



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

MAESTRÍA EN ENDODONCIA

***“Eficacia de dos protocolos de limpieza en la
eliminación de cementos biocerámicos y AH
Plus: análisis por micro-CT”***

AUTOR:

Ángel Rodrigo Vargas López

Tesis presentada para obtener el grado de:
MAESTRO EN ENDODONCIA

Septiembre 2024, Maestría en Endodoncia UASLP, México.

DIRECTOR.....María Verónica Méndez González MSc.
CODIRECTOR.....Dante Arteaga Martínez Ing.
ASESOR.....José Arturo Garrocho Rangel PhD.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

MAESTRÍA EN ENDODONCIA

“Eficacia de dos protocolos de limpieza en la eliminación de cementos biocerámicos y AH Plus: análisis por micro-CT”

AUTOR:

Ángel Rodrigo Vargas López

Tesis presentada para obtener el grado de:
MAESTRO EN ENDODONCIA

Septiembre 2024, Maestría en Endodoncia UASLP, México.

DIRECTOR.....María Verónica Méndez González MSc.

CODIRECTOR.....Dante Arteaga Martínez Ing.

ASESOR.....José Arturo Garrocho Rangel PhD.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
MAESTRÍA EN ENDODONCIA

***“Eficacia de dos protocolos de limpieza en la eliminación
de cementos biocerámicos y AH Plus: análisis por micro-
CT”***

AUTOR: Ángel Rodrigo Vargas López

Tesis presentada para obtener el grado de:
MAESTRO EN ENDODONCIA

Septiembre 2024, Maestría en Endodoncia UASLP, México.

DIRECTOR.....María Verónica Méndez González MSc.
Profesor-Investigador
Maestría en Endodoncia, UASLP.
San Luis Potosí, San Luis Potosí, México

CODIRECTOR.....Dante Arteaga Martínez Ing.
Técnico Académico-Profesor
Instituto de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla.
Juriquilla, Querétaro, México

ASESOR.....José Arturo Garrocho Rangel PhD.
Profesor-Investigador
Especialidad en Estomatología Pediátrica
San Luis Potosí, San Luis Potosí, México



FACULTAD DE
ESTOMATOLOGÍA
UASLP



Ala Vanguardia por la excelencia...

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

MAESTRÍA EN ENDODONCIA

“Eficacia de dos protocolos de limpieza en la eliminación de cementos biocerámicos y AH Plus: análisis por micro-CT”

Trabajo de Grado Aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, Maestría en Endodoncia, por los siguientes asesores:

MSc. María Verónica Méndez González

Ing. Dante Arteaga Martínez

PhD. José Arturo Garrocho Rangel

Septiembre 2024, Maestría en Endodoncia, UASLP, SLP, México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
MAESTRÍA EN ENDODONCIA

“Eficacia de dos protocolos de limpieza en la eliminación de cementos biocerámicos y AH Plus: análisis por micro-CT”

Trabajo de Grado Aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, Maestría en Endodoncia, por el siguiente jurado:

MSc. Erika del Carmen Romero Rodríguez

PhD. Francisco Javier Gutiérrez Cantú

PhD Ricardo Oliva Rodríguez

Septiembre 2024, Maestría en Endodoncia, UASLP, SLP, México



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
MAESTRÍA EN ENDODONCIA**

***“Eficacia de dos protocolos de limpieza en la
eliminación de cementos biocerámicos y AH Plus:
análisis por micro-CT”***

Presenta:

L.O. Ángel Rodrigo Vargas López

Dr. Alan Martínez Zumarán
Director de la facultad de Estomatología

Dra. María Verónica Méndez González
Coordinadora de la Maestría en Endodoncia

Dra. Yolanda Hernández Molinar
Jefe de la División de Posgrados de la Facultad de
Estomatología

Dedicatoria

Este manuscrito, así como todos los gestos del universo es un acto de magia. Dedico este documento a todas las personas que no han encontrado su sitio, a todas las personas que tienen miedo de mostrarse tal cual son, a todos los niños que son diferentes. Confío plenamente que esas diferencias son nuestra fortaleza.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su inquebrantable apoyo y amor durante este viaje académico. Su aliento constante y comprensión han sido fundamentales para alcanzar este logro. A mis padres Miguel Vargas e Imelda López, por su sacrificio y enseñanzas que han sido mi guía; a mi hermana Monse y mi hermano Gustavo, por ser mi inspiración y sostén incondicional.

A mi amado esposo Alejandro, quien ha sido mi roca y mi mayor motivación. Tu apoyo incondicional, paciencia y comprensión han sido fundamentales en cada paso de este camino. Gracias por ser mi compañero de vida y por celebrar cada uno de mis logros como si fueran propios.

A mis amigos cercanos, quienes han sido mi red de apoyo y alegría durante este tiempo. Sus palabras de ánimo, momentos de distracción y comprensión han sido un bálsamo en los momentos difíciles. Gracias por estar siempre ahí y compartir este viaje conmigo.

Al laboratorio Universitario de Microtomografía de Rayos X en especial al Ingeniero Dante, por permitirnos utilizar sus instalaciones para el escaneo de las muestras evaluadas en este trabajo de investigación, sin su apoyo este proyecto no hubiera sido posible.



“Eficacia de dos protocolos de limpieza en la eliminación de cementos biocerámicos y AH Plus: análisis por micro-CT” by Ángel Rodrigo Vargas López is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Tratamiento Endodóntico	7
2.2 Materiales de obturación	8
2.3 Retratamiento Endodóntico	9
2.4 Métodos de desobturación	11
2.5 Incorporación de Cementos biocerámicos	13
2.6 CeraSeal® (Meta Biomed Co., Cheongju, Corea)	14
2.7 EndoSequence BC Sealer® (BCS; Brasseler USA)	16
2.8 Micro-CT	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	20
5. JUSTIFICACIÓN	20
6. OBJETIVOS	22
a) General	22
b) Específicos	22
7. HIPÓTESIS	23
8. MATERIALES Y MÉTODOS	24
8.1 Grupos de estudio:	24
8.2 Consideraciones éticas	25
8.3 Variables:	26
8.4 Fase experimental	28
a) Recolección y preparación de las muestras de las muestras	28
b) Obturación radicular	30

c)	Desobturación radicular	32
d)	Coadyuvantes de desobturación	32
e)	Análisis de las muestras mediante micro-CT	35
8.5	Análisis estadístico	36
9.	RESULTADOS	37
9.1	Cemento EndoSequence	37
9.2	Cemento CeraSeal	38
9.3	Cemento Experimental Kerr	39
9.4	Cemento AH Plus	40
9.5	SClean	41
9.6	R1 ClearSonic	45
9.7	Permeabilidad apical	49
10.	DISCUSIÓN	51
11.	CONCLUSIÓN	55
12.	PERSPECTIVAS	55
13.	BIBLIOGRAFÍA	56
14.	ANEXOS	62

“Eficacia de dos protocolos de limpieza complementarios en la eliminación de cementos biocerámicos: análisis por micro-CT”

Autor: L.O. Ángel Rodrigo Vargas López

Maestría en Endodoncia

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Agosto 2024, San Luis Potosí, México

Resumen: El objetivo principal de la desobturación durante el retratamiento endodóntico no quirúrgico (RnQ) es promover la eliminación completa de materiales de obturación, escombros y microorganismos a través de la irrigación, remodelación y limpieza del sistema de conductos radiculares. La eliminación incompleta de los materiales de obturación puede ser un factor de importancia que compromete la desinfección, así como la pérdida de la permeabilidad de los túbulos dentinarios y el foramen apical. Se ha demostrado que la presencia de material de obturación puede alojar microorganismos resistentes al primer tratamiento y comprometer el éxito del RnQ.

La introducción de cementos biocerámicos como cementos intraconducto para el tratamiento de endodoncia se ha propuesto como una opción favorable, pero en casos de fracaso endodóntico, su eliminación aún es incierta.

Por lo que se han planteado distintos protocolos complementarios para su eliminación, Todas estas nuevas herramientas han brindado una amplia gama de posibilidades para aumentar la eliminación de estos.

Objetivo: Evaluar la eficacia de dos protocolos de limpieza en la eliminación de cementos biocerámicos analizados por micro-CT

Metodología: 104 dientes unirradiculares se decoronaron y se dividieron en 4 grupos de acuerdo con el sellador utilizado durante su obturación (EndoSequence BC Sealer®, CeraSeal®, Cemento experimental Kerr® y AH Plus®), después de 15 días de su obturación cada grupo se dividió en 2 grupos (n=13) de acuerdo con el método de limpieza complementario a utilizar (SClean® o R1 ClearSonic®). La desobturación se inició utilizando una lima rotatoria para eliminar el núcleo principal y posteriormente se aplicó el método de limpieza complementario según el grupo siguiendo las especificaciones del fabricante. Se realizó un escaneo con micro-CT para evaluar el volumen de material de relleno restante. Los datos fueron analizados por el análisis bidireccional de las pruebas de varianza de Kruskal-Wallis, corrección de Pairwise y para la variable cualitativa análisis con la prueba de chi cuadrado.

Resultados: No se observó ninguna diferencia significativa en el volumen de material restante entre los métodos de limpieza complementarios ($P > 0,05$). El 75% del material restante se encontró en la zona apical de todos los grupos. El método complementario de limpieza SClean obtuvo menor volumen (cm³) de cemento residual en las muestras obturadas con EndoSequence (18.56 ± 9.8) en comparación con AH Plus (50.74 ± 25.91). El cemento con mayor volumen de material residual fue AH plus seguido de Ceraseal, Kerr y EndoSequence. La permeabilidad apical se recuperó en el 86.5% de las muestras.

Conclusión: No hubo diferencia entre los métodos de limpieza complementarios SClean y R1 ClearSonic durante el retratamiento endodóntico al evaluar tres cementos biocerámicos y un cemento a base de resina epoxi. Los cementos biocerámicos mostraron menos cemento residual al utilizar el método complementario de limpieza SClean.

Palabras clave: retratamiento endodóntico, biocerámicos, ultrasonido, limas endodónticas.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del retratamiento endodóntico no quirúrgico (RnQ) es promover la eliminación completa de materiales de obturación, escombros y microorganismos a través de la irrigación, remodelación y limpieza del sistema de conductos radiculares. La eliminación incompleta de los materiales de obturación puede ser un factor de importancia que compromete la desinfección, así como la pérdida de la permeabilidad de los túbulos dentinarios y el foramen apical. Se ha demostrado que la presencia de material de obturación puede alojar microorganismos resistentes al primer tratamiento y comprometer el éxito del RnQ.

La introducción de cementos biocerámicos o cementos hidráulicos a base de silicato de calcio (HSC) ha traído grandes beneficios en el tratamiento endodóntico, tales como íntima adhesión a las paredes del conducto radicular, biocompatibilidad con los tejidos periradicales e inducir la formación de tejido mineralizado. La utilización de HSC como cementos intraconducto para el tratamiento de endodoncia se ha propuesto como una opción favorable, pero en casos de fracaso endodóntico, su eliminación aún es incierta.

Por lo que se han planteado distintos protocolos complementarios para su eliminación, estos protocolos incluyen el uso de irrigación sónica pasiva (PIU) la cual se basa en la transmisión de energía acústica desde un instrumento oscilante, la turbulencia y los fenómenos de cavitación generados pueden ayudar al arrastre mecánico de materiales de obturación. Por otro lado, se han desarrollado nuevos aditamentos ultrasónicos los cuales poseen una punta activa específicas para la eliminación de residuos en las paredes del conducto radicular. Aunado a esto, la introducción de limas rotatorias específicas para los RnQ son instrumentos de finalización los cuales buscan tocar la mayor parte de la superficie de las paredes radiculares con el fin de arrastrar el cemento adherido. Todas estas nuevas herramientas han brindado una amplia gama de posibilidades para aumentar la eliminación de estos cementos biocerámicos. Por lo que, el objetivo de este estudio

es evaluar la eficacia de dos protocolos de limpieza complementarios en la eliminación de cementos biocerámicos analizados mediante micro-CT.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Tratamiento Endodóntico

La infección del conducto radicular ocurre cuando la pulpa dental se vuelve necrótica o está ausente. Esto puede suceder debido a caries profundas que permiten la invasión de bacterias, trauma dental que comprometa el tejido pulpar, enfermedades periodontales que propagan infecciones hacia el interior del diente, o daños causados por procedimientos dentales (iatrogenia). La pulpa dental es un tejido vital que, al dañarse y no recibir el tratamiento adecuado, puede llegar a una inflamación irreversible o necrosis de este, lo que hace necesario un tratamiento endodóntico. (1)

Una vez que la infección se establece, progresa gradualmente en dirección apical, permitiendo que las bacterias y/o sus factores de virulencia alcancen los tejidos periradiculares a través de los forámenes apicales, provocando inflamación y resorción ósea en los tejidos periapicales. La periodontitis apical, es una inflamación de los tejidos periapicales, que es causada por microorganismos del sistema de conductos radiculares y sus subproductos metabólicos. El sistema inmunológico en un intento por controlar y contener la infección regula la migración de células inflamatorias en el sitio, que con el tiempo progresa a una resorción del hueso alveolar y sustitución de este por tejido de granulación. (1)

Así bien, el tratamiento endodóntico es realizado con el objetivo de limpiar, conformar y obturar el sistema de conductos radiculares, para eliminar los microorganismos, tejido necrótico o inflamado presentes en este y prevenir o tratar la periodontitis apical. (2) El tratamiento endodóntico es un procedimiento con tasas de éxito reportadas de entre el 86 % y el 98 %. (2) El éxito o fracaso de este tratamiento se determina mediante la evaluación de signos y síntomas clínicos, así como de los hallazgos radiológicos del diente tratado. Los indicadores clínicos de éxito incluyen la ausencia de dolor, la resolución de la inflamación y las fístulas, si estaban presentes antes del tratamiento, así como la permanencia del diente en su alvéolo de manera funcional y firme. Radiográficamente, el éxito se define por la

curación completa de la lesión ósea periapical existente y la restauración normal de la lámina dura en un período de 6 a 24 meses. (2)

2.2 Materiales de obturación

Los materiales endodónticos son, compuestos resultantes de la unión de varias moléculas, que poseen características físicas, químicas y biológicas específicas aprovechadas en el área clínica. Específicamente, los materiales de obturación utilizados con mayor frecuencia durante el tratamiento endodóntico son un núcleo principal de gutapercha y junto con un cemento intraconducto.

La falta de adhesión verdadera de la gutapercha a las paredes del conducto radicular es el principal motivo por el cual debe acompañarse de un cemento endodóntico que permita la íntima adhesión al sustrato dental. Los cementos endodónticos son pastas viscosas que funcionan como lubricante y agente adhesivo del material inerte de obturación. Estos materiales deben reunir ciertas propiedades para su utilización como:

- Ser insolubles en el interior del sistema de conductos radiculares
- Buen tiempo de trabajo
- Fácil manipulación
- Radiopacidad
- Estabilidad tridimensional
- Biocompatibilidad
- Impermeable
- No irritante a los tejidos periapicales

El cemento endodóntico ideal debería cumplir con todos estos requerimientos, pero de acuerdo con los resultados observados en la literatura, no existe actualmente algún cemento que cumpla con todas las características ideales.

Se han desarrollado distintos cementos endodónticos a base de diversos materiales como: óxido de zinc-eugenol, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio, silicona, resina epoxi, entre otros.

Más recientemente y con la intención de mejorar estos materiales se desarrollaron cementos con rellenos o polvos cerámicos que incluyen, agregado de trióxido mineral (MTA), silicato de calcio.

2.3 Retratamiento Endodóntico

El retratamiento endodóntico no quirúrgico (RnQ) es una opción terapéutica para los dientes con tratamiento de conductos previo, en el cual persisten los signos y síntomas clínicos y/o radiográficos como presencia de dolor, inflamación intra o extraoral, presencia de fistula a nivel apical, aumento de la lesión periapical preexistente o aparición de una nueva lesión periapical radiográfica. (2) (II.1)



Ilustración 1. Representación radiográfica de aparición de una lesión periapical después del tratamiento endodóntico.

El objetivo principal del retratamiento endodóntico no quirúrgico (RnQ) es promover la eliminación completa de materiales de obturación, escombros y microorganismos a través de la irrigación, remodelación y limpieza del sistema de conductos radiculares. Lo que representa un reto clínico importante. (3, 5)

Los factores más comunes asociados con el fracaso del tratamiento endodóntico, principalmente debido a la persistencia de bacterias intra y extra radiculares, incluyen una preparación quimio-mecánica deficiente y una obturación inadecuada

del sistema de conductos. Esto puede ocurrir debido a instrumentación quimio-mecánica inadecuada de los conductos, obturación con sellado apical insuficiente, filtración en la restauración de la corona clínica, conductos no tratados, así como iatrogenias como transporte apical, cavidades de acceso pequeñas, perforaciones, vías falsas, fracturas de instrumentos, entre otros. (2, 3) Si el relleno radicular no impide la infiltración de saliva, los microorganismos pueden recolonizar el sistema de conductos. Por lo tanto, una exposición coronal del relleno radicular por más de 30 días requiere repetir el tratamiento endodóntico. Además, debido a la solubilidad y baja resistencia de los cementos temporales, la restauración provisional debe ser reemplazada por la definitiva lo antes posible. (3)

Tibúrcio-Machado y col. (2) en una revisión sistemática publicada en el 2021, reportaron que la prevalencia de periodontitis apical en los dientes tratados endodónticamente es del 39%. La falla del tratamiento endodóntico debe entenderse como un suceso en el cual los factores causales de la persistencia o aparición de periodontitis apical incluyen la irrigación insuficiente, instrumentación inadecuada y obturación incompleta del sistema de conductos radiculares; esto puede deberse a desafíos anatómicos que impiden la accesibilidad o micro fugas coronales e incluso si se llevara a cabo todo el protocolo de desinfección, existe la posibilidad de persistencia de microorganismos en biofilm dentro de istmos entre conductos, conductos accesorios y ramificaciones en las cuales no es posible una desbridación mecánica.

El tratamiento de fracaso endodóntico puede abordarse a través de un enfoque no quirúrgico o quirúrgico. En la toma de decisiones clínicas para la elección del enfoque quirúrgico o no quirúrgico se debe considerar el tamaño de la destrucción ósea, calidad de la obturación, accesibilidad del conducto radicular, costo, consideraciones medicas sistémicas y preferencia del paciente. (3)

El retratamiento endodóntico no quirúrgico (RnQ) en la mayoría de los casos de fracaso endodóntico, es el enfoque de preferencia, ya que se ha observado una tasa

de éxito hasta del 83% en seguimientos a 4 y 6 años. Así mismo el RnQ ofrece la posibilidad de retomar anatomías complejas, desinfectar anastomosis y conductos accesorios, corregir la longitud de trabajo y mejorar la calidad de la obturación. (4)

2.4 Métodos de desobturación

La eliminación completa de materiales de obturación es un factor clave en el RnQ, ya que esto promoverá la limpieza correcta del sistema de conductos radiculares, la exploración de anatomía compleja y la recuperación de la permeabilidad apical. Se han propuesto distintas técnicas para la eliminación de materiales de obturación en los RnQ tales como, la instrumentación manual, instrumentación mecanizada rotatoria o reciprocante, solventes, irrigación sónica y sónicos. (6)

La irrigación ultrasónica pasiva (PIU) es descrita por primera vez en 1980 por Waller y col. (7) haciendo referencia al término "pasivo" con la acción no cortante de la lima activada ultrasónicamente dentro del conducto principal. PUI es una técnica de activación del irrigante no cortante en la cual su aplicación potencializa las propiedades del irrigante y promueve la distribución en las zonas de difícil acceso.

PIU se basa en la transmisión de energía acústica desde una lima oscilante o alambre liso a un irrigante en el conducto radicular. La generación de transmisión acústica en el irrigante, la turbulencia y los fenómenos de cavitación pueden ayudar al arrastre mecánico de materiales de obturación en el RnQ.

La corriente acústica se define como el rápido movimiento del fluido en forma circular o de vórtice alrededor de la lima vibratoria. La cavitación es la creación de burbujas de vapor o la expansión, contracción y/o distorsión de las burbujas creadas mediante un instrumento sónico dentro del conducto radicular. (8)

Se ha demostrado que la utilización de PUI como coadyuvante en comparación con otros métodos de irrigación para la eliminación de material de obturación elimina 18% de volumen en comparación a 10% con otros métodos. (9)

El protocolo de activación del irrigante con PUI se ha descrito numerosas veces y se ha demostrado que tres ciclos de 30 segundos de 2 a 3 mm de la longitud de trabajo, a una baja potencia con 3ml de hipoclorito de sodio al 2.5% entre cada ciclo obtiene buenos resultados para la limpieza del conducto frente a la irrigación manual. (10)



Ilustración 2. Presentación de la punta R1 ClearSonic®

Por otra parte, recientemente se han introducido nuevos aditamentos complementarios para la eliminación del material de obturación como la punta R1 ClearSonic™ (Il. 2) la cual se utiliza para la limpieza selectiva de las áreas que no han sido tocadas por las limas endodónticas durante la eliminación de material de obturación en el retratamiento, esta posee una punta ultrasónica activa en forma de arpón que se coloca en contacto directo con las paredes del conducto mejorando la eliminación de gutapercha y cemento sellador durante la fase de desobturación.

Rivera-Peña y col. (11) en 2019 demostraron que la utilización de la punta R1 ClearSonic™ obtuvo mayores áreas de contacto de las paredes del conducto durante la limpieza y conformación de conductos ovalados, mejorando las áreas de contacto y limpieza después de la instrumentación con limas rotatorias.

Las limas endodónticas de terminado también llamadas Finishing files son limas que ofrecen una limpieza de las paredes radicales después de la desobturación del núcleo principal, estos instrumentos son modificados en su forma longitudinal para que logren tocar áreas de difícil acceso a otros instrumentos, entre ellas podemos encontrar las limas XP-Endo Finisher XP-Endo Finisher®, XP-Clean®, SClean®, Finishing files®, entre otras.

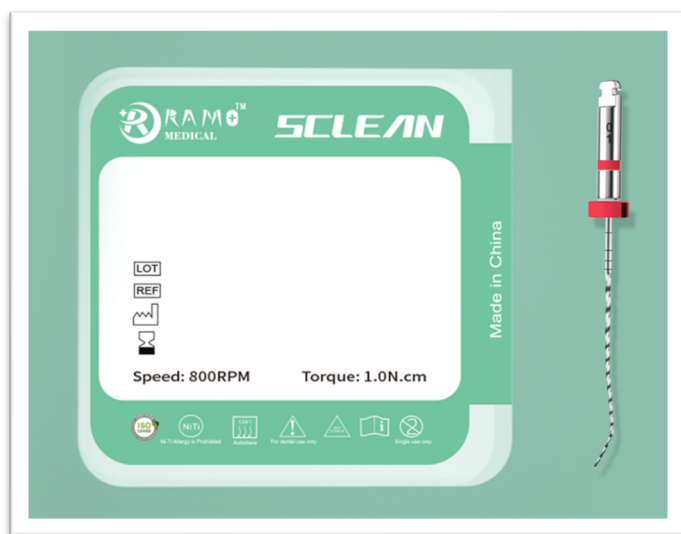


Ilustración 3. Presentación de la lima SClean®

Las cuales buscan eliminar de manera mecánica los restos de material de las zonas de difícil acceso arrastrando los restos de material hacia la zona cervical.

Uzunoglu-Özyürek E y col. (12) en 2021 realizaron una revisión sistemática acerca de la contribución de las limas de terminado para eliminar el material de obturación durante el RnQ, en donde la evidencia fuerte mostró que el archivo XP-Endo Finisher R contribuyó significativamente a la eliminación de material de relleno de los conductos radicales 95%.

2.5 Incorporación de Cementos biocerámicos

La incorporación de nuevos cementos hidráulicos a base de silicato de calcio (HSC), también llamados biosilicatos o biocerámicos, ha traído grandes beneficios ya que presentan características como, alta compatibilidad con los tejidos humanos, insolubles en fluidos tisulares, estabilidad tridimensional, actividad antibacteriana, etc. Su contenido varía entre cada marca comercial, pero entre otras sustancias

incluye como un constante silicato de calcio. Aunque sus características en comparación a otros cementos a base de distintos materiales que se encuentran disponibles actualmente son prometedoras, uno de los cuestionamientos actuales es la capacidad de su eliminación dentro del conducto radicular de ser necesario. (13)

Así bien, una de las características especiales de estos materiales es la bioactividad, es decir, la capacidad de mantenerse inertes y duraderos en los tejidos y que al contacto con distintos fluidos tisulares pueden liberar hidróxido de calcio ($\text{Ca} [\text{OH}]_2$), que puede interactuar e inducir a los tejidos circundantes a promover su regeneración. (13)

Los nuevos HSC se utilizan como cementos selladores intra radiculares en el tratamiento de conductos. Una de las características más representativas de los materiales endodónticos de nueva generación es la incorporación de nanopartículas, ayudando a mejorar la manipulación, mejor biocompatibilidad con las células de la papila dental y los tejidos periradiculares y el aumento de la bioactividad.

Del mismo modo, la combinación de distintos materiales, potencializando las características positivas de ambas sustancias en un solo compuesto. Entre la nueva generación de materiales bioactivos se encuentran: Bio Aggregate, EndoSequence, iRoot SP, MTA Fillapex, BioRoot RCS, CeraSeal y más recientemente Kerr.

2.6 CeraSeal® (Meta Biomed Co., Cheongju, Corea)

CeraSeal® (Meta Biomed Co., Cheongju, Corea), es un sellador endodóntico premezclado que contiene dióxido de circonio (45-50 %), silicato tricálcico (20-30 %), silicato dicálcico (1-10 %), aluminato tricálcico (1-10 %), agentes espesantes (14).



Ilustración 4. Presentación del Cemento CeraSeal®

El tiempo de fraguado reportado por el fabricante Es de 3.5 h, sin embargo, algunos estudios han mostrado que el tiempo de fraguado inicial es de 1 h y el fraguado final va hasta las 11 h. (14) Se ha reportado una radiopacidad de $8,0 \pm 0,5$ mmAl (14) Su fluidez es mejor que otros cementos biocerámicos) lo que le permite llegar a áreas inaccesibles a la instrumentación y una alta penetración de túbulos de) La citotoxicidad reportada de CeraSeal® en un artículo publicado en el 2020 mostro que este cemento tenía una mejor viabilidad celular en células madre del ligamento periodontal que un cemento de resina epoxi y otro cemento a base de silicato de calcio a lo siete días de incubación. Así mismo el fabricante reporta que este cemento puede estar en contacto con células periradiculares mostrando un alta cito compatibilidad. Puede tener una capacidad de llenado superior y una menor solubilidad que otros selladores (BioRoot). Según el fabricante CeraSeal® necesita humedad para realizar el fraguado dentro del sistema de conductos radiculares, del mismo modo durante su fraguado este cemento endodóntico tiene una alta liberación de iones de calcio y un potencial osteogénico que le proporcionan bioactividad durante y después de su fraguado final.) Estas características junto a su pH alcalino hacen que CeraSeal® sea una opción ideal para su utilización dentro del sistema de conductos radiculares. (15, 16)

2.7 EndoSequence BC Sealer® (BCS; Brasseler USA)

El cemento endodóntico EndoSequence BC® está compuesto por óxido de zirconio, silicatos de calcio, fosfato de calcio monobásico, hidróxido de calcio, agentes de relleno y espesantes. Este es un cemento endodóntico premezclado para su utilización intraconducto durante el tratamiento de conductos. EndoSequence BC® es alcalino (+12pH), lo que lo hace altamente antibacteriano. El tamaño de partícula muy pequeño y la naturaleza hidrofílica de este cemento le permiten fluir en todos los aspectos de la anatomía del canal. (15)



Ilustración 5. Presentación del cemento EndoSequence®

Se ha observado que tiene un ángulo de contacto que es más bajo que el de todos los demás selladores probados. Esta característica única de EndoSequence BC® mejora su capacidad de unirse a la dentina y a los materiales de obturación. El tiempo de fraguado del cemento reportado es de 162 min a 4 h. (17, 19, 21) Rodríguez L. y colaboradores en 2020 (18) encontró un aumento estadísticamente significativo de las tasas de viabilidad celular a las 24 y 48 horas en comparación a AH Plus. Así mismo, reportaron la sobreexpresión de genes óseo/cemento génicos con la utilización de EndoSequence BC®.) Según un artículo publicado en el 2022 (22) EndoSequence BC® tiene un potencial de mineralización significativamente

mayor que otros cementos a base de silicato de calcio. Mostrando una mayor actividad osteogénica durante su fraguado y después de este. La literatura ha mostrado resultados favorables en la evaluación in vitro del cemento endodóntico EndoSequence BC® así mismo otros estudios clínicos han obtenido buenos resultados durante la utilización de este cemento en procedimientos endodónticos.

2.8 Micro-CT

Allan Cormack y Godfrey Hounsfield desarrollaron tomografía asistida por computación en 1970, por la que recibieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina. A finales de la década de 1970, la tomografía computarizada (TC) entró en un uso generalizado en entornos clínicos. La TC es un método de imagen tridimensional (3D) que produce imágenes 3D compuestas por proyecciones bidimensionales (2D). Implica obtener imágenes de proyección de rayos X desde muchos ángulos de visión alrededor de un eje a través de un objeto. Luego, aplica un algoritmo de reconstrucción tomográfica para producir un grupo de imágenes tomográficas delgadas de rebanadas transaxiales continuas a través del objeto. Las imágenes transaxiales están hechas de elementos de volumen denominados voxels. (23)

Aunque la TC puede revelar estructuras con un detalle de hasta 1 mm^3 , lo cual es adecuado para aplicaciones clínicas, este nivel de resolución es insuficiente para estudios en el ámbito de las ciencias de los materiales o biológicas. Fue en la década de 1980 por Lee Feldkamp cuando surgió la microtomografía computarizada (micro-CT), una tecnología que revolucionó la capacidad de visualizar muestras más pequeñas y detalles de hasta aproximadamente $(5\text{-}50\text{ }\mu\text{m})$ es casi 1 millón de veces más pequeño en volumen que los voxels de TC. El equipo de micro-CT consta de varios componentes esenciales, incluyendo un tubo de rayos X de 90-150 kVA, un filtro y un colimador, un motor eléctrico controlado por ordenador, una cámara CCD para traducir datos de imágenes de rayos X, un aparato intensificador de imagen, un soporte de muestras y un ordenador. (24)

En un equipo de micro-CT para el escaneo *ex vivo*, un objeto se coloca en una plataforma giratoria con el tubo de rayos X y el detector óptico de rayos X está en una posición fija. Se emplea una etapa de rotación eléctrica para monitorear específicamente la cantidad de rotación de la muestra en relación con el detector óptico de rayos X y el tubo de rayos X. (23) (Il. 6)

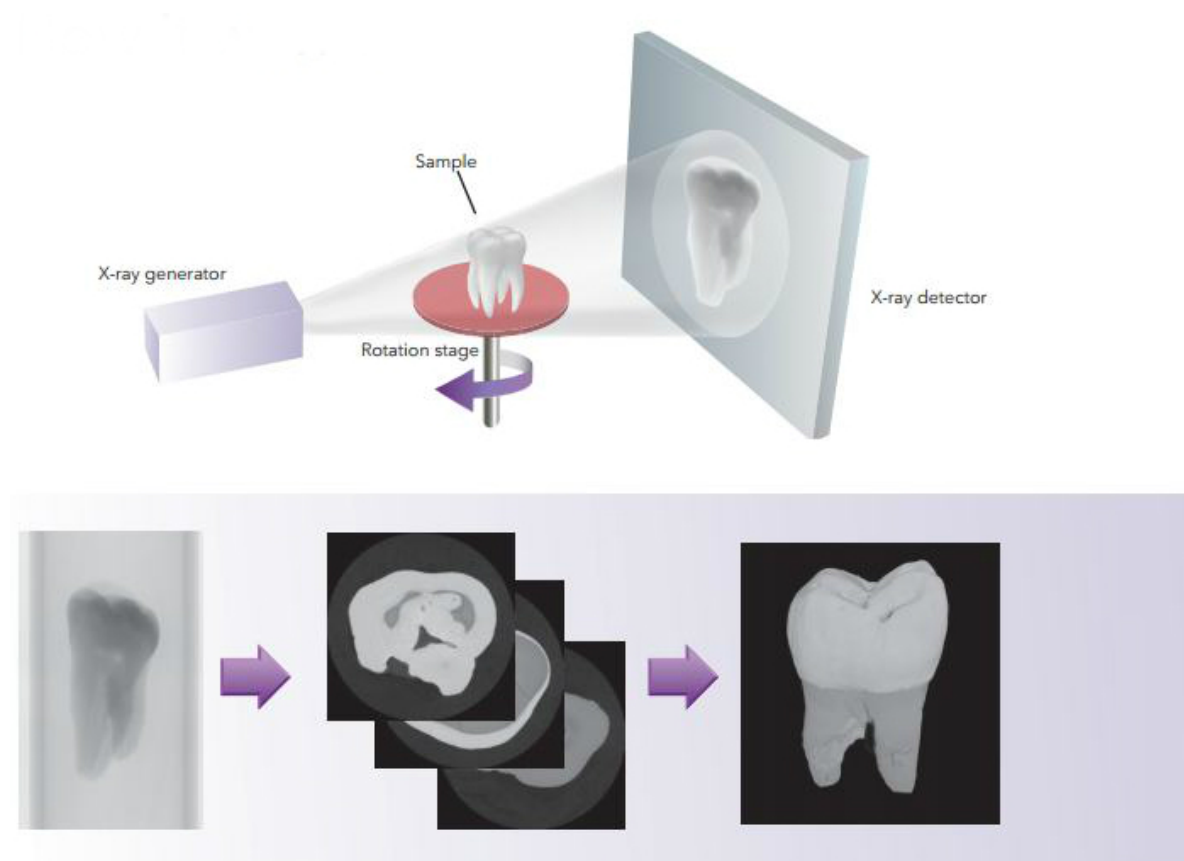


Ilustración 6. Representación de cómo funciona el Micro-CT Imagen obtenida en <https://www.microphotonics.com/what-is-micro-ct-an-introduction/>

La microtomografía computarizada ofrece muchas ventajas en comparación con otros métodos, pero también tiene algunas restricciones. A diferencia de los métodos microscópicos, la microTC es un enfoque no destructivo, lo que significa que las propiedades internas de la misma muestra se pueden probar varias veces, y las muestras permanecen intactas para más pruebas biológicas y mecánicas. Otro beneficio de la microtomografía computarizada es que permite realizar múltiples escaneos y procesar imágenes con software especializado. A diferencia de otros

métodos destructivos, la preparación de muestras para la micro-CT no presenta inconvenientes. En general, las ventajas de la micro-TC permiten obtener mediciones más precisas. (23)

Algunas desventajas de la microtomografía computarizada incluyen el tiempo requerido para el escaneo y la reconstrucción de imágenes, los elevados costos asociados a esta técnica y la necesidad de tener conocimientos avanzados en informática. Por otro lado, la dosis de radiación de las microtomografías computarizadas puede influir en los resultados experimentales al inducir alteraciones en la respuesta inmune y otras vías biológicas. Aunque generalmente estos cambios no son mortales, la elevada dosis de radiación limita el uso de la micro-CT en entornos clínicos. (23, 24)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La correcta eliminación del material de relleno en los retratamientos endodónticos desde el punto de vista clínico representa un factor crucial para el éxito a largo plazo de la terapia endodóntica no quirúrgica. La incapacidad de eliminar completamente este material de relleno es, en gran medida, una de las razones por las cuales los retratamientos endodónticos pueden fracasar, ya que su eliminación adecuada favorece una limpieza exhaustiva del sistema de conductos radiculares, que es esencial para prevenir infecciones recurrentes y asegurar una sanación adecuada.

Además, la problemática se complica con la falta de métodos claramente definidos para lograr una eliminación completa de estos materiales. En particular, la introducción de cementos hidráulicos a base de silicato de calcio ha creado una nueva área de incertidumbre. Estos cementos, una vez fraguados, forman una unión íntima con la dentina, lo que puede representar desafíos significativos cuando se requiere su eliminación. La falta de un protocolo eficiente para la eliminación de estos cementos es especialmente preocupante en el tercio apical del conducto radicular, donde la visibilidad y accesibilidad son más limitadas.

A pesar de los avances en materiales y técnicas, aún no se ha establecido un protocolo estándar para la desobturación de estos nuevos cementos endodónticos. Esto subraya la necesidad urgente de investigaciones adicionales para desarrollar métodos más efectivos y fiables para su eliminación, garantizando así el éxito a largo plazo de los retratamientos endodónticos y la salud general del diente tratado.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe alguna diferencia en la eliminación de los cementos a base de silicato de calcio EndoSequence BC Sealer®, CeraSeal®, un cemento biocerámico experimental de Kerr® y AH Plus al utilizar distintos protocolos de limpieza?

5. JUSTIFICACIÓN

Conocer la eficacia para retirar varios cementos biocerámicos mediante distintos protocolos complementarios de desobturación no solo podría promover su uso recurrente en la práctica diaria, sino que también permitiría determinar las acciones clínicas más adecuadas para remover estos materiales cuando sea necesario. La capacidad de eliminar eficazmente los cementos a base de silicato de calcio es fundamental para restaurar la permeabilidad apical en los retratamientos endodónticos, lo que facilita una correcta limpieza y desinfección del conducto radicular. Esta comprensión es vital para asegurar el éxito a largo plazo de los tratamientos endodónticos y para prevenir posibles complicaciones futuras.

Además, un conocimiento profundo de los métodos de eliminación de estos cementos contribuiría significativamente a la práctica clínica, proporcionando a los profesionales de la odontología herramientas y protocolos basados en evidencia para abordar situaciones complejas. Esto no solo optimizaría los resultados clínicos, sino que también mejoraría la confianza del paciente en la efectividad de los retratamientos endodónticos.

Por lo tanto, los resultados de este estudio no solo servirán para evaluar, comparar y analizar la capacidad de retiro de los cementos hidráulicos a base de silicato de calcio, sino que también establecerán un marco de referencia para el restablecimiento de la permeabilidad apical. Este conocimiento permitirá desarrollar protocolos estandarizados que mejoren la calidad del tratamiento endodóntico, contribuyendo así a una mejor salud dental general y a la preservación de los dientes naturales.

6. OBJETIVOS

a) General

Evaluar la eficacia de dos protocolos de limpieza en la eliminación de cementos biocerámicos y AH Plus analizados por micro-CT

b) Específicos

- a. Determinar el volumen (cm^3) residual de los cementos biocerámicos y AH Plus al implementar dos métodos de limpieza durante la desobturación radicular mediante reconstrucciones 3D obtenidas con micro-CT
- b. Cuantificar la superficie de área (mm^2) residual de los cementos biocerámicos y AH Plus al implementar dos métodos de limpieza durante la desobturación radicular mediante reconstrucciones 3D obtenidas con micro-CT
- c. Analizar la permeabilidad apical después de la desobturación de los cementos a base de silicato de calcio EndoSequence BC Sealer, CeraSeal, un cemento biocerámicos experimental de Kerr y AH Plus al utilizar dos protocolos de limpieza complementarios (SClean y R1 ClearSonic) mediante microscopio estereoscópico.

7. HIPÓTESIS

Hi: Se presenta diferencia en la cantidad de cemento residual en conductos radiculares posterior a la limpieza complementaria con SClean® que con la punta de ultrasonido R1 ClearSonic™.

Ho: No se presenta diferencia en la cantidad de cemento residual en conductos radiculares posterior a la limpieza complementaria con SClean® que con la punta de ultrasonido R1 ClearSonic™.

Hi: Se detecta mayor cantidad de remanente residual posterior a implementar métodos de limpieza complementarios en las muestras obturadas con cementos biocerámicos que con AH Plus.

Ho: No se detecta mayor remanente de material residual posterior a implementar métodos de limpieza complementarios en las muestras obturadas con cementos biocerámicos que con cemento AH Plus.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de realización: Preclínica de la maestría en Endodoncia UASLP y el Laboratorio Universitario de Microtomografía de Rayos X (LUMIR) UNAM

Tipo de estudio: Experimental *in vitro*.

Diseño del estudio: Analítico, transversal, prospectivo.

Tamaño de la muestra:

$$n = \frac{[Z_{\alpha}\sqrt{2p(1-p)} + Z_{\beta}\sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)}]^2}{(p_1 - p_2)^2}$$

$$n = \frac{[1.96\sqrt{.70(.95)} + 1.282\sqrt{.05(.95) + .65(.35)}]^2}{(p_1 - p_2)^2}$$

$$n = \frac{[1.96\sqrt{.665} + .67228]^2}{.36}$$

$$n = 13.32$$

n: Tamaño de muestra

Z_{α} : valor Z correspondiente al riesgo fijado α 1.96

Z_{β} : valor Z correspondiente al riesgo fijado β 1.282

p_1 : es el valor de la proporción en el grupo control 0.05 (Hassan R (22))

p_2 : es el valor de la proporción en el grupo experimental .65

p : es la media aritmética de las dos proporciones, p_1 y p_2 ($p_1 + p_2/2$) .35

Población de estudio: Dientes unirradiculares humanos extraídos.

Selección y tamaño de la muestra: 104 dientes unirradiculares.

8.1 Grupos de estudio:

Cemento biocerámicos	Sistema de desobturación	Grupo
EndoSequence BC Sealer (n=26)	SClean (n=13)	A
	R1 ClearSonic (n=13)	B
CeraSeal (n=26)	SClean(n=13)	C
	R1 ClearSonic (n=13)	D
Cemento biocerámico experimental Kerr (n=26)	SClean (n=13)	E
	R1 ClearSonic (n=13)	F
AH plus (n=26)	SClean (n=13)	G
	R1 ClearSonic (n=13)	H

Tabla 1 Grupos de estudio

Criterios de inclusión: Dientes unirradiculares con un solo conducto, sin calcificaciones, sin lesiones cariosas, sin reabsorción externa, sin reabsorción interna, con ápice completo y que presenten con una curvatura menor a 10° . De 12 a 14 mm

Criterios de exclusión: Dientes con más de un conducto, que muestren calcificaciones, ápices abiertos, dientes con tratamiento endodóntico previo, dientes con signos de resorción (resorción interna o externa), con fracturas verticales, excesivamente anchos, o raíces con curvaturas superiores a 10° .

Criterios de eliminación: Muestras que se perforan durante la desobturación, así como muestras que no se puedan ingresar al micro tomógrafo.

8.2 Consideraciones éticas

El proceso de evaluación por el CEI se realizó una vez completado el protocolo de investigación, obteniendo la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología de la UASLP con la clave CEI-FE-067-023. El grado de riesgo del estudio es mínimo, ya que se trata de una investigación prospectiva que involucra el riesgo de datos mediante la obtención y almacenamiento de dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica.

Para la protección de datos personales y la confidencialidad, los dientes no fueron sometidos a pruebas de extracción y tipificación de ADN, protegiendo así la identidad del donante. Los dientes no estarán etiquetados con identificaciones del donante y se dividirán al azar según el grupo de estudio, en cumplimiento con la ley de protección de datos personales.

El compromiso de aplicación de las normas internacionales a los procedimientos clínicos y de laboratorio se mantiene durante todo el proyecto. El alumno de la maestría en endodoncia de la UASLP, con el número de identificación 350922, se compromete a seguir las normas de salud y protección de datos personales. De acuerdo con la NOM 087 SSA1-2002, los residuos peligrosos biológico-infecciosos (dientes humanos extraídos) se desecharon en bolsas amarillas de polietileno

señalizadas para residuos biológicos peligrosos. Los objetos punzocortantes generados (limas endodónticas, puntas de ultrasonido) se desecharon en recipientes rígidos de polipropileno rojo.

El proyecto siguió los criterios de la NOM 012 SSA3-2012 para la ejecución de proyectos de investigación en salud en seres humanos. Esto incluye el cumplimiento de criterios normativos de carácter administrativo, ético y metodológico, en correspondencia con la Ley General de Salud y el Reglamento en materia de investigación para la salud. Se solicitó la autorización de proyectos o protocolos de investigación que empleen materiales sin suficiente evidencia científica de su eficacia terapéutica o rehabilitadora, o que modifiquen las indicaciones terapéuticas de productos ya conocidos, asegurando la correcta ejecución y seguimiento de dichos proyectos.

El manejo de residuos biológico-infecciosos y ambientales se realizó conforme a la NOM 087 SSA1-2002, que estipula la clasificación y especificaciones de manejo de estos residuos.

8.3 Variables:

Independientes

- ☐ Cemento sellador endodóntico
- ☐ Sistema de limpieza

Dependientes

- ☐ Recuperación de la permeabilidad apical
- ☐ Material residual

Variables independientes	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Cemento sellador endodóntico	Pasta viscosa que sirve como interfase entre el núcleo de gutapercha y las paredes dentinarias del conducto radicular. La base del cual puede estar compuesto es silicato de calcio, resina epoxi etc.	Obturación del conducto radicular colocando la punta del aplicador del cemento sellador a nivel del tercio medio hasta llenar el conducto radicular posterior llevar una punta de gutapercha 30/04 o llevar el cemento junto con la punta de gutapercha con movimientos oscilantes.	Categórica , nominal	EndoSequence BC Sealer®, CeraSeal®, Cemento experimental Kerr y AH Plus®
Sistema de limpieza	Se basa en la utilización de algún instrumento o compuesto para la eliminación de material de obturación endodóntico PUI es la transmisión de energía acústica Generando transmisión acústica, turbulencia y cavitación pueden ayudar al arrastre mecánico.	Colocación de SClean file 25/.01 (Ramo Medical®) dentro del conducto a 800 rpm y 1n de torque, 1 ciclo de 1 min Colocación de R1 ClearSonic™ dentro del conducto oscilando por 2 ciclo de 30 segundos con 5 ml a 2mm en contacto directo con las paredes	Categórica , nominal	SClean R1 ClearSonic
Variables dependientes	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición

Recuperación de la permeabilidad apical	Paso durante el RnQ el cual consiste en la eliminación del núcleo principal de obturación respetando la anatomía original del conducto llegando hasta el foramen apical con una lima manual o mecánica.	Observación del extremo de la lima manual #15k a través del foramen apical observado a 4x. Se medirá el tiempo de recuperación de la permeabilidad apical.	Categórica , nominal	Si/no
Material residual	Restos de cemento o gutapercha que se alojen en las paredes del conducto después de la desobturación durante el RnQ.	Análisis de la reconstrucción en 3D bajo micro CT después de la desobturación con los sistemas de limpieza radicular.	Continua, Razón o intervalo	Volumen cm ³ / Superficie de área mm ²

Tabla 2 Descripción de variables

8.4 Fase experimental

- a) Recolección y preparación de las muestras de las muestras
- Recolección de 104 dientes humanos unirradiculares. Se tomaron radiografías preoperatorias en dirección buco-lingual y mesio-distal para confirmar la presencia de un solo conducto y una curvatura menor de 10° medida con el método Schneider. (il.7)



Ilustración 7. Recolección de las muestras

- Se utilizó una pieza de mano (Pieza De Mano Alta Vel. NSK® Panamax 2) para decoronar las muestras a nivel de la unión cemento-esmalte utilizando un disco de diamante refrigerado por agua para obtener una longitud estándar de 12 a 14 mm (il. 8)



Ilustración 8. Decoronación y toma de longitud

- Se permeabilizó el conducto con una lima #10 K, la longitud de trabajo se determinó insertando una lima de #15 K en el conducto hasta que la punta de la lima estuviera en el foramen apical y luego restando 1 mm. Los conductos radiculares se instrumentaron utilizando Limas TF Adaptive (Kerr Endodontics®) hasta la lima SM2 de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Durante la instrumentación, los conductos se irrigaron con un 2,5% de NaOCl utilizando una aguja de calibre 27 (Vamasa®) y una jeringa de 5 mL. Para eliminar la capa de barrillo dentinario, los conductos radiculares se irrigaron con 2 mL de 17 % de EDTA durante 1 min, por último, irrigación final con solución salina 1mL. Se almacenaron los dientes a 37°C hasta su obturación.

b) Obturación radicular

Los dientes se dividieron mediante aleatorización simple en 4 grupos (n=28) según el cemento de obturación.

Los conductos se obturaron con conos de gutapercha SSM2 (Kerr Endodontics®) y el cemento endodóntico según el grupo seleccionado con técnica de cono único. Los selladores se prepararon según las instrucciones del fabricante. Se llevaron al

conduco con puntas dispensadoras, posteriormente se llevó el cono de gutapercha recubierto de sellador. (il. 9)

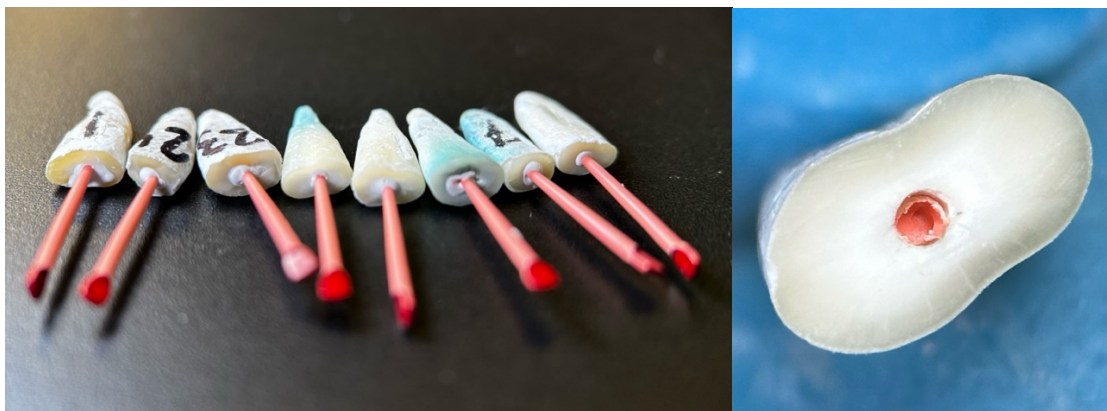


Ilustración 9. Obturación de las muestras con cono único

Se eliminó el exceso de gutapercha con un instrumento caliente y se realizó una compactación vertical fría. La cavidad de acceso se limpió con algodón ligeramente sumergido en alcohol al 90% y luego se selló con Cavit (3 M®). Las muestras se mantuvieron en humedad relativa a 37 °C durante 15 días para permitir el fraguado completo del sellador. (il. 10)



Ilustración 10. Incubación de las muestras Fraguando en humedad relativa

c) Desobturación radicular

El procedimiento del retratamiento se inició utilizando limas del sistema K3XF (30/.04) (Kerr Endodontics®) acoplado al motor Elements e-motion (Kerr Endodontics®) operado en modo "K3XF". El instrumento se insertó en el conducto con 3 ciclos de entrada y salida de 4 mm utilizando un movimiento de cepillado en el trazo de extracción, el conducto se irrigó con un 2,5 % de NaOCl, por un total de 5 mL de solución por muestra. Esta fase del retratamiento se consideró completo cuando no se observó material de relleno en el instrumento y se corroboró con radiografías bidimensionales. (il. 11)



Ilustración 11. Primera fase de desobturación

d) Coadyuvantes de limpieza

Los dientes se dividieron mediante aleatorización simple en dos grupos según el método coadyuvante de desobturación (n=13) (il. 12)

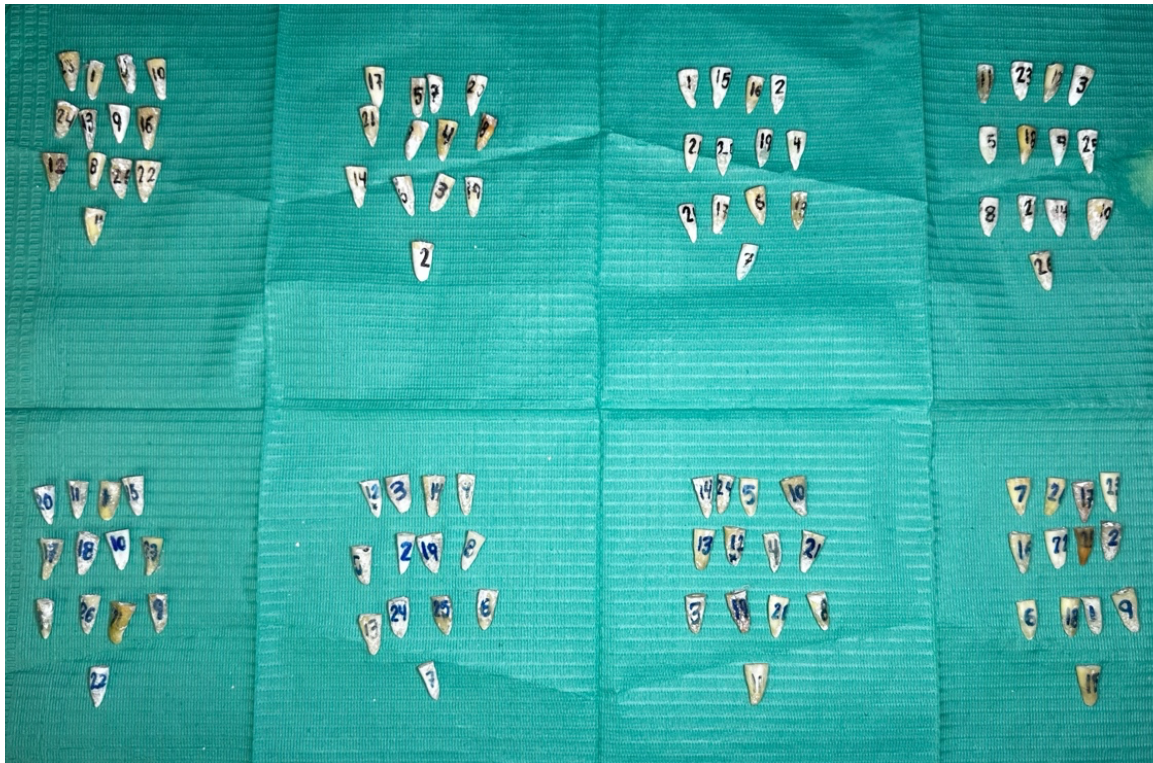
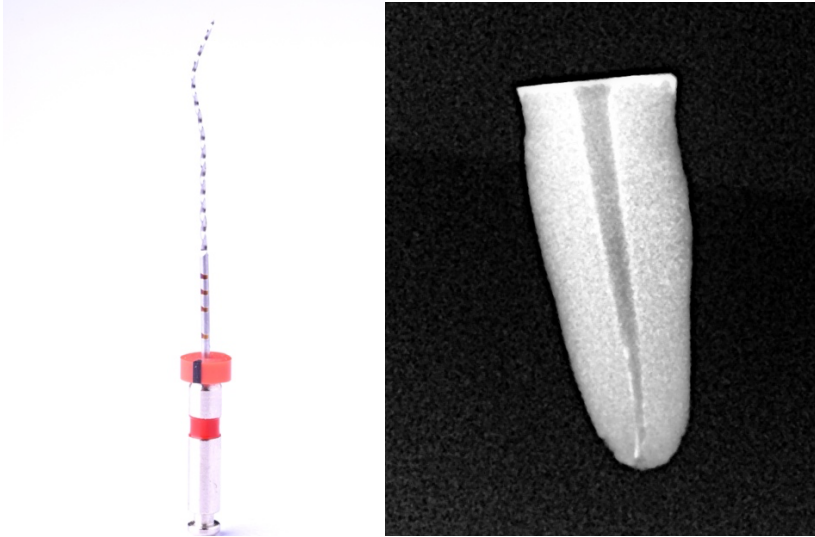


Ilustración 12. División mediante aleatorización simple en ocho grupos

- Sistema de limpieza SClean

Los conductos se irrigaron con 2 mL de NaOCl al 2.5% Utilizando una punta SClean file 25/.01 (Ramo Medical®) acoplado al motor Elements e-motion (Kerr Endodontics®) a 800 rpm y 1n de torque. La lima se colocó a longitud de trabajo con movimientos verticales de entrada y salida, 1 ciclo de 1 min. Posteriormente, el conducto se irrigó con NaOCl al 2.5% y se aspiró el irrigante restante en el conducto.



- Sistema de limpieza R1 ClearSonic™

Los conductos se irrigaron con 2 mL de NaOCl 2.5% Utilizando un inserto R1 ClearSonic™ (Helse®) acoplado a una unidad de ultrasonido (NSK®) a 20 % de potencia, se colocó el R1 ClearSonic™ 1-2 mm desde la longitud de trabajo, donde se activó durante 2 ciclos de 30 segundos y se retiró lentamente el R1 ClearSonic™ con movimientos continuos hacia arriba y hacia abajo para obtener los mejores resultados del proceso de activación. Se irrigó de nuevo con NaOCl al 2.5% y se aspiró el irrigante restante en el conducto.

Las muestras se conservaron en condiciones de humedad relativa hasta su análisis. Después de implementar los métodos de limpieza complementarios se registró si era posible recuperar la permeabilidad apical mediante una lima k #15 la cual debía salir 1 mm del foramen apical.



e) Análisis de las muestras mediante micro-CT

Se llevaron las muestras al Laboratorio Universitario de Microtomografía de Rayos X UNAM (Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, Instituto de Geociencias) en donde se realizó el escaneo con el Microtomógrafo Xradia Versa 510 en donde se colocaron en moldes de PVC de 1 pulgada de diámetro para su escaneo a una energía de rayos X de 80 kV y una corriente de tubo de rayos X de 240 μ A. El tamaño de imagen fue de un tamaño de vóxel de 26.168 μ m. Después del escaneo, las imágenes se reconstruyeron en volúmenes 3D utilizando el software 3D Slicer, Versión 5.6.2 (www.slicer.org). En donde se realizó el seccionamiento del cemento endodóntico de acuerdo con el valor del voxel, y los resultados en volumen (cm³) y superficie de área (mm²) se registraron para su posterior análisis.

kV	W	Expos icion (s)	Tiemp o analisi s (h)	Poyec ciones	Segm entos	Objeti vo	Filtro	Pixel	Trans misivi dad	Intens idad
80	7	2	0.9	801	1	0.4	LE2	26.168	65	3200

Tabla 3. Datos de escaneo micro-CT

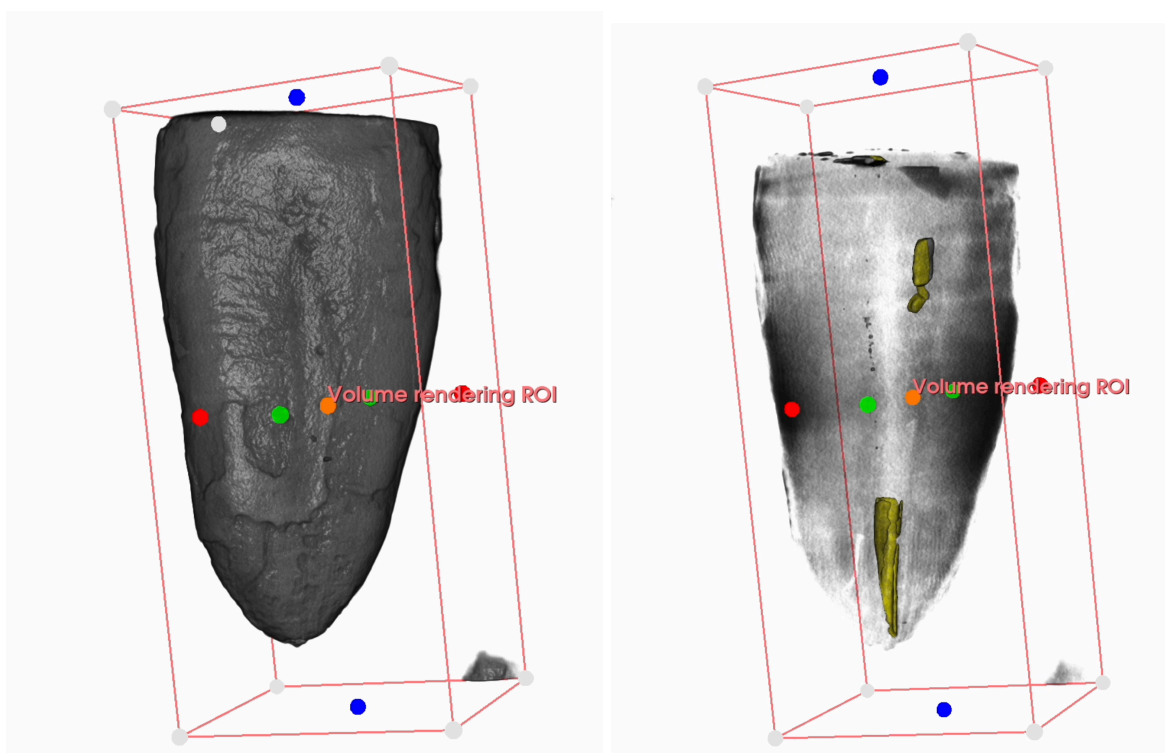
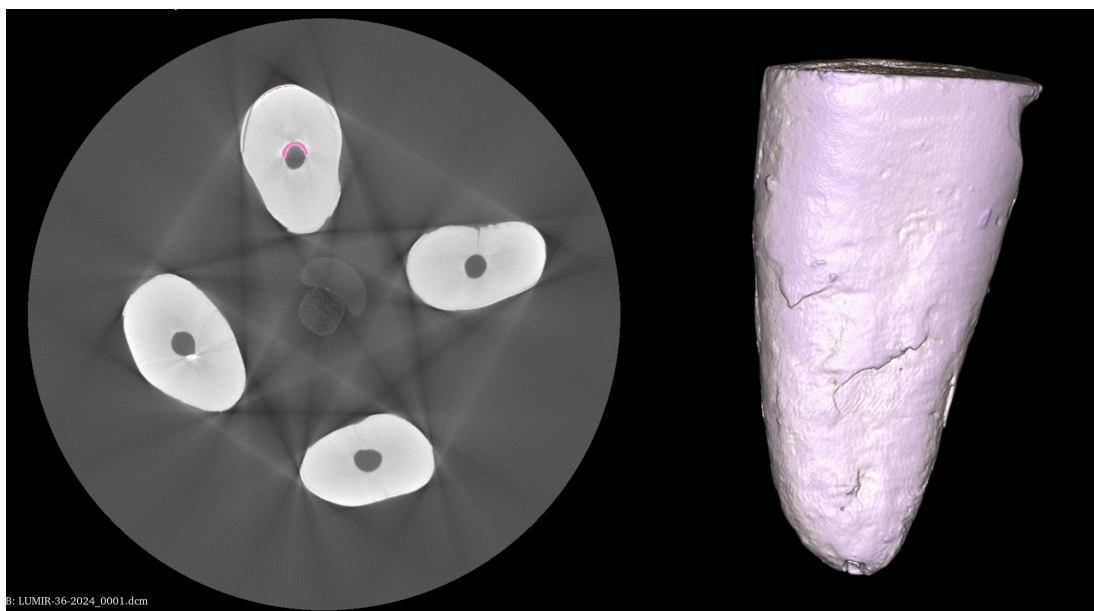


Ilustración 13. Proceso de segmentación y reconstrucción 3D (3D Slicer)

8.5 Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico SPSS 20.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, EE. UU.) versión 20. Los datos del material residual de obturación se sometieron inicialmente a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), debido a que los datos no mostraron una distribución normal, se realizó la prueba no paramétrica Kruskal-

Wallis, y finalmente una prueba post HOC Pairwise para múltiples comparaciones. Con un nivel de confianza del 95 % en todos los análisis. Un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

9. RESULTADOS

9.1 Cemento EndoSequence

La distribución de la frecuencia del material restante dentro del sistema de conductos radiculares no sigue una distribución normal tanto para el análisis del volumen (cm^3) como para el área de superficie (mm^2). (Tab. 3)

Prueba de Normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadística	n	Sig.
Volumen (cm^3)	.727	16	<.001
Área de superficie (mm^2)	.734	16	<.001

Tabla 4. Prueba de normalidad EndoSequence

Los resultados de la prueba no paramétrica mostraron que no existe una diferencia entre los métodos complementarios de desobturación SClean y R1 ClearSonic para la eliminación del material intraconducto durante el retratamiento endodóntico no quirúrgico de las muestras obturadas con el cemento EndoSequence. (Tab. 4)

Resumen de la prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Volumen (cm^3) y área de superficie (mm^2) es la misma en todos los grupos.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	.878	Acepte la hipótesis nula.

Tabla 5. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento EndoSequence con 2 métodos de eliminación

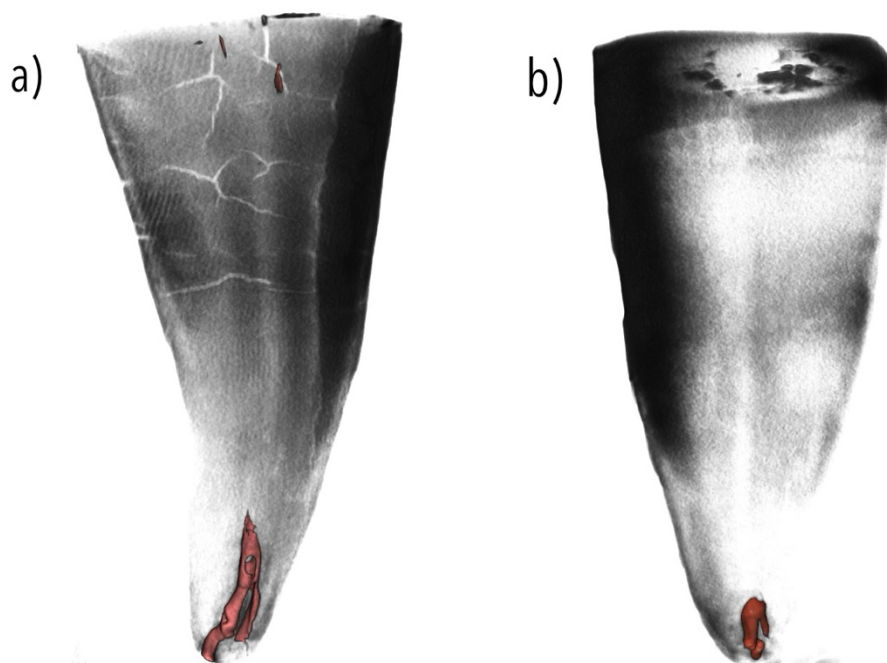


Ilustración 14. Reconstrucción y segmentación del cemento Endosequence a) SClean y b) R1 ClearSonic

9.2 Cemento CeraSeal

La distribución de la frecuencia del material restante dentro del sistema de conductos radiculares no sigue una distribución normal tanto para el análisis del volumen (cm^3) como para el área de superficie (mm^2). (Tab. 5)

Prueba de Normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadística	n	Sig.
Volumen (cm^3)	.789	16	.002
Área de superficie (mm^2)	.833	16	.008

Tabla 6. Prueba de normalidad CeraSeal

Los resultados de la prueba no paramétrica mostraron que no existe una diferencia entre los métodos complementarios de desobturación SClean y R1 ClearSonic para la eliminación del material intraconducto durante el retratamiento endodóntico no quirúrgico de las muestras obturadas con el cemento CeraSeal. (Tab. 6)

Resumen de la prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Volumen (cm^3) y área de superficie (mm^2) es la misma en todos los grupos.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	.878	Acepte la hipótesis nula.

Tabla 7. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento CeraSeal con 2 métodos de eliminación

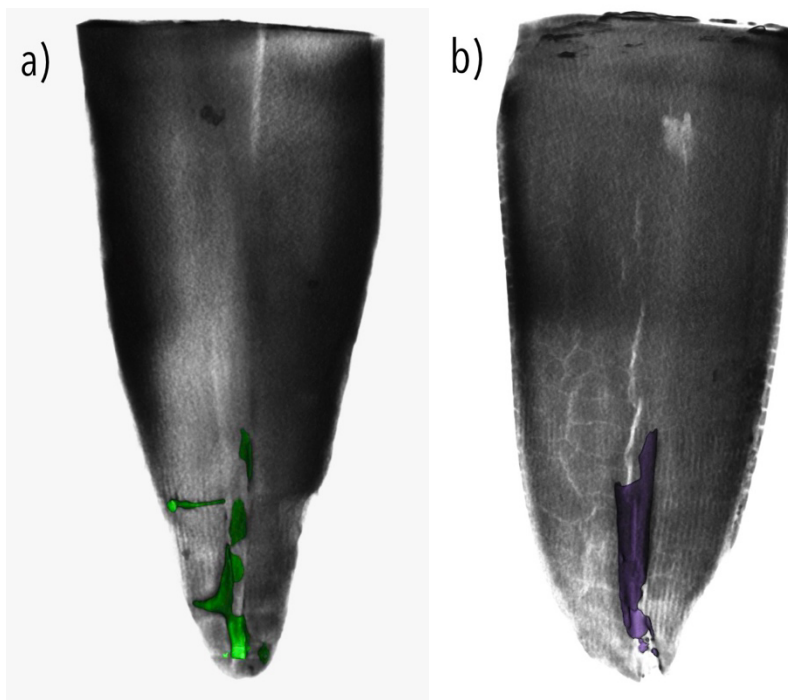


Ilustración 15. Reconstrucción y segmentación del cemento CeraSeal a) SClean y b) R1 ClearSonic

9.3 Cemento Experimental Kerr

La distribución de la frecuencia del material restante dentro del sistema de conductos radiculares no sigue una distribución normal tanto para el análisis del volumen (cm^3) como para el área de superficie (mm^2). (Tab. 7)

Prueba de Normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadística	n	Sig.
Volumen (cm^3)	.840	16	.010
Área de superficie (mm^2)	.847	16	.012

Tabla 8. Prueba de normalidad Experimental Kerr

Los resultados de la prueba no paramétrica mostraron que no existe una diferencia entre los métodos complementarios de desobturación SClean y R1 ClearSonic para la eliminación del material intraconducto durante el retratamiento endodóntico no quirúrgico de las muestras obturadas con el cemento Experimental Kerr. (Tab. 8)

Resumen de la prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Volumen (cm^3) y área de superficie (mm^2) es la misma en todos los grupos.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	.442	Acepte la hipótesis nula.

Tabla 9. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento Experimental Kerr con 2 métodos de eliminación

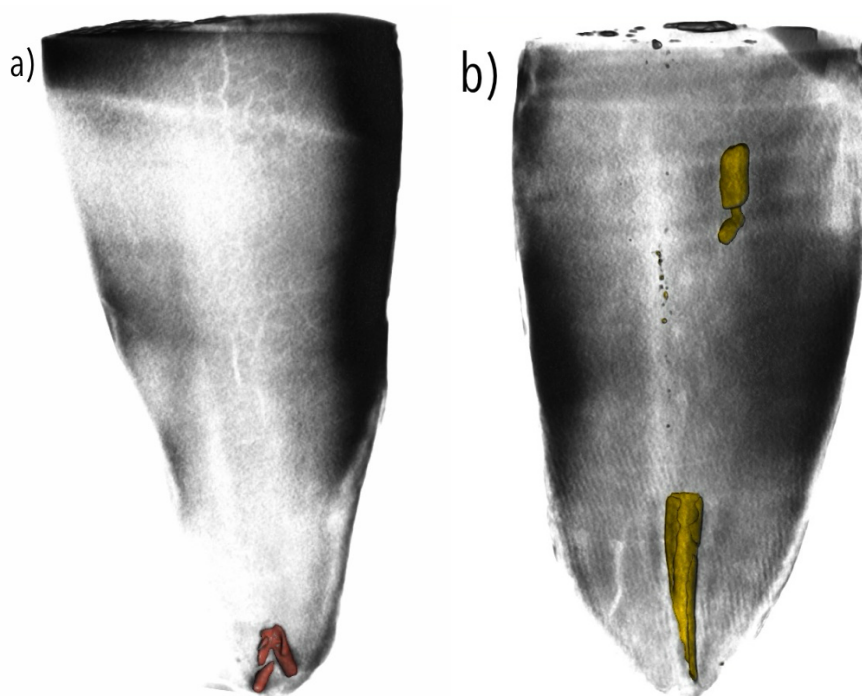


Ilustración 16. Reconstrucción y segmentación del cemento Kerr a) SClean y b) R1 ClearSonic

9.4 Cemento AH Plus

La distribución de la frecuencia del material restante dentro del sistema de conductos radiculares sigue una distribución normal tanto para el análisis del volumen (cm^3) como para el área de superficie (mm^2). (Tab. 9)

Prueba de Normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadística	n	Sig.
Volumen (cm ³)	.890	16	.055
Área de superficie (mm ²)	.931	16	.249

Tabla 10. prueba de normalidad AH Plus

Los resultados de la prueba paramétrica mostraron que no existe una diferencia entre los métodos complementarios de desobstrucción SClean y R1 ClearSonic para la eliminación del material intraconducto durante el retratamiento endodóntico no quirúrgico de las muestras obturadas con el cemento AH Plus. (Tab. 10)

Prueba t para la igualdad de medias		
	t de Student	
	Unidireccional	Bidireccional
Volumen (cm ³)	.409	.818
Área de superficie (mm ²)	.469	.937

Tabla 11. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento AH Plus con 2 métodos de eliminación

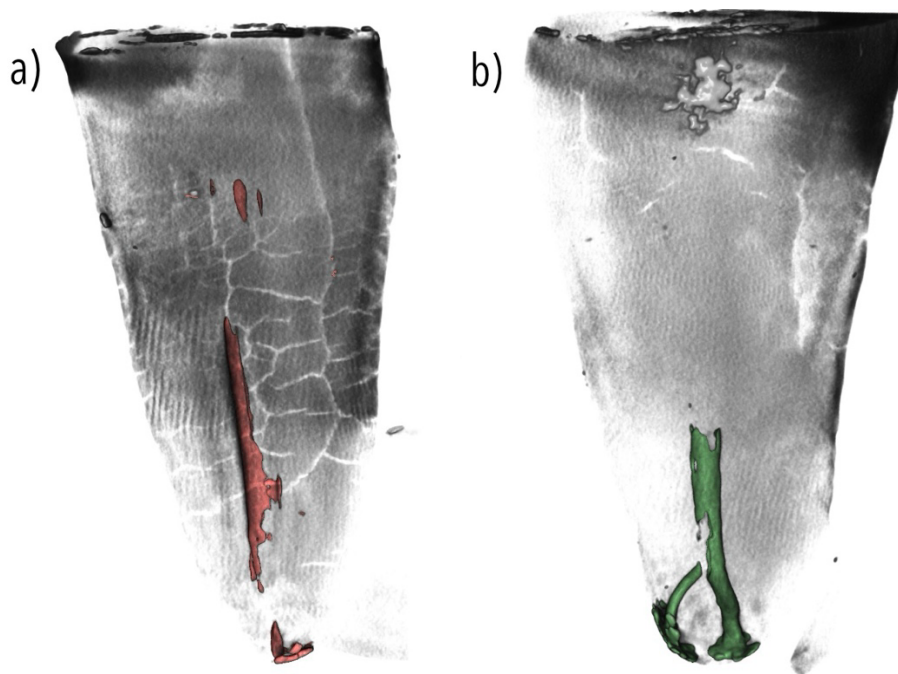


Ilustración 17. Reconstrucción y segmentación del cemento AH Plus a) SClean y b) R1 ClearSonic

9.5 SClean

La distribución de la frecuencia de eliminación con el sistema complementario SClean del material restante dentro del sistema de conductos radiculares de los cuatro cementos evaluados no sigue una distribución normal tanto para el análisis del volumen (cm^3) como para el área de superficie (mm^2). (Tab. 11) (Gráf. 1-2)

Prueba de Normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadística	n	Sig.
Volumen (cm^3)	.844	32	<.001
Área de superficie (mm^2)	.857	32	<.001

Tabla 12 Prueba de normalidad SClean

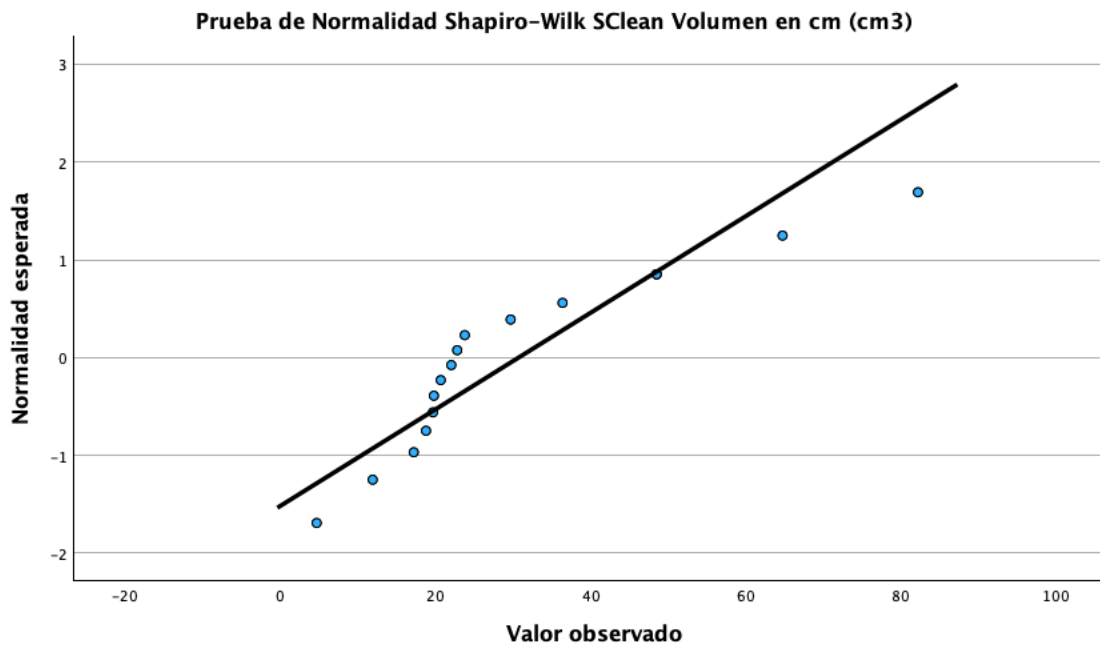


Gráfico 1. Distribución de la eliminación del sistema SClean

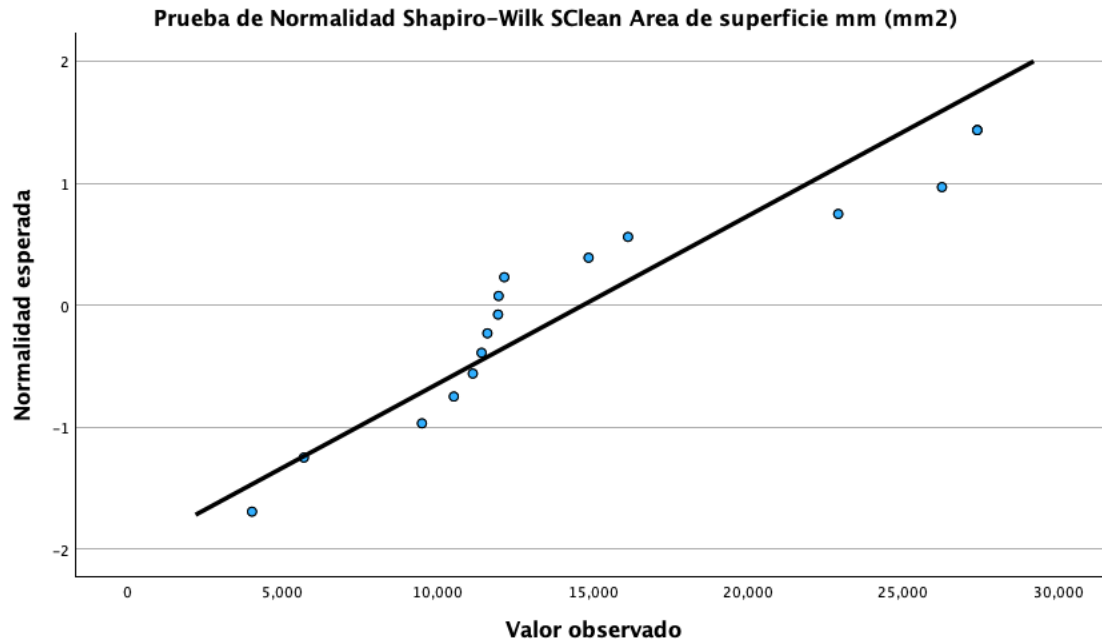


Gráfico 2. Distribución de la eliminación del sistema SClean

Los resultados de la prueba no paramétrica mostraron que existe una diferencia significativa al evaluar eficacia de eliminación del material de obturación de SClean entre los 4 cementos endodónticos tanto en volumen (cm³) como en superficie de área (mm²). (Tab. 12)

Resumen de la prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Volumen (cm ³) es la misma en todos los grupos.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	.048	Se rechaza la hipótesis nula.
2	La distribución de Área de superficie (mm ²) es la misma en todos los grupos.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	.022	Se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 13. Prueba no paramétrica de la eliminación de los cementos evaluados con el método SClean

Se realizó una prueba post hoc para determinar la correlación entre los grupos de cementos, en donde se observó que el grupo de EndoSequence tiene significativamente menos volumen (cm³) en comparación al grupo de muestras

obturadas con AH Plus ($p .008$). Así mismo el cemento Experimental Kerr tuvo significativamente menos volumen de material residual en comparación con el cemento AH Plus ($p .037$). Cuando se evaluó el área de superficie (mm^2) solamente hubo una diferencia significativa entre el grupo de EndoSequence y el grupo de AH Plus, en donde se observó que EndoSequence tiene menor área de superficie de material residual que AH Plus ($p .002$). (Gráf 3-4) (Tab. 13)

Por otro lado, ningún cemento fue eliminado por completo por el método complementario SClean, Además la mayor parte del cemento (75%) se encontró ubicado en la zona apical sin importar el cemento con el que se obturaron las muestras.

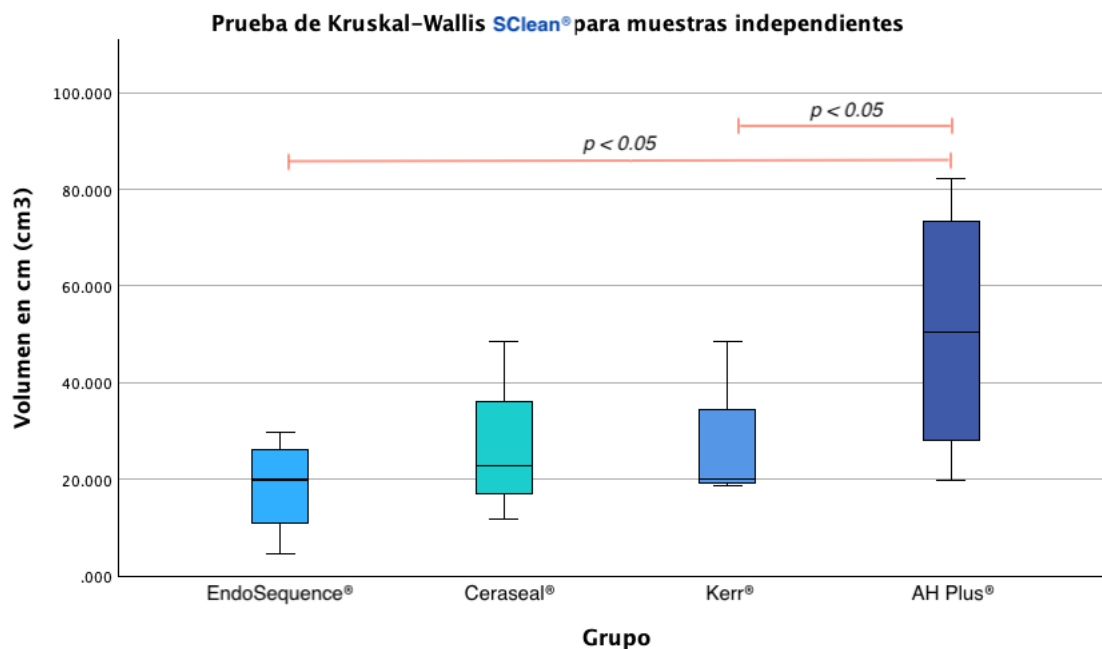


Gráfico 3. Correlación de la eficacia de eliminación SClean Volumen cm^3

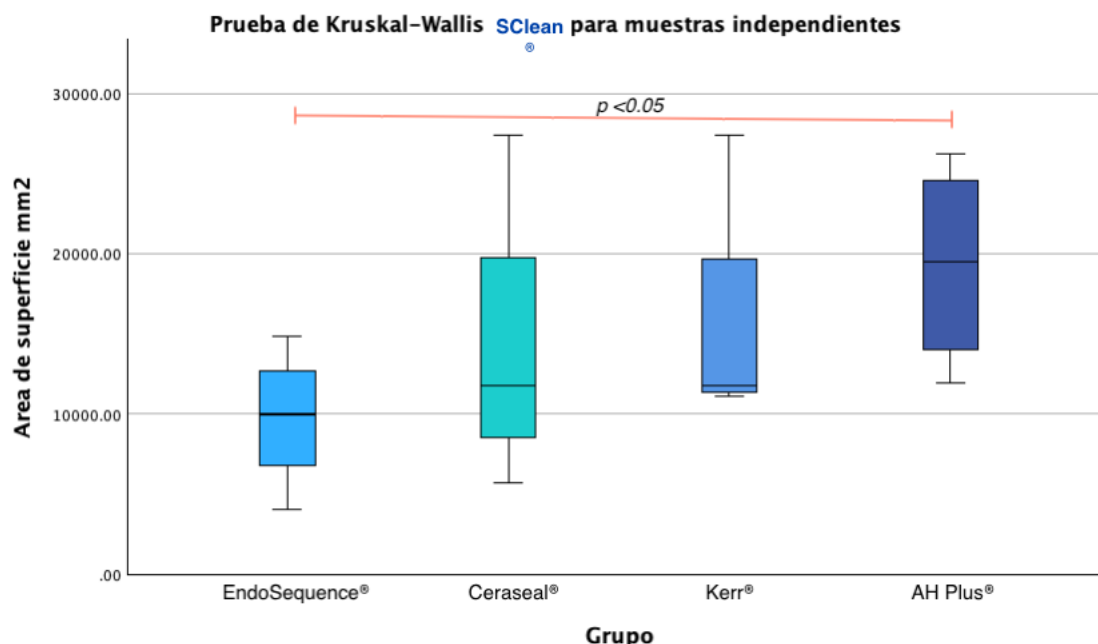


Gráfico 4. Correlación de la eficacia de eliminación SClean Área de superficie mm²

Pairwise Comparaciones por grupos		
	Volumen (cm ³) Sig.	Área de superficie (mm ²) Sig.
A-E	.557	.557
A-C	.310	.310
A-G	.008	.008
E-C	.669	.669
E-G	.037	.037
C-G	.098	.098

Tabla 14. Prueba Post hoc comparación entre grupos de cemento y método SClean

9.6 R1 ClearSonic

La distribución de la frecuencia de eliminación con el sistema complementario R1 ClearSonic del material restante dentro del sistema de conductos radiculares de los cuatro cementos evaluados no sigue una distribución normal tanto para el análisis del volumen (cm³) como para el área de superficie (mm²). (Tab. 14) (Gráf. 5-6)

Prueba de Normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadística	n	Sig.
Volumen (cm ³)	.803	32	<.001
Área de superficie (mm ²)	.871	32	.001

Tabla 15. Prueba de normalidad R1 ClearSonic

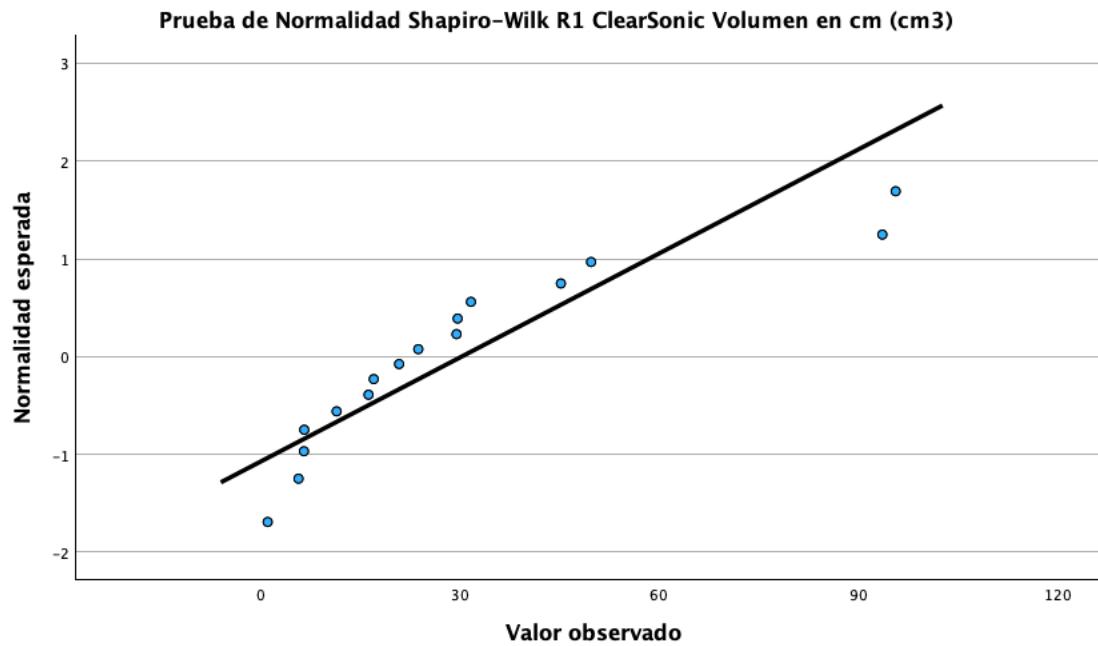


Gráfico 5. Distribución de la eliminación del sistema R1 ClearSonic

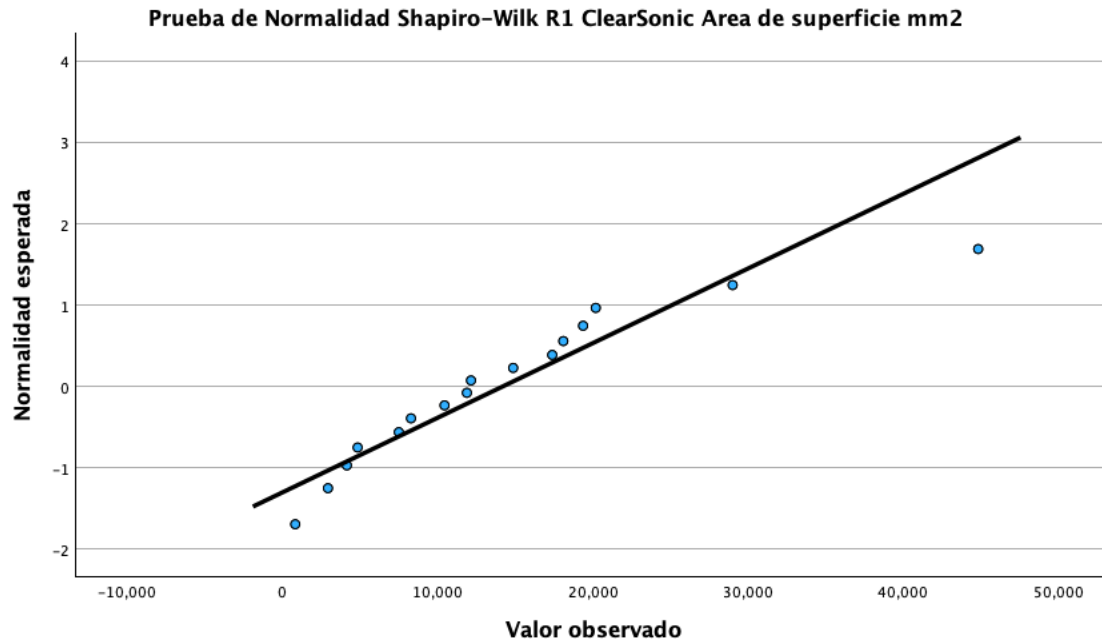


Gráfico 6. Distribución de la eliminación del sistema R1 ClearSonic

Los resultados de la prueba no paramétrica mostraron que no existe una diferencia significativa al evaluar eficacia de eliminación del material de obturación de R1 ClearSonic entre los 4 cementos endodónticos evaluados tanto en volumen (cm^3) como en superficie de área (mm^2). (Tab. 15)

Resumen de la prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Volumen (cm^3) es la misma en todos los grupos.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	.076	Se acepta la hipótesis nula.
2	La distribución de Área de superficie (mm^2) es la misma en todos los grupos.	Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes	.174	Se acepta la hipótesis nula.

Tabla 16. Prueba no paramétrica de la eliminación de los cementos evaluados con el método R1 ClearSonic

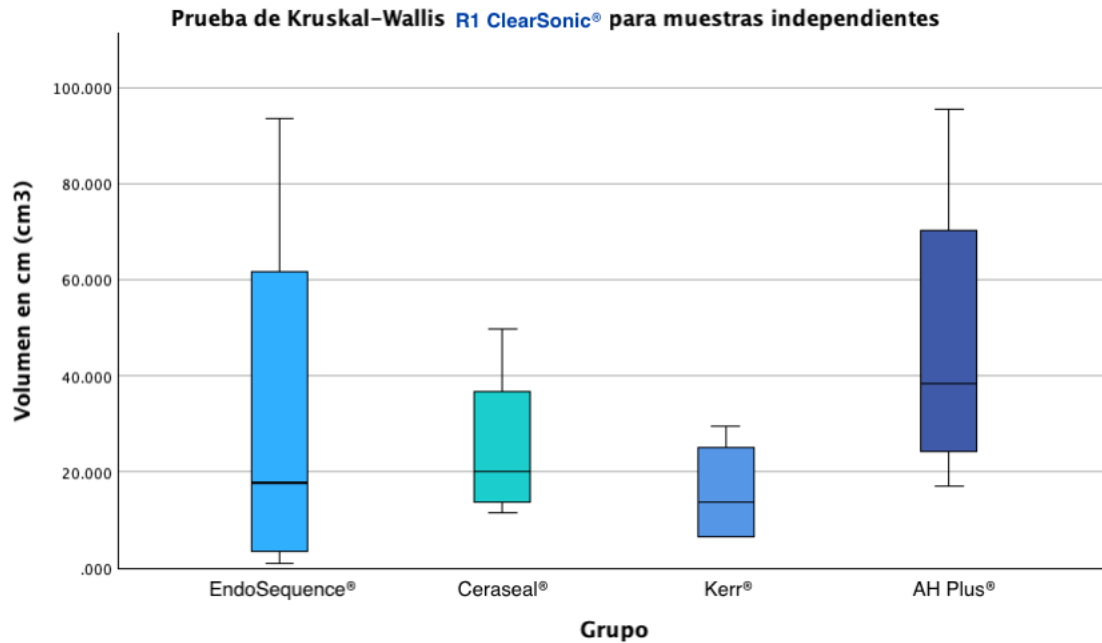


Gráfico 7. Correlación de la eficacia de eliminación R1 ClearSonic Volumen cm3

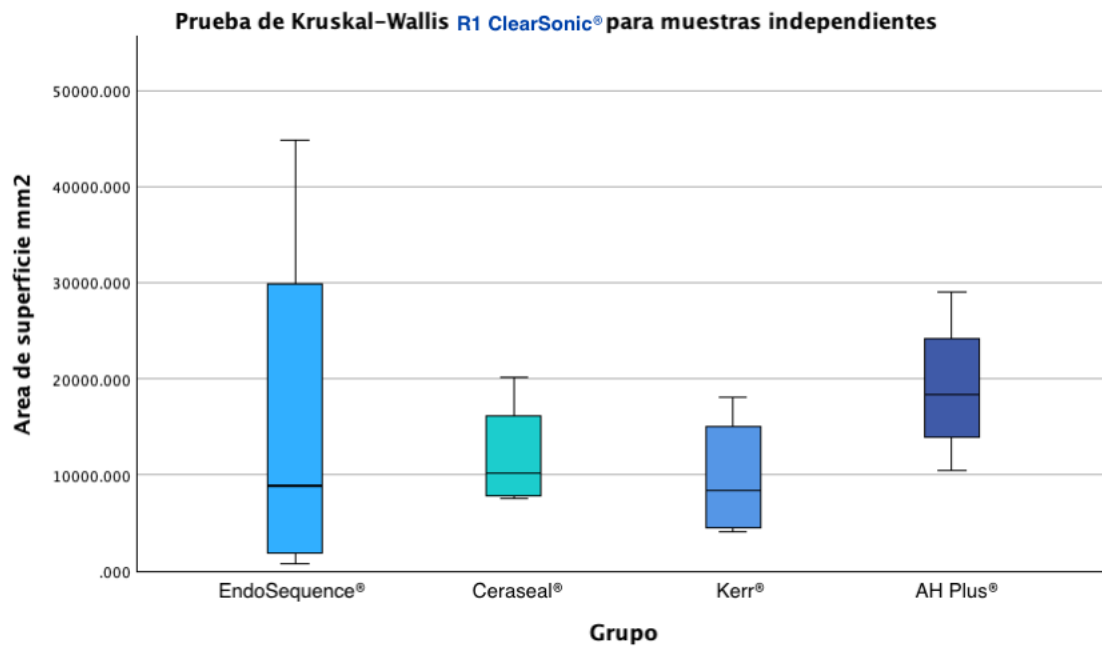


Gráfico 8. Correlación de la eficacia de eliminación R1 ClearSonic Área de superficie mm2

No existe una diferencia entre la eliminación de material de obturación al comparar los dos métodos de limpieza complementarios SClean y R1 ClearSonic (p .452). No obstante, se observó mayor cantidad de material residual en el tercio apical con R1 ClearSonic. El cemento endodóntico EndoSequence y Kerr se lograron eliminar de

mejor forma en comparación con el cemento AH Plus cuando se utiliza el método de limpieza complementario SClean ($p < 0.05$). Por otra parte, ninguno de los cementos es eliminado de forma completa empleando ambos métodos, se observó que la mayor cantidad de cemento se encontraba en el tercio apical (75%) sin importar el cemento evaluado.

9.7 Permeabilidad apical

Se logró recuperar la permeabilidad apical en 86.5% de las muestras sin diferencia significativa entre los 2 métodos de limpieza complementarios SClean y R1 ClearSonic ($P > 0.05$). (Tab. 16) Mientras que, al comparar los cementos endodónticos probados, se observó que en las muestras obturadas con AH Plus fue más difícil la recuperación de la permeabilidad apical en comparación con los otros cementos endodónticos. (Graf 9)

Permeabilidad apical		
	Frecuencia	Porcentaje
Si	90	86.5%
No	14	13.5%
Total	104	100.0

Tabla 17. Distribución de la permeabilidad apical recuperada

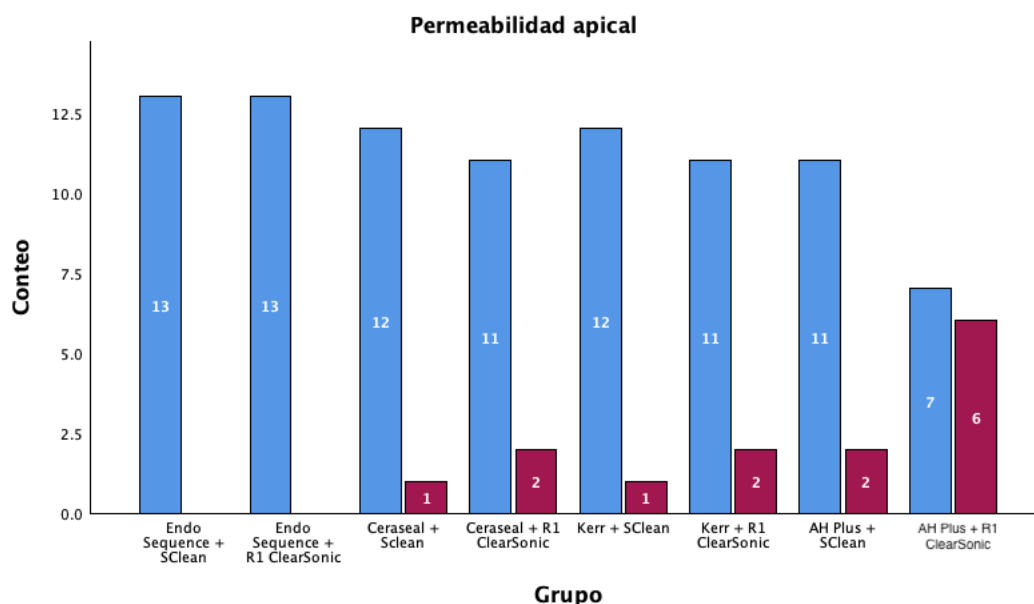


Gráfico 9. Permeabilidad apical recuperada por grupos de cemento y técnicas de limpieza

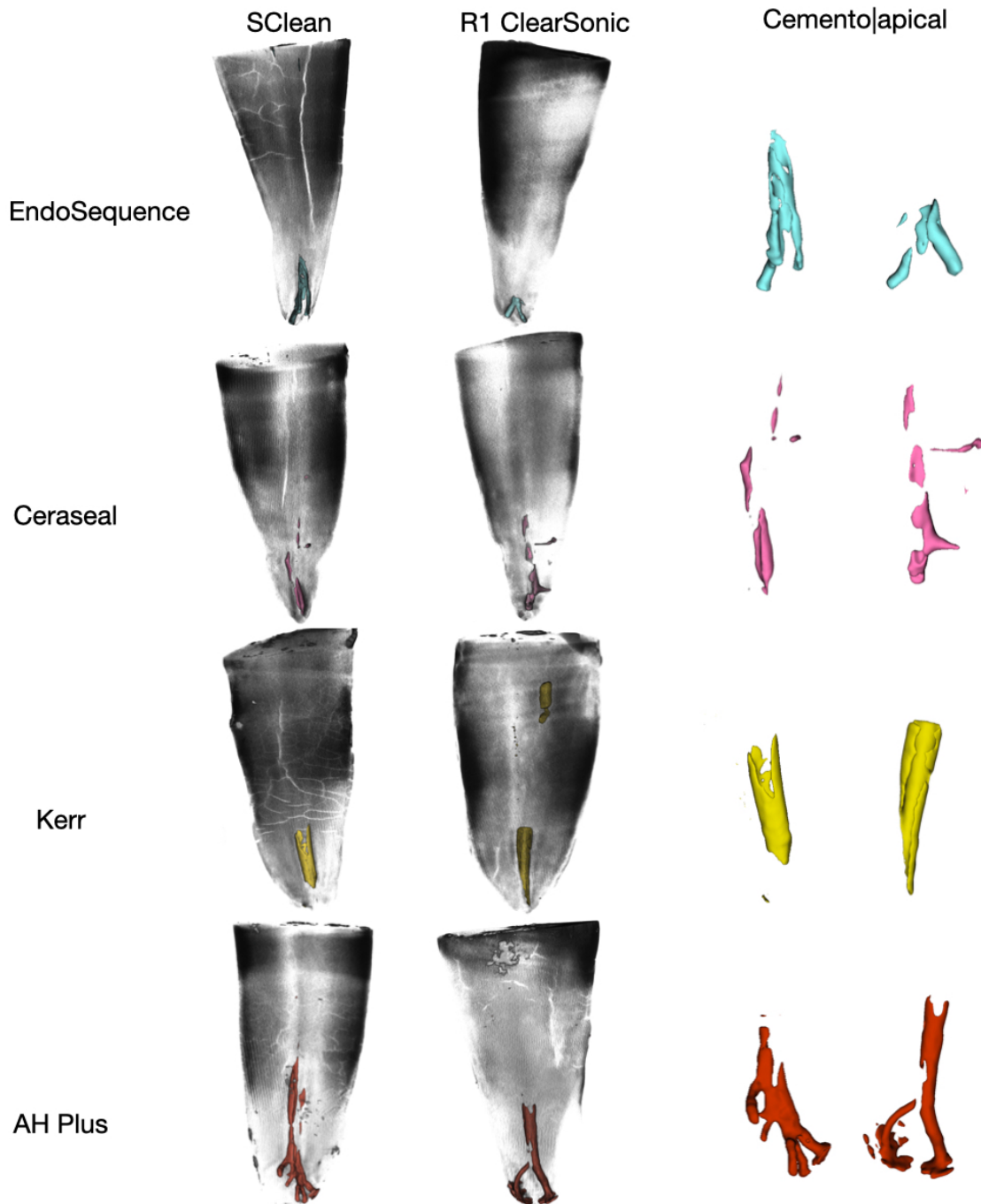


Ilustración 18. Reconstrucción tridimensional de las muestras

10. DISCUSIÓN

La literatura existente ha demostrado consistentemente que, hasta la fecha, ningún instrumento o técnica ha logrado eliminar completamente los materiales de obturación del sistema de conducto radicular durante el retratamiento endodóntico no quirúrgico (12, 25, 26, 31, 32). Esta dificultad persistente puede resultar en fracasos en el tratamiento, ya que los microorganismos pueden permanecer en el sistema de conducto radicular, comprometiendo así la efectividad del tratamiento endodóntico. (33)

La eliminación efectiva del material de relleno del conducto radicular es crucial en el proceso de retratamiento endodóntico no quirúrgico. Este paso facilita que los instrumentos y las soluciones de irrigación puedan actuar de manera efectiva sobre los residuos y los microorganismos que están asociados con la periodontitis apical. Esto es fundamental para asegurar que el tratamiento sea exitoso al limpiar adecuadamente el sistema de conducto radicular y reducir la carga bacteriana. (34) Es por ello que cada vez se buscan más alternativas para que la eliminación del material de obturación, gutapercha y cemento endodóntico, sean removidos de manera más eficaz especialmente en el tercio apical.

Se han empleado diversos métodos para medir la cantidad de material de relleno remanente en los conductos tras el retratamiento endodóntico, entre los que se incluyen las imágenes radiográficas, escisión longitudinal de la raíz, observación con microscopio estereoscópico, microscopio electrónico de barrido, entre otros. (35, 36, 37) El método Micro-CT para la evaluación del material residual en el retratamiento endodóntico no quirúrgico, resulta ser un excelente método de caracterización para los estudios in vitro permite la cuantificación objetiva en volumen cm^3 , área de superficie mm^2 , y obtención de imágenes de alta calidad en reconstrucciones 3D, además de ser un método altamente detallado, no invasivo y no destructivo. (38)

La eliminación de los cementos biocerámicos durante el retratamiento endodóntico ha sido controversial desde su introducción, sin embargo, la literatura disponible muestra que no existe una diferencia significativa entre la eliminación de cementos biocerámicos y el cemento AH Plus a base de resina epoxi. (26, 29)

En 2016 Crozeta BM y colaboradores evaluaron la eliminación del material de obturación de los conductos distales de forma ovalada de molares mandibulares con sistemas de movimiento rotatorio, reciprocante y adaptativo mediante el uso de Micro-CT. El empleo del movimiento adaptativo resultó en una mayor eliminación de material de relleno de los tercios medio y apical en comparación con el movimiento reciprocante. A pesar de esto, ninguna de las técnicas logró eliminar completamente el material de relleno de los conductos radiculares. (31) En esta investigación se realizó la eliminación del núcleo central de obturación con el sistema rotatorio K3XF®, en estudios futuros se podría realizar la eliminación del núcleo central con el movimiento adaptativo e implementar sistemas de limpieza complementarios para así evaluar y buscar un mejor protocolo para la eliminación de material de obturación, especialmente en cementos biocerámicos y a base de resina epoxi.

Kim y colaboradores en 2019 evaluaron la eliminación de MTA endoseal, EndoSequence BC y AH Plus, los resultados de su investigación mostraron mayor cantidad de material restante en conductos en C después de la obturación con MTA endoseal seguido de AH Plus y EndoSequence. Resultados similares obtenidos en este estudio al evaluar EndoSequence y AH Plus, ya que el cemento con menor volumen de material residual fue EndoSequence en comparación con AH Plus ($p < 0.05$). (40)

Se ha reportado que incluso los cementos biocerámicos son más fácil de remover que los cementos a base de resina epoxi (40, 41, 42,). Hallazgos similares obtenidos en este estudio ya que todos los cementos biocerámicos evaluados EndoSequence, CeraSeal y Kerr obtuvieron menor volumen (cm^3) de cemento restante después de

aplicar métodos complementarios de limpieza que AH Plus. El cemento que obtuvo mejores resultados durante su eliminación fue EndoSequence seguido de Kerr, CeraSeal y finalmente AH Plus con mayor cantidad de cemento restante sobre todo en el tercio apical.

Crozeta BM y colaboradores en el 2021 publicaron un estudio acerca de la evaluación de técnicas adicionales (puntas ultrasónicas y XP-endo Finisher R) para remover materiales de obturación de conductos radiculares ovalados durante el retratamiento endodóntico. Se encontró que el BC Sealer dejó menos residuos ($16,06 \pm 14,34$) que el AH Plus ($28,30 \pm 10,54$). Las puntas ultrasónicas fueron efectivas para ambos materiales, mientras que XP-endo Finisher R solo lo fue para AH Plus. En resumen, aunque las técnicas ayudaron, ninguna eliminó completamente los rellenos, destacando las puntas ultrasónicas como opción preferida, especialmente para materiales biocerámicos. (27). Resultados similares a los observados en este estudio, AH Plus fue el cemento que dejó más residuos (50.74 ± 25.91) que EndoSequence BC Sealer (18.56 ± 9.80) especialmente con el método de limpieza complementario SClean. Además, ninguno de los cementos biocerámicos, ni a base de resina fueron eliminados por completo por ninguna técnica probada

Sinsareekul C y colaboradores en 2022 después de comparar de tres protocolos de limpieza suplementarios para la eliminación de cementos biocerámicos durante el retratamiento concluyeron que XP-endo Finisher R y la irrigación ultrasónica pasiva mostraron una mayor eficacia en comparación con la irrigación por jeringa en la reducción de materiales de obturación residuales después del retratamiento en dientes llenos de raíz con un sellador biocerámico. XP-endo Finisher R fue el método más efectivo en el conducto radicular total y en todos los tercios de la raíz. (39) Resultados similares a los obtenidos en este estudio, la lima SClean tuvo mejores resultados en la eliminación de material en los tres tercios sin importar el tipo de cemento, aunque ninguna de las dos técnicas eliminó por completo el material de obturación. La punta R1 ClearSonic obtuvo mayor volumen de material

residual en el tercio apical, esto puede deberse a la parte activa del instrumento la cual no permite llegar hasta el tercio apical en conductos muy estrechos o curvos en comparación a la lima SClean.

Acerca de la permeabilidad apical recuperada, en esta investigación se logró recuperar la permeabilidad en 86.5% de las 104 muestras evaluadas, aunque no hubo una diferencia significativa entre los métodos complementarios de limpieza SClean y R1 ClearSonic ($p = 0.85$), si observamos mayor número de muestras con permeabilidad apical en las muestras que se les aplicó el método de SClean. Por otra parte, si hubo una diferencia significativa al evaluar la recuperación de la permeabilidad apical entre los cementos evaluados, El cemento AH Plus fue el cemento con más muestras que no se pudo recuperar la permeabilidad apical, en comparación con los cementos biocerámicos ($p < 0.05\%$). Mientras que en las muestras obturadas con EndoSequence se pudo recuperar la permeabilidad apical en todas las muestras. Por el contrario, Oltra y colaboradores en 2017 mostraron que la permeabilidad apical se pudo recuperar en el 100% de las muestras obturadas con AH Plus, mientras que EndoSequence solo pudo recuperar la permeabilidad apical en el 14% de las muestras cuando no se aplicó cloroformo. (47) Jamleh A y colaboradores en el 2023 informó que la permeabilidad apical se recuperó en el 65 % del grupo AH plus y el 75 % del grupo TotalFill BC. Conclusiones afines obtenidas en este estudio. (48)

11. CONCLUSIÓN

Los métodos de limpieza complementarios juegan un papel crucial en mejorar y asegurar la eliminación efectiva del remanente de obturación, especialmente en áreas de difícil acceso y en las paredes de los conductos radiculares. Este aspecto cobra mayor relevancia cuando se utilizan cementos biocerámicos.

Los resultados de esta investigación demuestran que los cementos biocerámicos presentaron una menor cantidad de remanentes residuales al emplearse el método complementario de limpieza SClean, en comparación con el cemento AH Plus. Asimismo, se logró una recuperación exitosa de la permeabilidad apical al utilizar estos cementos biocerámicos, destacando su eficacia en este proceso.

12. PERSPECTIVAS

1. **Aumento de calibres en la primera fase del tratamiento:** Para futuros estudios utilizando el método de evaluación de micro-CT, se sugiere incrementar al menos dos calibres apicales durante la primera fase del retratamiento. Esto permitirá eliminar de manera más precisa el material residual sobretodo en el tercio apical.
2. **Estudios comparativos con otros métodos de limpieza complementaria:** Se recomienda realizar investigaciones comparativas que incluyan diversos métodos de limpieza complementaria. Esto contribuirá a evaluar de manera más exhaustiva la eficacia en la eliminación del remanente de obturación y la recuperación del material, mejorando así las prácticas en el ámbito endodóntico.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod. 1990 Oct;16(10):498-504.
2. Tibúrcio-Machado CS, Michelon C, Zanatta FB, Gomes MS, Marin JA, Bier CA. The global prevalence of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. Int Endod J. 2021 May;54(5):712-735.
3. Kvist T, Hofmann B. Clinical decision making of post-treatment disease. Int Endod J. 2022 Jul 29.
4. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. J Endod. 2009 Jul;35(7):930-7.
5. Zuolo AS, Mello JE Jr, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. Int Endod J. 2013 Oct;46(10):947-53.
6. Ruddie CJ. Nonsurgical endodontic retreatment. J Calif Dent Assoc. 2004 Jun;32(6):474-84.
7. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning, J Endod 1980;6: 9.
8. Silva EJNL, Rover G, Belladonna FG, Herrera DR, De-Deus G, da Silva Fidalgo TK. Effectiveness of passive ultrasonic irrigation on periapical healing and root canal disinfection: a systematic review. Br Dent J. 2019 Aug;227(3):228-234.
9. Crozeta BM, Chaves de Souza L, Correa Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD, Jaramillo DE, Silva RM. Evaluation of Passive Ultrasonic Irrigation and GentleWave System as Adjuvants in Endodontic Retreatment. J Endod. 2020 Sep;46(9):1279-1285.
10. Orłowski NB, Schimdt TF, Teixeira CDS, Garcia LDFR, Savaris JM, Tay FR, Bortoluzzi EA. Smear Layer Removal Using Passive Ultrasonic Irrigation and Different Concentrations of Sodium Hypochlorite. J Endod. 2020 Nov;46(11):1738-1744.

11. Rivera-Peña ME, Duarte MAH, Alcalde MP, Furlan RD, Só MVR, Vivan RR. Ultrasonic tips as an auxiliary method for the instrumentation of oval-shaped root canals. *Braz Oral Res.* 2019 Feb 11;33:e011.
12. Uzunoglu-Özyürek E, Küçükkaya Eren S, Karahan S. Contribution of XP-Endo files to the root canal filling removal: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Aust Endod J.* 2021 Dec;47(3):703-714.
13. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part I: vital pulp therapy. *Int Endod J.* 2018 Feb;51(2):177-205.
14. López-García S, Myong-Hyun B, Lozano A, García-Bernal D, Forner L, Llena C, Guerrero-Gironés J, Murcia L, Rodríguez-Lozano FJ. Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig.* 2020 May;24(5):1749-1759.
15. Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers. *Int J Mol Sci.* 2022 Nov 11;23(22):13914.
16. Oh H, Kim E, Lee S, Park S, Chen D, Shin SJ, Kim E, Kim S. Comparison of Biocompatibility of Calcium Silicate-Based Sealers and Epoxy Resin-Based Sealer on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Materials (Basel).* 2020 20;13(22):5242.
17. Kharouf N, Arntz Y, Eid A, Zghal J, Sauro S, Haikel Y, Mancino D. Physicochemical and Antibacterial Properties of Novel, Premixed Calcium Silicate-Based Sealer Compared to Powder-Liquid Bioceramic Sealer. *J Clin Med.* 2020 25;9(10):3096.
18. Rodríguez-Lozano FJ, López-García S, García-Bernal D, Tomás-Catalá CJ, Santos JM, Llena C, Lozano A, Murcia L, Forner L. Chemical composition and bioactivity potential of the new Endosequence BC Sealer formulation HiFlow. *Int Endod J.* 2020 Sep;53(9):1216-1228.

19. Mann A, Zeng Y, Kirkpatrick T, van der Hoeven R, Silva R, Letra A, Chaves de Souza L. Evaluation of the Physicochemical and Biological Properties of EndoSequence BC Sealer HiFlow. J Endod. 2022 Jan;48(1):123-131.
20. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part I: vital pulp therapy. Int Endod J. 2018 Feb;51(2):177-205.
21. Rodríguez-Lozano FJ, López-García S, García-Bernal D, Tomás-Catalá CJ, Santos JM, Llena C, Lozano A, Murcia L, Forner L. Chemical composition and bioactivity potential of the new Endosequence BC Sealer formulation HiFlow. Int Endod J. 2020 Sep;53(9):1216-1228.
22. Sanz JL, López-García S, Rodríguez-Lozano FJ, Melo M, Lozano A, Llena C, Forner L. Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An in vitro study. Int Endod J. 2022 Oct;55(10):1066-1080.
23. Boerckel J.D., Mason D.E., McDermott A.M. & Alsberg E. Microcomputed tomography: approaches and applications in bioengineering. Stem Cell Research & Therapy. 2014. 5:144
24. Bruker. MicroCT. Compact X-ray micro-CT SkyScan 1174v2 User Manual. Kartuizersweg, Belgium. 2013; 50.
25. Hassan R, Elzahar S. Cleaning Efficiency of XP Finisher, XP Finisher R and Passive Ultrasonic Irrigation Following Retreatment of Teeth Obturated with TotalFill HiFlow Bioceramic Sealer. Eur Endod J. 2022 Jun;7(2):143-149.
26. Romeiro K, de Almeida A, Cassimiro M, Gominho L, Dantas E, Chagas N, Velozo C, Freire L, Albuquerque D. Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. Clin Oral Investig. 2020 Jan;24(1):405-416.
27. Crozeta BM, Lopes FC, Menezes Silva R, Silva-Sousa YTC, Moretti LF, Sousa-Neto MD. Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. Clin Oral Investig. 2021 Mar;25(3):891-899.
28. Rajda M, Miletić I, Baršić G, Krmek SJ, Šnjarić D, Baraba A. Efficacy of Reciprocating Instruments in the Removal of Bioceramic and Epoxy Resin-

- Based Sealers: Micro-CT Analysis. Materials (Basel). 2021 Nov 5;14(21):6670.
29. Arul B, Varghese A, Mishra A, Elango S, Padmanaban S, Natanasabapathy V. Retrievability of bioceramic-based sealers in comparison with epoxy resin-based sealer assessed using microcomputed tomography: A systematic review of laboratory-based studies. J Conserv Dent. 2021 Sep-Oct;24(5):421-434.
30. Zhekov KI, Stefanova VP. Retreatability of Bioceramic Endodontic Sealers: a Review. Folia Med (Plovdiv). 2020 Jun 30;62(2):258-264.
31. Crozeta BM, Silva-Sousa YT, Leoni GB, Mazzi-Chaves JF, Fantinato T, Baratto-Filho F, Sousa-Neto MD. Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems. J Endod. 2016 May;42(5):793-7.
32. Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF Jr. Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. J Endod. 2016 Jul;42(7):1114-9.
33. Ricucci D, Siqueira JF Jr, Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. J Endod. 2009 Apr;35(4):493-502.
34. Zanza A, Reda R, Testarelli L. Endodontic Orthograde Retreatments: Challenges and Solutions. Clin Cosmet Investig Dent. 2023 Oct 24;15:245-265.
35. Kfir A, Tsesis I, Yakirevich E, Matalon S, Abramovitz I. The efficacy of five techniques for removing root filling material: microscopic versus radiographic evaluation. Int Endod J. 2012 Jan;45(1):35-41.
36. Marques da Silva B, Baratto-Filho F, Leonardi DP, Henrique Borges A, Volpato L, Branco Barletta F. Effectiveness of ProTaper, D-RaCe, and Mtwo

- retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material. *Int Endod J.* 2012 Oct;45(10):927-32.
37. Barletta FB, Rahde Nde M, Limongi O, Moura AA, Zanesco C, Mazocatto G. In vitro comparative analysis of 2 mechanical techniques for removing gutta-percha during retreatment. *J Can Dent Assoc.* 2007 Feb;73(1):65.
38. Ajina MA, Shah PK, Chong BS. Critical analysis of research methods and experimental models to study removal of root filling materials. *Int Endod J.* 2022 Mar;55 Suppl 1:119-152.
39. Sinsareekul C, Hiran-Us S. Comparison of the efficacy of three different supplementary cleaning protocols in root-filled teeth with a bioceramic sealer after retreatment-a micro-computed tomographic study. *Clin Oral Investig.* 2022 Apr;26(4):3515-3521.
40. Kim K, Kim DV, Kim SY, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. *Restor Dent Endod.* 2019;44:e18.
41. Alsubait S, Alhathlol N, Alqedairi A, Alfawaz H. A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus. *Aust Endod J.* 2021 Aug;47(2):222-227.
42. Liu H, Lai WWM, Hieawy A, Gao Y, Haapasalo M, Tay FR, Shen Y. Efficacy of XP-endo instruments in removing 54 month-aged root canal filling material from mandibular molars. *J Dent.* 2021 Sep;112:103734.
43. Benetti F, de Azevedo Queiroz ÍO, Oliveira PHC, Conti LC, Azuma MM, Oliveira SHP, Cintra LTA. Cytotoxicity and biocompatibility of a new bioceramic endodontic sealer containing calcium hydroxide. *Braz Oral Res.* 2019;33:e042.
44. Silva EJNL, Canabarro A, Andrade MRT, Cavalcante DM, Von Stetten O, Fidalgo TKDS, De-Deus G. Dislodgment Resistance of Bioceramic and Epoxy Sealers: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2019 Sep;19(3):221-235.

45. Silva EJNL, Cardoso ML, Rodrigues JP, De-Deus G, Fidalgo TKDS. Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. Aust Endod J. 2021 Dec;47(3):690-702.
46. Bueno CR, Valentim D, Marques VA, Gomes-Filho JE, Cintra LT, Jacinto RC, Dezan-Junior E. Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-based sealers. Braz Oral Res. 2016 Jun 14;30(1):S1806-83242016000100267
47. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. Restor Dent Endod. 2017 Feb;42(1):19-26.
48. Jamleh A, Nassar M, Alfadley A, Alanazi A, Alotiabi H, Alghilan M, Alfouzan K. Retreatment of oval-shaped root canals filled with TotalFill bioceramic or AH plus sealer. Sci Rep. 2023 Jun 8;13(1):9357.

14. ANEXOS

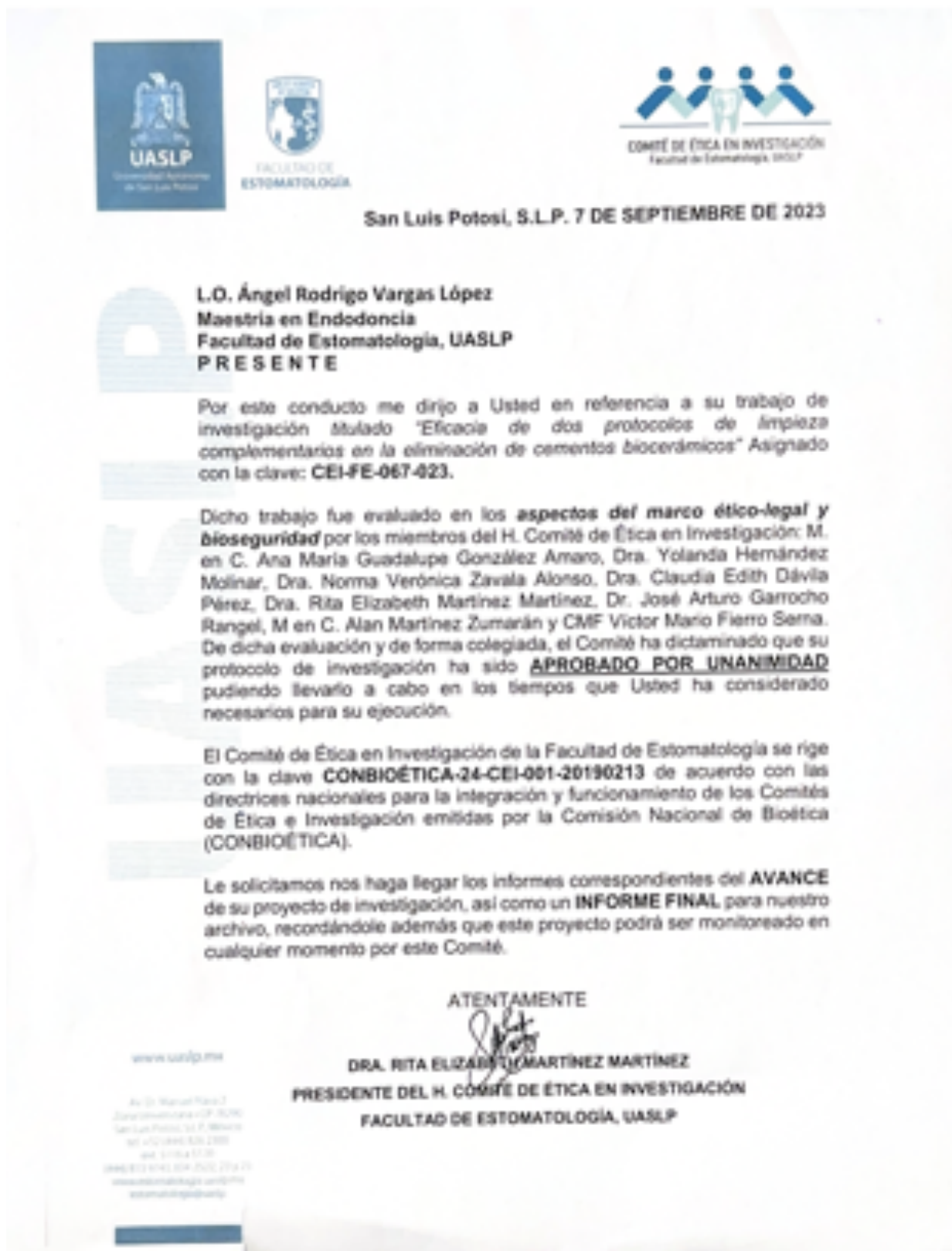


Ilustración 1. Representación radiográfica de aparición de una lesión periapical después del tratamiento endodóntico.....	9
Ilustración 2. Presentación de la punta R1 ClearSonic®.....	12
Ilustración 3. Presentación de la lima SClean®.....	13
Ilustración 4. Presentación del Cemento CeraSeal®.....	15
Ilustración 5. Presentación del cemento EndoSequence®.....	16
Ilustración 6. Representación de cómo funciona el Micro-CT Imagen obtenida en https://www.microphotonics.com/what-is-micro-ct-an-introduction/	18
Ilustración 7. Recolección de las muestras.....	29
Ilustración 8. Decoronación y toma de longitud	30
Ilustración 9. Obturación de las muestras con cono único	31
Ilustración 10. Incubación de las muestras Fraguando en humedad relativa.....	31
Ilustración 11. Primera fase de desobturación.....	32
Ilustración 12. División mediante aleatorización simple en ocho grupos.....	33
Ilustración 13. Proceso de segmentación y reconstrucción 3D (3D Slicer)	36
Ilustración 14. Reconstrucción y segmentación del cemento Endosequence a) SClean y b)R1 ClearSonic	38
Ilustración 15. Reconstrucción y segmentación del cemento CeraSeal a) SClean y b)R1 ClearSonic.....	39
Ilustración 16. Reconstrucción y segmentación del cemento Kerr a) SClean y b)R1 ClearSonic	40
Ilustración 17. Reconstrucción y segmentación del cemento AH Plus a) SClean y b)R1 ClearSonic.....	41
Ilustración 18. Reconstrucción tridimensional de las muestras	50

Tabla 1 Grupos de estudio.....	24
Tabla 2 Descripción de variables.....	28
Tabla 3. Datos de escaneo micro-CT	35
Tabla 4. Prueba de normalidad EndoSequence	37
Tabla 5. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento EndoSequence con 2 métodos de eliminación	37
Tabla 6. Prueba de normalidad CeraSeal.....	38
Tabla 7. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento CeraSeal con 2 métodos de eliminación	39
Tabla 8. Prueba de normalidad Experimental Kerr.....	39
Tabla 9. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento Experimental Kerr con 2 métodos de eliminación	40
Tabla 10. prueba de normalidad AH Plus.....	41
Tabla 11. Prueba no paramétrica de la eliminación del cemento AH Plus con 2 métodos de eliminación	41
Tabla 12 Prueba de normalidad SClean.....	42
Tabla 13. Prueba no paramétrica de la eliminación de los cementos evaluados con el método SClean	43
Tabla 14. Prueba Post hoc comparación entre grupos de cemento y método SClean	45
Tabla 15. Prueba de normalidad R1 ClearSonic	46
Tabla 16. Prueba no paramétrica de la eliminación de los cementos evaluados con el método R1 ClearSonic	47
Tabla 17. Distribución de la permeabilidad apical recuperada	49

Gráfico 1. Distribución de la eliminación del sistema SClean.....	42
Gráfico 2. Distribución de la eliminación del sistema SClean.....	43
Gráfico 3. Correlación de la eficacia de eliminación SClean Volumen cm^3	44
Gráfico 4. Correlación de la eficacia de eliminación SClean Área de superficie mm^2	45
Gráfico 5. Distribución de la eliminación del sistema R1 ClearSonic	46
Gráfico 6. Distribución de la eliminación del sistema R1 ClearSonic	47
Gráfico 7. Correlación de la eficacia de eliminación R1 ClearSonic Volumen cm^3	48
Gráfico 8. Correlación de la eficacia de eliminación R1 ClearSonic Área de superficie mm^2	48
Gráfico 9. Permeabilidad apical recuperada por grupos de cemento y técnicas de limpieza	49