



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

COMPARACIÓN DEL ÁCIDO FÓRMICO
AL 5% Y 10% MÁS ACTIVACIÓN
ULTRASÓNICA EN LA
DESObTURACIÓN DE UN CEMENTO A
BASE DE SILICATO DE CALCIO:
ESTUDIO TOMOGRÁFICO IN VITRO.

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRA EN ENDODONCIA

SHIRLEY VANESSA GRANADOS LAURA

LIMA – PERÚ

2024

ASESORA

Mg. Carmen Rosa García Rupaya

CO ASESOR

Mg. Carlos Yuri Liñán Durán

JURADO DE TESIS

MG. CESAR AUGUSTO AVALOS DIANDERAS

PRESIDENTE

MG. MARGARITA VEGA YSLACHIN

VOCAL

DR. JOHN ALEXIS DOMÍNGUEZ

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A mi mamá Violeta.

AGRADECIMIENTOS.

Al Centro Dental Docente de la UPCH y al servicio de Estomatología del Hospital

Santa Rosa por la donación de dientes.

Al Esp. Iván Pérez Lip por su asesoría para la evaluación de las imágenes

tomográficas.

Al Laboratorio de Investigación en Salud Oral de la Facultad de Estomatología de

la UPCH.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Financiada por el Fondo de Apoyo a la Investigación 2024 de la UPCH

DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	13	NOVIEMBRE	2024
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO	GRANADOS LAURA SHIRLEY VANESSA		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN ENDODONCIA		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	2023		
TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO	“ COMPARACIÓN DEL ÁCIDO FÓRMICO AL 5% Y 10% MÁS ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA EN LA DESOBTURACIÓN DE UN CEMENTO A BASE DE SILICATO DE CALCIO: ESTUDIO TOMOGRÁFICO IN VITRO.”		
MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO	Tesis		
Declaración del Autor El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	993468425		
E-mail	shirley.granados@upch.pe		



Firma del Egresado
DNI 46927124

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN
ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	4
III.	HIPÓTESIS	5
IV.	MARCO TEÓRICO	6
V.	METODOLOGÍA.....	14
V.	RESULTADOS	21
VI.	DISCUSIÓN	25
VII.	CONCLUSIONES	29
VIII.	RECOMENDACIONES	29
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
X.	ANEXOS	

RESUMEN

Objetivo: Comparar el ácido fórmico al 5% y 10% más activación ultrasónica en la desobturación de un cemento a base de silicato de calcio mediante tomografía computarizada de haz cónico. **Metodología:** Se obturaron 33 raíces de premolares inferiores con técnica de cono único y cemento sellador AH Plus Biocerámico. Para la desobturación, luego de la instrumentación mecanizada con Reciproc R40, se dividió aleatoriamente en tres grupos: ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica, ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica e hipoclorito de sodio al 2% más activación ultrasónica; la activación ultrasónica se hizo con Ultra X. La evaluación de volumen de material desobturado se hizo mediante tomografía computarizada de haz cónico y el programa ITK-SNAP. Se empleó la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de grupos y la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas para comparar los dos porcentajes de material desobturado.

Resultados: El ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica logró el $98.47\% \pm 2.53\%$ de volumen de material desobturado; el ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica, el $96.26\% \pm 5.75\%$ y el hipoclorito de sodio al 2% más activación ultrasónica, $99.32\% \pm 0.95\%$; sin diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos ($p > 0.05$). Se observó un incremento en el porcentaje de volumen de material desobturado, estadísticamente significativo en cada grupo ($p < 0.05$), después de complementar con ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica que después de solo la instrumentación mecanizada. **Conclusión:** El ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica consigue similar volumen de material desobturado que el ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica y que el hipoclorito de sodio al 2% más activación ultrasónica.

PALABRAS CLAVES

cemento de silicato, formiatos, retratamiento, tomografía computarizada de haz cónico (DECS/BIREME)

ABSTRACT

Objective: To compare 5% and 10% formic acid with ultrasonic activation to remove calcium silicate-based cement by cone beam computed tomography.

Methodology: 33 lower premolar roots were filled with the single-cone technique and AH Plus Bioceramic sealer. For the removal, after mechanized instrumentation with Reciproc R40, the group was randomly divided into three groups: 5% formic acid with ultrasonic activation, 10% formic acid with ultrasonic activation, and 2% sodium hypochlorite with ultrasonic activation; ultrasonic activation was performed with Ultra X. The volume of removed material was assessed using cone beam computed tomography and the ITK-SNAP program. The Kruskal-Wallis test was used to compare groups, and the Wilcoxon test for related samples was used to compare the two percentages of removed material. **Results:** 5% formic acid with ultrasonic activation achieved $98.47\% \pm 2.53\%$ of filling material removed; 10% formic acid with ultrasonic activation, $96.26\% \pm 5.75\%$, and 2% sodium hypochlorite with ultrasonic activation, $99.32\% \pm 0.95\%$; with no statistically significant difference between the three groups ($p > 0.05$). A statistically significant increase in the percentage of filling material removed was observed in each group ($p < 0.05$) after supplementing with formic acid or sodium hypochlorite plus ultrasonic activation than after mechanized instrumentation alone. **Conclusion:** 5% formic acid with ultrasonic activation achieves a similar volume of unfilled material as 10% formic acid with ultrasonic activation and 2% sodium hypochlorite with ultrasonic activation.

KEY WORDS

cone-beam computed tomography, formates, retreatment, silicate cement
(MeSH/NLM)

I. INTRODUCCIÓN

El retratamiento no quirúrgico del conducto radicular suele ser la primera opción después del fracaso del tratamiento de conducto (1). Tiene por objetivo eliminar todo el contenido de los conductos radiculares previamente tratados para limpiar, dar forma y volver a obturar adecuadamente; se logra utilizando medios mecánicos y químicos (2). Los microorganismos y los materiales de obturación residuales podrían afectar el resultado final del retratamiento, por lo que resulta importante eliminar la mayor cantidad de material. Sin embargo, ninguna técnica logra este objetivo; lo que puede estar relacionado a factores como el tipo de cemento sellador utilizado para la obturación (3), entre los que se encuentran los cementos selladores a base de silicato de calcio.

Los cementos selladores a base de silicato de calcio tienen, entre otras ventajas, la capacidad de crear una unión con la dentina para formar hidroxiapatita, y de penetrar en los túbulos dentinarios. Se utilizan principalmente con la técnica de obturación de cono único, lo que significa que el porcentaje de cemento sellador es mayor en comparación con otras técnicas. Estos factores de unión a la dentina y la cantidad de cemento, hacen que eliminar por completo estos selladores de los conductos radiculares sea un desafío a pesar de su creciente adopción (4), y en comparación con otros selladores como el AH Plus de tipo resinoso (5).

Durante la desobturación, los solventes orgánicos para disolver la gutapercha no pueden disolver los cementos selladores a base de silicato de calcio porque son más resistentes. Es por ello que, Garrib & Camilleri (4) propusieron el uso de ácido fórmico al 10% para facilitar su remoción, ya que este ácido al 10% es usado para desmineralizar dentina (6) y, en mayor concentración, para disolver el cemento

Portland en la industria de la construcción que también contiene silicato de calcio en su composición (4,7). El ácido fórmico se enfoca en la disolución química de este tipo de sellador mediante la formación de formiato de calcio a partir de su reacción con el silicato de calcio, el cual es una sal fácilmente soluble (7), y sin dañar la estructura dentinaria según los dos estudios in vitro que emplearon el ácido fórmico al 10%; el de Garrib & Camilleri donde lograron una desobturación de alrededor de 95% (4) y de Rezaei et al. donde lograron la permeabilidad de conductos en el 100% de los casos (2). Por otro lado, se conoce el potencial citotóxico del ácido fórmico al ser capaz de producir hipoxia al inhibir la cadena respiratoria mitocondrial (8). Sin embargo, este efecto está relacionado con la concentración a la que se emplee; por ejemplo, se puede usar en la industria cosmética a una concentración máxima de 0.5%; pero han sido reportados casos de quemaduras por contacto con piel y ojos a concentraciones mayores al 80% (9); asimismo se menciona que los humanos metabolizan más lento el ácido fórmico que los animales estudiados, por lo que pueden ser más sensibles a su toxicidad y se debe tener precaución con su exposición sistémica (10). Debido a que se desconoce la seguridad de este ácido en la desobturación de conductos, se deben seguir estudiando concentraciones menores a la ya reportada del 10% que obtengan resultados similares.

Adicionalmente, se sabe que adicionar técnicas complementarias como el empleo de la activación ultrasónica pueden favorecer la desobturación en dientes obturados con este tipo de cemento sellador (5,11), debido a que el inserto ultrasónico oscilante genera una transmisión acústica dentro de la solución de irrigación que produce una acción hidrodinámica que puede mejorar la remoción

de los materiales de obturación, en especial los que están obstruidos en las áreas donde no pueden alcanzar las limas (11),

Sobre la evaluación de la desobturación de conductos radiculares, se puede emplear tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) mediante el uso de programas que permiten cuantificar la medición volumétrica; el volumen del material de obturación radicular residual se puede calcular como un porcentaje del volumen inicial del material de obturación (12).

Se conoce la efectividad del ácido fórmico al 10% para la desobturación de cementos selladores a base de silicato de calcio por los dos estudios in vitro previos mencionados (2,4). Así mismo, del beneficio que conlleva el uso de activación ultrasónica (11). Sin embargo, no se encuentran estudios que empleen porcentajes menores de ácido fórmico ni estudios que le adicionen el uso de activación ultrasónica, que podrían tener el mismo resultado con la ventaja de tener menor exposición al ácido y plantear su uso futuro de forma más segura en pacientes, al reducir su potencial citotóxico con un mejor costo beneficio. Se propone reducir la concentración propuesta por Garrib & Camilleri (4) del ácido fórmico al 10% a un 5% adicionando la activación ultrasónica. El propósito del estudio fue comparar el ácido fórmico al 5% y 10% más activación ultrasónica en la desobturación de un cemento a base de silicato de calcio, empleando tomografía computarizada de haz cónico. Por lo anteriormente descrito, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿El ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica logrará similar desobturación que el ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica de un cemento a base de silicato de calcio?

II. OBJETIVOS

Objetivo general:

Comparar el ácido fórmico al 5% y 10% más activación ultrasónica en la desobturación de un cemento a base de silicato de calcio mediante tomografía computarizada de haz cónico.

Objetivos específicos:

1. Comparar el porcentaje de material desobturado con ácido fórmico al 5%, ácido fórmico al 10% e hipoclorito de sodio al 2%, más activación ultrasónica, de un cemento a base de silicato de calcio.
2. Comparar el porcentaje de material desobturado por pares entre grupos después del ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica.
3. Comparar el porcentaje de material desobturado después de la instrumentación mecanizada y después de emplear ácido fórmico al 5%, ácido fórmico al 10% e hipoclorito de sodio al 2%, más activación ultrasónica.

III. HIPÓTESIS

El ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica logra similar desobturación que el ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica de un cemento a base de silicato de calcio.

IV. MARCO TEÓRICO

Retratamiento

Según el Glosario de Términos Endodónticos de la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), se define como: “Un procedimiento para eliminar los materiales de relleno del conducto radicular del diente, seguido de la limpieza, conformación y obturación de los conductos”(13). Se calcula que la tasa de éxito del retratamiento no quirúrgico está entre 78% y 87% (14,15). En este tratamiento, es fundamental remover la mayor cantidad de material de relleno ya que el material residual puede almacenar microorganismos que comprometan el éxito del tratamiento (16,17). Además, estos residuos pueden interferir con la adhesión del nuevo material de obturación y afectar sus propiedades de sellado (18). Por lo tanto, evaluar la cantidad de material desobturado puede ser un indicador del pronóstico del retratamiento.

Según la revisión sistemática de Rossi-Fedele & Ahmed del 2017 refieren que no se logra la eliminación completa de material de relleno con diferentes protocolos de instrumentación. Los valores porcentuales totales medios de material residual variaron entre 43,9% y 4,5% hasta 0,02%, con la gran mayoría de estudios que informan valores inferiores al 10% (19). Solomonov et al. sugirieron un valor de material residual del 0,5% como punto de corte para una "limpieza eficaz del conducto" (20), pero esto depende de varios aspectos, como la morfología del conducto radicular y la ubicación del material residual.

Yang et al. (3) mencionan que se puede conseguir un incremento en la remoción de material residual con métodos suplementarios como el empleo de activación

ultrasónica del irrigante o limas XP Endo Finisher R. Sin embargo, hay que considerar factores como diferencias anatómicas, el tipo de cemento sellador del conducto radicular y los procedimientos iniciales de retratamiento.

Activación ultrasónica

Los dispositivos ultrasónicos fueron introducidos por primera vez en Endodoncia por Richman en 1957 para el desbridamiento de los conductos radiculares y las retro preparaciones de los ápices radiculares (21). Actualmente se utiliza en diferentes pasos del tratamiento de conducto como el acceso cameral, localización de conductos calcificados, remoción de cálculos pulpaes, condensación de gutapercha, cirugía endodóntica, entre otros (22). Otro de sus usos, es la activación ultrasónica de irrigantes durante el tratamiento de conducto para facilitar el proceso de limpieza, aumentar la desinfección del conducto y eliminar la capa de barrillo dentinario (23). También, se ha informado sobre el uso de ultrasonido para fines de retratamiento, y los estudios sugieren que el uso adicional de irrigación ultrasónica pasiva (*PUI*) mejora la eliminación de materiales de obturación (5,24,25). El término “pasiva” hace referencia a que no se hace una instrumentación simultánea; sin embargo, no describe con precisión el proceso, que en realidad es activo. La *PUI* se fundamenta en la transmisión de energía acústica desde una lima oscilante o un alambre liso hacia un irrigante en el conducto radicular. Esta energía se transmite a través de ondas ultrasónicas y puede provocar la transmisión acústica y la cavitación del irrigante, llevándose a cabo después de que el conducto radicular ha sido preparado hasta la lima maestra (26). Según Van Der Sluis, la activación ultrasónica del hipoclorito del sodio (NaOCl) al 2% en 3 ciclos de 20 segundos con lavado intermitente es eficaz para eliminar restos de debris dentinario del conducto

radicular (23). La *PUI* clásica se hace a una frecuencia de 28-32 kHz, que están más allá del límite de la audición humana. Se ha desarrollado un equipo de ultrasonido portátil para la activación ultrasónica de irrigante llamado Ultra X (Eighteeth, China) que tiene una frecuencia de 45 kHz, esta frecuencia más alta podría mejorar su eficacia para la limpieza del conducto radicular (27).

Cementos a base de silicato de calcio

Los cementos a base de silicato de calcio, también llamados biocerámicos o hidráulicos son un grupo de materiales que se hidratan en contacto con el agua y también interactúan con los fluidos ambientales. Su componente principal es el silicato tricálcico (28). Cuando el silicato tricálcico reacciona con el agua, forma hidrato de silicato de calcio e hidróxido de calcio. El hidrato de silicato de calcio es responsable de formar la matriz del cemento, mientras que el hidróxido de calcio se lixivia e interactúa con el entorno en el que se coloca el material, resultando además en un pH alcalino (29). La interacción del hidróxido de calcio con el entorno clínico y la mejora de las propiedades del material en contacto con la humedad hacen que este tipo de cementos sean únicos (28). Según Camilleri, el término más adecuado es cemento hidráulico y para ser clasificado como tal, la reacción primaria debe ser una reacción de hidratación; también planteó una clasificación según el uso clínico y composición, en la que los cementos selladores de conducto estarían dentro del grupo intrarradicular (30). Otros autores como Prati y Sfeir sugieren llamarlos “cementos a base de silicato de calcio” o “sellador a base de silicato de calcio” debido a su composición química (31,32), y es la terminología que se usará en el presente estudio. La presentación de los cementos a base de silicato de calcio

selladores de conducto puede ser en polvo-líquido o en jeringa única en la que el fraguado se producirá en contacto con los fluidos dentinarios.

Entre las propiedades de los cementos selladores a base de calcio están la biocompatibilidad, capacidad de crear un enlace con la dentina para formar hidroxiapatita y propiedades antibacterianas (32,33), por lo que cada vez son más utilizados en la actualidad. También tienen una buena estabilidad dimensional con una expansión menor a 1%, por lo que se sugiere su uso con la técnica de obturación de cono único; según la norma ISO 6876/2001 no se debe superar el 1% de contracción o el 0,1% de expansión (32,34). Entre las desventajas, se menciona que su solubilidad es mayor, frecuentemente por encima del 10%, en comparación con los selladores a base de resina epoxi; aunque este valor depende de las condiciones experimentales, y es un tema que aún no ha sido aclarado. Según la norma ISO 6876/2012, la solubilidad de los cementos debe ser menor a 3% de pérdida de peso después de la inmersión en agua (35).

Debido a que estos cementos son duros al fraguar, crean cristales de hidroxiapatita en su interfaz con la dentina y son capaces de penetrar los túbulos dentinarios (32), algunos estudios señalan que su retratamiento es más difícil que otros tipos de selladores, como el de Oltra et al. (36) que encontraron que remover EndoSequence BC Sealer fue más difícil que AH Plus y no se alcanzó la permeabilidad del conducto en el 14% de los casos; mientras que otros como el de Donnermeyer et al. señalan que la remoción de los cementos a base de silicato de calcio fue mejor que AH Plus. Una revisión sistemática del 2021 (37) menciona que aún no hay una conclusión definitiva sobre este tema, debido a que en los estudios hay diferencias metodológicas, diferentes marcas de cementos empleados y diferentes tipos de

dientes. Sin embargo, se ha demostrado, que la remoción de estos cementos a base de silicato de calcio mejora empleando métodos complementarios como el uso de limas XP Endo finisher R (25,38) y la activación ultrasónica (5,16).

AH Plus Biocerámico (Dentsply Sirona, EEUU) es un nuevo cemento sellador premezclado a base de silicato de calcio. Según la información del fabricante, tiene un fraguado rápido, alta resistencia al lavado y radiopacidad; es seguro y biocompatible; y no decolora el diente. En el estudio de Souza et al. del 2024 se encontró que tiene un tiempo de fraguado inicial de 413 ± 2 minutos (6,88 horas) y final de $1025 \pm 1,15$ minutos (17,08 horas), significativamente más corto que AH Plus (inicial de 9,33 horas y final de 19,78 horas) y Endosequence BC Sealer (inicial de 19,85 horas y final de 23,67 horas), probablemente debido a la presencia de carbonato de litio; asimismo que su radiopacidad es mayor que Endosequence BC Sealer por su alto contenido de dióxido de circonio. También se encontró que AH Plus Biocerámico es más soluble que AH Plus pero sin diferencia respecto a Endosequence BC Sealer, además de tener un pH alcalino >10 y mantener una viabilidad celular de fibroblastos mayor que AH Plus; concluyendo que tiene las propiedades necesarias para ser considerado un buen cemento sellador (39). Estudios como el de Donnermeyer et al. menciona, además, que se puede emplear con técnica de obturación caliente (40).

Ácido fórmico

También conocido como ácido metanoico, con la fórmula química HCOOH , es un líquido incoloro, corrosivo y con un olor intenso. Es completamente miscible en agua y en muchos disolventes polares como el etanol y la acetona, aunque solo se

mezcla parcialmente con hidrocarburos. Se considera un ácido orgánico débil (pKa 3,7) (9). Su nombre proviene de las hormigas (lat. *Formica*) de las cuales se aisló por primera vez mediante destilación seca. El ácido fórmico y sus sales se utilizan principalmente en la industria de piensos, el ensilado de hierba, el curtido de cuero y como anticongelante. Otras aplicaciones incluyen el teñido y acabado de textiles, aditivos alimentarios, caucho natural, fluidos de perforación y diversos procesos químicos. Se produce principalmente a través de la hidrólisis de formiato de metilo, siendo la acidólisis de sales de formiato otro método importante. Según el Reglamento Europeo N° 1272/2008 es clasificado como corrosivo cutáneo 1A en concentraciones $\geq 90\%$; 1B entre 10 y 90%, e irritante ocular y dérmico entre 2 y 10% (41).

Garrib & Camilleri el año 2020 (4) en un estudio in vitro emplearon el ácido fórmico al 10 y 20 % por 5 y 10 minutos, junto con instrumentación mecanizada, para el retratamiento de dientes obturados con Totalfill BC Sealer (FKG) y gutapercha, encontrando que el ácido fórmico al 10% empleado por 5 min no dañó la dentina pero sí se afectó la integridad del cemento sellador, alcanzando una desobturación de alrededor del 95%, además de la patencia y restablecimiento de la longitud de trabajo, además mencionan que 5 minutos de contacto es razonable para usarlo clínicamente. El ácido fórmico se ha estudiado también en la disolución del cemento Portland de la industria de la construcción, que también tiene silicato de calcio en su composición. Al reaccionar el silicato con el ácido fórmico, se forma una sal o formiato de calcio que es fácilmente soluble, siendo este el factor principal que controla la disolución (7). Rezaei et al. el año 2023 (2) estudiaron diferentes solventes para lograr la permeabilidad de conductos obturados con gutapercha y

EndoSequence BC Sealer (Brasseler USA, Savannah, GA), entre ellos el ácido fórmico al 10% empleado en una cantidad de 0,3 ml por 2 minutos dentro del conducto radicular logrando la permeabilidad en todos los conductos con este solvente, además limpió los túbulos dentinarios con el mínimo de erosión y debris presente.

Tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) y microtomografía computarizada (micro TC)

Actualmente, la evaluación de la cantidad de material residual se hace con TCHC y micro TC (12). Ambas son herramientas que no son destructivas y permiten mediciones tridimensionales precisas para la evaluación de material de obturación. (11)

La TCHC es una técnica de imágenes tomográficas en la que los rayos X son divergentes y forman un cono, el voxel es generalmente isotrópico en un tamaño entre 70 y 400 μm (42). Tiene como ventajas la accesibilidad, disminución del tiempo de examen, no daña la muestra y posibilidad de examinar la raíz en diferentes planos (43). Sin embargo, debido a los artefactos generados por los materiales de relleno, la TCHC puede sobreestimar la proporción de vacíos y aumentar los volúmenes reales (44)(45).

La micro TC es una herramienta que captura imágenes con una resolución a escala micrométrica con un tamaño de voxel menor a 40 μm . Es una tecnología ya establecida de valor probado para la endodoncia experimental, como la evaluación cuantitativa de material residual. Al igual que en la TCHC, la evaluación también se puede ver afectada por la alta densidad de los materiales de relleno. Tiene un

grado significativo de complejidad técnica que requiere una curva de aprendizaje pronunciada y un conocimiento profundo de software específico para obtener imágenes de alta calidad (18). Sus desventajas son: el costo, el consumo de tiempo (46) y falta de accesibilidad en el medio peruano.

V. METODOLOGÍA

V.1. Diseño del estudio: Experimental in vitro

V.2. Población: Dientes premolares inferiores extraídos.

V.3. Muestra: El tamaño de muestra fue calculado a partir de un estudio piloto con 3 especímenes por grupo, utilizando el programa Epidat 4.2 mediante la fórmula de comparación de medias independientes con los siguientes parámetros: nivel de confianza 95% y potencia 80%; obteniéndose 11 especímenes por grupo, 33 en total.

V.4 Criterios de selección: Dientes premolares inferiores extraídos por motivos periodontales u ortodónticos, conducto único, curvatura $< 10^\circ$ usando el método de Schneider (47), raíces completamente formadas, sin tratamiento endodóntico previo, sin calcificaciones ni reabsorciones internas o externas.

V.5 Variables:

- Independiente:

Técnica de desobturación. Es la técnica que incluye instrumentación mecanizada, sustancia experimental y activación ultrasónica para remover el material de obturación. Es una variable de tipo cualitativa en escala nominal. Tiene 3 valores:

- Ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica
- Ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica.
- Hipoclorito de sodio al 2% más activación ultrasónica. (grupo control)

- Dependiente:

Material desobturado. Son los restos de gutapercha y cemento removidos luego del empleo de una técnica de desobturación. Se define como la diferencia del volumen de material obturado y material residual. Se midió mediante el cálculo del porcentaje de material desobturado, a partir del volumen obtenido con tomografía computarizada de haz cónico. Es una variable cuantitativa, en escala de razón, donde los valores son en porcentaje.

El cuadro de operacionalización de variables se puede ver en el anexo 1 (**Anexo 1**).

V.6 Procedimientos y técnicas

Recolección y preparación de la muestra

El presente estudio fue revisado y aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIEI-464-43-23) (**Anexo 2**). Se utilizaron dientes premolares inferiores humanas extraídos por motivos ortodónticos o periodontales que fueron donados por el Servicio de Cirugía Maxilofacial, Odontopediatría y Periodoncia del Centro Dental Docente de la UPCH, y del Servicio de Odontología del Hospital Santa Rosa.

Posterior a la exodoncia, los dientes fueron desinfectados con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 4% (Clorox), luego se eliminó el sarro con ultrasonido (AS2000, NSK) (48), y finalmente fueron conservados en agua destilada (27,49) en frascos con tapa máximo por 3 meses antes del estudio (25) y recambios cada 2 días.

Se seleccionaron los dientes premolares inferiores que cumplieron con los criterios de selección. La presencia de conducto único, curvatura $<10^\circ$ y calcificación se

comprobó mediante radiografía digital (NanoPix 2, Eighteeth, China) en sentido mesiodistal y oclusolingual. A continuación, se cortaron las coronas con fresa diamantada cilíndrica grano medio (KG Sorensen, Brasil), se estandarizó la longitud radicular a 14 mm y se codificaron los dientes en números consecutivos (**Anexo 3**).

Para cada diente se permeabilizó el conducto con una lima tipo K #10 (Dentsply Maillefer, Suiza) y se estableció la longitud de trabajo a 1 mm del foramen apical. Luego, siguiendo las indicaciones del fabricante, se comprobó que una lima tipo K # 20 alcanzara pasivamente la longitud de trabajo para poder utilizar la lima R40 (40/.06) del sistema mecanizado recíprocante de aleación *M-Wire* Reciproc (VDW, Alemania) para poder realizar la instrumentación mecanizada con un motor endodóntico (Motopex, Woodpecker, China) en el programa “Reciproc” e irrigación con 6 ml por 1 min de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 2%; al finalizar, se irrigó con 5 ml por 3 min de EDTA 17% (Maquira, Brasil) y 5 ml por 3 min de solución salina a 1mm de la longitud de trabajo (4) con una aguja de calibre 30 G. Se utilizó una lima nueva cada 3 conductos (50).

Obturación

Después de secar los conductos con puntas de papel, los dientes fueron obturados con la técnica de cono único con un cono de gutapercha R40 (VDW, Alemania) y cemento sellador AH Plus Biocerámico (Dentsply Sirona, EEUU) hasta el nivel de la longitud de trabajo. El exceso de gutapercha se cortó con un inserto 50/0.05 del equipo de desobturación termoplástico (Fast Pack, Eighteeth, China) y se realizó compactación vertical en frío, dejando los últimos 2 mm libres para el posterior sellado con resina. La calidad de la obturación fue verificada mediante una

radiografía digital (NanoPix 2, Eighteeth, China). La cavidad pulpar se limpió con algodón humedecido ligeramente en alcohol al 70% y el acceso fue restaurado con resina (Filtek Z350 XT, 3M ESPE) para proporcionar un sellado hermético. La muestra fue almacenada a 37° C al 100% de humedad en agua destilada por una semana en una incubadora del Laboratorio de Investigación en Salud Oral de la Facultad de Estomatología de la UPCH (**Anexo 4**).

Luego de la semana de almacenamiento, los dientes fueron colocadas en grupos de cinco en bases de silicona de condensación (Zetalabor, Zhermack, Italia) con forma de cubo de 5 x 3 cm y se realizó el primer escaneo tomográfico para calcular el volumen de material obturado (**Anexo 5**). Se confirmó que cada grupo tuvo una distribución normal del volumen de material obturado, sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos con la prueba de ANOVA ($p= 0,654$). (**Anexo 6**)

Desobturación con instrumentación mecanizada

Después de una semana, se retiró la resina y luego la gutapercha coronal con un inserto 50/0.05 del equipo de desobturación termoplástico (Fast Pack, Eighteeth, China); el resto de gutapercha se retiró con la lima R40 del sistema Reciproc (VDW, Munich, Germany) e irrigación con NaOCl al 2% teniendo como parámetro hasta que la lima R40 alcance la longitud de trabajo y se consiga la permeabilidad del foramen con una lima tipo K #15; para finalizar se secó con puntas de papel. Se utilizó una lima nueva cada 3 conductos (50) (**Anexo 7**).

Se realizó el segundo escaneo tomográfico para calcular el volumen de material residual después de la desobturación con instrumentación mecanizada. Se comprobó estadísticamente que los grupos no tuvieron distribución normal y que

no hubo diferencia estadísticamente significativa entre ellos con la prueba de Kruskal Wallis ($p= 0,093$). (**Anexo 8**)

Complementación con el uso de ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica

Luego, la muestra fue distribuida en tres grupos del mismo tamaño usando la función ALEATORIO.ENTRE de Excel: ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica, ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica e hipoclorito de sodio al 2% más activación ultrasónica, siendo el último el grupo control. Para la activación ultrasónica pasiva se empleó el inserto *Gold* (0.20, conicidad 2%, 18mm) del ultrasonido portátil Ultra X (Eighteeth, China), a una frecuencia preestablecida según fabricante de 45 kHz, a 2 mm de la longitud de trabajo. Se llevó pasivamente al conducto, intentando mantenerlo centrado con suaves movimientos pendulares hacia las áreas polares. El ácido fórmico (Merck, Laboratorio de Ciencias e Ingeniería de UPOCH) y el hipoclorito de sodio se utilizaron en cantidad de 0.3 ml por 2 min (2) seguido de activación ultrasónica en 3 ciclos de 20 segundos (23,25). Se hizo una irrigación final con 3 ml de hipoclorito de sodio al 2% durante 1 min y 3 ml de solución salina durante otro minuto (4) (**Anexo 9**).

Se realizó el tercer escaneo tomográfico para calcular el volumen de material residual después del uso de ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica.

Análisis tomográfico

Las raíces fueron escaneadas con el tomógrafo Planmeca Promax 3D CBCT Scanner (Planmeca, Helsinki, Finlandia) que permitió obtener imágenes con un voxel isotrópico de tamaño de 75 μm con un filtro de cobre con 2,5 de aluminio.

Los otros parámetros fueron: voltaje de 90 kV, FOV de 5cm y 6.3 mA, 15 segundos de exposición y 360° de rotación.

Las imágenes, en formato Dicom, se exportaron con un tamaño de voxel de 0.15 µm para ser evaluadas en el programa ITK-SNAP 4.0 (51). Este programa tiene una herramienta para la segmentación semiautomática llamada *Snake*, que se distingue por ajustar su tamaño según las condiciones de contraste del entorno. Esto permite que el área se expanda mientras calcula el gradiente de los vóxeles más cercanos, que en este caso serían del material obturado y residual. Luego de seleccionar esta herramienta, se eligió el modo *Thresholding* a una intensidad mínima de 2600 HU para identificar el material hiperdenso del interior de los conductos con la herramienta *Bubble*, permitiendo obtener el volumen de material obturado y residual en mm³ en la pestaña *Volumes and statistics* (**Anexo 10**).

El porcentaje de material desobturado se calculó a partir del volumen obturado del primer escaneo tomográfico y del volumen de material residual del segundo o tercer escaneo tomográfico, siguiendo la fórmula: Porcentaje de material desobturado = $(\text{volumen obturado}_1 - \text{volumen residual}_{2 \text{ o } 3}) / \text{volumen obturado}_1 \times 100$ (5).

Se realizó un simple ciego, pues las mediciones de volumen fueron realizadas por un único investigador (SG) quien desconocía a qué grupo pertenecía cada espécimen.

Capacitación y calibración para el análisis tomográfico

Previamente al análisis tomográfico, se realizó una capacitación con un especialista en Radiología Oral y Maxilofacial, y la medición de la confiabilidad intraobservador mediante el coeficiente de correlación intraclass (CCI) de 0.9

calculado en el estudio piloto, mediante mediciones en dos momentos con una semana de diferencia.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con StataSE 18 (StataCorp, College Station, Estados Unidos). El test de Shapiro-Wilk determinó que la muestra no tuvo distribución normal. Por tanto, se usó el test de Kruskal-Wallis para comparar los 3 grupos y la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de pares de grupos. Para la comparación de valor porcentual de material desobturado después de la instrumentación mecanizada y después de emplear ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica en cada grupo se empleó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Se trabajó con un nivel de confianza del 0,95 y nivel de significancia de 0,05.

Consideraciones éticas

Este estudio se realizó luego de recibir la autorización para recibir la donación de dientes del Servicio de Cirugía Maxilofacial, Odontopediatría y Periodoncia del Centro Dental Docente de la UPCH, y del Servicio de Odontología del Hospital Santa Rosa, así como la aprobación de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Facultades de Medicina, de Estomatología y de Enfermería y la posterior aprobación del comité institucional de ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH). No se tuvo contacto con los pacientes, y las piezas dentales fueron extraídas por razones no relacionadas con el estudio, por lo que se desconoce a quién pertenecieron las muestras utilizadas.

V. RESULTADOS

Al comparar los grupos, se encontró que todos alcanzaron un porcentaje de volumen de material desobturado mayor al 96%, sin diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos ($p=0,931$) con la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 1).

Al hacer la comparación por pares entre grupos después de emplear el ácido fórmico al 5%, ácido fórmico al 10% o hipoclorito de sodio al 2%, más activación ultrasónica, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p>0,05$) entre los tres pares con la prueba U de Mann–Whitney (Tabla 2).

Al comparar el porcentaje de material desobturado después de la instrumentación mecanizada y después de complementar con ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica, se observó un incremento en el porcentaje de volumen de material desobturado, estadísticamente significativo en cada grupo ($p=0,003$) (Tabla 3).

Tabla 1. Descripción y comparación de valores porcentuales de material desobturado según técnica de desobturación.

Técnica de desobturación	Valor porcentual de material desobturado				<i>p</i>
	Media	D.E.	Mín.	Máy.	
Ácido fórmico 5% + activación ultrasónica	98,47	2,53	92,52	100	
Ácido fórmico 10% + activación ultrasónica	96,26	5,75	85,13	100	0,931
Hipoclorito de sodio 2% + activación ultrasónica	99,32	0,95	96,78	99,96	

Prueba de Kruskal Wallis, $p < 0.05$. D.E.: desviación estándar

Tabla 2. Comparación de porcentaje de material desobturado de pares entre grupos después de usar ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica.

Grupos	Significancia
1 y 2	0,937
2 y 3	0,985
1 y 3	0,549

Prueba de U Mann Whitney, $p < 0,05$

1: Ácido fórmico 5% + activación ultrasónica

2: Ácido fórmico 10% + activación ultrasónica

3: Solo activación ultrasónica

Tabla 3. Comparación de valor porcentual de material desobturado después de la instrumentación mecanizada y después de complementar con ácido fórmico al 5%, ácido fórmico al 10% e hipoclorito de sodio, más activación ultrasónica, según grupo.

Grupo	Valor porcentual de volumen de material desobturado		
	Instrumentación mecanizada	Ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica	<i>p</i>
	Media ± DE	Media ± DE	
1	93,76 ± 7,05	98,47 ± 2,53	0,003*
2	91,79 ± 6,77	96,26 ± 5,75	0,003*
3	96,10 ± 5,76	99,32 ± 0,95	0,003*

Prueba de Wilcoxon, $p < 0,05$.

1: Ácido fórmico 5% + activación ultrasónica

2: Ácido fórmico 10% + activación ultrasónica

3: Hipoclorito de sodio 2% + activación ultrasónica

VI. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue comparar el ácido fórmico al 5% y 10% más activación ultrasónica en la desobturación de un cemento a base de silicato de calcio mediante tomografía computarizada de haz cónico. Se encontró que no hubo una diferencia estadísticamente significativa al comparar los dos grupos.

Este resultado resalta que el ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica puede ser igual de eficaz que el ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica en la desobturación de un cemento a base de silicato de calcio. El ácido fórmico al 10% fue utilizado previamente por Garrib & Camilleri (4); pero sin la activación ultrasónica. Ellos encontraron que el ácido fórmico al 10% no daña la dentina, por tanto, usarlo al 5% podría ser aún más seguro y conservador. Rezaei et al. (2) también encontraron que el ácido fórmico al 10% es capaz de abrir y limpiar los túbulos dentinarios con el mínimo de debris presente. La eficacia similar de ambas concentraciones puede deberse a que el factor principal que controla la disolución es la solubilidad de la sal de calcio del ácido formada de la reacción del silicato de calcio y el ácido fórmico, y no la fuerza del ácido (4,7,52).

El ácido fórmico es un inhibidor del complejo de citocromo oxidasa de la cadena respiratoria mitocondrial, capaz de producir hipoxia al reducir la producción celular de ATP y provocando citotoxicidad (8); sin embargo, esto está relacionado con la concentración del ácido. Khangura et al. (6) encontraron que los ácidos débiles como el ácido fórmico al 8%, usado como método de descalcificación de dientes, mantuvo buen resultado en cuanto a la integridad de tejidos blandos. También se puede emplear en la industria cosmética a una concentración máxima de 0.5% y alimentaria a una dosis máxima de 0.3mg/kg (9). Por otro lado, han sido

reportados casos de quemaduras en humanos por contacto con piel a concentraciones entre 90% y 98%, e irritante ocular al 80%. En animales, puede ser irritante dermico al 2-3% inyectado intradérmicamente y al 10-12% con parches colocados en piel afeitada de cobayas; también, irritante ocular al 5-6% en conejos (53). Se ha usado ácido fórmico al 85% en ensayos clínicos para el tratamiento de verrugas virales comunes en humanos (54,55). Hacen falta más estudios sobre los efectos y seguridad de este ácido en la desobturación de conductos. Sin embargo, el uso de ácido fórmico al 5% puede ser más alentador.

El AH Plus Biocerámico empleado en el presente estudio está compuesto de dióxido de circonio (50%–75%), silicato tricálcico (5%–15%), dimetilsulfóxido (10%–30%), carbonato de litio (<0,5%) y agente espesante (<6%). Mientras que Rezaei et al. (2) emplearon EndoSequence BC Sealer compuesto de dióxido de circonio (35%–45%), silicato tricálcico (20%–35%), silicato dicálcico (7%–15%), hidróxido de calcio (1%–4%) (56) y, Garrib & Camilleri (4) emplearon TotalFill BC Sealer compuesto de silicato tricálcico (20-35 %), silicato dicálcico (7-15 %) y óxido de circonio (35-45 %) (57). Se ha encontrado que AH Plus Biocerámico puede tener menor resistencia a la compresión (58); además de ser altamente soluble (59,60), aunque según un estudio sin diferencia significativa con EndoSequence BC Sealer (39) ni con TotalFill BC Sealer (40). Esta diferencia en la composición de silicato de calcio entre los tres cementos selladores, la resistencia a la compresión y la solubilidad podrían explicar la eficacia en la desobturación con ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica en el presente trabajo donde se utilizó AH Plus Biocerámico; otro estudio también encontró que la fuerza de adherencia de AH Plus

Biocerámico a las paredes del conducto radicular fue menor que TotalFill BC Sealer (57), lo que pudo facilitar la desobturación.

Adicionalmente, los resultados del presente estudio también hacen énfasis al uso de activación ultrasónica, mostrando un aumento en el porcentaje de material de obturación cuando se combina con ácido fórmico o hipoclorito de sodio, en comparación con la instrumentación mecánica con la lima R40. Crozeta et al. (5) también encontró un mayor porcentaje de volumen de material desobturado luego del empleo de un inserto ultrasónico comparado con solo el uso de instrumentación reciprocante con la lima R50 en conductos obturados con el cemento a base de silicato de calcio BC Sealer (Brasseler USA, Savannah, GA, USA). Similar resultado encontró Madarati et al. (11) con un mayor porcentaje adicionando el uso de activación ultrasónica pasiva que solo el uso de instrumentación rotatoria o reciprocante. La vibración del inserto ultrasónico produce una transmisión acústica dentro de la solución irrigante, que genera el desprendimiento del material de obturación residual (5). Sin embargo, hay estudios que no encontraron ninguna mejora tras la agitación de los irrigantes como hipoclorito de sodio y aceite de naranja (61,62), Esto puede deberse a diferencias en los materiales de obturación, procedimientos de retratamiento y anatomías de los conductos radiculares (11). El ultrasonido también puede generar un aumento en la temperatura (63) que puede alterar la estructura del cemento sellador y facilitar su remoción con la irrigación constante (11).

La TCHC y la micro-TC son herramientas que no son destructivas y permiten mediciones tridimensionales precisas para la evaluación de material de obturación, sin embargo, la micro-TC tiene como desventaja el costo, el consumo de tiempo y

falta de accesibilidad en el medio (11,46). Sobre el método utilizado para medir el porcentaje de material desobturado, se empleó TCHC y el programa ITK-SNAP que permite, mediante la segmentación 3D, obtener el volumen de material residual en mm³, al igual que la micro-TC. Este programa ya fue empleado en otras investigaciones para fines como calcular el volumen de lesiones periapicales (64,65), y segmentar conductos radiculares (66); el presente estudio muestra su utilidad también para evaluar volumen de material de obturación residual de conductos radiculares.

Se podría mencionar como limitaciones, la variabilidad morfológica de los premolares inferiores que dificultan la estandarización del volumen del conducto radicular; así como la dificultad para recolectar el tamaño de muestra que cumpla con las características de los criterios de selección del presente estudio.

Debido a que los grupos estudiados tuvieron un comportamiento similar, se sugiere que se puede lograr un mayor volumen de material desobturado empleando una técnica de retratamiento que incluya el uso de instrumentación mecanizada, la activación ultrasónica y el ácido fórmico en dientes obturados con cemento a base de silicato de calcio, sin embargo, se requiere realizar más estudios en esta línea de investigación.

VII. CONCLUSIONES

1. El porcentaje de material desobturado con ácido fórmico al 5%, ácido fórmico al 10% e hipoclorito de sodio al 2%, más activación ultrasónica, fue similar en dientes obturados con un cemento a base de silicato de calcio.
2. El porcentaje de material desobturado con ácido fórmico al 5% más activación ultrasónica y ácido fórmico al 10% más activación ultrasónica fue similar.
3. El porcentaje de material desobturado después de emplear ácido fórmico al 5%, ácido fórmico al 10% e hipoclorito de sodio al 2%, más activación ultrasónica fue mayor que después de la instrumentación mecanizada.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere hacer estudios que comparen el porcentaje de material desobturado en dientes tratados con diferentes marcas de cementos selladores a base de silicato de calcio.
2. Se sugiere hacer estudios de citotoxicidad del ácido fórmico en diferentes concentraciones en fibroblastos.
3. Se sugiere hacer estudios con microscopia electrónica de barrido para conocer el efecto de la activación ultrasónica del ácido fórmico en las paredes dentinarias.
4. Se sugiere hacer estudios sobre el porcentaje de material desobturado empleando ácido fórmico con concentraciones menores al 5%.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Torabinejad M, White SN. Endodontic treatment options after unsuccessful initial root canal treatment alternatives to single-tooth implants. *J Am Dent Assoc.* 2016;147(3):214–20.
2. Rezaei G, Liu X, Jalali P. Efficacy of different solvents for achieving patency in teeth obturated using bioceramic sealer. *J Endod.* 2023;49(2):219–23.
3. Yang X, Lan J, Ji M, Tsao C, Gao Y, Zou L. Assessment of the effectiveness of supplementary methods for residual filling material removal using micro-computed tomography: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Eur Endod J.* 2022;7(3):178–86.
4. Garrib M, Camilleri J. Retreatment efficacy of hydraulic calcium silicate sealers used in single cone obturation. *J Dent.* 2020;98:103370.
5. 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;25(3):891–9.
6. Khangura AK, Gupta S, Gulati A, Singh S. Tooth decalcification using different decalcifying agents-A comparative study. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2021;25(3):463–9.
7. Pavlik V. Corrosion of hardened cement paste by acetic and nitric acids Part I: Calculation of corrosion depth. *Cem Conc Res.* 1994;24(3):551–62.
8. Zhu BT. Biochemical mechanism underlying the pathogenesis of diabetic

- retinopathy and other diabetic complications in humans: the methanol-formaldehyde-formic acid hypothesis. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*. 2022;54(4):415–51.
9. Johnson W, Heldreth B, Bergfeld WF, Belsito D V., Hill RA, Klaassen CD, et al. Safety assessment of formic acid and sodium formate as used in cosmetics. *Int J Toxicol*. 2016;35(2):41S-54S.
 10. Thompson M, Bucher JR, Burka LT, Chhabra RS, Dieter MP, Elwell MR, et al. NTP Technical Report on Toxicity Studies of Formic Acid (CAS No: 64-18-6) Administered by Inhalation to F344/N Rats and B6C3F1 Mice. *Toxic Rep Ser*. 1992;(19):1-D3.
 11. Madarati AA, Sammani AMN, Alnazzawi AA, Alrahlah A. Efficiency of the new reciprocating and rotary systems with or without ultrasonics in removing root-canals filling with calcium silicate-based sealer (MTA). *BMC Oral Health*. 2023;23(1):1–10.
 12. 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;55(S1):119–52.
 13. Mcclanahan S, Crepps J, Maranga M, Worrell D, Behnia A. The AAE Board of Directors, editors. *Glossary of Endodontic Terms*. 10th ed. Chicago: American Association of Endodontists; 2020. 1–48 p.
 14. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: Part 1: Periapical health. *Int*

Endod J. 2011;44(7):583–609.

15. Sabeti M, Chung YJ, Aghamohammadi N, Khansari A, Pakzad R, Azarpazhooh A. Outcome of contemporary nonsurgical endodontic retreatment: A systematic review of randomized controlled trials and cohort studies. *J Endod*. 2024;50(4):414–33.
16. Lee TY, Kahm SH, Kim KJ, Yang SE. The retrievability of calcium silicate-based sealer during retreatment and the effectiveness of additional passive ultrasonic irrigation: A microcomputed tomographic study. *Scanning*. 2022;2022:3933305.
17. Endo MS, Ferraz CC, Zaia AA, Almeida JF, Gomes BP. Quantitative and qualitative analysis of microorganisms in root-filled teeth with persistent infection: Monitoring of the endodontic retreatment. *Eur J Dent*. 2013;7(3):302–9.
18. Versiani MA, Keleş A. Micro-computed Tomography (micro-CT) in Medicine and Engineering. En: *Micro-computed Tomography (micro-CT) in Medicine and Engineering*. 1st ed. Switzerland: Springer Nature; 2020. p. 183–210.
19. Rossi-Fedele G, Ahmed HMA. Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro-computed tomography: A systematic review. *J Endod*. 2017;43(4):520–6.
20. Solomonov M, Paqué F, Kaya S, Adgüzel Ö, Kfir A, Yigit-Özer S. Self-adjusting files in retreatment: A high-resolution micro-computed

- tomography study. *J Endod.* 2012;38(9):1283–7.
21. Richman, RJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med.* 1957;12:12–8.
 22. Plotino G, Pameijer CH, Maria Grande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A review of the literature. *J Endod.* 2007;33(2):81–95.
 23. van der Sluis LW, Vogels MP, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR. Study on the influence of refreshment/activation cycles and irrigants on mechanical cleaning efficiency during ultrasonic activation of the irrigant. *J Endod.* 2010;36(4):737–40.
 24. Bernardes RA, Duarte MAH, Vivan RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, Bramante CM. Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *Int Endod J.* 2016;49(9):890–7.
 25. Volponi A, Pelegri RA, Kato AS, Stringheta CP, Lopes RT, Silva AS de S, et al. Micro-computed tomographic assessment of supplementary cleaning techniques for removing bioceramic sealer and gutta-percha in oval canals. *J Endod.* 2020;46(12):1901–6.
 26. Van Der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415–26.
 27. Adl A, Razavian A, Eskandari F. The efficacy of EndoActivator, passive ultrasonic irrigation, and Ultra X in removing calcium hydroxide from root

- canals: an in-vitro study. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):1–7.
28. Camilleri J, Atmeh A, Li X, Meschi N. Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. *Int Endod J*. 2022;55(S3):710–77.
 29. Camilleri J. Characterization and hydration kinetics of tricalcium silicate cement for use as a dental biomaterial. *Dent Mater*. 2011;27(8):836–44.
 30. Camilleri J. Classification of Hydraulic Cements Used in Dentistry. *Front Dent Med*. 2020;1:1–6.
 31. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater*. 2015;31(4):351–70.
 32. Sfeir G, Zogheib C, Patel S, Giraud T, Nagendrababu V, Bukiet F. Calcium silicate-based root canal sealers: A narrative review and clinical perspectives. *Materials (Basel)*. 2021;14(14):3965.
 33. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: A review. *Int J Biomater*. 2016;2016:9753210.
 34. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod*. 2013;39(10):1281–6.
 35. Lim M, Jung C, Shin D-H, Cho Y, Song M. Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restor Dent Endod*. 2020;45(3):1–17.
 36. 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;42(1):19–26.

37. Arul B, Varghese A, Mishra A, Elango S, Padmanaban S N 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;24(5):421–34.
38. Farayeh A, Akil S, Eid A, Macaluso V, Mancino D, Haikel Y, et al. Effectiveness of Two Endodontic Instruments in Calcium Silicate-Based Sealer Retreatment. *Bioengineering*. 2023;10(3):362.
39. Souza LC de, Neves GST, Kirkpatrick T, Letra A, Silva R. Physicochemical and Biological Properties of AH Plus Bioceramic. *J Endod*. 2023;49(1):69–76.
40. Donnermeyer D, Schemkämper P, Bürklein S, Schäfer E. Short and long-term solubility, alkalizing effect, and thermal persistence of premixed calcium silicate-based sealers: AH Plus Bioceramic sealer vs. Total Fill BC Sealer. *Materials (Basel)*. 2022;15(20):7320.
41. Hietala J, Vuori A, Johnsson P, Ilkka P, Reutemann W, Kieczka H. Formic acid. En: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley; 2016. p. 1–22.
42. Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. *J Am Dent Assoc*. 2014;141(10):3s-6s.
43. Gambarini G. In vitro evaluation of carrier based obturation technique: a CBCT study. *Ann Stomatol (Roma)*. 2016;7(1–2):11–5.
44. De-Deus G, Souza EM, Silva EJNL, Belladonna FG, Simões-Carvalho M,

- Cavalcante DM, et al. A critical analysis of research methods and experimental models to study root canal fillings. *Int Endod J*. 2022;55(S2):384–445.
45. Rodrigues CT, Jacobs R, Vasconcelos KF, Lambrechts P, Fisher Rubira-Bullen IR, Gaêta-Araujo H, et al. Influence of CBCT-based volumetric distortion and beam hardening artefacts on the assessment of root canal filling quality in isthmus-containing molars. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021;50(5):20200503.
46. Crozeta BM, Silva-Sousa YTC, Leoni GB, Mazzi-Chaves JF, Fantinato T, Baratto-Filho F, et al. Micro-computed tomography study of filling material removal from oval-shaped canals by using rotary, reciprocating, and adaptive motion systems. *J Endod*. 2016;42(5):793–7.
47. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1971;32(2):271–5.
48. Zevallos-Quiroz CA, Perez IE, Garcia-Rupaya CR. Efficacy of controlled memory and shape memory nickel titanium instruments in removing filling material from severely curved root canals: An ex vivo study. *Iran Endod J*. 2019;14(2):115–21.
49. Lee JJ, Mettey-Marbell A, Cook A, Pimenta LAF, Leonard R, Ritter A V. Using extracted teeth for research: The effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *J Am Dent Assoc*. 2007;138(12):1599–603.

50. Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):811–7.
51. Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage.* 2006;31(3):1116–28.
52. Allahverdi A, Škvára F. Acidic corrosion of hydrated cement based materials part 2. - Kinetics of the phenomenon and mathematical models. *Ceram - Silikaty.* 2000;44(4):152–60.
53. Sekizawa J, Yasuhara K, Suyama Y, Yamanaka S, Tobe M NM. A simple method for screening assessment of skin and eye irritation. *J Toxicol Sci.* 1994;19(1):25–35.
54. D’Souza M, Hundi G, Dandekeri S, Jayaraman J. Intralesional measles, mumps and rubella vaccine versus formic acid puncture in the treatment of common warts: A prospective randomised study. *Indian J Dermatol.* 2023;68(4):486.
55. Faghihi G, Vali A, M R, Eslamieh G, Tajammoli S. A double-blind, randomized trial of local formic acid puncture technique in the treatment of common warts. *Skinmed.* 2010;8(2):70–1.
56. Sanz JL, López-García S, Rodríguez-Lozano FJ, Melo M, Lozano A, Llena

- C, et al. Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An in vitro study. *Int Endod J*. 2022;55(10):1066–80.
57. Stiklaru I, Lalum E, Hamoud S, Paz M, Levin A, Ben Itzhak J, et al. The ability of different compositions of calcium silicate and epoxy sealers to withstand gutta percha removal via in vitro pull-out testing. *BDJ Open*. 2024;10(1):1–5.
 58. Kharouf N, Sauro S, Eid A, Zghal J, Jmal H, Seck A, et al. Physicochemical and mechanical properties of premixed calcium silicate and resin sealers. *J Funct Biomater*. 2023;14(1):1–14.
 59. Quaresma SAL, Alves dos Santos GN, Silva-Sousa AC, Camargo RV, Lopes-Olhê FC, Silva-Sousa YTC, et al. Physicochemical properties of calcium silicate cement based endodontic sealers. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024;151:106400.
 60. Raman V, Camilleri J. Characterization and assessment of physical properties of 3 single syringe hydraulic cement–based sealers. *J Endod*. 2024;50(3):381–8.
 61. Abreu Da Rosa R, Santini MF, Cavenago BC, Pereira JR, Antônio M, Duarte H, et al. Micro-CT evaluation of root filling removal after three stages of retreatment procedure. *Braz Dent J*. 2015;26(6):612–8.
 62. Barreto MS, da Rosa RA, Santini MF, Cavenago BC, Duarte MAH, Bier CAS, et al. Efficacy of ultrasonic activation of NaOCl and orange oil in removing filling material from mesial canals of mandibular molars with and

without isthmus. *J Appl Oral Sci.* 2016;24(1):37–44.

63. Macedo RG, Verhaagen B, Fernandez Rivas D, Gardeniers JGE, Van Der Sluis LWM, Wesselink PR, et al. Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. *Ultrason Sonochem.* 2014;21(1):324–35.
64. Kang S, Ha S-W, Kim U, Kim S, Kim E. A one-year radiographic healing assessment after endodontic microsurgery using cone-beam computed tomographic scans. *J Clin Med.* 2020;9(11):3714.
65. Bieszczad D, Wichlinski J, Kaczmarzyk T, Centrum N, Wichlinska SSCJ. Clinical medicine factors affecting the success of endodontic microsurgery: A cone-beam computed tomography study. *J Clin Med.* 2022;11:3991.
66. Kolling M, Backhaus J, Hofmann N, Keß S, Krastl G, Soliman S, et al. Students' perception of three-dimensionally printed teeth in endodontic training. *Eur J Dent Educ.* 2022;26(4):653–61.

X. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo	Escala de medición	Valores y categorías
Técnica de desobstrucción	Técnica para remover material de obturación	Técnica que incluye instrumentación mecanizada, sustancia experimental y activación ultrasónica para remover material de obturación	Concentración de la sustancia experimental	Cualitativa/Independiente	Nominal	Ácido fórmico al 5% + activación ultrasónica. Ácido fórmico al 10% + activación ultrasónica. Hipoclorito de sodio al 2% + activación ultrasónica. (Control)
Material desobstruido	Restos de gutapercha y cemento removidos luego del empleo de una técnica de desobstrucción	Diferencia del volumen de material obturado y el material residual	Cálculo del porcentaje de material desobstruido a partir del volumen medido con tomografía computarizada de haz cónico.	Cuantitativa/Dependiente	Razón	Porcentaje

Anexo 2. Constancia de aprobación del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia



CONSTANCIA-CIEI-464-43-23

El Presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia hace constar que el proyecto de investigación señalado a continuación fue **APROBADO** por el Comité Institucional de Ética en Investigación, bajo la categoría de revisión **EXENTO**. La aprobación será informada en la sesión más próxima del comité.

Título del Proyecto : "Comparación del ácido fórmico al 5% y 10% más activación ultrasónica en la desobstrucción de un cemento a base de silicato de calcio: estudio tomográfico in vitro"

Código SIDISI : 212074

Investigador(a) principal(es) : Granados Laura, Shirley Vanessa

La aprobación incluyó los documentos finales descritos a continuación:

1. Protocolo de investigación, versión 2.0 de fecha 16 de octubre del 2023.

La **APROBACIÓN** considera el cumplimiento de los estándares de la Universidad, los lineamientos Científicos y éticos, el balance riesgo/beneficio, la calificación del equipo investigador y la confidencialidad de los datos, entre otros.

Cualquier enmienda, desviaciones, eventualidad deberá ser reportada de acuerdo a los plazos y normas establecidas. La categoría de **EXENTO** es otorgado al proyecto por un periodo de cinco años en tanto la categoría se mantenga y no existan cambios o desviaciones al protocolo original. El investigador está exonerado de presentar un reporte del progreso del estudio por el periodo arriba descrito y sólo alcanzará un informe final al término de éste. La aprobación tiene vigencia desde la emisión del presente documento hasta el 26 de octubre del 2028.

El presente proyecto de investigación sólo podrá iniciarse después de haber obtenido la(s) autorización(es) de la(s) institución(es) donde se ejecutará.

Si aplica, los trámites para su renovación deberán iniciarse por lo menos 30 días previos a su vencimiento.

Lima, 27 de octubre de 2023.


Dr. Mamel Raúl Pérez Martinot
Presidente
Comité Institucional de Ética en Investigación

/ orf

Av. Honorio Delgado 430
San Martín de Porres
Apartado Postal 4314
319 0000 Anexo 201355
orvei.ciei@oficinas-upch.pe
cayetano.edu.pe

Comité Institucional de
Ética en Investigación

Anexo 3. Recolección y preparación de la muestra



- a. Recolección de la muestra del Centro Dental Docente de la UPCH y del Servicio de Odontología del Hospital Santa Rosa.
- b. Selección, estandarización de longitud radicular y codificación de la muestra.

Anexo 4. Instrumentación, obturación y almacenamiento de la muestra



- a. Instrumentación y obturación de la muestra.
- b. Almacenamiento en incubadora del Laboratorio de Investigación en Salud Oral de la Facultad de Estomatología de la UPCH.

Anexo 5. Escaneo tomográfico



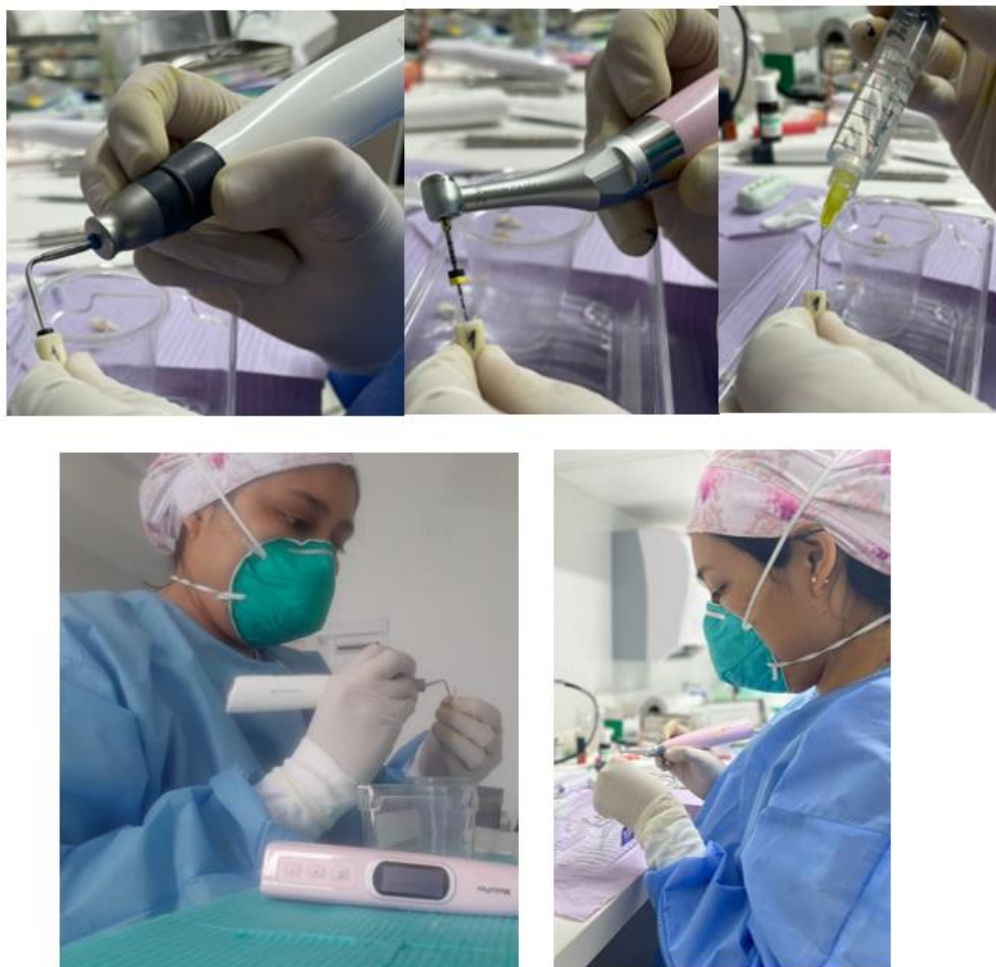
Anexo 6. Descripción y normalidad del volumen de material obturado, y comparación entre grupos

Grupo	Volumen de material obturado (mm³)				<i>p</i>
	Media	D.E.	Mín.	Máx.	
Grupo 1 (n=11)	27,28	7,85	17,33	39,34	0,357
Grupo 2 (n=11)	24,78	7,23	16,44	37,34	0,160
Grupo 3 (n=11)	24,31	8,97	14	39,64	0,209

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk, $p < 0,05$.

Prueba de ANOVA, $p = 0,654$.

Anexo 7. Desobturación con instrumentación mecanizada



Anexo 8. Descripción y normalidad del volumen de material residual después de la desobturación con instrumentación mecanizada

Técnica de desobturación	Volumen de material residual después de la desobturación con instrumentación mecanizada (mm ³)				<i>p</i>
	Media	D.E.	Mín.	Máx.	
Grupo 1	1.54	1.59	0.05	4.85	0,035
Grupo 2	1.92	1.62	0.22	4.95	0,194
Grupo 3	0.96	1.56	0.08	4.92	0,000

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk, $p < 0,05$.

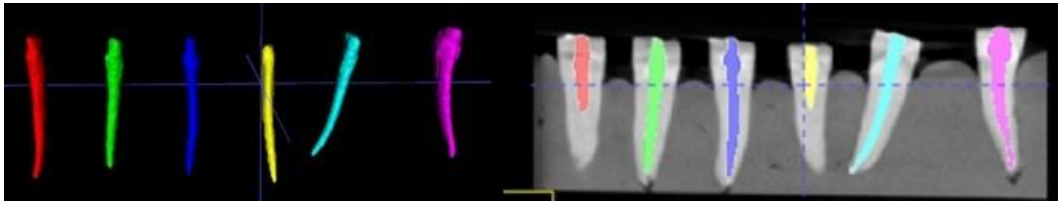
Prueba de Kruskal Wallis, $p = 0,093$

Anexo 9. Complementación con el uso de ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica.

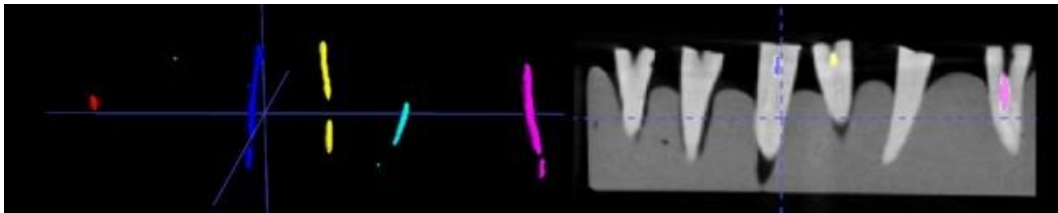


Anexo 10. Análisis tomográfico con el programa ITK-SNAP

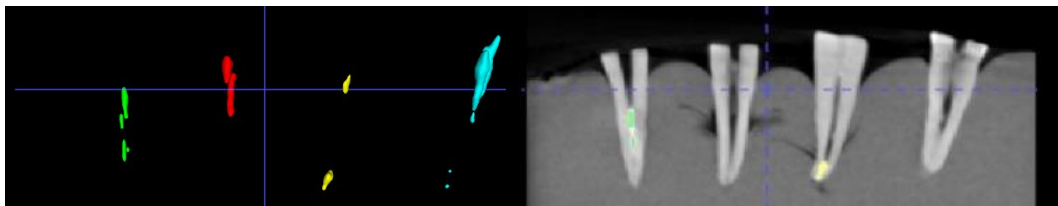
Volumen de material obturado.



Volumen de material residual posterior a la instrumentación mecanizada.



Volumen de material residual posterior al ácido fórmico o hipoclorito de sodio más activación ultrasónica



Herramientas empleadas del programa ITK- SNAP

