza ondas ultrasónicas para generar movimiento y agitación del irrigante dentro del conducto radicular, favoreciendo una mejor penetración de soluciones como el NaClO y el EDTA en los túbulos dentinarios y áreas de difícil acceso.

La activación ultrasónica mejora la eliminación de biopelículas bacterianas, restos tisulares y smear layer, incrementando la eficacia de la descontaminación endodóntica. Asimismo, favorece una limpieza más profunda de las paredes dentinarias y optimiza la adaptación de los cementos selladores, incluidos los materiales biocerámicos.

Por lo tanto, la combinación de métodos mecánicos con sistemas de activación ultrasónica ayuda a una desinfección más eficaz de los conductos radiculares y mejora el tratamiento de conductos (16).

c) Eficacia de los protocolos en la recuperación de la resistencia adhesiva

La resistencia adhesiva entre la dentina radicular y los cementos selladores es un factor fundamental para garantizar un adecuado sellado del sistema de conductos y prevenir la microfiltración bacteriana. Diversos procedimientos realizados durante la endodoncia, como la irrigación con NaClO y la instrumentación mecánica, pueden alterar la superficie dentinaria y disminuir la capacidad adhesiva de los materiales endodónticos.

Con el objetivo de recuperar y mejorar esta adhesión, se han desarrollado diferentes protocolos de acondicionamiento dentinario. Entre los más utilizados destacan la combinación de EDTA y hipoclorito de sodio, ya que permiten remover el barro dentinario y limpiar la superficie de la dentina, favoreciendo la infiltración y adaptación de los cementos biocerámicos dentro de los túbulos dentinarios.

Asimismo, la estimulación de irrigantes usando sistemas ultrasónicos o láser ha demostrado incrementar la eficacia de limpieza del conducto radicular y mejorar la interacción entre el cemento biocerámico y la dentina. Estos protocolos favorecen una

mayor fuerza de unión y estabilidad adhesiva, contribuyendo a optimizar el sellado endodóntico y reducir el riesgo de contaminación bacteriana.

Por lo tanto, la aplicación adecuada de protocolos de descontaminación y acondicionamiento dentinario representa un factor importante para recuperar la resistencia adhesiva y mejorar el comportamiento clínico de los cementos biocerámicos en endodoncia (17).

5.6. Ensayos de Medición de Resistencia Adhesiva y Modos de Falla

a) Técnicas de evaluación (microtensión, cizallamiento, etc.)

• Microtensión (Microtensile Bond Strength)

La prueba de microtensión evalúa la fuerza necesaria para separar el material adherido de la dentina mediante fuerzas de tracción. Esta técnica permite analizar pequeñas áreas de adhesión con alta precisión, siendo útil para analizar la unión entre los biocerámicos y la dentina radicular. Además, permite identificar alteraciones en la interfase adhesiva producidas por irrigantes o protocolos de acondicionamiento dentinario.

• Cizallamiento (Shear Bond Strength)

La prueba de cizallamiento mide la resistencia de la unión adhesiva frente a fuerzas aplicadas de manera paralela a la superficie dentinaria. Este método se utiliza para evaluar la estabilidad mecánica de los cementos endodónticos y determinar la capacidad del material para resistir fuerzas que puedan provocar desprendimiento o fallas adhesivas.

• Prueba de microempuje (Push-out Bond Strength)

La técnica de push-out o microempuje es una de las más utilizadas en endodoncia para evaluar la unión de los cementos biocerámicos a la dentina radicular. Consiste en aplicar fuerzas compresivas sobre el material obturador hasta provocar su desplazamiento fuera del conducto. Esta prueba permite valorar la fuerza de unión en diferentes niveles radiculares y simula de manera más cercana las condiciones clínicas del tratamiento endodóntico.

• Evaluación de bioactividad y penetración dentinaria

Además de las pruebas mecánicas, algunos estudios analizan la capacidad de infiltración de los biocerámicos dentro de los túbulos dentinarios y su bioactividad. Estas

evaluaciones permiten determinar la formación de hidroxiapatita y la adaptación del material a la dentina, factores que contribuyen a mejorar el sellado y la estabilidad adhesiva del tratamiento endodóntico (18)

b) Clasificación y análisis de modos de falla adhesiva

• Falla adhesiva

La falla adhesiva ocurre cuando la separación se produce en la interfase entre el material adhesivo y la dentina. Este tipo de falla indica una unión deficiente entre ambas superficies y generalmente se relaciona con bajos valores de resistencia adhesiva, presencia de contaminación o inadecuada infiltración del adhesivo en la dentina.

• Falla cohesiva

La falla cohesiva se presenta cuando la fractura ocurre dentro del mismo material adhesivo, la dentina o el material restaurador, sin comprometer directamente la interfase adhesiva. Este tipo de falla suele asociarse a valores elevados de resistencia adhesiva, lo que indica que la unión adhesiva es más fuerte que la estructura del material que se fractura (19).

• Falla mixta

La falla mixta combina características de falla adhesiva y cohesiva, observándose fracturas tanto en la interfase adhesiva como dentro del material o la dentina. Este tipo de falla es frecuente en estudios de resistencia adhesiva y refleja un comportamiento intermedio de la unión adhesiva (20).

• Importancia del análisis de falla adhesiva

La revisión de los modos de falla permite analizar la calidad de unión entre la dentina y los cementos o sistemas adhesivos utilizados en endodoncia y odontología restauradora. Asimismo, ayuda a determinar la efectividad de los protocolos de irrigación, acondicionamiento dentinario y adhesión, contribuyendo a mejorar la estabilidad y durabilidad del tratamiento clínico (21).

c) Relevancia clínica de los resultados de resistencia adhesiva

La resistencia adhesiva entre la dentina y los materiales utilizados en endodoncia representa un factor importante para el éxito clínico del tratamiento, ya que influye

directamente en la capacidad de sellado y en la prevención de la microfiltración bacteriana. Una adecuada adhesión permite mantener la estabilidad del material obturador y disminuir la posibilidad de contaminación de los conductos intraradiculares.

Diversos estudios han demostrado que los procedimientos endodónticos, especialmente el uso de irrigantes químicos como el HISOL, pueden reducir la resistencia de unión entre la dentina y los sistemas adhesivos. Estas alteraciones afectan la calidad del sellado y pueden comprometer la durabilidad de la restauración y el pronóstico del tratamiento endodóntico.

Asimismo, la evaluación de la resistencia adhesiva mediante pruebas de microtensión, cizallamiento y push-out permite proyectar el funcionamiento clínico de los cementos y sistemas adhesivos frente a las fuerzas funcionales presentes en la cavidad oral. Valores adecuados de adhesión se asocian con menor filtración coronaria y apical, mejor retención del material y mayor longevidad del tratamiento (22).

En el caso de los cementos biocerámicos, sus propiedades bioactivas e hidrofílicas favorecen una mejor interacción con la dentina radicular, contribuyendo a mejorar la estabilidad adhesiva y el sellado endodóntico. Por ello, los resultados alcanzados en los ensayos de resistencia adhesiva poseen gran relevancia clínica para seleccionar protocolos de irrigación y materiales que optimicen el éxito del tratamiento endodóntico.

6. Análisis de Antecedentes Investigativos Internacionales

- **“The effect of different irrigation activation methods on irrigation penetration with confocal microscopy (2024)”**

Autores: Gamze Er Karaoğlu, Zeliha Uğur Aydın

Resumen: La investigación desarrollada analizó la repercusión de diversos métodos de activación de irrigación sobre la infiltración en los túbulos dentinarios de dos selladores distintos, usando confocal laser scanning microscopy (CLSM). Se compararon técnicas como irrigación pasiva ultrasónica, negativa apical (EndoVac) y activación con láser, los autores evaluaron la eficacia de diferentes métodos de activación de irrigación endodóntica sobre la infiltración de la solución irrigadora en los túbulos dentinarios de conductos ovalados previamente medicados con hidróxido de calcio. Para ello, utilizaron microscopía confocal láser (CLSM) y compararon técnicas como irrigación convencional con aguja, irrigación ultrasónica pasiva (PUI), EndoActivator, XP-Endo Finisher, PIPS y SWEEPS. Los resultados demostraron que los sistemas PUI y PIPS lograron mayor porcentaje de penetración del irrigante, particularmente en la región apical, en contraste con otros métodos. Asimismo, se observó que la penetración fue significativamente menor en la región apical respecto a los tercios medio y coronal. Los autores concluyeron que los métodos de activación sónica y ultrasónica mejoran la distribución y penetración de la solución irrigadora dentro de los túbulos dentinarios, favoreciendo una desinfección más efectiva en conductos de anatomía compleja. Este estudio respalda la importancia de emplear sistemas avanzados de activación de irrigantes para optimizar la limpieza y desinfección durante el tratamiento endodóntico (23).

- **“The effect of intracanal medicaments on dentinal tubule penetration of root canal sealers (BMC Oral Health, 2025)”**

Autores: Emre Bayram, H. Melike Bayram

Resumen: Investigaron cómo los medicamentos intracanales afectan la penetración en túbulos dentinarios de selladores del conducto radicular mediante microscopía confocal, aportando evidencia sobre la interacción entre sustancias internas del canal y la capacidad de sellado. Realizaron un estudio in vitro para evaluar el efecto de diferentes medicamentos intracanal sobre la penetración de selladores endodónticos en los túbulos dentinarios mediante microscopía confocal láser (CLSM). Se utilizaron 120 dientes

unirradiculares extraídos, los cuales fueron divididos en grupos según el medicamento intracanal empleado: hidróxido de calcio (CH), pasta triple antibiótica, pasta doble antibiótica y un grupo control sin medicación. Posteriormente, los conductos fueron obturados con los selladores AH Plus, MTA Fillapex y TotalFill. Los resultados mostraron que el sellador biocerámico TotalFill presentó los mayores valores de penetración tubular en todos los tercios radiculares y en todos los grupos de medicación, seguido por AH Plus y MTA Fillapex; sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Además, todos los selladores evidenciaron mayor penetración en la corona y menor en el tercio apical. Los autores concluyeron que, aunque los medicamentos intracanal no afectaron significativamente la penetración de los selladores cuando se aplicaron protocolos adecuados de remoción, los selladores biocerámicos mostraron un patrón de penetración más uniforme y favorable dentro de los túbulos dentinarios. Este estudio destaca la importancia de una correcta eliminación de los medicamentos intracanal para optimizar la adaptación y obturación de los conductos radiculares (24).

- **“The efficacy of different sealer removal protocols on the microtensile bond strength of adhesives to a bioceramic sealer-contaminated dentin”**

Autores: Z. G. Bek Kurklu, H. O. Yoldas

Resumen: Realizaron un estudio experimental in vitro con el objetivo de determinar la eficacia de distintos protocolos de remoción de cemento sellador biocerámico sobre la resistencia adhesiva de sistemas adhesivos aplicados en dentina contaminada. Se prepararon cavidades estandarizadas en terceros molares humanos y las superficies dentinarias fueron contaminadas con un cemento sellador biocerámico a base de silicato de calcio (EndoSequence BC Sealer). Posteriormente, se aplicaron distintos métodos de limpieza de la dentina, incluyendo algodón seco, algodón humedecido con agua, irrigación con spray aire/agua y activación ultrasónica pasiva, antes de realizar la restauración adhesiva con resina compuesta. La resistencia adhesiva fue evaluada mediante pruebas de microtensión y análisis microscópico de la interfaz adhesiva. Los resultados mostraron que ninguno de los protocolos de limpieza produjo desigualdades estadísticamente significativas en la resistencia adhesiva, y no se observaron restos importantes del sellador en la interfaz dentinaria. Los autores concluyeron que los protocolos de remoción empleados fueron eficaces para eliminar la contaminación

producida por el cemento biocerámico, permitiendo mantener valores adecuados de adhesión en dentina. Este estudio aporta evidencia relevante sobre la influencia de la contaminación por cementos endodónticos biocerámicos en los procedimientos adhesivos, especialmente en técnicas de sellado dentinario inmediato (3).

- **“Bioceramic dressing and its influence on intratubular penetration and bond strength of endodontic sealers”**

Autores: ; Ricardo Abreu Da Rosa; Jefferson Ricardo Pereira; Leonardo Thomasi Jahnke ;Fabiana Vieira Vier-Pelisser;; Gabriel Barcelos Só; Marcus Vinicius Reis Só; Livia Pacheco Rodrigues.

Resumen: Se desarrolló un estudio in vitro de tipo experimental orientado a determinar la influencia de un medicamento intracanal biocerámico (Bio-C Temp) sobre la penetración intratubular y la resistencia adhesiva de cementos selladores endodónticos. Se utilizaron incisivos bovinos preparados biomecánicamente y divididos según el tipo de sellador empleado: AH Plus y Bio-C Sealer, además de grupos con y sin aplicación previa del medicamento biocerámico durante 7 y 30 días. La penetración tubular fue analizada mediante microscopía confocal láser (CLSM), mientras que la resistencia adhesiva se evaluó mediante pruebas push-out y observación con microscopía electrónica de barrido (SEM). Los datos obtenidos revelaron que la presencia del medicamento biocerámico disminuyó significativamente la resistencia adhesiva de ambos selladores, tanto en los grupos de 7 como de 30 días. Asimismo, se observaron remanentes del material biocerámico adheridos a la superficie dentinaria incluso después de los protocolos de limpieza. El sellador AH Plus mostró mayor penetración intratubular en comparación con Bio-C Sealer. Los autores concluyeron que los medicamentos intracanal biocerámicos no pueden eliminarse completamente de la dentina radicular y que su presencia puede afectar negativamente la adhesión de los selladores endodónticos. Este estudio aporta evidencia relevante sobre la influencia de materiales biocerámicos en la calidad adhesiva y el sellado dentinario, aspectos importantes en procedimientos restauradores y de sellado dentinario inmediato (25).

- “Dentinal tubule penetration of biosealer using ultrasonic and sonic activation (J Conserv Dent Endod, 2024)”

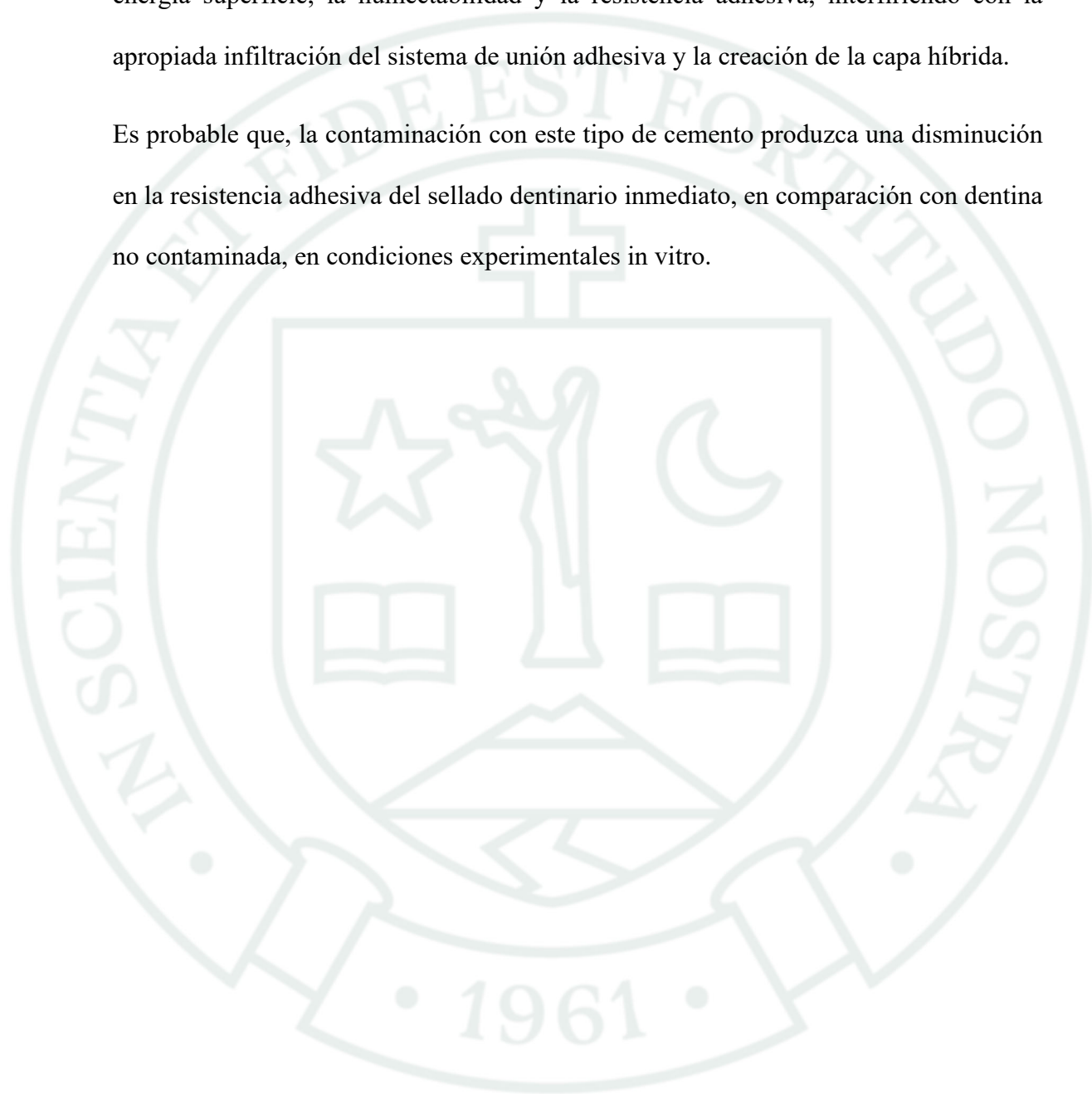
Autores: Alessio Buonavoglia, Massimo Pisano, Renato Gullà, Giuseppe Sangiovanni, Dina Abdellatif, Shishir Singh, Francesco Giordano, Alfredo Iandolo

Resumen: Este estudio ex vivo examinó la penetración de un biosealer en túbulos dentinarios tras activación con técnicas ultrasónica y sónica comparadas con técnica de cono único, encontrando que la activación ultrasónica mejora la profundidad de penetración del sellador. Se utilizaron premolares mandibulares unirradiculares distribuidos en tres grupos: activación ultrasónica, activación sónica y técnica single-cone. El sellador biocerámico marcado con fluorocromo fue analizado mediante microscopía confocal láser (CLSM) para establecer el nivel de penetración dentro de los túbulos dentinarios. Los resultados demostraron que la activación ultrasónica presentó la mayor penetración tubular, seguida de la activación sónica, mostrando diferencias estadísticamente significativas respecto a la técnica convencional. Los autores concluyeron que la activación ultrasónica y sónica mejoran significativamente la penetración del sellador biocerámico en la dentina radicular, favoreciendo un sellado más homogéneo y potencialmente más efectivo del sistema de conductos radiculares. Este estudio aporta evidencia relevante sobre la influencia de los métodos de activación en el comportamiento adhesivo y la adaptación intratubular de los cementos biocerámicos (26).

7. HIPÓTESIS

Dado que, los cementos endodónticos biocerámico pueden dejar residuos sobre la superficie dentinaria intracameral y alterar sus propiedades fisicoquímicas, como la energía superficie, la humectabilidad y la resistencia adhesiva, interfiriendo con la apropiada infiltración del sistema de unión adhesiva y la creación de la capa híbrida.

Es probable que, la contaminación con este tipo de cemento produzca una disminución en la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato, en comparación con dentina no contaminada, en condiciones experimentales in vitro.





CAPÍTULO II:

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. Diseño metodológico:

Este análisis adoptó un diseño cuantitativo, utilizando la estadística para describir los hallazgos. El estudio fue prospectivo cuasi experimental, transversal y de laboratorio. Su diseño fue experimental y por el nivel de análisis fue comparativo.

2. Población y muestra:

La muestra de estudio estuvo integrada por incisivos bovinos permanentes, obtenidos de animales sacrificados para consumo humano, utilizados como sustrato dentinario en un modelo experimental in vitro. A partir de estos dientes, se realizó la exposición vestibular de las coronas con el fin de obtener superficies estandarizadas de dentina cameral, sobre las cuales se aplicó el protocolo experimental.

La muestra estuvo conformada por un total de 30 incisivos bovinos, los cuales fueron distribuidos de manera aleatoria en los diferentes grupos experimentales, según con los protocolos de limpieza evaluadas sobre el sellado dentinario inmediato contaminado por un cemento endodóntico biocerámico. Dado el carácter experimental del análisis y la gestión de las condiciones de laboratorio, no se realizó un muestreo probabilístico. El tamaño de muestra fue determinado en función del número de grupos experimentales y de antecedentes metodológicos de estudios similares que emplearon ensayos de micro tracción para la evaluación de la resistencia de unión.

Los criterios de inclusión serán:

- Incisivos bovinos permanentes recientemente extraídos, provenientes de animales sacrificados para consumo humano.
- Piezas dentarias con coronas íntegras, sin presencia de fracturas, fisuras ni defectos estructurales visibles.
- Ausencia de caries, reabsorciones radiculares, hipoplasias u otras alteraciones del esmalte y la dentina.
- Dientes con raíces completas y sin evidencia de tratamientos odontológicos previos.
- Piezas dentarias que permitan la exposición estandarizada de la dentina cameral en la superficie vestibular.

- Almacenamiento inicial en solución fisiológica o solución de timol al 0,1 % hasta su procesamiento.

Los criterios de exclusión serán:

- Incisivos bovinos que presenten fracturas coronarias, grietas o daños estructurales evidentes.
- Piezas dentarias con presencia de caries, manchas extensas, reabsorciones internas o externas, o alteraciones estructurales de la dentina.
- Dientes con restos orgánicos persistentes o signos evidentes de deterioro tisular.
- Piezas dentarias almacenadas en condiciones inadecuadas o durante periodos prolongados que puedan comprometer las propiedades de la dentina.
- Dientes que no permitan la preparación uniforme y estandarizada de la superficie dentinaria.

3. Tabla de variables:

Tabla 1

Variable	Indicador	Unidad de medida / Categoría	Escala
Resistencia de unión (Variable dependiente)	• Megapascuales (MPa)	MPa	Razón
	• Muy buena	->40mp	
	• Buena	30 a 39.9 Mpa	
	• Regular	20 a 29.9 Mpa	
	• Malo	10 a 19.9 Mpa	
	• Muy malo	<10 Mpa	
Estrategias de limpieza (Variable independiente)	Método de limpieza utilizado en el SDI contaminado	• Etanol mecánico • Etanol 96% • Irrigación aire-agua • Grabado ácido • Arenado con oxido de aluminio • Sin limpieza (Control)	Nominal
Modo de falla (Variable secundaria)	Tipo de falla post-ensayo	• Adhesiva • Cohesiva • Mixta	Nominal

4. Técnicas y procedimientos:

Se empleó un diseño experimental in vitro para evaluar la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato en dentina intracameral bovina utilizando el sistema adhesivo CLEARFIL Universal Bond Quick. Las muestras fueron preparadas y sometidas a contaminación estandarizada con cemento endodóntico biocerámico. Posteriormente, se aplicaron seis técnicas de limpieza (ET, JT, OA, CO, AC y EM) según los grupos experimentales.

El procedimiento incluyó: preparación de muestras dentales bovinas extraídas, aplicación del sellado dentinario inmediato, contaminación controlada con cemento biocerámico y posterior aplicación de protocolos de limpieza. La resistencia adhesiva se evaluó mediante ensayos mecánicos y los modos de falla se analizarán por observación directa, clasificándolos en adhesivos o mixtos.

Se implementó el siguiente procedimiento para la obtención de datos de las variables de estudio:

Observación clínica

Este estudio se llevó a cabo bajo un diseño experimental in vitro, empleando 30 incisivos bovinos obtenidos de animales destinados al consumo humano en canales autorizados de la región. Las piezas dentarias fueron recolectadas inmediatamente después del sacrificio, sometidas a limpieza para la eliminación de restos orgánicos y conservadas en solución fisiológica a 4 °C hasta su procesamiento, de acuerdo con protocolos previamente descritos en investigaciones de adhesión dentinaria.

Posteriormente, las coronas dentarias fueron seccionadas mediante el uso de una cortadora de precisión bajo refrigeración constante, con el objetivo de lograr la exposición estandarizada de la dentina en la superficie vestibular de la cámara pulpar, obteniéndose superficies planas y homogéneas. A continuación, las superficies dentinarias fueron sometidas a desgaste mediante papel de carburo de silicio de granulometría progresiva bajo irrigación, con la finalidad de estandarizar la capa superficial del sustrato.

Una vez seleccionadas las piezas que se utilizaron, siguiendo filtros como tamaño, calidad de dentina de acuerdo con la coloración y grosor de dentina expuesta, se continuó con la experimentación in vitro.

Sobre la dentina cameral expuesta se aplicó el sistema adhesivo CLEARFIL Universal Bond Quick, utilizado como estándar de referencia (Gold standard) para la técnica de sellado dentinario inmediato.

Se seleccionó el sistema adhesivo CLEARFIL Universal Bond Quick debido a su reconocida eficacia clínica y su amplia validación en estudios experimentales de adhesión dentinaria. Al tratarse de un sistema autograbante de dos pasos que contiene monómeros funcionales como el MDP (Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate), permitió una adecuada interacción micromecánica y química con la dentina, siendo además sensible a modificaciones en el sustrato dentinario, lo que lo convirtió en un material idóneo para evaluar el efecto de la contaminación con cementos biocerámicos sobre la resistencia adhesiva.

El adhesivo fue aplicado de acuerdo con las indicaciones del fabricante, constituyendo la capa de sellado previa a la contaminación experimental.

Una vez realizado el SDI, las superficies fueron sometidas a un proceso de contaminación controlada, con el propósito de simular condiciones clínicas posteriores a la terapia endodóntica. Para ello, se utilizaron materiales de uso frecuente en endodoncia, tales como cementos endodónticos biocerámicos, soluciones irrigantes empleadas durante la instrumentación del conducto y otros materiales auxiliares propios de los procedimientos endodónticos, de acuerdo con el protocolo experimental establecido.

Posteriormente, las muestras fueron asignadas de manera aleatoria a los distintos grupos experimentales, en función de la estrategia de limpieza aplicada sobre el sellado dentinario inmediato previamente contaminado. En este contexto, se conformaron los siguientes grupos:

1. Limpieza mediante etanol con acción mecánica (EM).
2. Limpieza con etanol al 96 % (ET).
3. Irrigación con aire/agua (JT).
4. Grabado con ácido ortofosfórico al 37 % (AC).
5. Asperización con partículas de óxido de aluminio (OA) .
6. Grupo control sin aplicación de protocolo de limpieza (CO).

Finalizados los protocolos de limpieza, se procedió a la restauración de las superficies dentinarias mediante la aplicación de resina compuesta fotopolimerizable en técnica incremental. El material restaurador fue colocado en incrementos no mayores a 2 mm, los cuales fueron polimerizados individualmente bajo condiciones controladas para asegurar su adecuada polimerización.

Concluida la fase restauradora, los especímenes fueron almacenados bajo condiciones estandarizadas, distribuyéndose cinco muestras por cada estrategia de limpieza aplicada. Posteriormente, las piezas fueron seccionadas en forma de palillos con un área aproximada de 1 mm², utilizando una cortadora de precisión con irrigación constante para evitar el sobrecalentamiento del tejido.

De cada pieza dentaria se obtuvieron aproximadamente 30 palillos por grupo experimental; sin embargo, se seleccionaron únicamente aquellas muestras que presentaron una interfaz dentina-resina adecuada y una estructura rígida estable, obteniéndose en promedio tres palillos por diente, lo que resultó en un total de 18 especímenes por grupo.

Las muestras seleccionadas fueron fijadas al dispositivo de ensayo y sometidas a prueba de microtracción (μ TBS) en una máquina universal de ensayos, aplicando una carga tensil a velocidad constante hasta producirse la fractura. La carga máxima registrada fue empleada para el cálculo de la resistencia de unión, dividiendo la fuerza de ruptura entre el área transversal del espécimen, expresando los resultados en megapascales (MPa).

Posteriormente, las superficies fracturadas fueron analizadas mediante lupa estereoscópica, clasificando los modos de falla en adhesivo, cohesivo o mixto.

Todos los procedimientos experimentales fueron ejecutados por un único operador previamente entrenado, siguiendo protocolos estandarizados, con el fin de garantizar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

5. Plan de análisis

El procesamiento estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el software Jamovi (modelo más reciente disponible). En una primera etapa, se determinó la distribución de los datos a través de la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk en cada uno de los grupos evaluados, así como la verificación de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Considerando que los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), se procedió a realizar un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con el fin de comparar los valores de resistencia de unión a la microtracción entre los distintos protocolos de limpieza evaluados.

De manera complementaria, se aplicó la prueba post hoc de Tukey para identificar diferencias estadísticamente significativas entre los pares de grupos analizados. El nivel de significancia estadística fue establecido en $p < 0.05$.

Los resultados fueron expresados como media $\pm$ desviación estándar, incluyendo además sus respectivos intervalos de confianza al 95% (IC 95%).

6. Consideraciones éticas:

Todos los investigadores deben cumplir con las normativas internacionales y nacionales que regulan la investigación con seres humanos, como las Buenas Prácticas Clínicas, tal como se detalla en el Código de Ética y Conducta Profesional del Colegio Odontológico del Perú.

Este estudio propuesto se llevó a cabo respetando los principios de objetividad e igualdad en la difusión de la información del estudio, independientemente de los resultados, sin falsificar ni copiar datos y sin revelar ningún conflicto de intereses.

7. Recursos:

7.1. Recursos Humanos

- **Investigadora:** Ariana Velazco
- **Asesor:** Wilfredo Escalante

7.2. Recursos Físicos

- a. Laboratorio de investigación de la Universidad Católica de Santa María.
- b. Biblioteca de la Universidad Católica de Santa María.

7.3. Recursos Económicos

No se asumieron gastos económicos, dado que la universidad financió íntegramente los costos asociados al desarrollo de la tesis.

7.4. Materiales:

A. Instrumentos mecánicos

- Instrumentos dentales
- Sistema adhesivo (CLEARFIL Universal Bond Quick)
- Resina compuesta fotopolimerizable
- Computadora y/o laptop
- Cámara Profesional.

B. Materiales de verificación

- Campos
- Barbijos
- Materiales para simulación endodóntica
- Materiales para limpieza del SDI
- Útiles de escritorio
- Guantes descartables

Tabla 2

Ítem	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo por unidad (S/.)	Valor (S/.)	Total
1	Sistema adhesivo (Clearfil SE Bond®)	Frasco	01	850.00	850.00	
2	Materiales para simulación endodóntica	Kit	01	550.00	550.00	
3	Insumos para limpieza del SDI	Kit	01	300.00	300.00	
4	Resina compuesta fotopolimerizable	Jeringa	01	280.00	280.00	
5	Insumos adicionales consumibles de laboratorio	Kit	01	500.00	500.00	
Total estimado					S/ 2,480.00	

8. Cronograma

Tabla 3

ACTIVIDAD	Enero 2026	Febrero 2026	Marzo 2026	Abril 2026	Mayo 2026	Junio 2026
Aprobación del proyecto de tesis	X					
Revisión bibliográfica focalizada	X	X				
Elaboración del Marco Teórico		X	X			
Preparación de muestras y estandarización			X			
Procedimientos experimentales (SDI, contaminación, limpieza, restauración)			X	X		
Ensayo de microtracción (μ TBS)				X		
Análisis estadístico (Jamovi)				X		
Redacción del informe final				X	X	
Revisión por asesor				X	X	
Correcciones y versión final					X	X
Sustentación de tesis					X	X



CAPÍTULO III: RESULTADOS

1. Resultados

La resistencia de unión a la microtracción en la interfase adhesiva dentina–adhesivo luego de la aplicación de distintos protocolos de limpieza sobre el sellado dentinario inmediato contaminado con cemento endodóntico biocerámico (BioRoot RCS), se presenta en la Tabla 4.

El mayor valor promedio fue observado en el grupo JT, con 13.47 ± 2.73 MPa, siendo significativamente superior a los demás grupos ($p < 0.05$). El grupo OA mostró valores intermedios (10.07 ± 2.33 MPa), mientras que los grupos CO, EM, ET y AC presentaron valores menores, con 8.40 ± 2.34 MPa, 8.20 ± 2.82 MPa, 6.64 ± 2.98 MPa y 6.83 ± 2.55 MPa, correspondientemente.

El análisis post hoc de Tukey evidenció variaciones significativas entre el grupo JT y todos los demás grupos ($p < 0.05$), así como entre OA y los grupos con menor desempeño. No se observaron diferencias significativas entre CO, EM, ET y AC ($p > 0.05$). La Figura 1 muestra la distribución de los valores de resistencia de unión en los distintos grupos evaluados.

Asimismo, junto con la evaluación de la resistencia de unión, se analizó el patrón de falla adhesiva posterior al ensayo de microtracción, observándose su distribución porcentual en la Figura 2.

En cada uno de los grupo predominó el patrón de falla adhesiva (AD), con porcentajes que variaron entre 39% y 89%. El grupo ET presentó la mayor proporción de fallas adhesivas (89%), mientras que el grupo CO mostró la mayor frecuencia de fallas mixtas (MI), con 61%. Los grupos JT, AC y OA exhibieron una distribución intermedia, con predominio de fallas adhesivas sobre las mixtas.

En conjunto, estos resultados indican que la irrigación con jeringa triple (JT) se asoció con un mayor desempeño adhesivo, mientras que los protocolos basados en solventes o tratamientos químicos no lograron mejorar la resistencia de unión respecto al control. Además sugieren que los diferentes protocolos de limpieza influyen no solo en la resistencia adhesiva, sino también en la conducta mecánica de la interfase adhesiva tras la fractura.

TABLA N° 4 :

Tabla 4: VALORES DE MEDIA $\pm$ DESVIACIÓN ESTÁNDAR, CON INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95%, DE LA RESISTENCIA DE UNIÓN A LA MICROTRACCIÓN (MPa) EN LA INTERFASE ADHESIVA DENTINA-ADHESIVO LUEGO DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS ESTRATEGIAS DE LIMPIEZA DEL SDI CONTAMINADO CON CEMENTO ENDODÓNTICO BIOCERÁMICO (BIOROOT RCS).

Grupos	CO	ET	EM	JT	AC	OA
Media	8.40 ^{bc}	6.64 ^c	8.20 ^{bc}	13.47 ^a	6.83 ^c	10.07 ^b
DE	2.34	2.98	2.82	2.73	2.55	2.33
IC	7.32–9.48	5.26–8.01	6.89–9.50	12.21– 14.73	5.65–8.01	8.99– 11.14

*Fuente: Matriz de datos

Interpretación:

Las letras minúsculas distintas (a, b) indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, según el análisis de varianza de una vía (ANOVA) con prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).

CO: Grupo control

ET: Etanol al 96 %

EM: Etanol al 96 % aplicado con escobilla de baja

JT: Limpieza con jeringa triple

AC: Ácido fosfórico al 37 %

OA: Arenado (asperización con óxido de aluminio)

DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza al 95 %.

FIGURA N° 1:
RESISTENCIA DE UNIÓN MICROTENSIL (MPa) EN FUNCIÓN DE LAS
ESTRATEGIAS DE LIMPIEZA

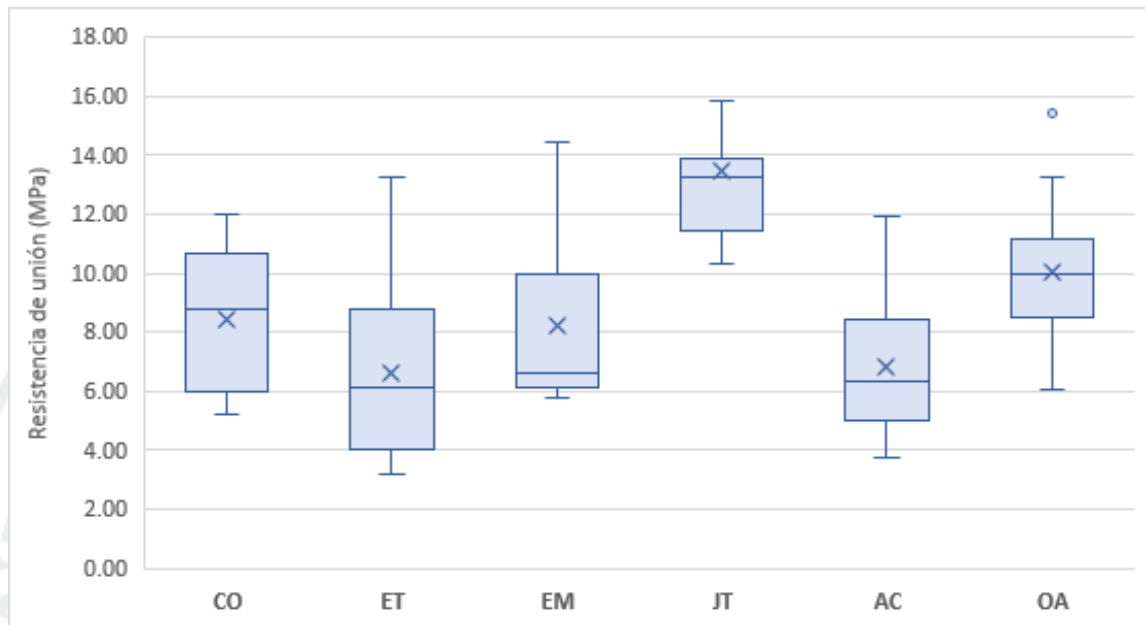
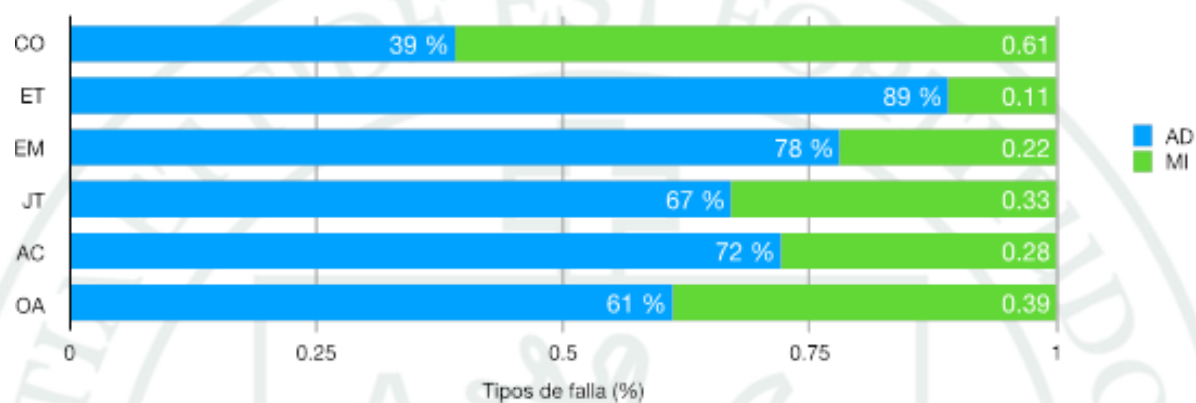


FIGURA N° 2:
ORGANIZACIÓN ESTADÍSTICA DURANTE LA FALLA ADHESIVA POSTERIOR
AL ENSAYO DE MICROTACCION FRENTE A LAS ESTRATEGIAS DE LIMPIEZA
DEL SDI CONTAMINADO CON CEMENTO ENDODÓNTICO BIOCERÁMICO
(BIOROOT RCS).



*AD: falla adhesiva

*MI: falla mixta.

2. Discusión

En esta investigación se determinó la influencia de diversos protocolos de limpieza sobre la resistencia de unión en dentina cameral bovina, previamente sometida a sellado dentinario inmediato y posterior contaminación con cemento endodóntico biocerámico. Los resultados evidenciaron que el desempeño adhesivo estuvo directamente condicionado por el protocolo de limpieza aplicado, observándose que la irrigación con jeringa triple fue la estrategia más efectiva para preservar la adhesión, mientras que los métodos basados en etanol y ácido ortofosfórico no lograron mejorarla (27).

Por su parte, la asperización con óxido de aluminio mostró una capacidad intermedia, y otras estrategias no evidenciaron un efecto relevante frente a la condición contaminada. En conjunto, estos hallazgos confirman que la presencia de residuos biocerámicos puede interferir con la integridad de la interfaz adhesiva previamente establecida, por consiguiente, se acepta la hipótesis formulada, al evidenciarse que la contaminación con este tipo de cemento afecta negativamente la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato.

La irrigación con jeringa triple permitió obtener el mejor desempeño adhesivo en dentina previamente tratada con sellado dentinario inmediato (SDI) y posteriormente contaminada con cemento biocerámico. Considerando que el SDI ya había establecido una capa híbrida funcional antes de la contaminación, el objetivo del protocolo de limpieza no era generar una nueva adhesión, sino preservar la ya existente. En este contexto, la irrigación con jeringa triple parece haber eliminado eficazmente los residuos del cemento biocerámico sin alterar la capa adhesiva previamente formada. Este hallazgo cobra relevancia al considerar las características del sistema adhesivo CLEARFIL Universal Bond Quick, cuyo monómero funcional 10-MDP establece unión química estable con el calcio de la hidroxiapatita (27). La permanencia de residuos biocerámicos sobre la superficie podría interferir con esta interacción química, afectando la estabilidad de la interfaz adhesiva. Por ello, la acción mecánica de la irrigación habría favorecido la conservación de la capacidad adhesiva del sistema.

Por otro lado, los protocolos basados en etanol y ácido ortofosfórico no lograron mejorar el desempeño adhesivo de la dentina previamente sellada y contaminada. Estos resultados sugieren que dichos métodos no son eficaces para remover residuos derivados de cementos biocerámicos o, alternativamente, podrían alterar la superficie adhesiva

previamente establecida mediante el SDI. El etanol posee limitada capacidad para actuar sobre compuestos inorgánicos ricos en calcio y fosfatos, característicos de este tipo de cementos. Asimismo, el uso de ácido ortofosfórico podría comprometer parcialmente la capa híbrida previamente formada, afectando la disponibilidad de calcio necesario para la interacción química del 10-MDP con la dentina (1). En consecuencia, la persistencia de residuos o la alteración de la superficie adhesiva podrían explicar el bajo desempeño observado tras estos protocolos.

La limpieza mediante asperización con óxido de aluminio mostró una capacidad intermedia para recuperar la adhesión en comparación con otras estrategias. Este comportamiento podría atribuirse a que la abrasión mecánica favorece una remoción parcial de los residuos biocerámicos adheridos a la superficie del SDI, permitiendo cierta recuperación de la interacción adhesiva. Sin embargo, este procedimiento también podría generar desgaste o alteraciones superficiales sobre la capa adhesiva previamente polimerizada, especialmente considerando que el sistema adhesivo utilizado forma una película relativamente delgada y sensible a modificaciones del sustrato. De esta manera, el protocolo produciría simultáneamente efectos beneficiosos y adversos, lo que explicaría su desempeño intermedio (27).

Asimismo, diversas estrategias de limpieza mostraron un comportamiento similar al de la dentina contaminada sin tratamiento efectivo, lo que indica que ciertos protocolos no logran modificar significativamente la condición de la superficie contaminada. Los residuos de cementos biocerámicos pueden formar depósitos ricos en calcio y fosfatos que permanecen adheridos a la superficie dentinaria y actúan como barrera física y química para la adhesión (1). En este contexto, la interacción del adhesivo universal con la dentina podría verse limitada, tanto desde la perspectiva de micromecánico como químico, dificultando la formación de una interfaz adhesiva estable.

En conjunto, los hallazgos obtenidos demuestran que el desempeño adhesivo final depende directamente de la estrategia de limpieza aplicada tras la contaminación con cemento biocerámico. Debido a que el SDI fue realizado antes de la contaminación, la función principal del protocolo de limpieza consistió en preservar la integridad de la interfaz adhesiva previamente establecida. Esto resalta la importancia clínica de seleccionar métodos de limpieza compatibles tanto con la naturaleza química de los cementos biocerámicos como con la estabilidad del sistema adhesivo utilizado.

El presente estudio presenta limitaciones inherentes a su diseño in vitro, ya que no reproduce completamente las condiciones clínicas, donde factores como la humedad, la presión pulpar y la variabilidad biológica pueden influir en la adhesión. Asimismo, el uso de dentina bovina y la evaluación a corto plazo restringen la extrapolación directa de los resultados al contexto clínico. No obstante, su principal fortaleza radica en el diseño experimental estandarizado, que permite analizar de manera controlada el efecto de la contaminación con cemento biocerámico sobre el sellado dentinario inmediato y la respuesta frente a distintos protocolos de limpieza, utilizando un sistema adhesivo ampliamente validado y sensible a cambios en el sustrato. En este sentido futuros estudios deberían tener en cuenta modelos más cercanos a la práctica clínica, incluyendo el uso de dentina humana., protocolos de envejecimiento y análisis de la interfase adhesiva a nivel microscópico. Estos criterios permiten situar los descubrimientos dentro de un contexto clínico relevante y orientan la continuidad de la investigación en esta línea.

3. Conclusiones

Bajo las condiciones del presente estudio, los protocolos de descontaminación aplicados tras la contaminación con cemento endodóntico biocerámico (BioRoot RCS) afectan significativamente en la resistencia adhesiva a la microtracción de la interfase adhesivo–dentina previamente tratada mediante sellado dentinario inmediato en dentina cameral bovina. La irrigación con jeringa triple constituye la estrategia más efectiva para preservar el desempeño adhesivo en dentina previamente sellada y contaminada, mostrando una resistencia de unión significativamente superior en comparación con los demás grupos experimentales. Por su parte, los protocolos basados en etanol y ácido ortofosfórico no logran mejorar la resistencia de unión respecto a la condición contaminada, lo que evidencia una limitada efectividad en la remoción de residuos biocerámicos o un posible efecto adverso sobre la capa adhesiva. Asimismo, la asperización con óxido de aluminio permite una recuperación parcial de la adhesión, presentando un comportamiento intermedio frente a las demás estrategias de limpieza. Estos hallazgos sugieren que, en presencia de cementos biocerámicos, la remoción efectiva de residuos constituye un factor determinante para la preservación de la adhesión, resaltando la importancia de seleccionar protocolos de limpieza adecuados en procedimientos restauradores posteriores al tratamiento endodóntico. Finalmente, el modo de falla observado tras el test de microtracción se relaciona con el protocolo de limpieza aplicada, reflejando la calidad de la interfaz adhesiva obtenida en cada grupo experimental.

4. Recomendaciones

1. Se recomienda que la Facultad de Odontología fortalezca la formación práctica de los alumnos y operadores clínicos en protocolos de limpieza y descontaminación dentinaria, promoviendo una adecuada integración entre la endodoncia y la odontología restauradora, con el propósito de optimizar la calidad de los tratamientos realizados.
2. Se recomienda a la Facultad incentivar el desarrollo de líneas de investigación interdisciplinarias en adhesión dental y biomateriales, promoviendo la participación de estudiantes en proyectos experimentales que contribuyan al avance de la odontología restauradora y endodóntica.
3. Se sugiere a los operadores clínicos mantener protocolos estrictos de aislamiento, limpieza y control de contaminación durante los tratamientos endodónticos y restauradores, con el propósito de optimizar la longevidad de las restauraciones y reducir posibles fracasos clínicos.
4. Evaluar otros cementos endodónticos biocerámicos y materiales de obturación, considerando que sus diferencias en composición, liberación de calcio y comportamiento superficial podrían generar distintos efectos sobre la adhesión del sellado dentinario inmediato.
5. Complementar la evaluación mecánica con análisis microscópicos y químicos de la interfase adhesiva, mediante técnicas como microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía o análisis de energía dispersiva, para comprender con mayor precisión los mecanismos de interacción entre los residuos biocerámicos, la dentina y el sistema adhesivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tonga G, Uçar F, Döken T. Effect of surface cleaning methods on bond strength between canal sealer-contaminated dentin and composite resin. *BMC Oral Health*. 2025; 2(25(1):1046).
2. Şahin A, Kedici C. The effect of different bioceramic root canal sealer removal protocols on the bond strength of composite to coronal dentin in diabetic and non-diabetic patients: an ex vivo study. *BMC Oral Health*. 2025; 25((1):170).
3. Bek Z, Yoldas H. The efficacy of different sealer removal protocols on the microtensile bond strength of adhesives to a bioceramic sealer-contaminated dentin. *Niger J Clin Pract*. 2022; 25((3):336–4).
4. Fu X, Kim H. Dentin Mechanobiology: Bridging the Gap between Architecture and Function. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2024; 22(25(11)).
5. Marshall G. Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int*. 1993; 24((9):606–17).
6. Mamaladze M, Sanodze L, Vadachkoria D. Main concepts of dentin adhesion (review). *Georgian Med News*. 2009; (168)(31–7).
7. Arandi N. The Classification and Selection of Adhesive Agents; an Overview for the General Dentist. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2023; 4(15:165–80).
8. Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2005; 17((3):144–54; discussion 155).
9. Hardan L, Devoto W, Bourgi R. Immediate Dentin Sealing for Adhesive Cementation of Indirect Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gels* [Internet]. 2022; 11(8(3)).
10. Zhekov K, Stefanova V. Definition and Classification of Bioceramic Endodontic Sealers. *Folia Med (Plovdiv)*. 2021; 31(63(6):901–4).

11. Al-Haddad A, Che Ab Z. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016; 3(2016:9753210).
12. Cetinkaya Y, Bodrumlu E, Koçak M. Effect of modified NaOCl irrigation solution on bond strength of bioceramic-based root canal sealer to dentin. *Indian J Dent Res.* 2020; 31(4):574–8).
13. Zhang Y, Du W, Zhou X. Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *Int J Oral Sci.* 2014; 6(2):61–9).
14. Ha J, Kim H, . An Evaluation of Wetting and Adhesion of Three Bioceramic Root Canal Sealers to Intraradicular Human Dentin. *Materials (Basel)* [Internet]. 2018; 25(11(8)).
15. Mohammadi Z, Shalavi S, Moeintaghavi A. A Review Over Benefits and Drawbacks of Combining Sodium Hypochlorite with Other Endodontic Materials. *Open Dent J.* 2017; 26(11:661–9).
16. Gomes B, Aveiro E, Kishen A. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. *Braz Dent J.* 2023; 34(4):1–33).
17. Shokouhinejad N, Hoseini A, Gorjestani H. The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer. *Iran Endod J.* 2013; 20(8(1):10–3).
18. Carvalho C, Grazziotin-Soares R, de Miranda A. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J.* 2017; 12(3):343–8).
19. Can-Karabulut D, Oz F, Karabulut B. Adhesion to primary and permanent dentin and a simple model approach. *Eur J Dent.* 2009; 3.(1):32–41).
20. Chohan H, Dewan H, Naseeb W. The impact of three desensitizing materials on the shear strength between composite resin and dentin: an in-vitro study. *BMC Oral Health.* 2025; 26((1):177).

21. Mokeem L, Garcia I, Melo M. Degradation and Failure Phenomena at the Dentin Bonding Interface. *Biomedicines* [Internet]. 2023; 23(11(5)).
22. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent*. 1999; 12(4):177–80).
23. Er Karaoğlu G, Aydın Z. The effect of different irrigation activation methods on the penetration of the irrigation solution into the dentinal tubules in teeth with calcium hydroxide applied and oval-shaped canals: Confocal laser scanning microscope analysis. *Microsc Res Tech*. 2024; 87(9):2194–203).
24. Bayram E, Bayram H. Effect of intracanal medicaments on dentinal tubule penetration of root canal sealers: a confocal laser scanning microscopy study. *BMC Oral Health*. 2025; 25(1):1253).
25. Rodrigues L, Pereira J, Vier-Pelisser F. Bioceramic dressing and its influence on intratubular penetration and bond strength of endodontic sealers. *J Clin Exp Dent*. 2025; 17(6):e627–34).
26. Abdellatif D, Pisano M, Gullà R. Dentinal tubule penetration following ultrasonic, sonic, and single-cone technique of a biosealer: An study. *J Conserv Dent Endod*. 2024; 27(3):331–6).
27. Peña F, Magasich M, Macchiavello C. Effect of ultrasonic cleaning on the bond strength of fiber posts in oval canals filled with a premixed bioceramic root canal sealer. *Restor Dent Endod*. 2020; 45(2):e19).



ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE DATOS

Tabla 5

	BIO - resistencia de unión					
	CO	ET	EM	JT	AC	OA
1	9.86	7.10	5.82	12.85	11.72	7.42
2	5.98	4.07	6.50	11.54	5.34	13.28
3	10.69	4.11	5.97	11.25	3.75	10.14
4	10.78	4.00	6.16	13.64	5.41	12.64
5	8.31	8.51	6.39	10.64	6.67	12.12
6	5.95	7.65	6.36	11.51	5.09	6.85
7	7.66	3.81	9.81	14.01	7.06	7.91
8	5.83	5.40	12.41	13.88	5.28	9.70
9	9.86	10.20	9.70	13.22	6.67	9.81
10	6.37	5.90	14.41	10.38	10.20	10.76
11	11.79	4.42	5.77	13.19	7.69	9.85
12	11.97	11.48	10.39	10.32	9.29	10.41
13	9.21	13.27	5.79	15.83	11.96	8.73
14	5.98	3.50	8.02	19.09	3.92	10.30
15	10.63	6.30	13.40	20.39	8.17	8.90
16	9.43	6.80	7.73	13.25	5.94	10.86
17	5.25	9.69	6.71	13.58	4.15	15.42
18	5.62	3.22	6.21	13.88	4.63	6.08

Tabla 6

	BIO - falla adhesiva					
	CO	ET	EM	JT	AC	OA
1	MI	MI	AD	MI	AD	AD
2	AD	MI	AD	MI	MI	MI
3	MI	AD	AD	MI	MI	MI
4	AD	AD	MI	AD	MI	AD
5	MI	AD	AD	MI	MI	MI
6	MI	AD	AD	MI	AD	MI
7	AD	AD	AD	AD	MI	AD
8	AD	AD	AD	MI	AD	MI
9	MI	AD	AD	AD	AD	AD
10	MI	AD	MI	AD	AD	MI
11	MI	AD	AD	AD	AD	MI
12	AD	AD	AD	AD	AD	AD
13	MI	AD	MI	AD	AD	AD
14	AD	AD	AD	AD	AD	AD
15	MI	AD	MI	AD	AD	AD
16	MI	AD	AD	AD	AD	AD
17	MI	AD	AD	AD	AD	AD
18	AD	AD	AD	AD	AD	AD

ANEXO 2: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

1. Preparación de muestras



2. Selección de muestras



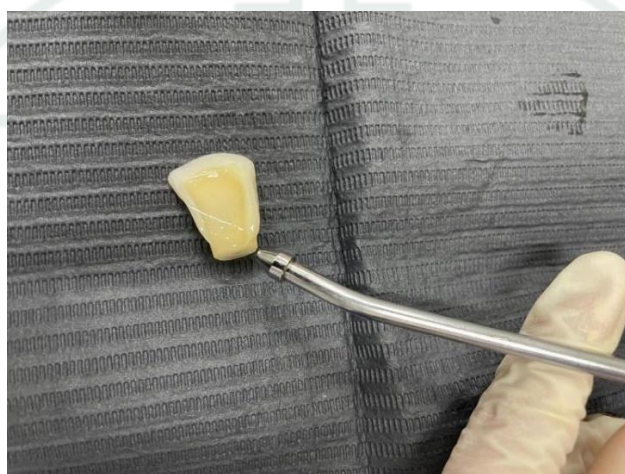
3. Agrupación de muestras



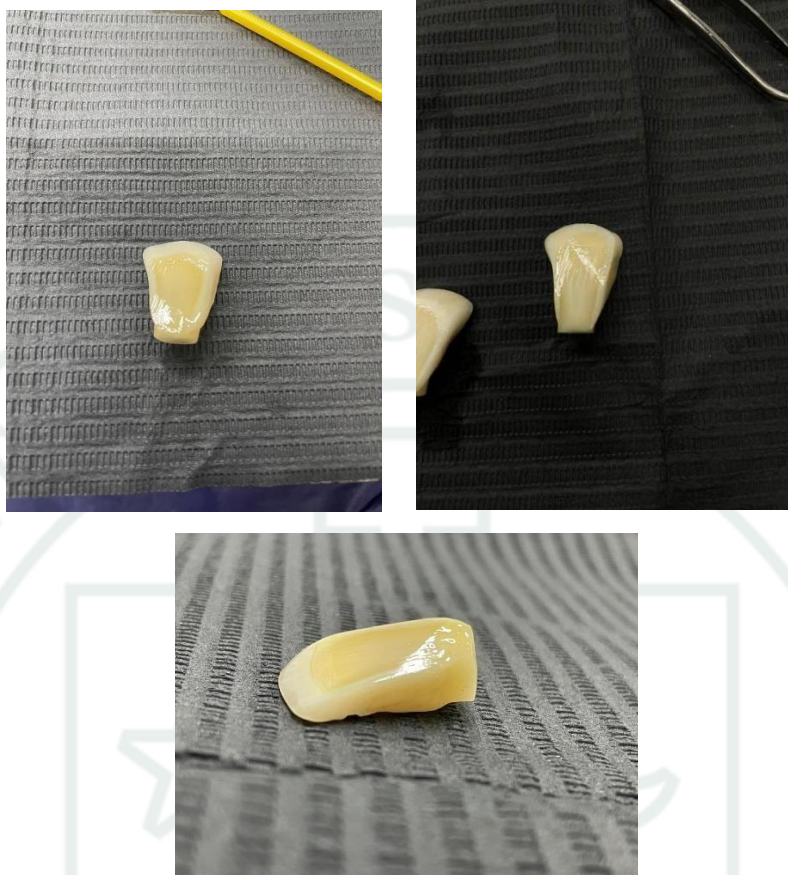
4. Desinfección de muestras



5. Aplicación del sellado dentinario



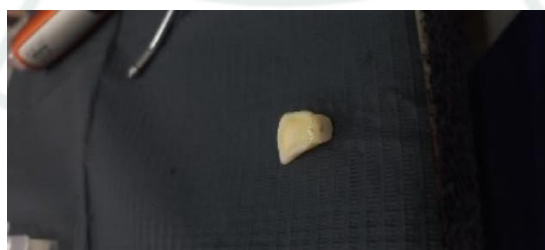
6. Piezas con el SDI



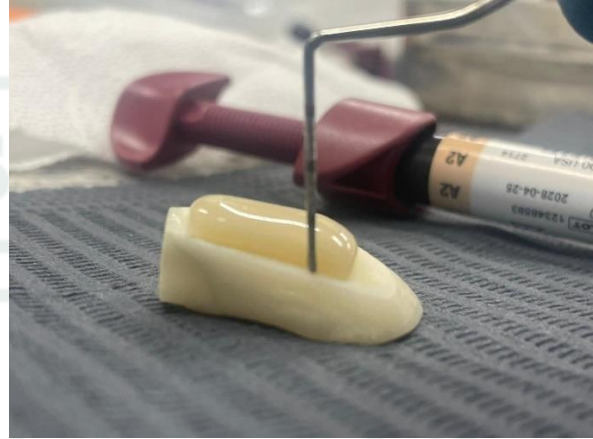
7. Contaminación de las muestras con cemento biocerámico



8. Sistemas de limpieza



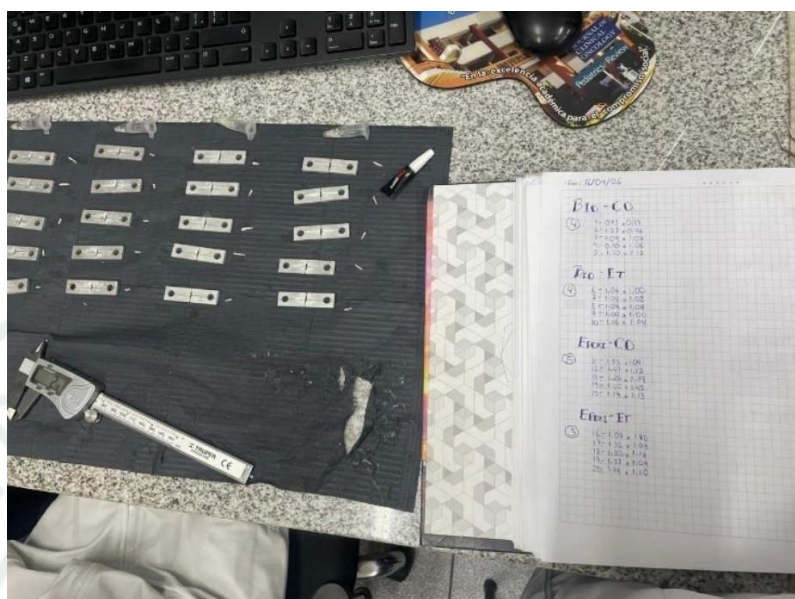
9. Levantamiento de resina



10. Corte de las muestras 1mm



11. Selección de las muestras (Medición y registro de datos)



12. Prueba de microtracción



CONSTANCIA

Se hace constar que el Bachiller en Odontología Ariana Ximena Velazco Peredo, ejecutó la parte experimental de su tesis de pregrado titulada “Influencia de la contaminación con un cemento endodóntico biocerámico, en la resistencia adhesiva del sellado dentinario inmediato en dentina intracameral: estudio experimental in vitro” en el Laboratorio F-403 del Vicerrectorado de Investigación – UCSM, durante el semestre 2026-I.

Arequipa, 22 de mayo de 2026



Wilfredo G. Escalante Otárola
Docente Investigador UCSM
Responsable del Laboratorio de Materiales Dentales – F-403