Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Odontología



Tesis monográfica para optar al título de
Especialista en Endodoncia y Microcirugía.

Línea de investigación: Endodoncia y Microcirugía Apical
Línea específica de investigación: Materiales de obturación endodóntica

Grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados para la obturación endodóntica con técnica cono único

AUTOR
Argeñal–Ruiz, Janssi Masiel
https://orcid.org/0009-0002-7251-7052

Managua, Nicaragua
Octubre de 2026

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Odontología

Tesis monográfica para optar al título de
Especialista en Endodoncia y Microcirugía.

Línea de investigación: Endodoncia y Microcirugía Apical
Línea específica de investigación: Materiales de obturación endodóntica

Grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados para la obturación endodóntica con técnica cono único.

AUTOR
Janssi Masiel Argeñal-Ruiz
https://orcid.org/0009-0002-7251-7052

TUTOR CIENTÍFICO
Dr. Erick Omar Collado Cruz
Especialista en Endodoncia
ORCID- (0009-0004-1459-8098)

TUTOR METODOLÓGICO
PhD. José Jesús Mendoza Casanova
Profesor Investigador/UNICA
https://orcid.org/0009-0006-9968-1986

REVISOR Y CORRECTOR DE ESTILO
Lic. Hazel María López Palacios
Profesor Investigador/UNICA
https://orcid.org/0009-0003-9963-8409

Managua, Nicaragua
Octubre de 2026

CARTA AVAL TUTOR CIENTÍFICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico, certifico que el trabajo de investigación titulado:

Grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados para la obturación endodóntica con técnica cono único.

Realizado por Janssi Masiel Argeñal Ruiz, cumple con las disposiciones institucionales, científica y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de Especialista en Endodoncia y Microcirugía.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a la Dra. Janssi Argeñal Ruiz, que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 02 de octubre de 2026.

Atentamente,



Erick Omar Collado Cruz
Docente de la Especialidad de endodoncia/UNICA
ecollado@unica.edu.ni

CARTA AVAL TUTOR METODOLÓGICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor metodológico, certifico que el trabajo de investigación titulado:

Grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados para la obturación endodóntica con técnica cono único.

Realizado por Janssi Masiel Argeñal Ruiz, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de Especialista en Endodoncia y Microcirugía.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a la Dra. Janssi Argeñal Ruiz, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 02 de octubre de 2026.

Atentamente,



PhD. José Jesús Mendoza Casanova
Profesor Investigador/UNICA
jmendoza8@unica.edu.ni

Dedicatoria

A Dios, por guiar cada uno de mis pasos y darme la fuerza para alcanzar mis metas.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi esposo, por su paciencia, comprensión y por ser mi compañero inquebrantable en cada desafío de la vida.

Este logro es también gracias a ustedes.

Agradecimiento

A mis padres, por su amor incondicional, ejemplo de perseverancia y constante apoyo en cada etapa de mi formación académica. Gracias por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A todos ustedes, mi más profundo reconocimiento y gratitud

Resumen

La endodoncia busca preservar los órganos dentales mediante la eliminación de microorganismos y una obturación tridimensional que impida la microfiltración apical, por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la microfiltración apical de los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados en la obturación endodóntica mediante la técnica de cono único. Se realizó un estudio cuantitativo, correlacional, aplicado, transversal y de campo, con un diseño experimental *in vitro* en una población de 40 incisivos centrales superiores humanos extraídos, divididos en dos grupos de 20 especímenes. Los conductos se instrumentaron con el sistema mecanizado Rainbow Ultra e irrigación con hipoclorito de sodio al 3%, obturándose con técnica de cono único según el cemento asignado. Las raíces fueron impermeabilizadas, sumergidas en azul de metileno por 7 días, seccionadas en sus 5 mm apicales y evaluadas linealmente en milímetros mediante microscopía estereoscópica a 2.5x, utilizando una ficha técnica de recolección documental. Los resultados demostraron que Bio-C Sealer presentó una microfiltración amplia en más de la mitad de la muestra. En contraste, NeoSealer Flo exhibió un predominio de especímenes sin filtración y una baja longitud promedio de penetración del tinte. A través de la prueba Chi-cuadrado se confirmó diferencias significativas, permitiendo rechazar la hipótesis nula. Se concluye que NeoSealer Flo posee una capacidad de sellado superior y más eficaz. Se recomienda a los clínicos considerar su uso preferencial en técnicas de cono único y se sugiere a las instituciones académicas desarrollar estudios clínicos longitudinales y con tecnologías avanzadas para validar estos hallazgos.

Palabras clave

Endodoncia, Obturación del Conducto Radicular, Filtración Marginal, Cemento Biocerámico, Técnicas in Vitro, Nicaragua.

Abstract

Endodontics aims to preserve teeth by eliminating microorganisms and creating a three-dimensional obturation that prevents apical microleakage. Therefore, this research aimed to evaluate the apical microleakage of the bioceramic sealers Bio-C Sealer and NeoSealer Flo used in endodontic obturation with the single-cone technique. A quantitative, correlational, applied, cross-sectional, and field study was conducted with an in vitro experimental design on a population of 40 extracted human maxillary central incisors, divided into two groups of 20 specimens. The canals were instrumented with the Rainbow Ultra mechanized system and irrigated with 3% sodium hypochlorite and obturated using the single-cone technique according to the assigned cement. The roots were waterproofed, immersed in methylene blue for 7 days, sectioned at their apical 5 mm, and linearly evaluated in millimeters using stereoscopic microscopy at 2.5x magnification, with a documented data collection form. The results demonstrated that Bio-C Sealer exhibited extensive microleakage in more than half of the sample. In contrast, NeoSealer Flo showed a predominance of specimens without leakage and a low average dye penetration length. The Chi-square test confirmed significant differences, allowing the null hypothesis to be rejected. It is concluded that NeoSealer Flo has a superior and more effective sealing capacity. Clinicians are recommended to consider its preferential use in single-cone techniques, and academic institutions are encouraged to develop longitudinal clinical studies using advanced technologies to validate these findings.

Keywords:

Endodontics, Root Canal Obturation, Marginal Leakage, Bioceramic Cement, In Vitro Techniques, Nicaragua.

Índice de contenido

1. Introducción 13
2. Antecedentes 16
3. Contexto del problema 19
4. Pregunta de investigación 22
5. Objetivos 23
   5.1 Objetivo general 23
   5.2 Objetivos específicos 23
6. Justificación 24
7. Limitantes de la investigación 27
8. Marco teórico 30
   8.1 Marco referencial 31
   8.2. Marco conceptual 35
9. Marco metodológico 54
   9.1 Tipo de investigación. 57
   9.2 Hipótesis de investigación 59
   9.3 Definición operativa de las variables 60
   9.4 Criterios de inclusión y exclusión 64
   9.5 Población y muestra 64
   9.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 65
   9.7 Validez y confiabilidad de los instrumentos 65
   9.8 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información 66
   9.9 Consideraciones éticas 66

10. Resultados y discusión 68
11. Conclusiones 83
12. Recomendaciones 84
13. Referencias 85
14. Apéndices 91
14.1 Apéndice A. Ficha Técnica de Recolección de Datos 91
14.2 Apéndice B. Protocolo de trabajo experimental 92
15. Anexos 102
15.1 anexo A. Declaración de autoría y cesión de derechos de publicación 102

Índice de tablas

Tabla 1 propiedades de los biocerámicos 41
Tabla 2 Definición operativa del objetivo específico 1 61
Tabla 3 Definición operativa del objetivo específico 2 62
Tabla 4 Definición operativa del objetivo específico 3 63
Tabla 5 Grado de microfiltración apical del sellador biocerámico Bio-C Sealer 68
Tabla 6 Estadísticos descriptivos del grado de microfiltración con Bio-C Sealer 70
Tabla 7 Grado de microfiltración apical del sellador biocerámico NeoSealer Flo 73
Tabla 8 Estadísticos descriptivos del grado de microfiltración del grupo NeoSealer Flo 75
Tabla 9 Comparación de la microfiltración entre ambos cementos utilizados 78
Tabla 10 Distribución de la microfiltración observada en ambos cementos 80
Tabla 11 Pruebas de Chi Cuadrado 82

Índice de figuras

Figura 1 Reacción tisular inducida por materiales biocerámicos.....43
Figura 2 Bioactividad del NeoSealer Flo.....47
Figura 3 Esquema de la técnica de condensación lateral en frío.....49
Figura 4 Dispositivo de obturación termoplastificada.....51
Figura 5 Técnica de obturación con cono único observada en micro CT.....53
Figura 6 Distribución del grado de microfiltración apical del grupo Bio-C Sealer.....69
Figura 7 Distribución de los especímenes según la microfiltración con NeoSealer Flo...74
Figura 8 Gráfico comparativo de los grados de microfiltración con ambos cementos..79
Figura 9 Microfiltración en los especímenes con los dos cementos.....81
Figura 10 Selección de los 40 dientes incisivos centrales superiores.....92
Figura 11 Grupo de especímenes A y B.....93
Figura 12 Limpieza de los especímenes con Ultrasónico.....93
Figura 13 *Corte de la corona de cada diente*.....94
Figura 14 Toma de longitud de trabajo de los dientes.....94
Figura 15 Instrumentación rotatoria de los dientes.....95
Figura 16 Conometría.....95
Figura 17 Cementación de los dientes en cada grupo de estudio.....96
Figura 18 Corte de conos.....96
Figura 19 Sellado de la entrada del conducto.....97
Figura 20 Colocación de esmalte de uñas.....97
Figura 21 Colocación de los dientes en tubos de ensayo.....98
Figura 22 Dientes lavados y secados.....98
Figura 23 Corte longitudinal de los dientes.....99
Figura 24 Dientes obturados con NeoSealer Flo sin microfiltración.....99
Figura 25 Dientes obturados con NeoSealer Flo con microfiltración.....100
Figura 26 Dientes obturados con Bio-C Sealer con microfiltración.....100
Figura 27 Dientes obturados con Bio-C Sealer sin microfiltración.....101

1. Introducción

El éxito del tratamiento de conductos radiculares depende de la eliminación de microorganismos y de una adecuada obturación tridimensional que impida la microfiltración apical de fluidos y bacterias, identificada como la causa principal del fracaso terapéutico. En Nicaragua, existe una histórica y alta prevalencia de caries dental (hasta 90.61%) y enfermedad periodontal (hasta 88.23%), lo que genera una alta demanda de terapias endodónticas complejas debido a la progresión de lesiones pulpares irreversibles desde edades tempranas (Herrera y otros, 2005).

A pesar de esta carga epidemiológica, exacerbada por limitaciones socioeconómicas que retrasan la atención oportuna, la literatura científica local sobre patologías pulpares y tecnologías de obturación es escasa. Ante esta brecha de conocimiento, los selladores biocerámicos en combinación con la técnica de cono único emergen como una alternativa prometedora por su biocompatibilidad y capacidad de fraguado en ambientes húmedos. Por tanto, comparar su grado de microfiltración apical adquiere una alta relevancia clínica para la toma de decisiones basadas en evidencia local.

El rendimiento de los materiales biocerámicos ha sido evaluado a nivel internacional, regional y nacional. En el plano internacional, Salas y Morales (2014) determinaron mediante diafanización *in vitro* que el MTA® presentó menor microfiltración por tinta china que el Biodentine® y Root Repair Material®, sin diferencias significativas. Villalobos *et al.* (2022) concluyeron que los cementos biocerámicos logran un sellado tridimensional óptimo al rellenar las discrepancias entre la dentina y el cono de gutapercha. Asimismo, Labarta *et al.* (2024) evaluaron in vitro el Bio-C Sealer y MTA Fillapex frente al cemento resinoso AH Plus, encontrando filtración en todos los grupos y un rendimiento similar entre los biocerámicos.

A nivel regional, Grijalva (2023) demostró *in vitro* en Guatemala que el sellador resinoso AH Plus obtuvo significativamente menor microfiltración que el biocerámico CeraSeal a los 3 días; no obstante, la combinación de cono único y biocerámico fue efectiva en el 97.5% de los casos.

En el contexto nacional (León, Nicaragua), Chávez (2024) comparó EndoSequence BC Sealer y BioRoot, determinando que ambos presentaron filtración variable sin diferencias estadísticas. De igual manera, Centeno (2024) comparó Bio-C Sealer y Total Fill FKG mediante penetración de azul de metileno al 2%, concluyendo que ambos materiales mostraron microfiltración lineal homóloga y ninguno logró un sellado hermético absoluto.

Utilizando la estrategia PECO (Población: dientes unirradiculares permanentes; Exposición: microfiltración apical; Comparación: técnica de cono único con biocerámicos; Resultado: grado de filtración), se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el grado de microfiltración apical en dientes unirradiculares permanentes obturados con selladores biocerámicos con técnica de cono único?

Como respuesta formal, se plantearon las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Alternativa (H_1): Existe diferencia significativa en el grado de microfiltración apical entre los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados con la técnica de cono único.
- Hipótesis Nula (H_0): No existe diferencia significativa en el grado de microfiltración apical entre ambos selladores.

Para resolver esta problemática, el Objetivo General es evaluar la microfiltración apical de los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados en la obturación endodóntica mediante la técnica de cono único. Los Objetivos Específicos consisten en determinar de manera individual el grado de microfiltración de cada uno de los dos cementos y, posteriormente, comparar estadísticamente sus resultados para identificar el material más eficaz.

El alcance de esta investigación posee fronteras metodológicas específicas. Al ser un diseño *in vitro*, no reproduce las condiciones dinámicas *in vivo* de la cavidad oral (presión masticatoria, fluidos biológicos o respuesta inmunológica). El método de penetración lineal de colorante evalúa el sellado de forma bidimensional y su tamaño molecular puede diferir del

bacteriano. Asimismo, la anatomía interna de los conductos introduce variables morfológicas complejas de estandarizar.

Operativamente, la muestra depende de la disponibilidad de dientes extraídos idóneos y el análisis se limita a la microscopía estereoscópica convencional, omitiendo el análisis tridimensional por Micro-CT. Finalmente, el estudio delimita su campo conceptual al análisis físico del sellado marginal a corto plazo, por lo que los hallazgos se restringen exclusivamente a los cementos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo bajo la técnica de cono único, sirviendo como base científica transparente para futuras líneas de investigación endodóntica en el país.

2. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Salas y Morales (2014) realizaron una investigación cuyo objetivo de este trabajo es comparar tres materiales biocerámicos en obturaciones retrodentarias, evaluando la microfiltración con tinta china en dientes diafanizadas, a través de un estereomicroscopio. Se utilizaron cuarenta dientes dentales unirradiculares recién extraídas, las cuales se estandarizaron a 16 mm, se les realizo tratamiento radicular, se les cortó 3 mm del ápice radicular y se prepararon con ultrasonido. Se dividieron en tres grupos al azar y se obturaron con Biodentine®, MTA® y Root Repair Material®, dejándolos en tinta china Staedtler® por 72 horas, se procedió a diafanizarlas y a medirlas. Los resultados mostraron que el MTA® fue el material que presentó menor microfiltración, seguido del Biodentine® y, por último, el Root Repair Material®, sin diferencias estadísticamente significativas, con un porcentaje de error del 95%.

Villalobos et al. (2022) realizaron un estudio con el propósito de evaluar el grado de filtración apical utilizando azul de metileno. Para ello se seleccionaron 92 dientes humanos extraídos con una sola raíz con uno o dos conductos, se decoronaron y los conductos fueron preparados quimio mecánicamente con el sistema rotatorio Wave one Gold se dividieron en 4 grupos aleatoriamente: 1) BioRoot RCS, 2) Topseal, 3) Endoseal, 4) Fillapex, 5) Control positivo sin sellador 6) control negativo sin gutapercha y sin sellador. Se procedió a obturar con la técnica de cono único y accesorios**.** Los autores concluyen los cementos selladores biocerámicos ayudan a lograr el sellado tridimensional, rellenar las irregularidades del conducto radicular y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material sólido de obturación. Seleccionar el cemento sellador de acuerdo a sus propiedades biológicas y fisicoquímicas adecuándolas a las condiciones clínicas y diagnóstico de cada diente son esenciales para su respectiva obturación.

Labarta et al. (2024) realizaron un estudio ex vivo cuyo objetivo fue evaluar, mediante la técnica de diafanización, el grado de filtración apical al utilizar dos selladores biocerámicos con la técnica de cono único. Se emplearon 60 premolares inferiores humanos unirradiculares extraídos. La instrumentación se realizó con la lima WaveOne Gold Primary 25/.07 (Dentsply Maillefer), siguiendo las indicaciones del fabricante. Se irrigó con NaOCl 2,5% y EDTAC 17%. Para

la obturación, la muestra se dividió aleatoriamente en 4 grupos (n=15). Grupo 1: Cono único y Bio-C Sealer. Grupo 2: Cono único y MTA Fillapex. Grupo control negativo: no se obturó. Grupo control positivo: Cono único y AH Plus. Medio de filtración: tinta china negra por difusión pasiva. Se diafanizó con técnica de Robertson. En los resultados se encontró que la filtración con Bio-C Sealer, MTA Fillapex, control negativo y control positivo ($p>0,05$); pero con diferencias significativas entre MTA Fillapex y control positivo ($p<0.05$) y entre control negativo y cualquiera de los otros tres grupos ($p<0.05$) (Labarta y otros, 2024).

Antecedentes Regionales

Grijalva (2023) realizó una investigación in vitro en Guatemala, cuyo propósito fue comparar la microfiltración apical de obturaciones endodónticas con técnica de cono único entre un sellador biocerámico y un sellador resinoso. Se seleccionaron 40 dientes humanos extraídos, monorradiculares, con un solo conducto, con ápices completamente formados y cerrados. Las raíces se instrumentaron, y se obturaron con técnica de cono único, utilizando 2 selladores diferentes, 20 con sellador biocerámico de silicato de calcio (CeraSeal Metabiomed), y 20 con sellador a base de resina epoxi (AH Plus Denstply). Los resultados presentados muestran una diferencia entre el sellador CeraSeal (biocerámico) y el sellador AH Plus (resinoso) estadísticamente significativa cuando se comparó por material, presentando menos microfiltración apical los obturados con técnica de cono único y sellador AH Plus. Por otro lado, también hubo diferencia estadísticamente significativa cuando se comparó por tiempo evaluado de 3 días los dos selladores, siendo menor la microfiltración apical en los especímenes obturados con técnica de Cono único y AH Plus. En base a la efectividad de la técnica de cono único con sellador Biocerámico CeraSeal y sellador Resinoso AH Plus, resulto ser efectiva al presentar un 97.5% entre microfiltración nula y microfiltración mínima, presentando únicamente un 2.5% de filtración moderada.

Antecedentes Nacionales

Chávez (2024) realizó un estudio in vitro en León, Nicaragua sobre el "Grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos utilizados para la obturación endodóntica con técnica de cono único". Se utilizaron 26 dientes humanos, unirradiculares, extraídos, que fueron instrumentados y luego se dividieron en dos grupos que fueron obturados con técnica cono único y sellador EndoSequence BC Sealer y BioRoot, se sumergieron en azul de metileno por siete días, luego fueron cortados longitudinalmente con un disco de diamante y se procedió a observarlos en un estereoscopio. El grupo 1 (EndoSequence Bc Sealer) presentó microfiltración grado 0 en un 11.5%, grado 1 en 19.2, grado 2 en 19.2%, el grupo 2 (BioRoot) presentó microfiltración grado 0 en 15.4%, grado 1 en 15.4% y grado 2 en 19.2% del total de los casos. Ambos selladores presentaron grados de microfiltración 0, 1, 2. No hubo diferencias estadísticamente significativas en la penetración del tinte en el conducto unirradicular de las diente dentales estudiadas entre los grupos, ninguno de los dos selladores logró evitar completamente la filtración del tinte en todos los dientes.

Centeno (2024) realizó un estudio en León, Nicaragua, cuyo objetivo fue determinar el grado de microfiltración apical de dos selladores endodónticos con técnica de cono único. Se realizó un estudio de tipo experimental en el que se utilizó 30 dientes unirradiculares que se instrumentaron con limas rotatorias hasta lima 35/04, siendo irrigadas con hipoclorito de sodio al 3% y obturadas. Los dientes se dividieron aleatoriamente en dos grupos que se obturaron con sellador Bio-c Sealer y Total fill FKG. La superficie externa se cubrió con esmalte para uñas de color rojo y rosado excepto los últimos 3mm apicales. Se sumergieron en un tubo de ensayo con azul de metileno al 2% durante 5 días, se lavaron, secaron y cortaron para luego ser observados en el estereomicroscopio. En los resultados se encontró que ambos selladores mostraron microfiltración, a pesar de no encontrarse en el total de las muestras. No hubo diferencias estadísticamente significativas en la comparación de medias con relación a la microfiltración de ambos selladores.

3. Contexto del problema

En este apartado se presenta el planteamiento y contextualización del problema, describiendo los efectos negativos asociados, las posibles causas y las consecuencias de no abordar la problemática. Se busca ofrecer un marco claro que sustente la necesidad de investigar el grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos y la comparación entre técnicas de obturación endodóntica, con el fin de fundamentar decisiones clínicas basadas en evidencia científica.

La endodoncia es una especialidad de la odontología dedicada al diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades pulpo periapicales que afectan la pulpa dental y los tejidos periapicales circundantes, con el objetivo de preservar dientes que de otra forma serían extraídos. El éxito del tratamiento de conducto radicular depende, en gran parte, de la eliminación de microorganismos y la adecuada obturación del sistema de conductos radiculares para impedir la microfiltración apical de fluidos y bacterias, principal causa de fracaso terapéutico clínico.

En el contexto de Nicaragua, la salud bucal presenta un panorama histórico de alta prevalencia de caries dental y enfermedad periodontal, factores directamente relacionados con la necesidad de tratamientos endodónticos. El Perfil Epidemiológico de la Caries Dental y Enfermedad Periodontal en Nicaragua (2005) revela que la prevalencia del ataque de caries puede alcanzar hasta 90.61**%**, mientras que la enfermedad periodontal puede afectar hasta 88.23% de la población en diferentes grupos etarios en áreas urbanas y rurales del país, reflejando la magnitud del problema de salud oral que antecede a la demanda de tratamientos más complejos como la endodoncia (Medina y otros, 2007).

Estos datos epidemiológicos indican que la mayoría de la población nicaragüense está expuesta a procesos cariogénicos avanzados**,** los cuales pueden evolucionar hacia lesiones pulpares irreversibles y patologías periapicales que requieren tratamiento de conducto. En un estudio realizado con escolares de León, Nicaragua, se encontró que la prevalencia de caries en dentición temporal llegó hasta 72.6 % en niños de 6 años, con índices de caries (ceod y CPOD) notorios, lo cual indica que la población presenta una experiencia significativa de enfermedad bucal desde edades tempranas (Herrera y otros, 2005).

Además, datos de perfiles de salud oral en poblaciones rurales de Nicaragua muestran que una proporción considerable de individuos tiene múltiples dientes con caries sin tratar; como es el caso de un estudio realizado en 241 personas rurales, donde se observó que más de la mitad presentaban tres o más caries no tratadas (Gianopoulos y otros, 2014); lo que sugiere que el acceso a atención dental preventiva y curativa especializada es limitado, influenciado por condiciones socioeconómicas que dificultan una atención odontológica oportuna. Esto facilita que las lesiones cariosas progresen hacia complicaciones pulpares que requieren intervención endodóntica.

Pese a esta carga de enfermedad oral, la literatura científica local específica sobre patologías pulpares y periapicales en Nicaragua es escasa. No existen datos actualizados que describan el perfil clínico de endodoncia, la prevalencia de patologías pulpares tratadas o el éxito de diferentes técnicas de obturación endodóntica en contextos clínicos locales. Esta ausencia de evidencia limita la capacidad de los odontólogos nicaragüenses para tomar decisiones clínicas basadas en evidencia local y contextualizada en la realidad epidemiológica y socioeconómica del país.

La situación socioeconómica general de Nicaragua se traduce en bajas tasas de atención odontológica avanzada. Muchas familias priorizan necesidades básicas antes que atención dental, lo que lleva a que patología avanzada se aborde tardíamente, aumentando la complejidad de los tratamientos endodónticos requeridos y la carga de costo tanto para el paciente como para el sistema de salud. En este contexto, estudios epidemiológicos de salud bucal en Nicaragua destacan que las enfermedades orales como la caries, han afectado históricamente a una proporción elevada de la población**,** con efectos que se extienden desde el dolor y deterioro funcional hasta la pérdida de dientes y disminución de la calidad de vida, lo cual puede generar carga económica tanto para individuos como para la sociedad en su conjunto (WHO, 2022).

La carencia de datos epidemiológicos sólidos sobre endodoncia en Nicaragua y la alta prevalencia de patología cariogénica que progresa a lesiones pulpares evidencia una brecha de conocimiento clínico y científico relevante para la práctica endodóntica local. Esto subraya la necesidad de investigar aspectos técnicos concretos del tratamiento de conducto, como es el caso del grado de microfiltración apical de diferentes selladores biocerámicos según la técnica

de obturación utilizada. El sellado apical deficiente es una causa reconocida de fracaso del tratamiento endodóntico, permitiendo la reentrada de fluidos y bacterias que pueden provocar persistencia o recurrencia de infección, y eventualmente la necesidad de retratamiento o extracción del diente afectado.

El propósito de analizar comparativamente selladores biocerámicos con técnicas de cono único en el contexto de microfiltración apical adquiere relevancia clínica porque podría proporcionar evidencia sobre qué combinación material ofrece mejores resultados de sellado en un medio similar al que enfrentan los odontólogos nicaragüenses**,** donde los patrones de enfermedad y los recursos disponibles pueden influir en la elección de procedimientos terapéuticos eficaces y predecibles.

4. Pregunta de investigación

Estructura PECO

P (Población): Dientes extraídos unirradiculares permanentes de pacientes nicaragüenses.

E (Exposición / Variable de interés): Presencia de microfiltración apical en obturaciones endodóntica con cementos biocerámicos.

C (Comparación): Obturaciones cementadas con los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo mediante la técnica de cono único.

O (Outcome / Resultado): Grado de microfiltración observada.

Pregunta PECO formulada:

¿Cuál es el grado de microfiltración apical en dientes unirradiculares permanentes obturados con selladores biocerámicos con técnica de cono único?

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Evaluar la microfiltración apical de los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados en la obturación endodóntica mediante la técnica de cono único.

5.2 Objetivos específicos

Determinar el grado de microfiltración apical del sellador biocerámico Bio-C Sealer en obturaciones endodónticas con técnica cono único.

Determinar el grado de microfiltración apical del sellador biocerámico NeoSealer Flo en obturaciones endodónticas con técnica de cono único.

Comparar los resultados de microfiltración apical obtenidos en ambos cementos, mediante análisis estadístico apropiado, para la identificación del cemento biocerámico más eficaz y su elección clínica.

6. Justificación

Conveniencia del estudio

El presente estudio sobre la microfiltración apical de selladores biocerámicos en obturación endodóntica mediante técnicas de cono único se justifica a partir de cinco criterios fundamentales señalados por Hernández Sampieri (2014): la conveniencia del tema, su relevancia social, el valor teórico que aporta, la utilidad metodológica y sus implicaciones prácticas. Cada uno de estos aspectos permite sustentar la necesidad de investigar y aporta una base sólida para la realización de la investigación, demostrando cómo los resultados pueden influir en la práctica clínica, generar conocimientos aplicables y contribuir al avance de la endodoncia y la odontología restauradora.

El estudio es conveniente porque aborda una problemática actual en endodoncia: la elección de la técnica de obturación que minimice la microfiltración apical, lo cual es un factor crítico en la prevención de fracasos endodónticos y recontaminación de los conductos radiculares. La investigación permitirá que los profesionales cuenten con información científica objetiva para tomar decisiones fundamentadas al seleccionar la técnica de obturación más efectiva.

Además, la conveniencia de la investigación se sustenta en la disponibilidad de los recursos físicos, materiales y tecnológicos necesarios para su ejecución. El estudio se desarrollará en una clínica odontológica que cuenta con el equipamiento requerido para la preparación, obturación y evaluación de las muestras, lo que permite llevar a cabo el proceso investigativo en condiciones adecuadas.

Relevancia social

La relevancia social de esta investigación radica en que la obturación endodóntica efectiva es clave para prevenir infecciones y complicaciones dentales en la población. La identificación de la técnica que proporcione menor microfiltración apical puede contribuir a mejorar la salud bucal de los pacientes y reducir la incidencia de tratamientos repetidos o fallidos.

Además, los resultados podrán ser utilizados como información educativa para estudiantes y profesionales de odontología, fomentando una práctica clínica basada en evidencia, lo que repercute directamente en la calidad del servicio de salud dental ofrecido a la comunidad.

Valor teórico

El estudio aporta valor teórico al ampliar el conocimiento sobre la eficacia de los selladores biocerámicos y la influencia de las técnicas de obturación sobre la microfiltración apical. Esto contribuye a la literatura científica existente y genera un soporte conceptual para futuras investigaciones en endodoncia.

Asimismo, los hallazgos permitirán establecer relaciones entre variables relevantes de la obturación endodóntica, como la técnica utilizada y la eficiencia del sellado apical, fortaleciendo la comprensión de los mecanismos que intervienen en la prevención de filtraciones y fracasos endodónticos.

Utilidad Metodológica

Metodológicamente, el estudio es útil porque emplea un diseño experimental in vitro que permite controlar variables, aplicar técnicas estandarizadas y medir con precisión la microfiltración apical mediante métodos validados. Esto garantiza la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados.

Además, el desarrollo del procedimiento metodológico (preparación de conductos, obturación con técnicas específicas, inmersión en colorante y análisis bajo microscopio) puede servir como guía para investigaciones posteriores, facilitando la implementación de estudios similares en otras universidades o laboratorios odontológicos.

Implicaciones prácticas

En la práctica clínica, los resultados de la investigación pueden orientar a los odontólogos en la elección de la técnica de obturación más eficiente, reduciendo la probabilidad de fracasos endodónticos y optimizando el pronóstico de los tratamientos.

También permitirá que los profesionales y estudiantes comprendan la importancia de la técnica de obturación y el tipo de sellador utilizado, promoviendo procedimientos basados en evidencia y mejorando la calidad del tratamiento odontológico ofrecido a los pacientes.

7. Limitantes de la investigación

Las limitantes del presente estudio hacen referencia a las restricciones metodológicas, técnicas, operativas y conceptuales que se presentan durante el desarrollo de la investigación y que pueden influir en el alcance y la interpretación de los resultados. De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), las limitaciones no invalidan una investigación, sino que delimitan su campo de acción y permiten comprender con mayor claridad el contexto en el cual se generan los hallazgos. En este sentido, las limitantes de este estudio se analizan desde los aspectos metodológicos, de viabilidad y de deficiencias del conocimiento.

Desde el punto de vista metodológico, una de las principales limitantes del estudio es su diseño in vitro, el cual, aunque permite un alto control de las variables, no reproduce de manera exacta las condiciones clínicas reales. Factores como la presión masticatoria, la presencia de fluidos biológicos, la respuesta inmunológica del huésped y la interacción con los tejidos periapicales no pueden ser simulados completamente en el estudio. Por lo tanto, los resultados obtenidos deben interpretarse dentro del contexto experimental y no extrapolarse de forma directa a la práctica clínica sin considerar estas diferencias.

Asimismo, el método empleado para evaluar el grado de microfiltración apical, basado en la penetración de colorante, representa otra limitante metodológica. Aunque este método es ampliamente utilizado y validado en investigaciones endodónticas, el tamaño molecular del colorante puede ser menor que el de las bacterias o toxinas presentes en condiciones clínicas reales, lo que podría sobreestimar el grado de microfiltración. Además, la medición de la penetración del colorante se realiza de manera lineal, lo que no permite una evaluación tridimensional completa del sellado apical.

Otra limitante metodológica está relacionada con la estandarización de las muestras. A pesar de aplicar criterios de inclusión estrictos, como dientes unirradiculares y longitudes radiculares similares, es difícil eliminar completamente las variaciones anatómicas propias de

cada conducto radicular, tales como la forma del ápice, la presencia de conductos accesorios o irregularidades dentinarias. Estas variaciones pueden influir en el comportamiento del sellador biocerámico y en el grado de microfiltración apical observado.

En relación con la viabilidad del estudio, una limitante importante es la disponibilidad de recursos materiales y tecnológicos. El número de muestras se encuentra condicionado por la cantidad de dientes extraídos que cumplan con los criterios de inclusión. Asimismo, el acceso a equipos de alta tecnología, como sistemas de microtomografía computarizada, no está contemplado, lo que limita el análisis a métodos convencionales de evaluación.

El tiempo académico asignado para la ejecución del estudio constituye otra limitante de viabilidad. La investigación debe desarrollarse dentro de un período determinado, lo cual restringe la posibilidad de realizar evaluaciones a largo plazo del sellado apical o de repetir el experimento en diferentes momentos para observar variaciones en el comportamiento del sellador biocerámico con el paso del tiempo. De igual forma, la disponibilidad de personal capacitado para apoyar en todas las fases del procedimiento experimental puede ser limitada.

Desde el enfoque de las deficiencias del conocimiento, el estudio no aborda otras variables clínicas relevantes, como la respuesta biológica de los tejidos periapicales, la resistencia mecánica del sellado frente a fuerzas funcionales o la durabilidad del sellado a largo plazo. Tampoco se incluyen otros sistemas de obturación ni diferentes tipos de selladores biocerámicos, lo que limita la generalización de los resultados únicamente a las técnicas y materiales evaluados.

Asimismo, la investigación no contempla la comparación con selladores de otras composiciones, como los selladores a base de resina o de óxido de zinc-eugenol, lo cual podría aportar una visión más amplia sobre el comportamiento de los selladores biocerámicos en relación con otros materiales disponibles en el mercado. Esta omisión representa una

oportunidad para futuras investigaciones que busquen ampliar el alcance del conocimiento en el área endodóntica.

Finalmente, es importante señalar que estas limitantes no restan validez científica al estudio, sino que establecen un marco claro para la interpretación de los resultados. Al reconocerlas explícitamente, se fortalece la transparencia metodológica y se facilita la comprensión del alcance real de la investigación, permitiendo que los hallazgos sirvan como base para futuras investigaciones y para la toma de decisiones clínicas fundamentadas en evidencia científica.

8. Marco teórico

En el presente marco teórico se adoptará una estructura bipartita con el propósito de organizar de manera lógica la evidencia científica y los fundamentos conceptuales que sustentan la investigación sobre el grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo utilizados en la obturación endodóntica mediante la técnica de cono único. En la primera parte, denominada marco referencial, se recopilarán y analizarán las principales referencias bibliográficas relacionadas con la microfiltración apical en endodoncia, las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los selladores biocerámicos, así como los estudios experimentales que evalúan su comportamiento en la obturación de los conductos radiculares. Asimismo, se incluirán investigaciones previas que comparan diferentes cementos selladores, metodologías utilizadas para evaluar la microfiltración y resultados obtenidos en condiciones experimentales similares, permitiendo establecer el estado actual del conocimiento y la base empírica que justifica el desarrollo del presente estudio.

La segunda parte corresponde al marco conceptual, en el cual se definirán y desarrollarán los conceptos fundamentales relacionados con la obturación endodóntica, tales como microfiltración apical, sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares, propiedades de los selladores biocerámicos, así como las características de los materiales Bio-C Sealer y NeoSealer Flo y su aplicación clínica con la técnica de cono único. Además, se establecerán las definiciones conceptuales y operacionales de las variables que intervienen en la investigación, permitiendo delimitar claramente los elementos que serán evaluados. De esta manera, ambas secciones proporcionarán el soporte teórico y conceptual necesario para comprender el fenómeno estudiado y asegurar la coherencia entre los fundamentos científicos, los objetivos planteados y los procedimientos metodológicos del estudio.

8.1 Marco referencial

En los últimos años, la investigación en endodoncia ha enfatizado la evaluación de la microfiltración apical en relación con el uso de selladores biocerámicos, especialmente cuando se emplea la técnica de obturación de cono único, debido a su simplicidad y eficiencia clínica.

Silva et al. (2020) evaluaron la biocompatibilidad y el potencial bioactivo de selladores biocerámicos a base de silicato de calcio, incluyendo Bio-C Sealer. El estudio utilizó un enfoque experimental in vivo, mediante implantación en tejido subcutáneo en modelos animales, analizando la respuesta inflamatoria y la formación de tejido mineralizado. Los resultados evidenciaron que el Bio-C Sealer presentó buena biocompatibilidad y capacidad bioactiva, favoreciendo la formación de estructuras mineralizadas. Desde un análisis crítico, este estudio respalda el uso de selladores biocerámicos no solo por su sellado, sino también por su interacción biológica favorable con los tejidos periapicales.

En lo que respecta a la ejecución clínica, De Angelis et al. (2021) compararon la microfiltración apical entre un sellador biocerámico y uno a base de óxido de zinc-eugenol, empleando tanto la técnica de cono único como la condensación vertical continua. El estudio, de tipo experimental in vitro, utilizó tinción con azul de metileno para evaluar la filtración. Los resultados indicaron que el sellado apical depende tanto del material como de la técnica, observándose menor microfiltración con selladores biocerámicos y mejores resultados con técnicas térmicas. Este hallazgo sugiere que, aunque el cono único es viable, su efectividad puede variar según el material.

En otro estudio, (Monardes y otros, 2021)evaluaron la microfiltración bacteriana utilizando *Enterococcus faecalis* en conductos obturados con selladores biocerámicos. A través de un diseño experimental in vitro, demostraron que estos materiales reducen significativamente la penetración bacteriana, aunque no la eliminan completamente. Desde una perspectiva analítica, este hallazgo confirma que la microfiltración es un fenómeno multifactorial que depende también de la técnica operatoria.

Más recientemente, (AlEraky y otros, 2023) analizaron la filtración bacteriana en selladores biocerámicos utilizando la técnica de cono único. Mediante un estudio experimental, observaron que estos materiales presentan un adecuado sellado apical, aunque existen

diferencias entre productos. Este estudio es relevante porque valida el uso clínico de la técnica de cono único en combinación con selladores biocerámicos modernos.

En relación con estas propiedades fisicoquímicas y bioactivas, (Zamparini y otros, 2022) analizaron diferentes selladores biocerámicos premezclados, evaluando su composición química, bioactividad y comportamiento físico. Los autores concluyeron que estos materiales presentan alta estabilidad química, capacidad de formar hidroxiapatita y propiedades que favorecen el sellado hermético del sistema de conductos radiculares. Este estudio es clave, ya que vincula directamente las propiedades fisicoquímicas con el desempeño clínico del sellador, reforzando la base teórica de investigaciones comparativas como la presente.

El Sayed y Alderei (2023), evaluaron la resistencia de unión de varios selladores endodónticos a la dentina radicular y concluyeron que estos materiales presentan una adhesión física y química favorable cuando se emplea la técnica de cono único. Según dichos autores, la adaptación del sellador facilita su inserción en las irregularidades del conducto radicular, disminuyendo la presencia de espacios vacíos y mejorando la estabilidad de la obturación.

Por otro lado, al evaluar el comportamiento intrínseco de estos materiales, Hamdy et al. (2024) evaluaron las propiedades fisicoquímicas del Bio-C Sealer, incluyendo solubilidad, pH y liberación de iones calcio, siguiendo estándares ISO. Los resultados demostraron alta alcalinidad y liberación de calcio, propiedades que favorecen su bioactividad y capacidad de sellado. Complementariamente, otros autores analizaron la penetración del sellador en los túbulos dentinarios mediante microscopía cono focal, evidenciando una alta capacidad de adaptación del Bio-C Sealer, lo que contribuye al sellado tridimensional del conducto radicular. (Choudhary y otros, 2024)

En una evaluación comparativa directa de las propiedades biológicas, Alves-Silva et al. (2025) analizaron la biocompatibilidad y el potencial bioactivo de NeoSealer Flo en comparación con Bio-C Sealer a través de modelos de implantación en cápsulas de tejido conectivo. Aunque ambos materiales demostraron ser biocompatibles y reactivos (capaces de inducir la precipitación de estructuras de calcio en periodos avanzados), NeoSealer Flo indujo una reacción inflamatoria inicial moderada a severa más prolongada que disminuyó progresivamente. Este

estudio complementa el marco teórico al evidenciar que las sutiles diferencias en las fórmulas químicas de estos cementos listos para usar alteran su comportamiento inicial, un factor que podría correlacionarse con su estabilidad dimensional inicial dentro del conducto.

Con el propósito de profundizar en los mecanismos microestructurales que condicionan la estabilidad del sellado, Wang et al. (2025) evaluaron de manera comparativa la capacidad de penetración intratubular, la adaptación interfacial y la resistencia de unión por empuje (*push-out*) de cuatro selladores endodónticos biocerámicos basados en silicato de calcio. A través de un diseño experimental *in vitro* que empleó microscopía confocal de barrido láser (CLSM) y microscopía electrónica de barrido (SEM), los autores determinaron que, si bien la penetración en los túbulos dentinarios disminuye significativamente en el tercio apical en comparación con el coronal debido a particularidades anatómicas, ciertos cementos logran optimizar la adaptación en la interfase cemento-dentina, reduciendo drásticamente la presencia de brechas (*gaps*) microscópicas y aumentando la resistencia mecánica al desalojo.

Desde una postura analítica, este hallazgo es medular para la presente investigación, por cuanto demuestra empíricamente que la adaptación marginal y la retención física son requisitos indispensables para prevenir de forma efectiva la microfiltración bacteriana en el segmento apical (Wang y otros, 2025).

Respaldando estos mecanismos, (Nguyen y otros, 2026)evaluaron mediante microtomografía computarizada (micro-CT) los cambios volumétricos y la porosidad de los conductos radiculares obturados con la técnica de cono único utilizando selladores biocerámicos en comparación con los basados en resina epóxica. Determinaron que, mientras la resina epóxica exhibe contracción volumétrica e incremento de porosidad con el tiempo, los cementos biocerámicos experimentan una expansión volumétrica y una reducción significativa de porosidad interna a los 30 y 60 días post-obturación debido a sus reacciones de hidratación continua. Esta propiedad asegura un sellado tridimensional hermético en la zona apical, vinculando directamente las propiedades fisicoquímicas con el desempeño clínico y reforzando la base teórica de investigaciones comparativas.

No obstante, la literatura también advierte sobre variables transoperatorias críticas que pueden alterar estos resultados. (Shah y otros, 2026) investigaron cómo las condiciones de humedad interna del conducto radicular afectan la capacidad de sellado apical de los selladores a base de silicato de calcio. Al evaluar conductos bajo diferentes estados de humedad mediante la penetración de tinte, determinaron que una humedad residual controlada optimiza el sellado del biocerámico, mientras que el exceso de agua eleva la microfiltración apical de manera drástica. De manera complementaria, en lo referente a la estabilidad mecánica en el conducto, (Menshawy y otros, 2024) evaluaron la resistencia de unión por empuje (push-out bond strength) de NeoSealer Flo al utilizar diferentes técnicas de obturación. Encontraron que los selladores biocerámicos premezclados mantienen una adhesión física y química óptima a la dentina radicular con la técnica de cono único debido a su alta fluidez, lo que previene el desplazamiento del material ante las fuerzas dinámicas.

Respecto al NeoSealer Flo, en el estudio de Alves-Silva et al. (2025), dichos autores demostraron que este sellador biocerámico presenta adecuada biocompatibilidad y bioactividad, aunque puede generar una respuesta inflamatoria inicial moderada que disminuye con el tiempo. Para determinar el impacto directo de estas propiedades sobre el éxito del tratamiento, (Havaei y otros, 2026) compararon la capacidad de sellado apical de NeoSealer Flo utilizando la técnica de cono único a través del método de filtración de fluidos en diferentes intervalos de tiempo. Los resultados demostraron que NeoSealer Flo exhibió los valores de filtración notablemente más bajos en comparación con selladores resinosos y tradicionales, mostrando una tendencia a disminuir la microfiltración a medida que avanzaba el tiempo de fraguado. Desde un análisis crítico, esto indica que, aunque ambos materiales son prometedores, existen diferencias en su comportamiento biológico y de sellado cronológico que deben ser consideradas.

En síntesis, la evidencia científica actual indica que los selladores biocerámicos presentan ventajas significativas en términos de sellado apical, bioactividad y adaptación dentinaria. Sin embargo, la microfiltración sigue siendo un fenómeno multifactorial influenciado por el material, la técnica de obturación y la ejecución clínica, lo cual justifica estudios comparativos como el presente.

8.2. Marco conceptual

Microfiltración apical en endodoncia

Definición

La microfiltración se define como la difusión de bacterias, fluidos orales, iones y moléculas en la interfaz del diente y el material de relleno, o como el paso clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre el diente y el material restaurador o de relleno. Muchos estudios enfatizan que los materiales de relleno dental no son bordes fijos, inertes e impenetrables, sino micro fisuras dinámicas que contienen un intenso tráfico de bacterias, iones y moléculas.

Esta fuga puede ser clínicamente indetectable, pero es un factor importante que influye en el éxito a largo plazo de la terapia endodóntica, ya que causa muchos efectos biológicos graves que conducen a la recurrencia de la patología y al fracaso del tratamiento del conducto radicular (Muliyar y otros, 2014).

Causas de la microfiltración

El fracaso del tratamiento del conducto radicular puede atribuirse a diversos factores, pero la microfiltración a través del sistema del conducto radicular es uno de los principales.

Numerosos estudios han examinado este fenómeno, identificado muchas fuentes de posible contaminación y enfatizado el papel del clínico en la prevención de microfiltraciones después del tratamiento del conducto radicular.

La progresión de la microfiltración se debe a una reacción bioquímica a largo plazo dentro del propio material y entre el material y el entorno circundante.

Las causas se pueden dividir en:

Métodos para detectar fugas coronales y apicales

La microfiltración presente en los conductos radiculares puede permanecer activa en los túbulos dentinarios incluso después de una preparación químico-mecánica vigorosa. Por lo tanto, es deseable un sellado apical perfecto para evitar que las bacterias restantes y sus endotoxinas alcancen el ápice radicular.

La fuga apical se considera una causa común de fracaso endodóntico y está influenciada por muchas variables, como diferentes técnicas de relleno, propiedades químicas y físicas de los materiales de relleno del conducto radicular y la presencia y ausencia de capa de frotis.

En caso de fuga coronal, el conducto puede recontaminarse de diversas maneras, como por contacto entre la flora bacteriana oral y las entradas de los túbulos radiculares. Sin embargo, ocurre con mayor frecuencia debido a la pérdida de material de relleno temporal o a una restauración endodóntica permanente o sellado de corona inadecuados (Muliyar y otros, 2014).

Objetivos de la obturación

El objetivo de la obturación es establecer una barrera hermética que proteja los tejidos perirradiculares de los microorganismos que residen en la cavidad oral. Si bien un sellado hermético perfecto es inalcanzable, en realidad se debe hacer todo lo posible para lograrlo.

El establecimiento de un sistema bien obturado cumple tres funciones principales:

- Prevenir la fuga coronal de microorganismos o nutrientes potenciales para favorecer su crecimiento en el espacio muerto del sistema de conductos radiculares.
- Prevenir que los fluidos periapicales o periodontales se filtren en los conductos radiculares y alimenten a los microorganismos.
- Sepultar cualquier microorganismo residual que haya sobrevivido a las etapas de desbridamiento y desinfección del tratamiento, para prevenir su proliferación y patogenicidad (Voruganti, 2008).

Materiales de obturación endodóntica

Los materiales más comúnmente utilizados para la obturación son una combinación de núcleos semisólidos y cemento, aunque también existen varios sistemas más recientes de núcleo semisólido y cemento de dos componentes. Las propiedades ideales de un material de obturación radicular se mantienen como lo sugirió Grossman en 1978. Sin embargo, actualmente ningún material puede satisfacer todas estas exigencias.

Propiedades ideales de un material de obturación radicular:

Dentro de las propiedades ideales de un material de obturación radicular se pueden mencionar: fácil manejo y amplio tiempo de trabajo, capacidad de sellar el conducto lateral y apicalmente, adaptándose a la compleja anatomía interna, ser estable dimensionalmente, no irritante, no debe manchar la estructura dental, propiedades antimicrobianas, así como ser impermeable y no poroso, debe ser insensible a los fluidos tisulares, mostrar radiopacidad radiográfica y fácil de retirar. Una demanda adicional, adecuada a la era biológica actual, sería que el material indujera activamente la regeneración de los tejidos perirradiculares (Gutmann, 2016).

Selladores endodónticos

Estos se utilizan en combinación con un material de obturación, los selladores han demostrado tener una influencia positiva en el resultado del tratamiento de conductos.

Dentro de sus funciones se pueden describir:

- Sellar el espacio entre el material de obturación del núcleo y la superficie radicular interna.
- Rellenar el espacio entre el material de obturación del núcleo y el material de obturación auxiliar en la condensación lateral.

- Sellar las irregularidades de la compleja anatomía del conducto, por ejemplo, conductos y túbulos laterales.
- Lubricar y facilitar la colocación del material de obturación del núcleo y el material de obturación auxiliar.
- Aportar propiedades antibacterianas al sistema de obturación.

Propiedades ideales de los selladores endodónticos

De acuerdo con Grossman, estas propiedades incluyen: establecer un sellado hermético, presentar estabilidad dimensional al fraguado -La expansión puede ser deseable-, no causar decoloración del diente, presentar un tiempo de fraguado lento, capacidad de insolubilidad en fluidos tisulares, propiedades antimicrobianas, no ser irritante, presenta pegajosidad al mezclarse, lo que permite una adecuada adhesión entre él y la pared del conducto una vez fraguado, dado que es un polvo fino que se mezcla fácilmente con un líquido y es soluble al contacto con un disolvente común si es necesario retirar la obturación del conducto radicular. Actualmente, estos materiales no solo son biocompatibles, sino que también promueven la regeneración de los tejidos después de una enfermedad (Gutmann, 2016).

Clasificación

Los selladores se pueden clasificar en los siguientes grupos según su composición: óxido de zinc y eugenol, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio, resina epóxica, silicato de calcio y a base de silicona (Tomson y otros, 2014). En esta investigación se estará haciendo énfasis en los selladores biocerámicos.

Selladores biocerámicos

Evolución histórica

En 1993 se desarrolló el primer cemento biocerámico a base de trióxido mineral agregado (MTA) para el sellado de perforaciones accidentales del conducto radicular. El MTA es un cemento bioactivo con capacidad para inducir la formación de nuevo tejido mineralizado, lo que hace que este material sea biológicamente aceptable para retro obturaciones en cirugías apicales, y para el tratamiento de apexificación y endodoncia regenerativa en dientes con ápices inmaduros. Su mecanismo de acción se basa en la liberación de iones calcio que activan la adhesión y proliferación celular, y por su pH elevado se crea un medio antibacteriano (Oliveira y otros, 2007).

Posteriormente, aparecieron en el mercado otras formas comerciales, como MTA Angelus, con similares propiedades químicas al MTA conteniendo bismuto para aumentar su radiopacidad. En el año 2009 se presenta Biodentine, el cual es un cemento bioactivo, sustituto de la dentina, compuesto principalmente por silicato tricálcico. Por sus propiedades biológicas y físicas mejoradas, Biodentine presenta una resistencia a la compresión significativamente mayor que MTA White. Además, su microdureza, resistencia a la flexión, capacidad de sellado, fuerza de adhesión y liberación de iones de calcio son notablemente superiores en comparación con otros cementos a base de silicato tricálcico. Una de las ventajas de Biodentine es que el tiempo de fraguado es de 15 minutos, resultando más corto respecto al de MTA que fragua en 4 horas y su estabilidad del color en el tiempo (Rajasekharan y otros, 2018).

Posteriormente, se desarrollaron los selladores a base de biocerámicos, indicados para la obturación permanente del conducto radicular en combinación con conos de gutapercha, mediante la técnica de cono único o compactación lateral en frío. BioRoot RCS se presenta en forma de polvo y líquido. El polvo contiene óxido de zirconio como radiopacificador y un polímero biocompatible hidrofílico para mejorar la adherencia. El líquido contiene principalmente agua y

cloruro de calcio lo cual acelera el fraguado. BioRoot RCS mostró un sellado hermético con la dentina y la gutapercha, y una radiopacidad adecuada (Xuereb y otros, 2015).

En 2007, una empresa canadiense de investigación y desarrollo de productos desarrolló un material premezclado y listo para usar a base de silicato de calcio, el sellador de conductos radiculares inyectable iRoot ® SP. Desde 2008, estos productos biocerámicos premezclados para endodoncia están disponibles en Norteamérica a través de Brasseler USA como EndoSequence® BC Sealer™, EndoSequence® BC RRM™ y EndoSequence® BC RRM-Fast Set Putty™. Recientemente, estos materiales también se han comercializado como Totalfill® BC Sealer™, TotalFill® BC RRM Paste™ y TotalFill® BC RRM Putty™/Fast Putty™ (Trope y otros, 2015).

Propiedades de los Selladores biocerámicos

Los selladores biocerámicos son bioactivos porque estimulan el proceso fisiológico del hueso y la mineralización de la estructura dentinaria. Por sus propiedades bioactivas tales como la biocompatibilidad, la formación de hidroxiapatita, mineralización de la estructura dentinaria, pH alcalino y propiedades de sellado, se crea un entorno favorable para la cicatrización periapical, a como se describen en la Tabla 1 (Alberdi & Martín, 2021).

El sellador biocerámico es altamente hidrófilo y, por lo tanto, la humedad natural en el canal y los túbulos es una ventaja, a diferencia de la mayoría de los otros selladores donde la humedad es perjudicial para su rendimiento. Así mismo cuando no fragua, el sellador biocerámico tiene un pH superior a 12. Por lo tanto, sus propiedades antibacterianas son similares al hidróxido de calcio. El fraguado depende de la humedad fisiológica en el conducto, por lo tanto, fraguará a diferentes velocidades en diferentes entornos, pero como tiene un pH alto, cualquier retraso en el fraguado puede considerarse un beneficio. El sellador no se encoge, sino que se expande ligeramente y es insoluble en los fluidos tisulares. Si se utiliza con una punta de gutapercha impregnada y recubierta con nanopartículas de biocerámica, como se sugiere, se unirá a la punta del núcleo eliminando así el espacio entre el núcleo y el sellador (Debelian & Trope, 2016)

Tabla 1

Propiedades de los selladores biocerámicos

Propiedades	Características
Biocompatibilidad y citotoxicidad	-Similar al MTA. -Las células necesarias para la cicatrización de heridas se unen a los materiales de BC y producen tejido de reemplazo.
pH y propiedades antibacterianas	- pH de 12.7 durante el fraguado, similar al del hidróxido de calcio, lo que produce efectos antibacterianos. - El pH alcalino promueve la eliminación de bacterias como Enterococcus faecalis.
Bioactividad	-La exposición de MTA y EndoSequence Putty a solución salina con fosfato provoca la precipitación de estructuras cristalinas de apatita que aumentaron con el tiempo, lo que sugiere su bioactividad
Fuerza de unión	- En un estudio se encontró que iRoot SP mostró la mayor resistencia de unión a la dentina radicular en comparación con AH Plus, Epiphany ® y MTA Fillapex, independientemente de las condiciones de humedad. - En una prueba de expulsión, fue similar a AH Plus y mayor que MTA Fillapex. Cuando iRoot SP se utilizó con un cemento de resina autoadhesivo, la resistencia de unión de los postes de fibra no se vio afectada negativamente.
Resistencia a la fractura	-Se ha demostrado in vitro que iRoot SP aumenta la resistencia a la fractura de raíces tratadas endodónticamente, en particular cuando se acompaña de conos de gutapercha impregnados y recubiertos con biocerámica. -La resistencia a la fractura aumentó en raíces inmaduras simuladas en dientes con iRoot SP, y en raíces maduras con AH Plus, EndoSequence Sealer y MTA Fillapex.

Microfiltración	-Se informó que la microfiltración era equivalente en canales obturados con iRoot SP con una técnica de cono único o condensación de onda continua, y en canales rellenos con sellador AH Plus con condensación de onda continua. -Un estudio reciente muestra una sellabilidad superior de EndoSequence Putty en comparación con MTA gris.
Solubilidad	-Se reportaron altos niveles de liberación de Calcio en la solubilidad de iRoot SP, MTA Fillapex, Sealapex y MTA-Angelus, pero no de AH Plus. -Se cree que la liberación de iones Calcio resulta en una mayor solubilidad y cambios en la superficie.

Nota: Se presenta un resumen general que abarca a los cementos biocerámicos. Fuente: Debelian y Trope (2016).

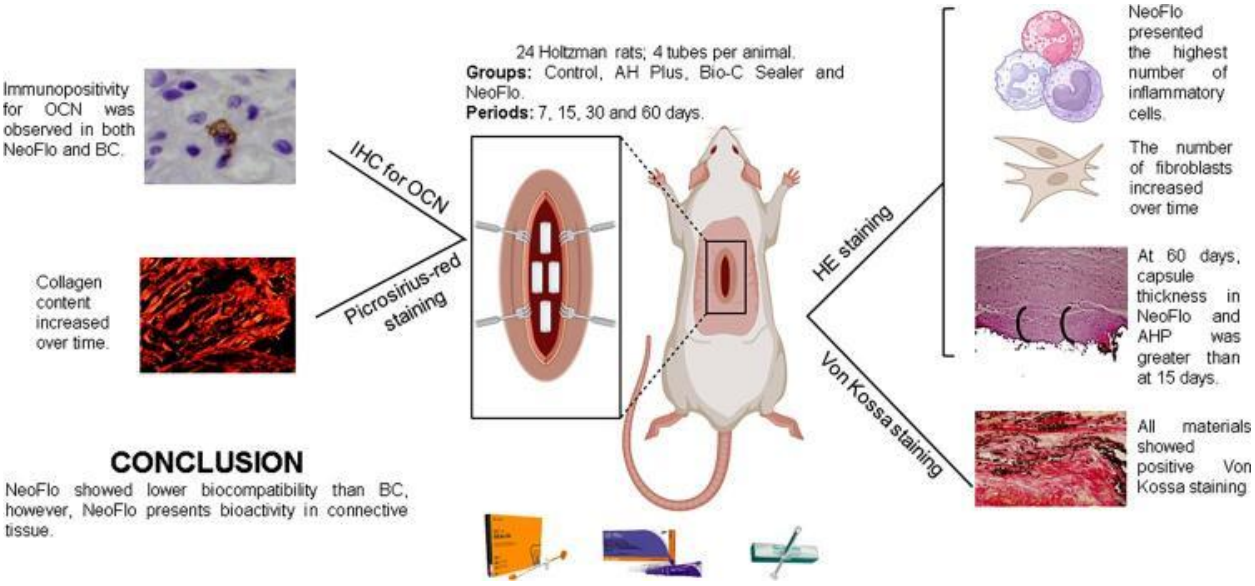
Respecto a la biocompatibilidad, Alves-Silva et al. (2025) realizaron un estudio cuyo objetivo fue el de evaluar la biocompatibilidad y bioactividad del sellador endodóntico biocerámico: NeoSealer Flo en comparación con Bio-C Sealer (BC, Angelus) y AH Plus (AHP, Dentsply), llevado a cabo en ratones, a como se muestra en la figura 1. Se utilizaron periodos de 7, 15, 30 y 60 días para evaluar la dinámica de la respuesta tisular, lo que permitió analizar las diferentes fases de los procesos inflamatorios y de reparación:

- La fase aguda de la reacción inflamatoria se observa a los siete días, caracterizada por un reclutamiento intenso de células inflamatorias, particularmente neutrófilos y macrófagos, lo que representa un periodo para evaluar el potencial irritante inicial de los materiales.
- La transición entre la inflamación aguda y crónica comienza a los 15 días y está marcada por una reducción en la infiltración de células inflamatorias y un aumento en la actividad de los fibroblastos, lo que indica el inicio de la organización tisular.

- Las cápsulas alrededor de los implantes se caracterizan por una presencia reducida de células inflamatorias en contraste con la población de fibroblastos a los 30 días, lo que conduce a la formación de tejido conectivo denso (fibroso).
- Finalmente, después de 60 días, es posible evaluar si se ha producido la resolución completa de la reacción inflamatoria, observándose la presencia de cápsulas que muestran los componentes estructurales típicos del tejido conectivo sano (fibroblastos y fibras de colágeno).
- Por lo tanto, 60 días son esenciales para confirmar la biocompatibilidad a largo plazo de los materiales.

Figura 1

Reacción tisular inducida por materiales biocerámicos



Nota: Esta reacción fue observada a los 7, 15, 30 y 60 días posteriores a la implantación en el tejido subcutáneo de ratas. Los materiales utilizados fueron NeoSealer Flo, Bio-C Sealer (BC, Angelus) y AH Plus (AHP, Dentsply). Fuente: Alves-Silva et al. (2025).

Clasificación

Los selladores a base de biocerámica se dividen según su composición química principal en dos categorías principales: selladores a base de silicato de calcio y selladores a base de fosfato de calcio. Se pueden agregar otros rellenos para mejorar las características fisicoquímicas de los selladores de conductos radiculares. Además, la mejora de la bioactividad mediante la promoción de la formación de hidroxiapatita y la deposición de una capa similar a la apatita facilita la unión entre la dentina y los selladores de conductos radiculares en la interfaz (Hamdy y otros, 2024).

Los selladores de conductos radiculares premezclados a base de silicato de calcio como el Bio-C Sealer) afirman ofrecer características de manejo favorables en comparación con los selladores de conductos radiculares convencionales a base de resina, que ya han demostrado un éxito clínico considerable. Además, se afirma que proporcionan los beneficios de una formulación biocerámica que induce la formación de tejido mineralizado mediante la liberación de iones de calcio y el aumento de la alcalinidad (Hamdy y otros, 2024).

Sellador biocerámico Bio-c Sealer

- **Composición**

En su composición química se encuentra el silicato de calcio y magnesio, sulfato de calcio, potasio, sulfato, óxido de circonio, dióxido de silicio y agente dispersante.

Propiedades fisicoquímicas

- **Solubilidad**

La solubilidad está relacionada con la degradación de los constituyentes del material por la acción disolvente de los fluidos circundantes. Un alto grado de solubilidad en los selladores de conductos radiculares podría permitir la creación de espacios dentro y entre el material y la pared dentinaria del conducto, proporcionando así una vía para la filtración desde los tejidos circundantes. La insolubilidad de los selladores de conductos radiculares es de gran importancia

para el éxito del tratamiento de conductos radiculares mediante la creación de un sellado íntimo entre la pared dentinaria y la restauración. Los materiales a base de polímeros generalmente proporcionan menor solubilidad (Abdelraouf y otros, 2021).

- **Análisis del pH**

El pH alcalino de los selladores de conductos radiculares a base de silicato de calcio se considera una de sus principales ventajas, ya que conduce a la formación de depósitos similares a la apatita en la superficie del sellador después del contacto con fluidos corporales, lo que mejora la bioactividad y, por lo tanto, un enlace químico fuerte. Además, el pH alcalino puede promover la cicatrización apical y la mineralización del tejido. Adicionalmente, la alcalinidad proporciona efectos bacteriostáticos (Padan y otros, 2005).

- **Liberación de iones de Calcio**

La liberación de iones de calcio de los selladores de conductos radiculares tiene gran importancia porque promueve un fuerte enlace químico y mejora la bioactividad a través de la precipitación de la capa similar a la apatita con la pared de dentina (Grover & Shetty, 2014).

- **Espesor de la película**

El espesor de la película de los selladores de conductos radiculares es un factor esencial porque un espesor de película delgado mejora la humectabilidad de los materiales en la pared del conducto, proporcionando un sellado adecuado. Una disminución en el espesor de la película del sellador de conductos radiculares influye en el sellado de un conducto radicular con una microfiltración mínima. El espesor de la película se ve afectado principalmente por los constituyentes de la composición y el tamaño de partícula. Al comparar los espesores de películas de los selladores, se encontró que el AH Plus obtuvo menor espesor, el Adseal presentó un espesor de película intermedio y el mayor espesor de película fue del sellador Bio-C Sealer (Lyu y otros, 2022).

Sellador biocerámico NeoSealer Flo

- **Composición**

NeoSealer Flo es un sellador premezclado, bioactivo y sin resina, a base de silicato de calcio. Está compuesto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato de calcio, óxido de calcio y aluminio, tantalita como radiopacificador y pequeñas cantidades de sulfato de calcio. Según el fabricante, NeoSealer Flo puede soportar altas temperaturas y, por lo tanto, puede utilizarse con técnicas de compactación vertical caliente y de cono único. De acuerdo con el fabricante, tiene estabilidad dimensional con una contracción <1 % y una expansión <0,1 %. Tiene un espesor de película <50 µm y una radiopacidad de 6 mm, equivalente al aluminio (Elzanaty y otros, 2024).

- **Características**

Dentro de sus propiedades únicas se incluyen su alta viabilidad celular, que se asocia con una mayor capacidad osteoconductora, y alta alcalinidad, que permite la liberación continua de iones de calcio, contribuyendo a una mejor cicatrización apical (Algar y otros, 2025).

- **Radiopacidad**

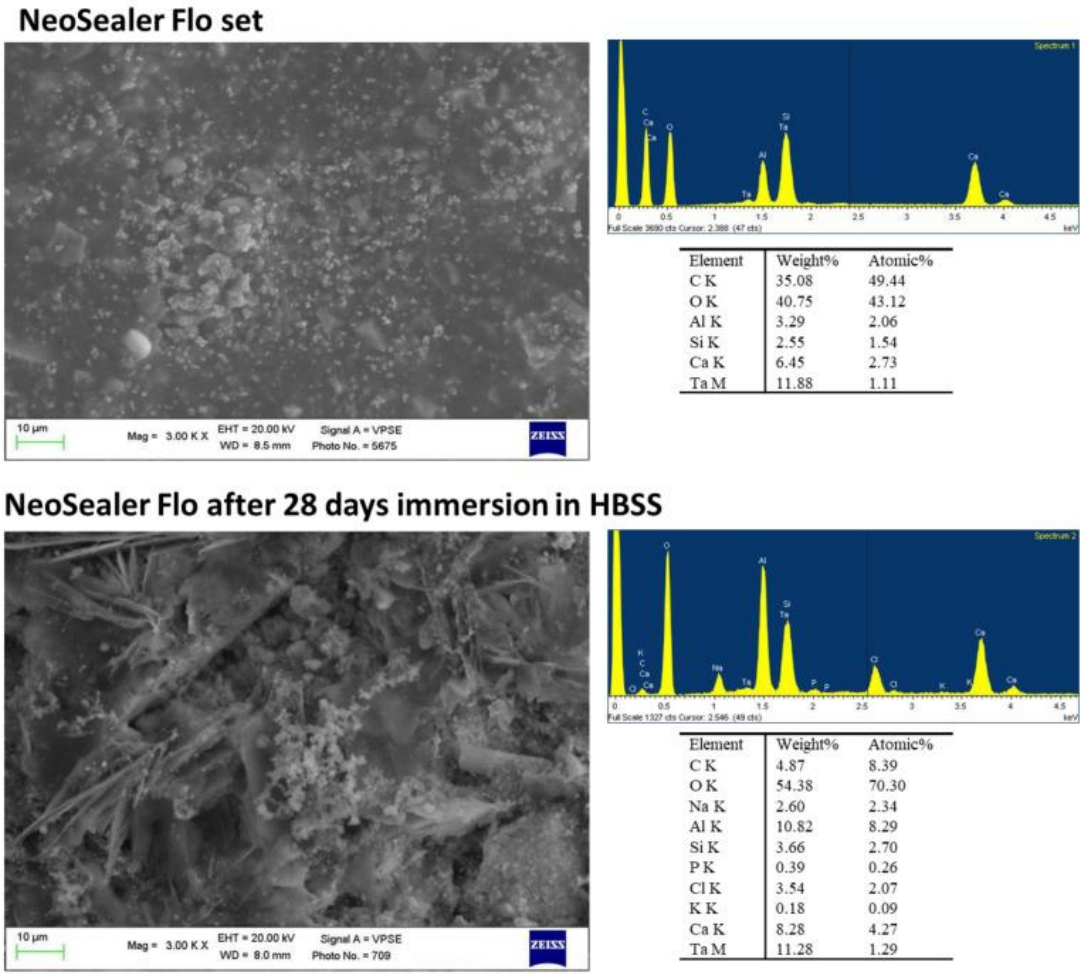
NeoSealer Flo contiene tantalita de alto peso atómico, la presencia de un 40-50% de este material da lugar a valores de radiopacidad significativamente menores en comparación con el sellador de conductos radiculares AH Plus. Solo se encontró un estudio en la literatura que evaluara la

radiopacidad de NeoSealer Flo, el cual investigó las propiedades fisicoquímicas y la bioactividad de selladores de conductos radiculares premezclados a base de silicato de calcio que contenían diferentes cantidades de silicato de calcio, e informó que la radiopacidad de NeoSealer Flo la cual fue equivalente a 5.5 mm Al. Además, Bio-MM, otro sellador de conductos radiculares a base de silicato de calcio con tantalita como agente radiopaco, al igual que NeoSealer Flo, también mostró una radiopacidad equivalente a 4,5 mm Al. Con base en esta información, se puede decir que los valores de radiopacidad de los selladores de conductos radiculares que contienen

tantalita como agente radiopaco son aproximadamente equivalentes a un valor entre 4 y 5 mm Al (Kosar y otros, 2024).

Figura 2

Bioactividad del NeoSealer Flo



Nota: Esta actividad es observada en inmersión de solución salina balanceada de Hanksen (HBSS). Después de 28 días de inmersión en HBSS, los análisis ESEM-EDX revelaron la formación de una capa mineral que cubrió la superficie de este sellador biocerámico, con una menor detección de radiopacificadores como el tantalio y un aumento de calcio, fósforo y carbono. La capa de fosfato de calcio fue evidente. El IR y micro-Raman revelaron la formación de carbonato de calcio en la superficie del material fraguado. Se observó una nucleación de apatita leve/limitada en relación con los procesos de alta carbonatación. Fuente: Zamparini et al. (2022).

Técnicas de obturación

A lo largo de los años, se han propuesto varias técnicas para obturar el sistema de conductos radiculares, dentro de las cuales, se pueden mencionar:

Técnica de compactación lateral

Esta técnica consiste en colocar un cono maestro de gutapercha ajustado a la longitud de trabajo y recubierto con cemento sellador. Posteriormente, se introduce un espaciador lateral para crear espacio dentro del conducto y se colocan conos accesorios de gutapercha, repitiendo este procedimiento hasta lograr una obturación compacta y completa del sistema de conductos radiculares. Su eficacia se atribuye a su simplicidad, bajo costo y a que no requiere equipo especializado. Sin embargo, presenta desventajas como la posible formación de vacíos, la adaptación incompleta del material de obturación a las irregularidades del conducto y la dificultad para lograr un sellado tridimensional en conductos con anatomía compleja. El procedimiento inicia con la selección de un cono maestro que debe ajustarse aproximadamente a 0,5 mm de la longitud de trabajo y presentar una adecuada resistencia al retirarlo (tug-back). Si el cono no se adapta correctamente, debe seleccionarse uno de mayor calibre o recortarse ligeramente su extremo para mejorar el ajuste. Una vez cementado el cono maestro, se incorporan sucesivamente conos accesorios mediante condensación lateral hasta completar la obturación (Tomson et al., 2014)

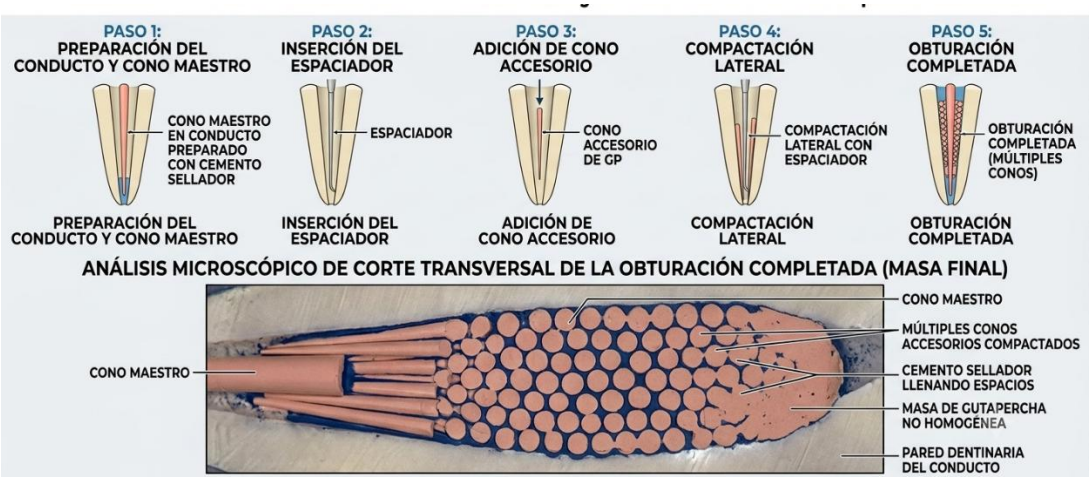
Técnica de compactación lateral en frío

Esta técnica consiste en colocar un solo cono de gutapercha (GP) con sellador en el conducto radicular preparado y agregar conos secundarios que se compactan entre sí con el uso de un espaciador. Los conos permanecen unidos debido a la fricción y la presencia de un sellador. Aunque es un procedimiento que consume mucho tiempo, la condensación lateral se prefiere

debido a su bajo costo y la colocación controlada de gutapercha en el conducto. La masa final no es homogénea y consiste en numerosos conos de gutapercha presionados entre sí con el sellador llenando la mayoría de los espacios entre ellos (Bhandi y otros, 2021).

Figura 3

Esquema de la técnica de condensación lateral en frío



Nota: Diagrama didáctico que ilustra la secuencia clínica de obturación y la falta de homogeneidad en la masa final de gutapercha debido al uso de cemento sellador entre los conos secundarios. Generado con asistencia de la inteligencia artificial Google Gemini 1.5 Pro. Fuente: Google (2026).

Se utilizan variaciones de las técnicas de compactación lateral en casos de conductos curvos y conductos con ápice abierto. Los espaciadores de níquel-titanio (NiTi) se emplean en conductos curvos, mientras que las técnicas de gutapercha termoplastificada son más adecuadas para conductos con curvaturas pronunciadas, como los conductos dilacerados. Para lograr una obturación adecuada en estos casos, se recomienda el uso de gutapercha calentada o gutapercha adaptada a la anatomía del conducto. compactación vertical y adición de segmentos termoplastificados para lograr un sellado tridimensional óptimo (Sulaiman et al. 2025).

Técnica de compactación lateral en caliente

Es una modificación sencilla del método de compactación lateral en frío y consiste en aplicar calor a la gutapercha. Calentar el material lo hace más adaptable, lo que permite una mejor condensación y una obturación radicular más densa. Sin embargo, los separadores de dedo tradicionales no son eficientes para retener el calor en este método. En su lugar, se deben utilizar portadores de calor especializados. Estas herramientas están equipadas con una punta roma, que facilita la compactación vertical controlada de la gutapercha reblandecida, mientras que la punta afilada facilita la compactación lateral. Es fundamental que los instrumentos se calienten muy lentamente. Si el separador se sobrecalienta, puede reblandecer la gutapercha, provocando que se adhiera al instrumento y posiblemente se salga del conducto. Los beneficios de este procedimiento incluyen una mayor adaptación a la complejidad del conducto radicular, un menor riesgo de formación de vacíos y la producción de un relleno denso (Lea et al. 2005).

• **Compactación vertical de onda continua**

En esta técnica se utiliza un cono maestro sea estandarizado o no, el cual debe colocarse aproximadamente 0.5 mm por debajo de la longitud de trabajo hasta que se produzca una sensación de retracción. Es fundamental mantener la humedad del conducto durante este proceso para promover el movimiento del irrigante. Esto se puede facilitar insertando y retirando suavemente el cono para mejorar la circulación del irrigante.

Downpack

Se debe insertar suavemente un obturador System B en el conducto moldeado hasta que se fije ligeramente a una distancia aproximada de 5 a 7 mm de la longitud de trabajo. Una vez colocado, se fija la posición aplicando un tope de silicona.

Se aplica una fina capa de sellador al cono maestro antes de aplicarlo a las paredes de los conductos radiculares. A continuación, se coloca el cono maestro.

La fuente de calor System B debe ajustarse a 200 °C con un nivel de potencia de 10 para un uso óptimo. La opción más intuitiva es el modo táctil.

Guíe el obturador calentado de forma constante a través de la gutapercha, deteniéndose a 5-7 mm de la longitud de trabajo en tres segundos antes de activar el resorte de contacto.

Aplique presión apical constante durante diez segundos para contrarrestar cualquier contracción que pueda producirse al enfriarse la porción apical de la gutapercha.

El resorte de contacto se presiona nuevamente durante un segundo completo para asegurar una activación correcta.

Manteniendo la presión apical, el obturador se retira rápidamente tras soltar el interruptor y hacer una pausa de un segundo completo. Como resultado, se elimina el exceso de componente coronal de la PG.

Tras retirar el obturador del Sistema B, se compacta la gutapercha en la región apical con un obturador Machtou o Buchanan. Cualquier exceso de material adherido a las paredes del conducto radicular debe recogerse y condensarse en la masa apical (Buchanan, 1996) .

Figura 4

Dispositivo de obturación termoplastificada



Nota: Este dispositivo es utilizado en la técnica downpack y es fabricado por Changzhou Sifary Medical Technology Co., Ltd. Fuente: Eighteeth (2026).

Relleno con Gutapercha termoplastificado:

Seleccione una aguja (de varios calibres) con un tope de silicona que se ajuste a 5-7 mm de la longitud de la aguja y que contacte con la masa apical del conducto radicular.

Recubra ligeramente las paredes del espacio del conducto no obturado con sellador.

Introduzca la punta de la aguja hasta que contacte con la masa apical de la gutapercha. Manténgala en su lugar durante varios segundos para que la superficie se plastifique ligeramente y se fusione con la nueva masa.

Apriete el gatillo hasta que la pistola comience a salir del conducto. Mantenga una ligera resistencia mientras deja que la aguja se desplace coronalmente, manteniéndola incrustada en la masa.

Justo antes del nivel del orificio, retire la aguja y aplique inmediatamente presión apical con un obturador manual, como el Machtou o el Buchanan.

Esto compensará la contracción por enfriamiento (Tomson y otros, 2014).

Técnica de compactación vertical de onda interrumpida

La técnica de onda interrumpida es muy similar a la onda continua, con la diferencia de que el downpack se realiza en múltiples ondas en lugar de una sola onda continua, como se describió anteriormente. Esta técnica se recomienda para conductos más anchos (Tomson y otros, 2014).

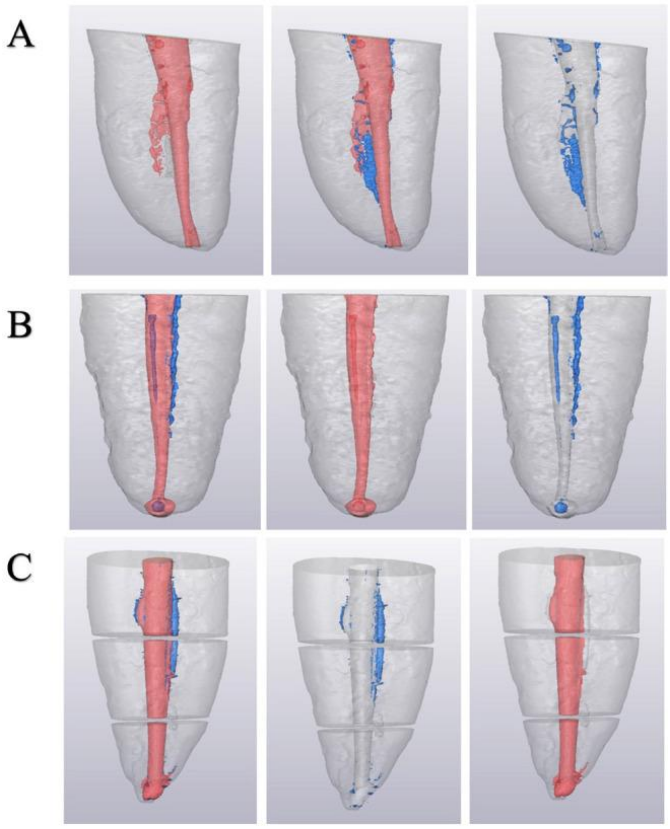
Técnica de Cono Único

La técnica de cono único consiste en un cono de gutapercha relleno con capas de sellador de espesores que varían según su ajuste a las paredes del conducto. La posibilidad de mejorar y popularizar esta técnica aún se debate en la literatura endodóntica actual. Dado que no se utiliza un separador con el cono único, la obturación no presenta surcos de sellador sin rellenar y el

riesgo de dañar la dentina se reduce sustancialmente. Sin embargo, dado que el volumen de sellador requerido en cono único es mayor que el necesario para la mayoría de las técnicas de compactación, se debe colocar en el conducto un volumen suficiente de un sellador dimensionalmente estable. La adhesión y adaptación óptimas del material de obturación radicular a las paredes del conducto desempeñan un papel fundamental en la consecución del sellado hermético esperado en el tratamiento endodóntico. Por lo tanto, la prueba de empuje se utiliza comúnmente para evaluar cuantitativamente esta adhesión (Wu y otros, 2009).

Figura 5

Técnica de obturación con cono único observada en micro CT



Nota: Reconstrucción 3D representativa mediante micro-CT desde el abordaje mesial. El color rosa representa el material de relleno (gutapercha y sellador), el azul representa los espacios vacíos. Cada letra corresponde a un grupo: A Cono único con biocerámica, B Cono único y condensación lateral, C Guttacore. Fuente: Collado et al. (2025).

9. Marco metodológico

En el presente estudio experimental in vitro se seleccionaron 40 órganos dentales humanos extraídos, específicamente incisivos centrales superiores, debido a que presentan conductos radiculares amplios, rectos y con menor complejidad anatómica. Se incluyeron únicamente dientes que no presentaran curvaturas radiculares, fracturas apicales, reabsorciones ni alteraciones estructurales que pudieran interferir con los resultados de la investigación.

Previo al desarrollo del procedimiento experimental con las muestras definitivas, se realizó una prueba piloto utilizando 10 órganos dentales, independientes de la muestra definitiva, con el propósito de evaluar y estandarizar el procedimiento de seccionamiento. Inicialmente se realizó un corte longitudinal a lo largo de todo el órgano dental; sin embargo, durante este procedimiento se observaron desviaciones en la trayectoria del corte y desprendimiento de la gutapercha, lo que dificultaba obtener una sección adecuada para la posterior evaluación de la microfiltración. A partir de los resultados obtenidos en la prueba piloto, se modificó el procedimiento de seccionamiento, estableciendo el corte longitudinal únicamente en los 5 mm apicales de la raíz, correspondiente al área de interés del estudio.

Inicialmente, los dientes fueron sometidas a un proceso de limpieza mediante ultrasonido para eliminar restos de cálculo dental, tejido periodontal adherido y otras impurezas presentes en la superficie radicular. Posteriormente, se realizó el corte de la porción coronaria de cada órgano dental utilizando una fresa de diamante, con el objetivo de estandarizar las muestras y facilitar el acceso al conducto radicular.

Las muestras fueron divididas aleatoriamente en dos grupos experimentales de 20 dientes cada uno y enumeradas del 1 al 20. El grupo 1 fue obturado con cemento biocerámico NeoSealer Flo, mientras que el grupo 2 fue obturado con cemento biocerámico BIO-C Sealer.

Para la preparación biomecánica de los conductos radiculares, la longitud de trabajo fue determinada mediante la inserción de una lima manual #15 de 25 mm a través del conducto hasta visualizar su salida a nivel del foramen apical y tomando radiografías; posteriormente, esta medida fue registrada con una regla milimetrada. La instrumentación y conformación de los conductos se realizó utilizando el sistema mecanizado de limas rotatorias Rainbow Ultra, desde

la lima 15/.04 hasta la 40/.04, empleando un motor endodóntico Eighteeth E-Xtreme calibrado a 400 revoluciones por minuto y 2.0 N/cm de torque.

Durante todo el procedimiento de instrumentación, los conductos radiculares fueron irrigados con 1 ml de hipoclorito de sodio al 3% entre cada lima utilizada, mediante una aguja calibre 30 con punta de seguridad, con el propósito de favorecer la desinfección y remoción de residuos orgánicos e inorgánicos.

Posteriormente, los conductos fueron secados con conos de papel absorbente calibre 40/.04. Seguidamente, se seleccionaron y calibraron conos de gutapercha 40/.04 utilizando un calibrador Woodpecker para garantizar la estandarización del ajuste apical. Luego se realizaron radiografías periapicales para corroborar la adaptación del cono principal y verificar la longitud de trabajo.

La obturación de los conductos radiculares se llevó a cabo mediante la técnica de cono único, utilizando el cemento biocerámico correspondiente a cada grupo experimental. El sellador fue introducido en el conducto mediante la punta dispensadora colocada aproximadamente a 3 mm de la longitud de trabajo establecida; además, se recubrió la porción apical del cono de gutapercha con cemento sellador para favorecer una adecuada adaptación y sellado apical.

Una vez finalizada la obturación, la cavidad de acceso fue sellada con resina de condensación marca Zafira. Previamente, se aplicó ácido grabador y sistema adhesivo de la misma marca, seguido de fotocurado durante 20 segundos para garantizar un sellado coronal adecuado.

Posteriormente, cada órgano dental fue cubierto con tres capas de esmalte de uñas transparente tipo brillo, dejando expuestos únicamente 5 mm de la porción apical radicular. Este procedimiento tuvo como finalidad sellar la superficie externa de la raíz e impedir la penetración del colorante por áreas distintas al ápice radicular, permitiendo así evaluar exclusivamente la microfiltración apical.

Luego, cada muestra fue colocada individualmente en tubos de ensayo que contenían 2 ml de solución de azul de metileno puro, permaneciendo sumergidas durante un período de 7 días para permitir la penetración del colorante a través de posibles espacios de filtración.

Transcurrido dicho período, los dientes dentarias fueron retiradas de la solución, lavadas cuidadosamente para eliminar el exceso de azul de metileno y posteriormente dejadas secar durante 24 horas.

Posteriormente, los órganos dentales fueron seccionados longitudinalmente en sentido vestíbulo-palatino únicamente en los 5 mm apicales de la raíz, utilizando un disco de diamante montado en una pieza de baja velocidad. Este procedimiento fue establecido a partir de los resultados obtenidos durante la prueba piloto, y permitió concentrar el seccionamiento en el área de interés para la evaluación de la microfiltración apical, facilitando una observación más precisa de la penetración del colorante y evitando el seccionamiento completo de toda la longitud radicular.

La evaluación de la microfiltración apical se realizó mediante observación con microscopio estereoscópico con aumento de 2.5x. La penetración del colorante fue medida en milímetros utilizando una regla milimetrada marca MasterDent. Asimismo, se tomaron fotografías digitales de cada muestra y posteriormente fueron observadas en una computadora para corroborar visualmente la extensión de la microfiltración del tinte.

Finalmente, los datos obtenidos fueron registrados en una ficha de recolección individual para cada órgano dental, consignando la presencia o ausencia de microfiltración apical y la longitud de penetración del colorante expresada en milímetros.

9.1 Tipo de investigación.

Según Roberto Hernández Sampieri y colaboradores, la investigación científica puede clasificarse utilizando diversos criterios metodológicos que permiten estructurar adecuadamente el estudio. Entre los principales se encuentran el enfoque o paradigma, el alcance o profundidad, la aplicabilidad o propósito, la dimensión temporal y el diseño de investigación. Estos criterios permiten definir la forma en que se recolectarán y analizarán los datos, el grado de relación entre las variables, la finalidad del estudio, el momento en que se obtendrá la información y el contexto donde se realizará la investigación. De esta manera, la correcta definición de estos elementos asegura la coherencia metodológica entre el problema de investigación, los objetivos y los métodos empleados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018)

Según el enfoque: cuantitativa

El presente estudio se enmarca en el enfoque cuantitativo, ya que busca analizar el fenómeno de investigación mediante la recolección y análisis de datos numéricos. Este enfoque se caracteriza por la medición objetiva de las variables y la utilización de procedimientos estadísticos que permiten comprobar hipótesis y establecer relaciones entre los fenómenos estudiados. De acuerdo con Hernández Sampieri, este tipo de investigación se fundamenta en la observación sistemática de la realidad y en la obtención de resultados medibles y verificables.

Asimismo, el enfoque cuantitativo permite examinar las variables de manera estructurada, utilizando instrumentos de medición que facilitan la obtención de información precisa y confiable. En este sentido, la investigación cuantitativa busca explicar y predecir fenómenos mediante el análisis estadístico de los datos recolectados, permitiendo identificar patrones o relaciones entre las variables estudiadas.

Según la profundidad o alcance: correlacional

El estudio se clasifica con alcance correlacional, debido a que pretende determinar el grado de relación existente entre dos o más variables dentro de un contexto específico. Según Hernández Sampieri, los estudios correlacionales tienen como propósito medir la asociación o

relación que existe entre variables, permitiendo conocer cómo se comporta una variable cuando la otra cambia.

Este tipo de investigación no busca necesariamente establecer relaciones de causa y efecto, sino identificar si existe una vinculación entre las variables analizadas. De esta forma, el alcance correlacional permite comprender la interacción entre los factores estudiados y aportar información relevante que puede servir como base para investigaciones posteriores de mayor nivel explicativo.

Según la aplicabilidad: aplicada

De acuerdo con su finalidad, la investigación se clasifica como aplicada, ya que está orientada a resolver un problema específico o aportar soluciones prácticas en un contexto determinado. La investigación aplicada utiliza los conocimientos teóricos existentes para analizar situaciones reales y generar resultados que puedan ser utilizados para mejorar procesos o resolver necesidades concretas.

En este sentido, el estudio busca producir conocimientos que tengan utilidad directa en el ámbito donde se desarrolla la investigación. Por lo tanto, la investigación aplicada se enfoca en generar resultados que puedan ser implementados en la práctica, contribuyendo al desarrollo o mejora de una problemática identificada.

Según la dimensión temporal: transversal

En relación con la dimensión temporal, la investigación se clasifica como transversal, ya que la recolección de los datos se realizará en un único momento o periodo determinado. Según Hernández Sampieri, los estudios transversales analizan las variables en un punto específico del tiempo, permitiendo describir y examinar su comportamiento en ese momento.

Este tipo de diseño permite obtener una visión del fenómeno tal como ocurre en una situación concreta, sin necesidad de realizar seguimiento a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la investigación transversal facilita el análisis de la relación entre variables en un momento determinado, lo cual es adecuado cuando se busca evaluar condiciones actuales o presentes.

Según el diseño: de campo

Finalmente, según el diseño de investigación, el estudio corresponde a un diseño de campo, ya que la información se obtiene directamente del lugar donde ocurre el fenómeno investigado. Este tipo de diseño implica la recopilación de datos en el contexto real donde se desarrollan los hechos, permitiendo observar y analizar las variables en su ambiente natural.

El diseño de campo se caracteriza por la obtención de información primaria a través de instrumentos como encuestas, entrevistas u observaciones aplicadas directamente a la población de estudio. De esta manera, se garantiza que los datos recolectados reflejen la realidad del contexto investigado, lo que contribuye a la validez y pertinencia de los resultados obtenidos.

9.2 Hipótesis de investigación

Existe una diferencia en el grado de microfiltración apical entre los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo cuando son utilizados en obturaciones endodónticas mediante la técnica de cono único, evaluado mediante el método in vitro de penetración de colorante y observación con microscopio estereoscópico.

Hipótesis nula (H0)

No existe diferencia significativa en el grado de microfiltración apical entre los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo cuando son utilizados en la obturación endodóntica mediante la técnica de cono único.

Hipótesis alternativa (H1)

Existe diferencia significativa en el grado de microfiltración apical entre los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo cuando son utilizados en la obturación endodóntica mediante la técnica de cono único.

9.3 Definición operativa de las variables

En este subapartado se presentan las matrices de operacionalización de las variables correspondientes a cada uno de los objetivos específicos del estudio. Estas matrices permiten organizar de manera sistemática las variables relacionadas con el grado de microfiltración apical en obturaciones endodónticas, desglosando cada variable en términos prácticos como: definición operacional, dimensiones o indicadores, técnica e instrumento de medición, tipo de variable y forma de registro de la información obtenida durante el proceso experimental.

Objetivo específico No. 1

Determinar el grado de microfiltración apical del sellador biocerámico Bio-C Sealer en obturaciones endodóntica con técnica cono único.

Tabla 2

Definición operativa del objetivo específico 1

Variable conceptual	Subvariables / Dimensiones	Variable operativa / Indicador	Ítems del instrumento	Tipo de variable
Grado de microfiltración apical	Nivel de sellado apical logrado con Bio-C Sealer	Longitud de la penetración lineal del colorante desde el ápice en sentido corono-apical.	Medición lineal en milímetros (mm) mediante software de análisis de imagen acoplado a microscopio estereoscópico.	Cuantitativa continua
Sellador biocerámico	Marca comercial del material evaluado en el Grupo 1.	Asignación del espécimen al grupo de estudio correspondiente.	Registro del material: **Bio-C Sealer**.	Cualitativa nominal
Técnica de obturación	Procedimiento de sellado del conducto radicular.	Técnica endodóntica estandarizada empleada.	Registro de la técnica: **Cono único**.	Cualitativa nominal

Nota: En esta matriz se operacionalizan las variables del primer objetivo específico; cada fila presenta la variable conceptual, sus dimensiones y los indicadores que serán medidos y registrados en la ficha de recolección de datos.

Objetivo específico No. 2

Determinar el grado de microfiltración apical del sellador biocerámico NeoSealer Flo en obturaciones endodónticas con técnica de cono único.

Tabla 3

Definición operativa del objetivo específico 2

Variable conceptual	Subvariables / Dimensiones	Variable operativa / Indicador	Ítems del instrumento	Tipo de variable
Grado de microfiltración apical	Nivel de sellado apical logrado con NeoSealer flo	Longitud de la penetración lineal del colorante desde el ápice en sentido corono-apical.	Medición lineal en milímetros (mm) mediante software de análisis de imagen acoplado a microscopio estereoscópico.	Cuantitativa continua
Sellador biocerámico	Marca comercial del material evaluado en el Grupo 2.	Asignación del espécimen al grupo de estudio correspondiente.	Registro del material: **NeoSealer Flo**.	Cualitativa nominal
Técnica de obturación	Procedimiento de sellado del conducto radicular.	Técnica endodóntica estandarizada empleada.	Registro de la técnica: **Cono único**.	Cualitativa nominal

Nota: En esta matriz se operacionalizan las variables del segundo objetivo específico; cada fila presenta la variable conceptual, sus dimensiones y los indicadores que serán medidos y registrados en la ficha de recolección de datos.

Objetivo específico No. 3

Comparar los resultados de microfiltración apical obtenidos en ambos cementos, mediante análisis estadístico apropiado, para la identificación del cemento biocerámico más eficaz y su elección clínica.

Tabla 4

Definición operativa del objetivo específico 3

Variable conceptual	Subvariables / Dimensiones	Variable operativa / Indicador	Ítems del instrumento	Tipo de variable
Tipo de cemento sellador endodóntico	Clasificación del material biocerámico utilizado para la comparación.	Cemento empleado en la obturación del conducto radicular.	[1] Bio-C Sealer [2] NeoSealer Flo	Cualitativa nominal
Microfiltración apical	Capacidad de resistencia a la penetración del colorante en la región apical.	Grado de penetración lineal del colorante observado bajo microscopio.	Grado 0 (Sin filtración) Grado 1 (Filtración leve) Grado 2 (Filtración moderada) Grado 3 (Filtración severa)	Cualitativa ordinal
Técnica de obturación	Procedimiento de sellado del conducto radicular.	Técnica endodóntica estandarizada empleada.	Registro de la técnica: **Cono único**.	Cualitativa nominal

Nota: En esta matriz se operacionalizan las variables del segundo objetivo específico; cada fila presenta la variable conceptual, sus dimensiones y los indicadores que serán medidos y registrados en la ficha de recolección de datos.

9.4 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- Órganos dentales humanos unirradiculares permanentes incisivos centrales superiores.
- Dientes completos, sin fracturas extensas que alteren su estructura anatómica.
- Órganos dentales que cumplan con las características requeridas según las variables definidas en la matriz de operacionalización.
- Los dientes obtenidas y conservadas en condiciones adecuadas para su análisis.
- Órganos dentales disponibles dentro del período establecido para la investigación.

Criterios de exclusión

- Órganos dentales temporales.
- Dientes con daño severo, destrucción coronaria o radicular que impida su evaluación.
- Órganos dentales que presenten alteraciones externas provocadas por procedimientos previos que interfieran con las variables de estudio.
- Dientes contaminados o con inadecuadas condiciones de conservación.
- Órganos dentales que no cumplan con uno o más criterios de inclusión establecidos.

9.5 Población y muestra

En esta investigación no se aplicó un muestreo probabilístico porque los participantes no se podían seleccionar al azar. Para formar parte del estudio, los órganos dentales debían cumplir criterios específicos de inclusión, por lo que no todos tenían la posibilidad de ser elegidos. Debido a estas condiciones, un muestreo al azar no era adecuado ni representaba las necesidades reales de la investigación.

Por esta razón, se utilizó la técnica de muestreo por censo. Esto significa que se decidió incluir la totalidad de los órganos dentales disponibles que cumplían los criterios establecidos. En este caso, el tamaño de la muestra coincide completamente con la población accesible, la cual es

pequeña y está conformada por 40 órganos dentales humanos unirradiculares. Esta estrategia permitió analizar todos los elementos relevantes sin excluir ninguno que aportara información

9.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se utilizó como técnica principal la recolección documental y el registro sistemático de información. Esta técnica permite organizar y analizar de forma ordenada las características observables de cada órgano dental estudiado. Su elección se basa en la necesidad de contar con datos precisos y comparables, alineados con las variables definidas previamente en la matriz de operacionalización.

El instrumento seleccionado para realizar esta recolección es una ficha técnica diseñada específicamente para este estudio. En ella se registrarán todos los datos correspondientes a cada variable, siguiendo los indicadores establecidos en la matriz. Esta ficha asegurará uniformidad en el proceso de documentación, evitando omisiones y facilitando luego el análisis de la información obtenida.

9.7 Validez y confiabilidad de los instrumentos

La validez del instrumento se asegura mediante el juicio de expertos. Esto significa que profesionales con experiencia en el área revisan la ficha técnica y confirman por escrito que cada ítem realmente mide lo que se pretende medir. Gracias a esta evaluación, se garantiza que el instrumento está alineado con los objetivos y variables de la investigación.

Además, este proceso de validación permite identificar posibles mejoras en la redacción, la estructura o la pertinencia de los indicadores. Con ello, se fortalece la calidad del instrumento y se aumenta la precisión de los datos que se van a obtener. La revisión experta, por tanto, es un paso fundamental para asegurar la coherencia metodológica del estudio.

Por otro lado, la confiabilidad del instrumento se determina mediante una prueba piloto. Este pilotaje consiste en aplicar la ficha técnica a una pequeña muestra con características similares a la población de estudio, con el fin de comprobar si los resultados son estables y

consistentes. Si el instrumento produce información uniforme bajo las mismas condiciones, se considera confiable para su aplicación definitiva

9.8 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información

El procesamiento de los datos inicia con la recolección de la información utilizando la ficha técnica previamente validada. Cada registro se completa siguiendo los criterios establecidos para asegurar que los datos sean claros, precisos y comparables. Una vez recopilada toda la información, se organiza para su ingreso en el sistema.

Posteriormente, se construyó una base de datos en SPSS, donde se codificaron todas las variables según lo definido en la matriz de operacionalización. Esta codificación permitió transformar los datos en valores numéricos que facilitan su análisis. Con la base ordenada y verificada, el sistema puede procesar la información de manera eficiente y sin errores.

Finalmente, se realiza un análisis descriptivo para resumir y presentar las características principales de los datos obtenidos. Luego se aplica un análisis inferencial, que incluye la prueba de hipótesis correspondiente, con el fin de determinar si existen relaciones o diferencias significativas entre las variables estudiadas. Este proceso permite llegar a conclusiones fundamentadas y coherentes con los objetivos de la investigación.

9.9 Consideraciones éticas

En esta investigación se cumplieron todas las consideraciones éticas necesarias para garantizar un manejo responsable de la información. Aunque no es requerido un consentimiento libre e informado debido a la naturaleza del estudio y al tipo de materiales analizados, sí se respetarán los principios básicos de ética en investigación.

Se cuidó de la confidencialidad de los datos recolectados. Toda la información registrada en las fichas técnicas fue utilizada únicamente con fines académicos y permaneció protegida

dentro de la base de datos, evitando cualquier identificación directa o indirecta de los elementos analizados.

Además, las imágenes y registros que formaron parte del estudio fueron manejados con estricta reserva. Solo se emplearon para los propósitos científicos establecidos y no serán divulgados sin asegurar previamente la protección de cualquier información sensible. Con estas medidas, se garantiza un proceso ético, seguro y respetuoso

10. Resultados y discusión

En esta sección los datos obtenidos se presentan de manera clara y ordenada, utilizando tablas, gráficos y medidas estadísticas que permiten visualizar los hallazgos. Los resultados se organizan conforme a los objetivos planteados al inicio del estudio. Se realizan análisis estadísticos descriptivos, como las medidas de tendencia central, desviaciones estándar y frecuencias, para proporcionar una visión general de los datos. Además, se realizan análisis correlacionales para identificar relaciones entre variables, análisis inferenciales, como pruebas de hipótesis, para determinar la significancia estadística y generalizar los resultados a una población más amplia. Estos análisis se interpretan en función de los objetivos de la investigación, subrayando sus implicaciones teóricas y prácticas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Tabla 5

Grado de microfiltración apical del sellador biocerámico Bio-C Sealer

Grado de microfiltración	Frecuencia	Porcentaje
Grado 0, no presenta	3	15%
Grado 1, poca	3	15%
Grado 2, regular	3	15%
Grado 3, amplia	11	55%
Total	20	100%

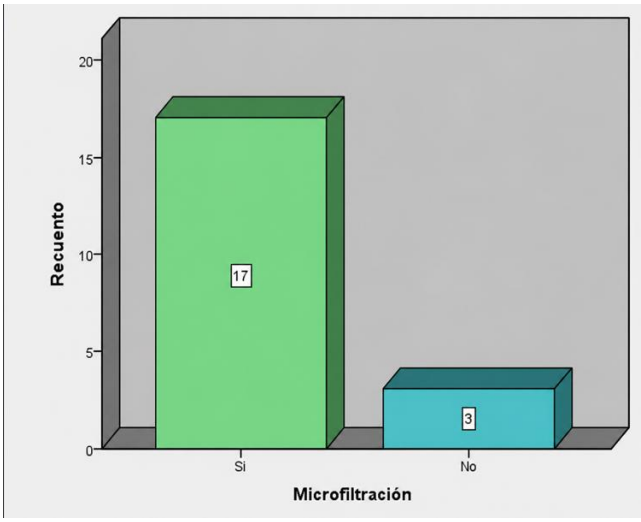
Nota: La tabla muestra las cifras obtenidas de microfiltración en dientes obturadas con técnica de cono único con cemento sellador biocerámico Bio-C Sealer.

En la tabla 5 se evidencian que el 55% de las muestras presentó microfiltración amplia (grado 3), constituyendo la categoría predominante dentro del grupo evaluado. Por otra parte, los grados 0, 1 y 2 registraron cada uno una frecuencia de 15%, lo que indica que solamente una minoría de los especímenes logró mantener niveles bajos o nulos de penetración del colorante.

Estos hallazgos sugieren que, bajo las condiciones experimentales del presente estudio, Bio-C Sealer presentó una capacidad de sellado apical variable, observándose una tendencia hacia niveles elevados de microfiltración en más de la mitad de las muestras analizadas. La elevada proporción de especímenes con microfiltración amplia indica que el material no logró impedir completamente la penetración del azul de metileno en una parte importante de los conductos obturados. Aunque los selladores biocerámicos se caracterizan por su capacidad de expansión durante el fraguado y su potencial bioactivo, los resultados obtenidos demuestran que dichas propiedades no garantizaron un sellado uniforme en todas las muestras evaluadas.

Figura 6

Distribución del grado de microfiltración apical del grupo Bio-C Sealer



Nota: La figura muestra las frecuencias de dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único con cemento sellador biocerámico Bio-C Sealer.

La figura 6 facilita identificar que el comportamiento del sellador no fue homogéneo, lo que podría estar relacionado con factores propios del material, la adaptación a las paredes dentinarias, la humedad residual del conducto o las variaciones anatómicas presentes en los dientes.

Desde el punto de vista clínico, la presencia de microfiltración apical amplia representa un aspecto relevante debido a que la infiltración de fluidos y microorganismos a través de la interfase material-dentina constituye uno de los principales factores asociados al fracaso endodóntico. Muliyar et al. (2014) señalan que la microfiltración permite el paso de bacterias, toxinas y productos metabólicos hacia los tejidos periapicales, favoreciendo la persistencia de procesos inflamatorios y comprometiendo el éxito del tratamiento. Por consiguiente, los resultados observados sugieren que Bio-C Sealer podría presentar limitaciones en determinadas condiciones clínicas cuando se utiliza exclusivamente con la técnica de cono único.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos del grado de microfiltración con Bio-C Sealer

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Mínimo	Máximo
2.65	3.00	4	1.599	0	5

Nota: La tabla fue adaptada del programa SPSS y muestra los estadísticos descriptivos de dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único con cemento sellador biocerámico Bio-C Sealer.

La tabla 6 muestra en relación con los estadísticos descriptivos, se observó una media de penetración del colorante de 2.65 mm, una mediana de 3.00 mm y una moda de 4 mm. Estos indicadores reflejan una tendencia central orientada hacia valores relativamente elevados de microfiltración. La diferencia mínima entre la media y la mediana indica una distribución relativamente equilibrada alrededor de los valores centrales, mientras que la moda de 4 mm revela que la longitud de penetración más frecuente se ubicó en niveles altos de filtración. Asimismo, la desviación estándar de 1.599 mm evidencia una dispersión moderada de los datos, indicando que existieron diferencias apreciables entre los especímenes evaluados.

El rango de valores observados osciló entre 0 mm y 5 mm, lo que demuestra que mientras algunas muestras lograron impedir completamente la penetración del colorante, otras permitieron una infiltración considerable. Esta amplitud de resultados confirma la

heterogeneidad del comportamiento del sellador dentro de la muestra experimental y pone de manifiesto la influencia que pueden ejercer factores operatorios y anatómicos sobre la capacidad de sellado apical.

Al contrastar estos resultados con la evidencia científica disponible, se observan diferencias importantes con varios estudios que destacan las propiedades favorables de Bio-C Sealer. Hamdy et al. (2024) documentaron altos niveles de alcalinidad y liberación de iones calcio, propiedades que teóricamente favorecen la formación de hidroxiapatita y mejoran la adaptación del sellador a las paredes dentinarias. Asimismo, Choudhary et al. (2024) encontraron una elevada capacidad de penetración intratubular y adaptación marginal, características que deberían contribuir a disminuir la microfiltración apical.

No obstante, los hallazgos del presente estudio muestran que dichas ventajas fisicoquímicas no se tradujeron necesariamente en una reducción efectiva de la microfiltración en todas las muestras. Una posible explicación radica en que el desempeño clínico de un sellador no depende únicamente de sus propiedades intrínsecas, sino también de factores relacionados con la técnica de obturación, el control de humedad, la preparación biomecánica y las características anatómicas del conducto radicular. Esta interpretación coincide con lo planteado por De Angelis et al. (2021), quienes concluyeron que la capacidad de sellado está determinada tanto por el material utilizado como por la técnica operatoria empleada.

Por otra parte, los resultados difieren de los reportados por Labarta et al. (2024), quienes encontraron bajos niveles de filtración al utilizar Bio-C Sealer en combinación con la técnica de cono único. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias metodológicas relacionadas con el tamaño muestral, los protocolos de irrigación, el tiempo de inmersión en el colorante y las condiciones de almacenamiento de las muestras. La literatura reconoce que pequeñas variaciones experimentales pueden influir significativamente en los resultados obtenidos en estudios de microfiltración apical.

A nivel nacional, los hallazgos guardan cierta similitud con los estudios realizados por Chávez (2024) y Centeno (2024). Ambas autoras reportaron que los selladores biocerámicos evaluados presentaron algún grado de microfiltración y concluyeron que ninguno de los materiales fue capaz de eliminar completamente la penetración del colorante en todas las muestras. Chávez (2024) observó la presencia de microfiltración en diferentes grados tanto para EndoSequence BC Sealer como para BioRoot, mientras que Centeno (2024) encontró que Bio-C Sealer y Total Fill FKG mostraron filtración en una proporción de especímenes, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Estos antecedentes respaldan la idea de que la microfiltración continúa siendo un fenómeno multifactorial y difícil de erradicar completamente, incluso cuando se utilizan selladores biocerámicos de última generación.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que Bio-C Sealer presentó una tendencia hacia niveles moderados y altos de microfiltración apical cuando fue utilizado mediante la técnica de cono único. Aunque el material posee propiedades bioactivas y fisicoquímicas ampliamente documentadas en la literatura científica, en las condiciones experimentales de este estudio no logró proporcionar un sellado apical uniforme en todos los especímenes. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de continuar investigando los factores que influyen en el desempeño clínico de los selladores biocerámicos y de evaluar su comportamiento bajo diferentes condiciones operatorias para optimizar los resultados de los tratamientos endodónticos.

Tabla 7

Grado de microfiltración apical del sellador biocerámico NeoSealer Flo

Grado de microfiltración	Frecuencia	Porcentaje
Grado 0, no presenta	9	45.0
Grado 1, poca	5	25.0
Grado 2, regular	4	20.0
Grado 3, amplia	2	10.0
Total	20	100.0

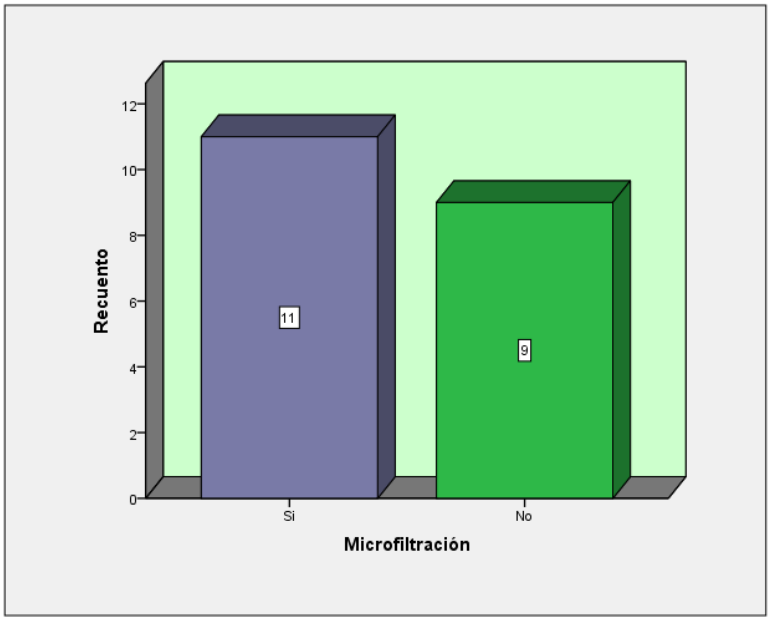
Nota: La tabla muestra las frecuencias de los dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único con cemento sellador biocerámico NeoSealer Flo.

En la tabla 7 muestra que el 45.0% de las muestras no presentó microfiltración (grado 0), seguido del 25.0% que presentó microfiltración leve (grado 1), el 20.0% mostró microfiltración regular (grado 2) y únicamente el 10.0% evidenció microfiltración amplia (grado 3).

Estos resultados reflejan un comportamiento favorable del sellador NeoSealer Flo, ya que la mayoría de los especímenes evaluados se concentró en los niveles más bajos de filtración. En términos generales, el 70.0% de las muestras presentó ausencia de microfiltración o microfiltración leve, lo que sugiere una adecuada capacidad de sellado apical bajo las condiciones experimentales del estudio. Este hallazgo adquiere relevancia clínica debido a que la reducción de la microfiltración contribuye a minimizar el riesgo de reinfección del sistema de conductos radiculares y favorece la estabilidad del tratamiento endodóntico a largo plazo.

Figura 7

Distribución de los especímenes según la microfiltración con NeoSealer Flo



Nota: La figura muestra las frecuencias de los dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único con cemento sellador biocerámico NeoSealer Flo.

La Figura 7 permite visualizar que en el grupo NeoSealer Flo se aprecia una distribución orientada hacia valores mínimos de penetración del colorante. Este comportamiento gráfico evidencia una mejor adaptación del material a las paredes dentinarias y una mayor capacidad para limitar el paso del azul de metileno a través de la interfase diente-sellador.

Desde el punto de vista biológico, estos resultados sugieren que NeoSealer Flo logró establecer una barrera más efectiva frente a la penetración del colorante, condición que puede relacionarse con sus propiedades fisicoquímicas y con su capacidad de interacción con la dentina radicular. La literatura señala que los selladores biocerámicos modernos presentan características como bioactividad, expansión controlada durante el fraguado y formación de hidroxiapatita, propiedades que favorecen la adaptación marginal y contribuyen al sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares.

Tabla 8

Estadísticos descriptivos del grado de microfiltración del grupo NeoSealer Flo

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Mínimo	Máximo
0.95	1.00	0	1.146	0	4

Nota: La tabla fue adaptada del programa SPSS y muestra los estadísticos descriptivos de dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único con cemento sellador biocerámico NeoSealer Flo.

La tabla 8 muestra longitud promedio de penetración del colorante fue de 0.95 mm, valor considerablemente inferior al observado en el grupo Bio-C Sealer. La mediana fue de 1.00 mm y la moda correspondió a 0 mm, indicando que la condición más frecuente fue la ausencia total de microfiltración. Estos indicadores evidencian que la mayor parte de las muestras presentó niveles mínimos de penetración del colorante, reforzando la percepción de un comportamiento favorable del material.

La desviación estándar fue de 1.146 mm, valor relativamente bajo que refleja una menor dispersión de los datos respecto al grupo Bio-C Sealer. Esto indica que el comportamiento de NeoSealer Flo fue más uniforme entre las diferentes muestras evaluadas.

Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos son particularmente relevantes porque la ausencia o reducción de la microfiltración constituye uno de los principales objetivos de la obturación endodóntica. Voruganti (2008) señala que el propósito fundamental del sellado radicular consiste en impedir la migración de microorganismos y fluidos hacia los tejidos periapicales. En este sentido, los resultados obtenidos sugieren que NeoSealer Flo podría contribuir de manera efectiva al cumplimiento de este objetivo cuando se utiliza con la técnica de cono único.

Al contrastar estos resultados con la evidencia científica reportada en el marco referencial, se observa una importante concordancia con diversos estudios recientes. Alves-Silva et al. (2025) demostraron que NeoSealer Flo posee adecuada biocompatibilidad y capacidad

bioactiva, favoreciendo la formación de estructuras mineralizadas y promoviendo procesos de reparación tisular. Aunque los autores reportaron una respuesta inflamatoria inicial moderada, esta disminuyó progresivamente con el tiempo, confirmando la compatibilidad biológica del material. Estas características podrían contribuir indirectamente a mejorar la estabilidad del sellado apical observado en el presente estudio.

De igual manera, los hallazgos coinciden con lo reportado por El Sayed y Alderei (2023), quienes evaluaron la resistencia de unión de varios selladores endodónticos a la dentina radicular y concluyeron que estos materiales presentan una adhesión física y química favorable cuando se emplea la técnica de cono único. Según dichos autores, la adaptación del sellador facilita su inserción en las irregularidades del conducto radicular, disminuyendo la presencia de espacios vacíos y mejorando la estabilidad de la obturación. Esta explicación resulta coherente con los bajos niveles de microfiltración observados en la presente investigación.

Asimismo, los resultados muestran una marcada semejanza con los obtenidos por Havaei et al. (2025), quienes evaluaron la capacidad de sellado apical de NeoSealer Flo mediante pruebas de filtración de fluidos. Los autores encontraron que este material presentó los valores más bajos de filtración en comparación con otros selladores convencionales y que su capacidad de sellado mejoró conforme avanzaba el tiempo de fraguado. Desde esta perspectiva, la baja penetración del colorante observada en el presente estudio podría explicarse por la capacidad del material para experimentar procesos continuos de hidratación y expansión controlada, favoreciendo una mejor adaptación a las paredes dentinarias.

Por otra parte, los hallazgos también son compatibles con las observaciones de Zamparini et al. (2022), quienes señalaron que los selladores biocerámicos premezclados poseen propiedades fisicoquímicas que favorecen la formación de hidroxiapatita y contribuyen a la obtención de un sellado hermético del sistema de conductos radiculares. La interacción química entre el material y la dentina podría explicar la capacidad de NeoSealer Flo para limitar la penetración del colorante en la mayoría de los especímenes evaluados.

Los resultados también pueden interpretarse a la luz de lo expuesto por Wang et al. (2025), quienes demostraron que la adecuada adaptación interfacial y la reducción de brechas microscópicas constituyen factores determinantes para disminuir la microfiltración apical. Según estos autores, los selladores capaces de optimizar su adaptación a la dentina presentan menores probabilidades de permitir el paso de fluidos y microorganismos. La baja frecuencia de microfiltración amplia observada en el presente estudio parece respaldar esta afirmación.

Al comparar estos hallazgos con los antecedentes nacionales, se observan algunas diferencias importantes. Chávez (2024) encontró que los selladores biocerámicos evaluados presentaron diferentes grados de microfiltración y concluyó que ninguno de ellos logró eliminar completamente la penetración del colorante en todas las muestras. De manera similar, Centeno (2024) reportó la presencia de microfiltración en los grupos estudiados, aun cuando los niveles observados no alcanzaron diferencias estadísticamente significativas. Aunque el presente estudio también identificó casos de filtración, la elevada proporción de muestras sin microfiltración en el grupo NeoSealer Flo sugiere un comportamiento más favorable que el descrito en algunos de estos antecedentes.

Las diferencias observadas entre investigaciones pueden atribuirse a múltiples factores metodológicos, incluyendo el tipo de muestra seleccionada, los protocolos de instrumentación, las soluciones irrigadoras utilizadas, el tiempo de inmersión en el colorante, las condiciones de almacenamiento y los métodos empleados para cuantificar la microfiltración. La literatura reconoce que estas variables pueden influir significativamente en los resultados obtenidos y explicar las discrepancias reportadas entre diferentes estudios experimentales.

En síntesis, los resultados obtenidos para NeoSealer Flo evidencian una adecuada capacidad de sellado apical cuando se utiliza mediante la técnica de cono único. La predominancia de muestras sin microfiltración, la baja longitud promedio de penetración del colorante y la reducida frecuencia de microfiltración amplia indican un comportamiento favorable del material bajo las condiciones experimentales evaluadas. Estos hallazgos coinciden con la evidencia científica reciente que destaca las propiedades bioactivas, adhesivas y de

adaptación dentinaria de NeoSealer Flo, respaldando su utilización como una alternativa eficaz para optimizar el sellado apical en tratamientos endodónticos. En consecuencia, los resultados sugieren que este sellador posee características que pueden contribuir positivamente al éxito clínico de la terapia endodóntica al reducir el riesgo de filtración y reinfección del sistema de

Tabla 9

Comparación de la microfiltración entre ambos cementos utilizados

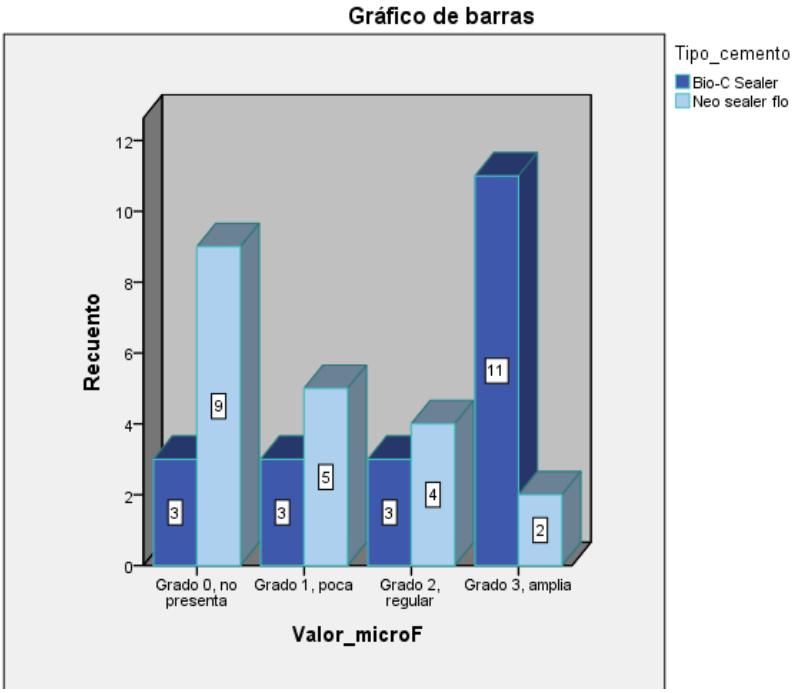
Grado de microfiltración	Tipo de Cemento		Total
	Bio-C Sealer	NeoSealer Flo	
Grado 0, no presenta	3	9	12
Grado 1, poca	3	5	8
Grado 2, regular	3	4	7
Grado 3, amplia	11	2	13
Total	20	20	40

Nota: La tabla muestra las frecuencias de los dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único comparando dos cementos selladores biocerámicos, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo.

La tabla 9 muestra diferencias importantes en el comportamiento de los materiales evaluados. En el grupo obturado con Bio-C Sealer, el mayor número de especímenes se concentró en el grado 3 de microfiltración, con 11 de las 20 muestras evaluadas (55.0%). Por el contrario, en el grupo obturado con NeoSealer Flo únicamente 2 especímenes (10.0%) presentaron este nivel de filtración.

Figura 8

Gráfico comparativo de los grados de microfiltración con ambos cementos



Nota: La figura muestra las frecuencias de los dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único comparando dos cementos selladores biocerámicos, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo.

De manera inversa, el grado 0 de microfiltración, correspondiente a la ausencia total de penetración del colorante, fue observado en 9 muestras (45.0%) del grupo NeoSealer Flo, mientras que solamente 3 muestras (15.0%) del grupo Bio-C Sealer alcanzaron esta condición. Estos hallazgos indican que NeoSealer Flo presentó una mayor capacidad para impedir el paso del colorante a través de la interfase material-dentina, reflejando un comportamiento más favorable en términos de sellado apical.

Asimismo, los grados 1 y 2 de microfiltración mostraron distribuciones relativamente similares entre ambos grupos, aunque NeoSealer Flo mantuvo una tendencia constante hacia menores niveles de filtración. En conjunto, estos resultados sugieren que la diferencia principal

entre los materiales se encuentra en la capacidad para evitar la aparición de microfiltración severa, aspecto que favoreció claramente al grupo NeoSealer Flo.

Desde una perspectiva clínica, este comportamiento resulta particularmente relevante debido a que la presencia de microfiltración amplia incrementa el riesgo de recontaminación bacteriana del sistema de conductos radiculares. Voruganti (2008) señala que uno de los objetivos fundamentales de la obturación endodóntica consiste en crear una barrera capaz de impedir el ingreso de microorganismos y fluidos periapicales. Por consiguiente, la menor frecuencia de microfiltración severa observada en NeoSealer Flo representa una ventaja potencial para el mantenimiento del sellado a largo plazo.

Tabla 10

Distribución de la microfiltración observada en ambos cementos

Microfiltración observada	Tipo de Cemento		Total
	Bio-C Sealer	NeoSealer Flo	
Si	18	11	29
No	2	9	11
Total	20	20	40

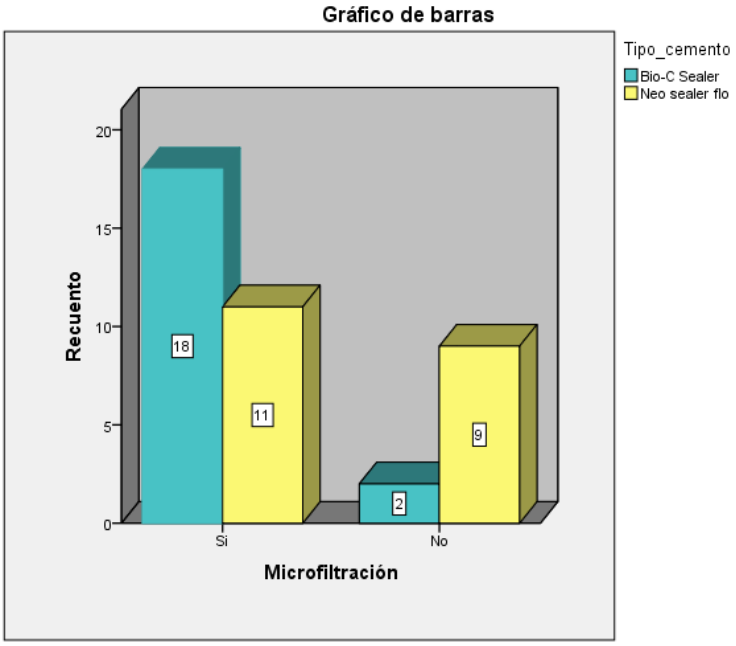
Nota: La tabla muestra las frecuencias de los dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único comparando dos cementos selladores biocerámicos, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo.

En la tabla 10 , los resultados mostraron que Bio-C Sealer presentó microfiltración en 18 de las 20 muestras evaluadas (90.0%), mientras que NeoSealer Flo presentó microfiltración en 11 especímenes (55.0%).

Por otro lado, la ausencia de microfiltración fue observada únicamente en 2 muestras (10.0%) del grupo Bio-C Sealer, en comparación con 9 muestras (45.0%) del grupo NeoSealer Flo. Esta diferencia evidencia que NeoSealer Flo logró mantener un sellado apical completo en una proporción considerablemente mayor de especímenes.

Figura 9

Microfiltración en los especímenes con los dos cementos



Nota: La figura muestra las frecuencias de los dientes con microfiltración obturadas con técnica de cono único comparando dos cementos selladores biocerámicos, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo.

La figura 9 muestra de manera gráfica, estos hallazgos complementan los resultados descriptivos presentados en los objetivos anteriores, confirmando que NeoSealer Flo mostró un desempeño superior tanto en la reducción de la frecuencia de filtración como en la disminución de su magnitud.

Tabla 11
Pruebas de Chi Cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	6.144[a]	1	.013		
Corrección por continuidad	4.514	1	.034		
Razón de verosimilitudes	6.525	1	.011		
Estadístico exacto de Fisher				.031	.015
Asociación lineal por lineal	5.991	1	.014		
N de casos válidos	40				

Nota: En la tabla los estadísticos con la letra a en superíndice denotan que 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 5.50 y los estadísticos con la letra b en superíndice fueron calculados sólo para una tabla de 2x2. Para su interpretación estadística se utilizó el valor crítico de $p<0.05$.

Comprobación de hipótesis

Con base en los resultados obtenidos mediante la prueba Chi-cuadrado de Pearson ($\chi^2 = 6.144$; $p = 0.013$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Por lo tanto, se concluye que sí existen diferencias estadísticamente significativas en el grado de microfiltración apical entre los selladores biocerámicos Bio-C Sealer y NeoSealer Flo cuando son utilizados en la obturación endodóntica mediante la técnica de cono único**.**

11. Conclusiones

El sellador biocerámico Bio-C Sealer presentó diferentes grados de microfiltración apical cuando fue utilizado mediante la técnica de cono único, predominando la microfiltración amplia en más de la mitad de los especímenes evaluados. Asimismo, la longitud promedio de penetración del colorante evidenció una capacidad de sellado variable, indicando que, bajo las condiciones experimentales del estudio, el material no logró impedir completamente la filtración en la mayoría de las muestras analizadas

El sellador biocerámico NeoSealer Flo presentó un comportamiento favorable en cuanto al sellado apical, observándose un predominio de muestras sin microfiltración y una baja longitud promedio de penetración del colorante. Estos resultados evidencian que el material posee una adecuada capacidad para limitar la filtración apical cuando es utilizado con la técnica de cono único, lo que sugiere un desempeño eficiente

La comparación entre ambos selladores demostró diferencias estadísticamente significativas en el grado de microfiltración apical, evidenciándose un mejor desempeño de NeoSealer Flo respecto a Bio-C Sealer. Los resultados de la prueba Chi-cuadrado permitieron rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, concluyendo que NeoSealer Flo presentó una capacidad de sellado apical superior, constituyéndose como el sellador biocerámico más eficaz entre los materiales evaluados en este estudio.

12. Recomendaciones

Especialistas y Clínicos con práctica clínica orientada a la Endodoncia

Se recomienda considerar el uso de selladores biocerámicos con mejores propiedades de sellado apical, como NeoSealer Flo, especialmente cuando se emplee la técnica de cono único, con el fin de reducir el riesgo de microfiltración y favorecer el éxito del tratamiento endodóntico a largo plazo.

Fortalecer los protocolos clínicos de preparación, irrigación y secado de los conductos radiculares antes de la obturación, ya que estos factores pueden influir significativamente en la adaptación del sellador y en la reducción de la microfiltración apical.

Desarrollar nuevas investigaciones in vitro utilizando muestras de mayor tamaño y diferentes metodologías de evaluación, como microtomografía computarizada o pruebas de filtración bacteriana, para complementar y validar los resultados obtenidos en el presente estudio.

Realizar estudios clínicos longitudinales que permitan evaluar el comportamiento de Bio-C Sealer y NeoSealer Flo en condiciones reales de funcionamiento, considerando variables como la respuesta periapical, la supervivencia del tratamiento y el éxito clínico a largo plazo.

Posgrados de Endodoncia de Instituciones Universitarias

Se recomienda promover investigaciones comparativas entre distintos selladores biocerámicos y técnicas de obturación, con el propósito de generar evidencia científica que contribuya a la actualización de protocolos clínicos basados en la mejor evidencia disponible.

13. Referencias

Abdelraouf, R., ayoumi, R., & Hamdy, T. (2021). Effect of Powder/Water Ratio Variation on Viscosity, Tear Strength and Detail Reproduction of Dental Alginate Impression Material (In Vitro and Clinical Study). *Polymers (Basel), 13*(17). https://doi.org/10.3390/polym13172923

Alberdi, J., & Martín, G. (2021). Selladores biocerámicos y técnicas de obturación en endodoncia. *REFO, 14*(1), 17-23. https://doi.org/10.30972/rfo.1414938

AlEraky, D., Rahoma, A., Abuohashish, H., AlQasser, A., AlHamali, A., AlHussain, H., . . . Rifaat, S. (2023). Assessment of Bacterial Sealing Ability of Two Different Bio-Ceramic Sealers in Single-Rooted Teeth Using Single Cone Obturation Technique: An In Vitro Study. *Appl. Sci., 13*(5). https://doi.org/10.3390/app13052906

Algar, J., Docampo, C., Rico, C., Boquete, A., Obispo, C., & Aragoneses, J. (2025). Randomised Clinical Trial: Effect of AH Plus and Neosealer Flo on Postoperative Pain and Healing of Periapical Lesion. *Bioengineering , 12*(4). https://doi.org/10.3390/bioengineering12040376

Alves-Silva, Et al 2020., Pradelli, J., Silva, G., Cerri, P., Tanomaru-Filho, M., & Guerreiro-Tanomaru, J. (2025). Biocompatibility and bioactivity of bioceramic endodontic sealer: NeoSealer Flo. *J Appl Oral Sci, 33*. https://doi.org/10.1590/1678-7757-2025-0284

Bhandi, S., Mashyakhy, M., Abumelha, A., Alkahtany, M., Jamal, M., Chohan, H., . . . Patil, S. (2021). Complete Obturation-Cold Lateral Condensation vs. Thermoplastic Techniques: A Systematic Review of Micro-CT Studies. *Materials (Basel), 14*(14). https://doi.org/10.3390/ma14144013

Buchanan, L. (1996). The continuous wave of obturation technique: 'centered' condensation of warm gutta percha in 12 seconds. *Dent Today, 15*(1), 60-62, 64-67.

Centeno, S. (2024). *Microfiltración apical de selladores biocerámicos con técnica cono único. Estudio In vitro (Tesis de Especialidad, UNAN-León, Nicaragua).* http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/10212/1/254829.pdf

Chávez, A. (2024). *Grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos utilizados para la obturación endodóntica con técnica de cono único. Estudio in vitro (Tesis de Especialidad, UNAN-León, Nicaragua).* http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9897/1/253789.pdf

Choudhary, D., Gupta, A., & Barthi, N. (2024). Comparative Evaluation of Penetrability of Various Bioceramic Sealers into the Tubules of Radicular Dentin. *Journal of Advanced Oral Research, 15*(1), 79-85. https://doi.org/10.1177/2320206824123

Collado, N., Micó, P., Albero, A., Castañeda, A., Aamir, M., & Faus, V. (2025). Single cone and bioceramic sealer in oval canals: Efficiency endodontic obturation. *J Clin Exp Dent, 17*(4), 399-406. https://doi.org/10.4317/jced.62633

De Angelis, F., D'Arcangelo, C., Buonvivere, M., Argentino, R., & Vadini, M. (2021). In Vitro Microleakage Evaluation of Bioceramic and Zinc-Eugenol Sealers with Two Obturation Techniques. *Coatings, 11*(6). https://doi.org/10.3390/coatings11060727

Debelian, G., & Trope, M. (2016). The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia, 30*, 70-80. https://doi.org/10.1016/j.gien.2016.09.001

Eighteeth. (2026). *Changzhou Sifary Medical Technology Co.,Ltd.* https://www.eighteeth.com/

El Sayed, M., & Alderei, S. (2023). An In Vitro Comparative Study of the Push-out Bond Strengths of Various Endodontic Sealers to Radicular Dentin. *Indian J Dent Res, 34*(4), 422-426. https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_708_22

Elzanaty, T., Elashiry, M., & Mahran, A. (2024). Retreatability of NeoSealer Flo obturated with warm vertical compaction versus single-cone technique using two different retreatment systems. *J Conserv Dent Endod, 27*(3), 286-292. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_314_23

Gianopoulos, V., Pizanis, C., Murray, C., Gonzalez, E., Aboytes, D., & Gonzales, N. (2014). Oral health assessment in the San Blas and Santa Ana populations of Nicaragua. *Int J Dent Hyg, 12*(1), 74-78. https://doi.org/10.1111/idh.12043

Google. (2 de Julio de 2026). *Gémini 1.5 Pro.* https://gemini.google.com/

Grijalva, L. (2023). *Comparación de la microfiltración apical en obturaciones endodónticas con técnica de cono único entre un sellador biocerámico y un sellador resinoso: Un estudio in vitro. (Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala).* http://www.repositorio.usac.edu.gt/20614/1/TM%2809%2968.pdf

Grover, C., & Shetty, N. (2014). Evaluation of calcium ion release and change in pH on combining calcium hydroxide with different vehicles. *Contemp Clin Dent, 5*(4), 434-439. https://doi.org/10.4103/0976-237X.142803

Alves Silva, E. C., Tanomaru-Filho, M., da Silva, G. F., Delfino, M. M., Cerri, P. S., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2020). Biocompatibility and bioactive potential of new calcium silicate-based endodontic sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. Journal of Endodontics, 46(10), 1470–1477. https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.011

Gutmann, J. (2016). Grossman's Endodontic Practice – 13th Edition. *J Conserv Dent, 19*(5). https://doi.org/10.4103/0972-0707.190011

Hamdy, T., Galal, M., Ismail, A., & Saber, S. (2024). Physicochemical properties of AH plus bioceramic sealer, Bio-C Sealer, and ADseal root canal sealer. *Head & Face Medicine, 20*(2). https://doi.org/10.1186/s13005-023-00403-z

Havaei, R., Rasekhi, M., Shekarchizadeh, N., & Tarrahi, M. (2026). Comparative Apical Sealing Performance of Bioceramic and Resin-Based Sealers: A Fluid Filtration Analysis. *Iran Endod J, 21*(1). https://doi.org/10.22037/iej.v21i1.49787

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Mc Graw Hill Education.

Herrera, M., Medina, C., & Maupomé, G. (2005). Prevalencia de caries dental en escolares de 6-12 años de edad de León, Nicaragua. *Gaceta Sanitaria, 19*(4), 302-306. https://doi.org/10.1157/13078040

Kosar, T., Celik, D., Esen, S., & Tasdemir, T. (2024). Comparison of the radiopacity of NeoSealer Flo, Sure-Seal Root, Guttaflow Bioseal, and AH Plus Jet: An in vitro study. *Turk Endod J, 9*(3), 125-131. https://doi.org/10.14744/TEJ.2024.30306

Labarta, A., Hernández, C., Conde, M., Escobar, E., Gualtieri, A., & Rodríguez, P. (2024). Evaluación de la filtración apical al utilizar dos selladores biocerámicos. *Rev Fac Odontol, Univ Buenos Aires, 39*(91).

Lea, C., Apicella, M., Mines, P., Yancich, P., & Parker, M. (2005). Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *J Endod, 31*(1), 37-39. https://doi.org/10.1097/01.don.0000129037.75547.80

Lyu, W., Bai, W., Wang, X., & Liang, Y. (2022). Physicochemical properties of a novel bioceramic silicone-based root canal sealer. *J Dent Sci, 17*(2), 831-835. https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.09.034

Medina, C., Cerrato, J., & Herrera, M. (2007). Perfil epidemiológico de la caries dental y enfermedad periodontal, en Nicaragua, año 2005. *Universitas (León), 1*(1), 39-46. https://doi.org/10.5377/universitas.v1i1.1632

Menshawy, E., Ahmed, E., & Ibrahim, L. (2024). valuation of push-out bond strength of Neoealer Flo bioceramic sealer versus AH Plus sealer with different obturation techniques (A Comparative in- vitro study) . *Labyrinth: Fayoum Journal of Science and Interdisciplinary Studies, 2*(1), 14-20. https://doi.org/10.21608/ifjsis.2024.265981.1061

Monardes, H., Antunez, M., Herrera, P., Jara, P., Steinfort, K., & Abarca, J. (2021). Bacterial leakage assessment of bioceramic sealers. *Giornale Italiano di Endodonzia, 35*, 71-76. https://doi.org/10.32067/GIE.2021.35.01.23

Muliyar, S., Shameem, K., Thankachan, R., Francis, P., Jayapalan, C., & Hafiz, K. (2014). Microleakage in endodontics. *J Int Oral Health, 6*(6), 99-104.

Nguyen, T., Pawaputanon, C., Thaweesit, P., Chotvorrarak, K., & Jainaen, A. (2026). Time-Dependent Volumetric and Porosity Changes of Bioceramic, Silicone Bioactive Glass-Based, and Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers: A Micro-CT Analysis. *Eur J Dent*. https://doi.org/10.1055/s-0046-1816538

Oliveira, M., Xavier, C., Demarco, F., Pinheiro, A., Costa, A., & Pozza, D. (2007). Comparative chemical study of MTA and Portland cements. *Braz Dent J, 18*(1), 3-7. https://doi.org/10.1590/s0103-64402007000100002

Padan, E., Bibi, E., Ito, M., & Krulwich, T. (2005). Alkaline pH homeostasis in bacteria: new insights. . *Biochim Biophys Acta, 1717*(2), 67-88. https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2005.09.010

Rajasekharan, S., Martens, L., Cauwels, R., & Anthonappa, R. (2018). Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent, 19*(1), 1-22. https://doi.org/10.1007/s40368-018-0328-x

Salas, L., & Morales, A. (2014). Comparación de la microfiltración de tres materiales biocerámicos en obturaciones retrodentarias: Estudio in vitro. *Odontología Vital, 2*(21), 35-43. https://doi.org/10.59334/ROV.v2i21.291

Shah, F., Ali, J., Ahmed, S., Gillani, I., Zafar, A., & Shar, Z. (2026). Sealing Ability of Calcium Silicate–Based Sealers Under Different Moisture Conditions . *Journal of Health Wellness and Community Research, 4*(10). https://doi.org/10.61919/ck32sr07

Sulaiman, N., Giri, S., Arora, C., Surendran, V., & Sharma, M. (2025). A review of modern obturation techniques. *Heal Talk AJournal of Clinical Dentistry, 17*(4), 11-16. https://doi.org/10.5281/zenodo.15245412

Tomson, R., Polycarpou, N., & Tomson, P. (2014). Contemporary obturation of the root canal system. *Brithish Dental Journal, 216*(6), 315-322. https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.205

Trope, M., Bunes, A., & Debelian, G. (2015). Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endodontics Topics, 32*, 86-96. https://doi.org/10.1111/etp.12074

Villalobos, M., Miranda, G., & Mendoza, V. (2022). Evaluación y análisis de la microfiltración apical de cementos selladores, Bioroot RCS, Endoseal, Fillapex y TopSeal: Estudio in Vitro. *Odontología Actual, 9*(9), 55-63. https://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/odontologia/article/view/1449

Voruganti, K. (2008). Essential endodontology - prevention and treatment of apical periodontitis. *Br Dent J, 204*(536). https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.372

Wang, Y., Tang, M., Yang, X., & Yang, J. (2025). Evaluating the penetration, interfacial adaptation, and push-out bond strength of four bioceramic-based root canal sealers. *BMC Oral Health, 25*. https://doi.org/10.1186/s12903-025-06124-w

WHO. (2022). *Nicaragua. Oral Health Country Profile.* WHO. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/country-profiles/oral-health/oral-health-nic-2022-country-profile.pdf?download=true&sfvrsn=5ebdf9ad_9&utm_source=chatgpt.com

Wu, M., Bud, M., & Wesselink, P. (2009). The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 108*(6), 946-951. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.07.046

Xuereb, M., Vella, P., Damidot, D., Sammut, C., & Camilleri, J. (2015). In Situ Assessment of the Setting of Tricalcium Silicate–based Sealers Using a Dentin Pressure Model. *J Endod, 41*(1), 111-124. https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.015

Zamparini, F., Prati, C., Taddei, P., Spinelli, A., Di Foggia, M., & Gandolfi, M. (2022). Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers. *Int. J. Mol. Sci., 23*(22). https://doi.org/10.3390/ijms232213914

Alves Silva, E. C., Tanomaru-Filho, M., da Silva, G. F., Delfino, M. M., Cerri, P. S., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2020). Biocompatibility and bioactive potential of new calcium silicate-based endodontic sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. Journal of Endodontics, 46(10), 1470–1477. https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.011

14. Apéndices

14.1 Apéndice A. Ficha Técnica de Recolección de Datos

1. Datos Generales del Participante / Muestra

Número de diente: _____

Fecha: ____ / ____ / _____

Investigador Responsable: _____

2. Variables del Estudio

Variable 1: Tipo de material utilizado

☐ Cemento biocerámico BIO-C SEALER

☐ Cemento biocerámico NEOSEALER

Observaciones / Detalles adicionales:

_____

_____

Variable 2: técnica de obturación aplicada

☐ Técnica de cono único ☐ Número de cono____

Observaciones / Detalles adicionales:

_____

_____

Variable 3: Registro de medición.

Longitud de penetración del colorante____ mm

Variable 4: Resultados cuantitativos (microfiltración)

Microfiltración apical en grados	Intervalos	Marcar con una X
Grado 0, no presenta	0 no hay	
Grado 1, poca	0mm a 1mm	
Grado 2, Regular	1mm a 2mm	
Grado 3, amplia	2mm a mas	

14.2 Apéndice B. Protocolo de trabajo experimental

Figura 10

Selección de los 40 dientes incisivos centrales superiores



Nota: Los dientes seleccionados fueron revisados macroscópicamente en todo el trayecto de la raíz previo a su utilización en el estudio experimental.

Figura 11

Grupo de especímenes A y B

A   B

Nota: Figura 11A. Grupo de dientes a ser obturados con cemento sellador biocerámico Bio-C Sealer y Figura 11B. Grupo de dientes a ser obturados con cemento sellador biocerámico NeoSealer Flo.

Figura 12

Limpieza de los especímenes con Ultrasónico

A   B

Nota: En ambas figuras se evidencia la limpieza de las raíces de los dientes a estudio.

Figura 13

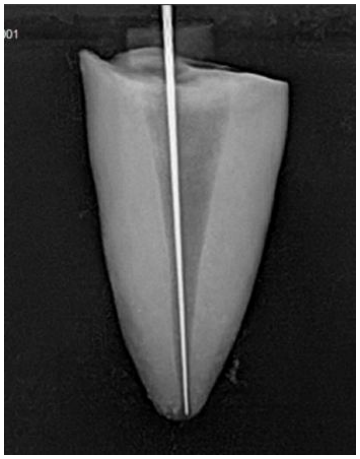
Corte de la corona de cada diente

A   B

Nota: En la figura 13A se observa que la fresa se colocaba en la unión amelocementaria para realizar el corte y en la figura 13B se observan los dientes con los cortes ya realizados.

Figura 14

Toma de longitud de trabajo de los dientes

A   B

Nota: En la figura 14A se observa la toma de longitud de trabajo con la lima 15 de 21 mm y en la figura 14B se observa la evaluación radiográfica. En todos los dientes las limas utilizadas fueron de la marca Ramo Medical.

Figura 15

Instrumentación rotatoria de los dientes



Nota: La instrumentación de los dientes fue realizada de manera rotatoria con motor E-Xtreme de Eighteeth y limas Rainbow ultra de ramo medical de la 15/04 a la lima 40/04.

Figura 16

Conometría



Nota: Se muestra la prueba del cono único. Todos los conos se ajustaron a cono 40 taper 04.

Figura 17

Cementación de los dientes en cada grupo de estudio

A   B

Nota: El grupo A fue obturado con cemento Bio-C Sealer y el grupo B fue obturado con NeoSealer Flo.

Figura 18

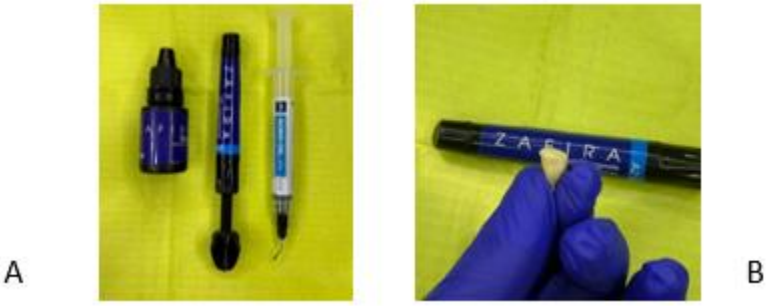
Corte de conos



Nota: En la figura 18A se observa cómo se sujetó el diente y como se cortó el cono y en la figura 18B se muestra el instrumento utilizado un pen de Eighteeth.

Figura 19

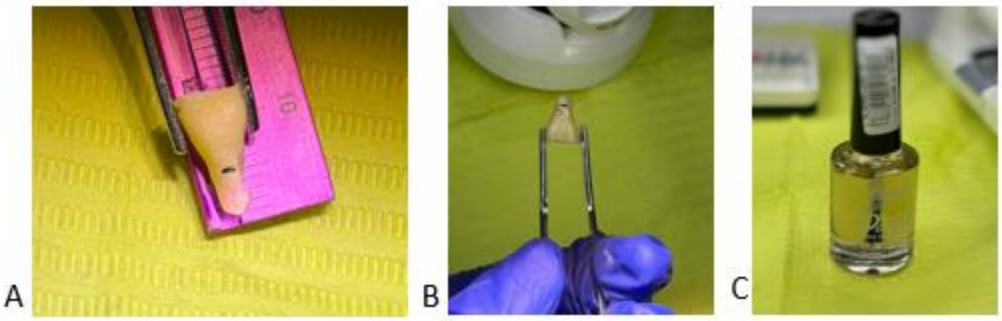
Sellado de la entrada del conducto



Nota: En la figura 18A se muestra el adhesivo, resina y ácido grabador de la marca Zafira utilizado para el sellado de la entrada del conducto de cada diente y en la figura 18B se observa un diente sellado con dicha resina.

Figura 20

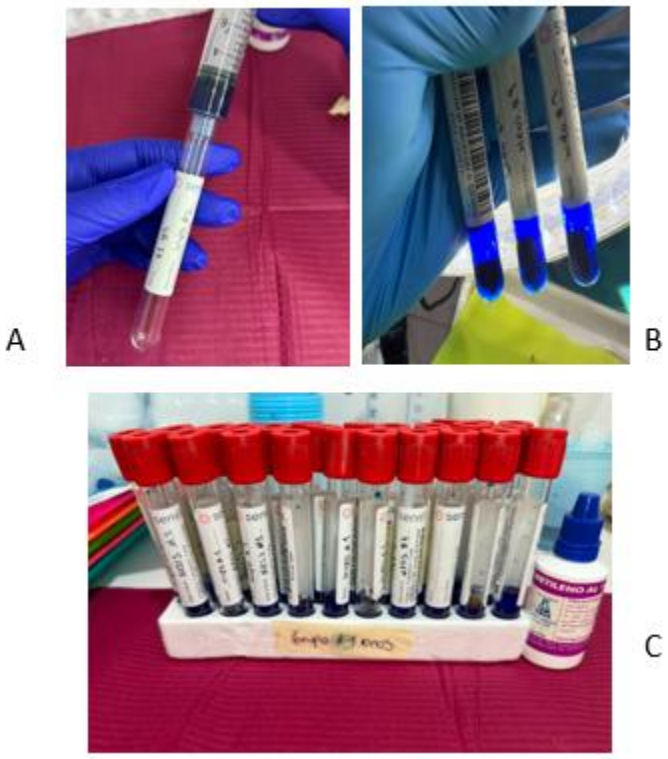
Colocación de esmalte de uñas



Nota: En la figura 20A se observa la medición de 5 mm desde apical, en la figura 20B se sujetaba el diente para colocar dos capas de esmalte de uñas y en la figura 20C se observa el esmalte utilizado de la marca Darosa.

Figura 21

Colocación de los dientes en tubos de ensayo



Nota: En la figura 21A se observa dispensación de 2ml de azul de metileno en tubo de ensayo, en la figura 21B se muestra la introducción de cada diente en los tubos de ensayos previamente rotulados y en la figura 21C se aprecian la colocación de los especímenes en sus respectivos tubos de ensayos según cada grupo de estudio.

Figura 22

Dientes lavados y secados



Nota: Luego de extraer los dientes de los tubos de ensayo de procedió a lavarlos y a secarlos.

Figura 23

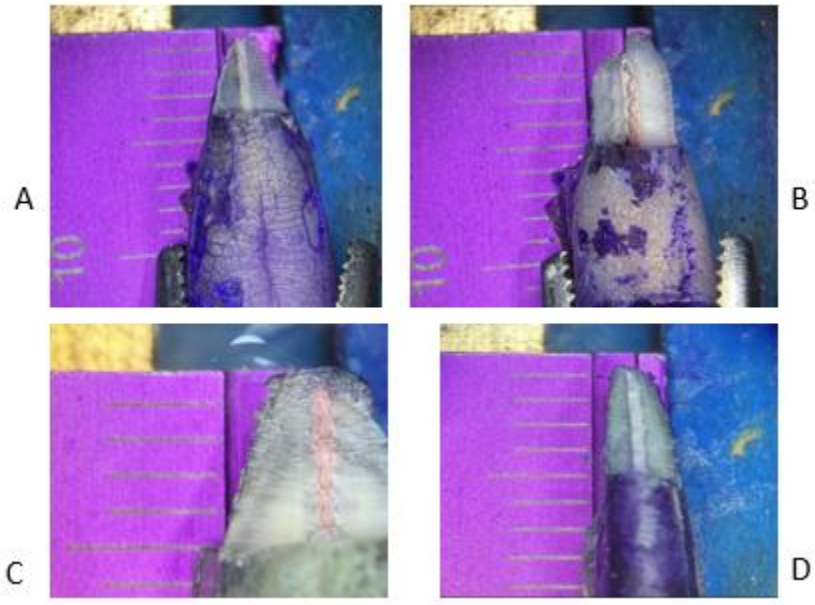
Corte longitudinal de los dientes



Nota: En la figura 23A se observa el corte con disco diamantado 335 flex y en la figura 23B se aprecia los 5 mm de corte longitudinal desde el ápice.

Figura 24

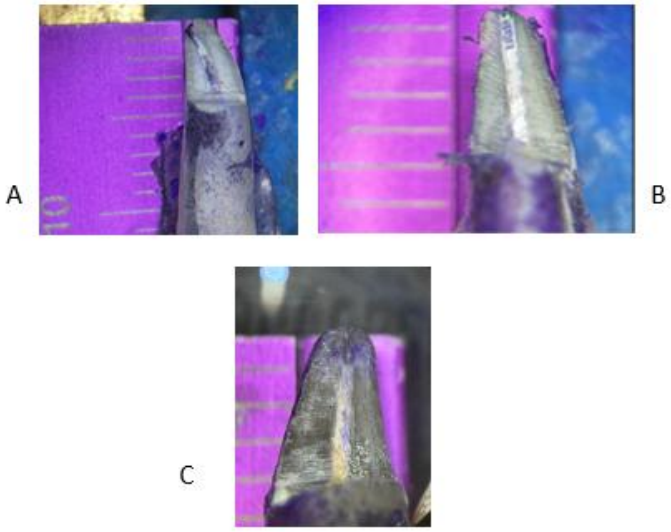
Dientes obturados con NeoSealer Flo sin microfiltración



Nota: En todas las figuras se observa ausencia de microfiltración en este grupo de dientes obturados con el cemento biocerámico NeoSealer Flo.

Figura 25

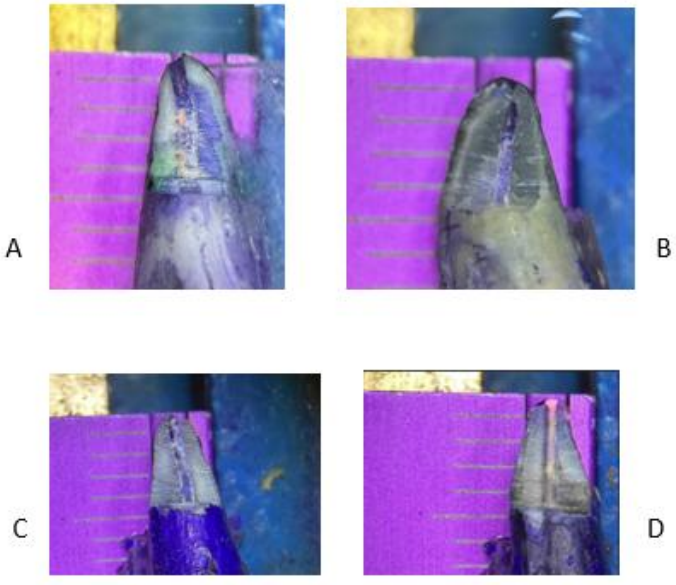
Dientes obturados con NeoSealer Flo con microfiltración



Nota: En estas figuras se observan dientes obturados con cemento biocerámico NeoSealer Flo que presentaron microfiltración.

Figura 26

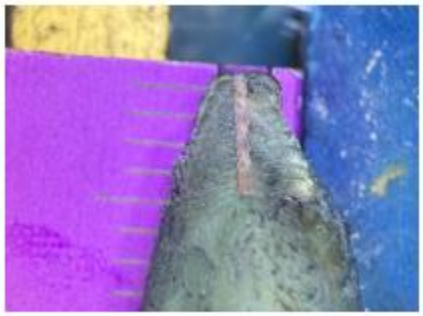
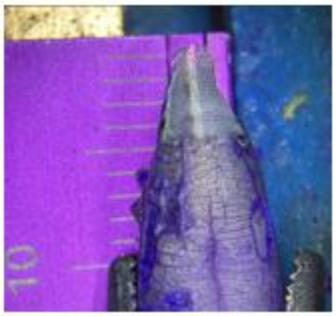
Dientes obturados con Bio-C Sealer con microfiltración



Nota: En estas figuras se observan dientes obturados con cemento biocerámico Bio-C Sealer que presentaron microfiltración.

Figura 27

Dientes obturados con Bio-C Sealer sin microfiltración

A   B

Nota: En estas figuras se observan dientes obturados con cemento biocerámico Bio-C Sealer que no presentaron microfiltración.

15. Anexos

15.1 anexo A. Declaración de autoría y cesión de derechos de publicación

Yo, Janssi Masiel Argeñal Ruiz, con cédula de identidad 441-081201-1001X, egresada del programa académico de Posgrado, Especialidad en Endodoncia y Microcirugía declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de nuestro trabajo personal, y toda la información que se presenta está libre de derechos de autor, por lo que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, nos hacemos responsables de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo (UNICA).

Así mismo, autorizo a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada del trabajo de investigación, bajo el título "Grado de microfiltración apical de selladores biocerámicos Bio-c Sealer y NeoSealer Flo utilizados para la obturación endodóntica con técnica cono único" en el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto lo hacemos desde nuestra libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los 6 días del mes Julio de 2026.

Atentamente,



Janssi Masiel Argeñal Ruiz

Jargenal4@unica.edu.ni