

Universidad Católica Redemptoris Mater

Facultad de Odontología



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

Línea de Investigación en Salud y Bienestar
Sublínea de Investigación en Endodoncia

Comparación de la eficacia del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025

AUTOR

Bermúdez-Ayestas, María Fernanda

<https://orcid.org/0009-0001-9444-0685>

Managua, Nicaragua

Noviembre de 2025

Universidad Católica Redemptoris Mater

Facultad de Odontología



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

Línea de Investigación en Salud y Bienestar

Sublínea de Investigación en Endodoncia

Comparación de la eficacia del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025

AUTOR

Bermúdez-Ayestas, María Fernanda

<https://orcid.org/0009-0001-9444-0685>

TUTOR CIENTÍFICO

Dra. Ana Cecilia Baldizón

Especialista en Endodoncia

<https://orcid.org/0009-0003-7247-028X>

TUTOR METODOLÓGICO

PhD. José Jesús Mendoza Casanova

Profesor Investigador/UNICA

<https://orcid.org/0009-0006-9968-1986>

REVISOR Y CORRECTOR DE ESTILO

Lic. Hazel María López Palacios

Profesor Investigador/UNICA

<https://orcid.org/0009-0003-9963-8409>

ASESOR REDACCIÓN/ESTILO

MSc. Marvin Antonio González Ortega

Profesor de Tiempo Completo/UNICA

<https://orcid.org/0009-0006-7545-4172>

Managua, Nicaragua

Noviembre de 2025

CARTA AVAL TUTOR CIENTÍFICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico, certifico que el trabajo de investigación titulado: *“Comparación de la eficacia del sistema XP-endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025”*

Realizado por *María Fernanda Bermúdez Aiestas*, cumple con las disposiciones científicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de **Especialista en Endodoncia y Microcirugía**.

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

Managua, Nicaragua, 10 de octubre de 2025.

Atentamente,



Ana Cecilia Baldizón Rodríguez
Especialista en Endodoncia
acbaldizon@hotmail.com

CARTA AVAL TUTOR METODOLÓGICO

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

“Comparación de la eficacia del sistema XP-endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025”

Realizado por **María Fernanda Bermúdez Ayestas**, cumple con las disposiciones metodológicas e institucionales, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de **Especialista en Endodoncia y Microcirugía (3ª. Edición)**.

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

Managua, Nicaragua, 10 de octubre de 2025.

Atentamente,

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

Dedicatoria

A Dios, por darme vida, fortaleza, salud y la sabiduría necesaria para alcanzar cada uno de mis objetivos y superar los desafíos de este camino académico.

A mi mamá, por su apoyo incondicional en los momentos que solo nosotras comprendemos. Esta tesis es mi modesta forma de agradecerte por todo lo que has hecho por mí.

A mi hermano, por estar siempre a mi lado, brindándome su compañía, su aliento y su confianza, especialmente en los momentos más difíciles.

A mi novio, que ha sido mi compañero inquebrantable durante todo el proceso de la especialidad, gracias por tu paciencia, tu comprensión y por hacerme más fácil este camino; este logro también es tuyo.

A mis abuelos, por su amor incondicional, su guía constante y su apoyo permanente, que han sido pilares fundamentales en mi vida y en cada uno de mis logros.

A mis perritos Lily y Papi, por ser mis fieles acompañantes durante largas noches de estudio, brindándome alegría, compañía y momentos de alivio en medio del esfuerzo académico.

Agradecimiento

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de este camino, por darme la sabiduría y la serenidad necesarias para culminar este logro.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo y comprensión constante; especialmente a mis padres, mi hermano y mis abuelos, quienes han sido mi mayor inspiración y sostén.

A mi pareja, por su compañía, paciencia y aliento a lo largo de este proceso; gracias por compartir conmigo este logro que también te pertenece.

A mis docentes y tutor científico, por su orientación, exigencia y dedicación, pilares fundamentales para la formación profesional y la realización de esta tesis.

Y a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron con su apoyo y ánimo durante esta etapa, mi más sincero agradecimiento.

Resumen

El objetivo general de la presente investigación fue comparar la eficacia del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción del hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en dientes tridimensionales artificiales, evaluando la cantidad de material remanente mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Se desarrolló un estudio experimental y cuantitativo, con dos grupos de 15 especímenes cada uno. En ambos grupos se aplicó hidróxido de calcio como medicación intracanal, seguido de su remoción utilizando los métodos asignados. Los volúmenes inicial y final del material fueron cuantificados mediante el software ITK-SNAP (2024), y los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante la prueba t de Student para muestras independientes.

Los resultados mostraron que el volumen promedio de hidróxido de calcio remanente fue de 47.60% en el grupo XP-Endo Finisher y de 41.32% en el grupo ultrasónico, evidenciando una eliminación ligeramente superior en este último. Aunque ninguna de las técnicas logró una remoción completa del material, el dispositivo ultrasónico presentó menor dispersión y mayor uniformidad en los resultados, lo que sugiere un desempeño más consistente.

En conclusión, ambos sistemas demostraron eficacia en la remoción del $\text{Ca}(\text{OH})_2$; sin embargo, el ultrasonido mostró una ventaja comparativa, atribuible a la acción combinada de cavitación y microstreaming acústico, que optimizan la penetración y el arrastre del irrigante en zonas anatómicamente complejas del sistema de conductos radiculares.

Palabras claves:

Hidróxido de calcio, XP Endo-Finisher, dispositivo ultrasónico.

Abstract

The main objective of this research was to compare the efficacy of the XP-Endo Finisher system and the ultrasonic device in the removal of calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) from three-dimensional artificial teeth, assessing the amount of remaining material through cone-beam computed tomography (CBCT). An experimental and quantitative study was conducted, consisting of two groups of 15 specimens each. Calcium hydroxide was applied as an intracanal medicament in both groups, followed by its removal using the assigned techniques. The initial and final material volumes were quantified using ITK-SNAP software (2024), and the data were statistically analyzed with the Student's t-test for independent samples.

The results showed that the average remaining calcium hydroxide volume was 47.60% for the XP-Endo Finisher group and 41.32% for the ultrasonic group, indicating a slightly greater removal efficiency for the latter. Although neither technique achieved complete removal, the ultrasonic device exhibited less data dispersion and higher uniformity, suggesting a more consistent performance.

In conclusion, both systems proved effective in calcium hydroxide removal; however, the ultrasonic method demonstrated a comparative advantage, attributed to the combined effects of cavitation and acoustic microstreaming, which enhance the irrigant's penetration and debris removal in anatomically complex regions of the root canal system.

Keywords:

Calcium hydroxide, XP Endo-Finisher, ultrasonic device, cone beam computed tomography.

Índice de contenido

1. Introducción	11
2. Antecedentes	14
3. Contexto del problema	19
4. Pregunta de investigación	21
5. Objetivos.....	22
5.1 Objetivo general	22
5.2 Objetivos específicos	22
6. Justificación.....	23
7. Limitantes de la investigación	26
8. Marco teórico.....	27
8.1 Marco referencial	27
8.2 Marco conceptual	36
9. Marco metodológico	41
9.1 Tipo de investigación	41
9.2 Hipótesis de investigación	44
9.3 Definición operativa de las variables.....	45
9.4 Población y muestra	48
9.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
9.6 Validez y confiabilidad de los instrumentos	49
9.7 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información	51
9.8 Consideraciones éticas	61
10. Resultados y discusión	63
11. Conclusiones	79
12. Recomendaciones	80
13. Referencias.....	82

14. Apéndices / Anexos.....	85
14.1 Apéndices.....	85
14.2 Anexos	89

Índice de Tablas

Tabla 1	45
Tabla 2	46
Tabla 3	47
Tabla 4	66
Tabla 5	76

Índice de figuras

Figura 1	38
Figura 2	39
Figura 3	52
Figura 4	53
Figura 5	53
Figura 6	54
Figura 7	55
Figura 8	55
Figura 9	56
Figura 10	56
Figura 11	57
Figura 12	58
Figura 13	60
Figura 14	60
Figura 15	61
Figura 16	64
Figura 17	65
Figura 18	69
Figura 19	70
Figura 20	73

1. Introducción

La endodoncia moderna se fundamenta en la preservación de la estructura dentaria y en la eliminación eficaz de la infección del sistema de conductos radiculares. El éxito clínico del tratamiento depende, en gran medida, de una desinfección integral que combine procedimientos mecánicos y químicos capaces de erradicar los microorganismos y sus subproductos tóxicos. La compleja morfología del sistema radicular, caracterizada por istmos, conductos accesorios y ramificaciones apicales, continúa representando un desafío para la completa descontaminación. Ante ello, la investigación científica ha impulsado el desarrollo de tecnologías que optimizan los procedimientos de limpieza y remoción de residuos intracanal, buscando alcanzar una biopelícula microbiana mínima y condiciones favorables para la reparación tisular periapical.

Entre las sustancias utilizadas para la desinfección, el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ha sido ampliamente empleado por su capacidad antimicrobiana, efecto neutralizante sobre endotoxinas y propiedades biocompatibles. No obstante, su eliminación completa antes de la obturación representa una etapa crítica, ya que los residuos pueden interferir con la adhesión del sellador, comprometiendo el sellado apical y aumentando el riesgo de microfiltración. Por esta razón, la eficacia en la remoción de este material es determinante para la obtención de un tratamiento exitoso.

El progreso tecnológico ha permitido el surgimiento de nuevos sistemas de irrigación y activación mecánica diseñados para optimizar la limpieza del sistema de conductos. Entre ellos destacan el XP-Endo Finisher, basado en una aleación con memoria de forma capaz de expandirse y adaptarse tridimensionalmente a la anatomía interna, y los dispositivos ultrasónicos, que emplean ondas acústicas para generar cavitación y microcorrientes que mejoran la acción de los irrigantes. Ambos métodos representan avances significativos frente a las técnicas convencionales de irrigación, pero su eficacia comparativa aún genera debate en la literatura científica.

Diversos estudios internacionales han explorado el desempeño de estas tecnologías, reportando resultados variables según las condiciones experimentales y el tipo de irrigante empleado. Algunos autores han encontrado una eficacia superior del XP-Endo Finisher en

zonas de difícil acceso, mientras que otros destacan la potencia de la irrigación ultrasónica pasiva en la remoción del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el tercio apical. Estas discrepancias evidencian la necesidad de continuar evaluando ambos sistemas bajo condiciones estandarizadas que permitan determinar con precisión sus ventajas y limitaciones.

En el contexto nacional, la falta de estudios comparativos que analicen la eficacia del XP-Endo Finisher frente al dispositivo ultrasónico en la remoción de medicación intracanal limita la posibilidad de establecer protocolos clínicos basados en evidencia. Por ello, esta investigación se propone contribuir al conocimiento científico local mediante un estudio comparativo in vitro, empleando modelos tridimensionales de incisivos centrales superiores y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como herramienta de evaluación tridimensional de alta precisión.

La relevancia de este estudio radica no solo en su aporte al ámbito académico, sino también en su impacto clínico. La identificación del método más eficaz para eliminar el hidróxido de calcio puede traducirse en tratamientos más predecibles, con menor incidencia de reinfección y mejores tasas de éxito a largo plazo. Además, los hallazgos derivados pueden servir como base para la actualización de protocolos de enseñanza en endodoncia, fomentando una práctica clínica sustentada en la evidencia científica.

Metodológicamente, la investigación adopta un enfoque cuantitativo y comparativo, orientado a medir la cantidad y distribución del hidróxido de calcio remanente tras la aplicación de ambos sistemas de remoción. El uso de CBCT permite obtener datos objetivos sobre el volumen y la localización del material residual en los diferentes tercios radiculares, aportando un análisis tridimensional más detallado que las evaluaciones bidimensionales tradicionales.

La estructura de la presente investigación se compone de capítulos que abordan de manera secuencial cada uno de los aspectos del estudio. En primer lugar, se presentan los antecedentes, el contexto del problema, los objetivos y la justificación. Posteriormente, el marco teórico se divide en un marco referencial, que reúne los principales estudios que sustentan el tema, y un marco conceptual, donde se desarrollan las definiciones esenciales. Luego se expone el marco metodológico, que detalla el tipo y diseño de investigación,

población, muestra, técnicas de recolección de datos y procedimientos analíticos. Finalmente, se presentan los resultados, la discusión, las conclusiones y las recomendaciones derivadas del análisis comparativo.

2. Antecedentes

A nivel internacional

En un artículo publicado por Lee et al. (2004) basado en investigaciones realizadas sobre la influencia del diámetro y la conicidad de los conductos radiculares en la eficacia de la irrigación ultrasónica para eliminar los restos de dentina colocados artificialmente de extensiones simuladas no instrumentadas en conductos radiculares simulados. Los resultados determinaron que, tras la irrigación ultrasónica, la puntuación de residuos en el grupo de tamaño 20 con conicidad de 0,04 fue significativamente mayor que en el grupo de tamaño 20 con conicidad de 0,06 ($P = 0,040$) y en el grupo de tamaño 20 con conicidad de 0,08 ($P = 0,006$). Sin embargo, no se observó ninguna diferencia significativa entre los grupos de tamaño 20 con conicidad de 0,06 y 0,08 ($P = 0,320$). Ellos concluyeron que en conductos radiculares plásticos simulados, el diámetro y la conicidad del conducto radicular influyeron en la eficacia de la irrigación ultrasónica para eliminar los residuos de dentina depositados artificialmente.

Así mismo, Pabel et al. (2016) publicaron un artículo para comparar cuatro técnicas diferentes para la eliminación de hidróxido de calcio de conductos radiculares rectos. Utilizaron el diseño sugerido por Lee et. Al (2004) y Van der Sluis (2007) prepararon ciento diez dientes humanos extraídos con conductos radiculares rectos hasta el tamaño ISO 50 y se dividieron longitudinalmente. Prepararon dos surcos laterales, se llenaron con hidróxido de calcio y las mitades radiculares se reensamblaron en un muffle.

El hidróxido de calcio fue eliminado utilizando una de cinco técnicas: (1) irrigación ultrasónica pasiva, (2) irrigación hidrodinámica usando RinsEndo, (3) irrigación sónica utilizando el EndoActivator, (4) cepillo plástico motorizado (CanalBrush™) y (5) irrigación manual con una jeringa como grupo de control. Utilizaron agua destilada como irrigante. La limpieza de los surcos se evaluó bajo un microscopio con 409 aumentos. Para la reproducibilidad intraindividual y el acuerdo Inter evaluador, se calculó Kappa de Cohen.

Los resultados de la puntuación fueron analizados utilizando una prueba no paramétrica. Se utilizaron comparaciones post hoc por pares para las técnicas de irrigación ($\alpha = 0.05$). La irrigación ultrasónica pasiva mostró un rendimiento significativamente mejor

que todos los otros grupos en el surco apical. Se encontraron diferencias significativas entre RinsEndo y CanalBrush ($P = 0.01855$) y entre CanalBrush y la irrigación con jeringa ($P = 0.00021$).

En el surco coronal, la irrigación ultrasónica pasiva tuvo un rendimiento significativamente superior y la irrigación manual tuvo un rendimiento significativamente peor que todos los otros grupos. Se mostró una interacción estadísticamente significativa entre la técnica de irrigación y la localización del surco ($P = 0.01358$). Los surcos coronales mostraron más hidróxido de calcio restante que los surcos apicales. No se pudo lograr la remoción completa del hidróxido de calcio del conducto radicular con ninguna de las técnicas investigadas. El mayor grado de limpieza se logró mediante el uso de irrigación ultrasónica pasiva.

Espinoza et al. (2021) en Madrid, España publicaron un artículo "Efectividad del XP-Endo Finisher y la irrigación ultrasónica pasiva en la eliminación de la capa de detritus utilizando dos agentes quelantes diferentes". El objetivo de este estudio ex vivo fue evaluar la eficacia de la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) y el XP-Endo Finisher (XP) en la eliminación de la capa de barro en combinación con dos agentes quelantes, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y ácido etidróico (HEDP). Los resultados fueron que PUI-EDTA es el más efectivo en la eliminación de la capa de deslizamiento, con una diferencia estadísticamente significativa con respecto a XP-EDTA ($p < 0.042$) y el grupo XP-HEDP ($p < 0.003$).

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los otros grupos. Concluyeron que, bajo las condiciones de este estudio ex vivo, ningún sistema de activación fue capaz de eliminar completamente la capa de deslizamiento de las paredes del conducto radicular. Sin embargo, la combinación de NaOCl con EDTA activado ultrasónicamente obtuvo mejores resultados que los otros tratamientos.

Wang et al. (2017) publicaron un artículo "Un estudio in vitro sobre la eficacia de eliminar hidróxido de calcio de sistemas de conductos radiculares curvos en la terapia de conductos radiculares", donde compararon la eficacia de varios irrigantes (ácido cítrico, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y NaOCl) y técnicas en la eliminación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en

dos tipos de sistemas de conductos radiculares curvados, se utilizaron conductos radiculares simulados con curvaturas específicas para investigar los efectos de diferentes irrigantes e instrumentos en la eliminación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Los métodos óptimos fueron verificados en dientes humanos extraídos. En conductos radiculares simulados, encontraron que el ácido cítrico al 10% eliminó más $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que el NaOCl al 2.5% en el grupo de 0-1 mm desde el nivel del ápice ($P>0.05$). La activación ultrasónica y del EndoActivator eliminaron significativamente más $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que un archivo K de tamaño 30 en el tercio apical ($P>0.05$).

Sin embargo, no hubo diferencias significativas en ninguna sección de los conductos para el ácido cítrico al 10% o el EDTA al 17% en la eliminación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en dientes humanos extraídos. Concluyeron que fue efectivo para eliminar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ residual usando la solución descalcificante con el EndoActivator o la Irrigación Ultrasónica Pasiva en un sistema de conducto radicular curvado. Se proporcionó un protocolo para la eliminación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ basado en las conclusiones de este estudio y los métodos recomendados en estudios previos.

A nivel regional

En Tijuana, México, Estrada Cárdenas (2016) evaluó en una tesis la eficacia de la lima XP ENDO a una rotación de 1500 rpm y la irrigación ultrasónica activa para la eliminación de residuos de hidróxido de calcio (HC) de las paredes dentinarias. Treinta y cuatro raíces uniradulares de dientes humanos las cuales fueron instrumentados con el Sistema EDGE ENDO hasta un calibre 40.06, irrigados con NaOCl 5.25%.

Eligieron dos muestras aleatoriamente para el grupo de control negativo. Las 32 muestras restantes se rellenaron con una pasta de hidróxido de calcio con agua destilada y se almacenaron por 7 días a una temperatura de 36°C con una humedad del 100%. Después de este período, el acceso coronal se abrió y el conducto fue irrigado con 2 mL de NaOCl al 5.25%. Se introdujo la lima final 40 con un taper 06 durante dos segundos a longitud de trabajo para remover el hidróxido y se irrigó de nuevo con 2 ml de NaOCl al 5.25% y los conductos se secaron con puntas de papel. Posteriormente eligieron 2 muestras aleatoriamente para el grupo de control positivo.

Las 30 muestras restantes se dividieron aleatoriamente en 2 grupos experimentales (n = 5), de acuerdo con el método para la eliminación del hidróxido de calcio, irrigación ultrasónica activa y activación de lima XP ENDO a 1500 rpm: GRUPO A: Irrigación con hipoclorito e irrigación ultrasónica activa durante 1 minuto, 3 ciclos de 20 s. GRUPO B: Irrigación con hipoclorito de sodio y activación de lima XP ENDO durante un minuto con movimiento de entrada y salida.

Ellos concluyeron que siempre será indispensable lograr un conducto lo más limpio y aséptico posible para conseguir un sellado ideal y un pronóstico favorable hacia el tratamiento de conductos que se realiza. Por lo anterior, recomendaron utilizar siempre la aplicación del EDTA dentro de nuestro protocolo de irrigación tanto en la IUA como con la lima XP ENDO. Además, ninguna técnica logró remover completamente los residuos de hidróxido de calcio de las paredes dentinarias del tercio apical.

Pizarro Medina (2015) realizó en la ciudad de Santiago, Chile una tesis "Estudio comparativo de la eficacia en la remoción de hidróxido de calcio intracanal mediante la utilización de limas K y dispositivo de irrigación pasiva con ultrasonido" El objetivo de la tesis fue comparar la eficacia de la técnica de remoción de hidróxido de calcio en canales artificiales con limas K vs. Irrigación pasiva con ultrasonido. Los resultados obtenidos fue que el análisis estadístico mostró que hubo diferencias significativas entre la irrigación pasiva con ultrasonido y limas K en la eliminación de hidróxido de calcio de los canales, siendo el grupo I (US) más eficaz. Se llegó a la conclusión que tanto técnicas manuales ni ultrasonidos elimina por completo el hidróxido de calcio del tercio apical de los canales, sin embargo, la irrigación pasiva con ultrasonido pareciera ser más eficaz que las limas K.

Della et al. (2020) publicaron un artículo en Argentina donde el objetivo de su investigación fue de comparar ex vivo la eficacia del instrumento XP-Endo Finisher y del sistema EndoActivator en la reducción/eliminación del biofilm microbiano en conductos radiculares infectados. Materiales y métodos: Se utilizaron 23 premolares inferiores humanos extraídos cuya longitud fue estandarizada en 17 mm.

Todos los conductos se prepararon con el sistema WaveOne Gold Medium (#35.06). Los dientes se esterilizaron, se inocularon con *Enterococcus faecalis* y se separaron en dos

grupos experimentales de 10 piezas cada uno. De los 3 dientes remanentes, 1 fue utilizado como control positivo y 2, como controles negativos. En el grupo 1, las soluciones irrigantes se agitaron con XP-Endo Finisher. En el grupo 2, se utilizó EndoActivator. En los resultados obtenidos no hubo diferencias significativas entre XP-Endo Finisher y EndoActivator ($P>0,05$). El número de usos no influyó sobre la capacidad operativa de ambos instrumentos. Conclusiones: XP-Endo Finisher y EndoActivator fueron igualmente eficaces para la reducción/eliminación del bio film microbiano.

Vílchez et al. (2022) publicaron en la revista *Methodo de Córdoba, Argentina* un artículo Estudio in vitro de la remoción de pasta de hidróxido de calcio de conductos ovals con sistemas iRace y XP-Endo Finisher con el objetivo de evaluar la remoción de la pasta de hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ de conductos ovals de caninos usando el sistema de instrumentación mecanizada iRace y el instrumento suplementario XP-Endo Finisher, a través de un estudio radiográfico.

En sus materiales y métodos seleccionaron 10 caninos humanos extraídos, los cuales fueron instrumentados y obturados con pasta de hidróxido de calcio, yodoformo y agua destilada; y se tomaron radiografías ortorradial y proximal. Pasados 7 días, se procedió a remover la pasta de $Ca(OH)_2$ con sistema iRace 15/06, 25/05 y 30/04 (FKG), irrigando a cada cambio de instrumento con hipoclorito de sodio. Se tomaron radiografías ortorradial y proximal. Posteriormente, se usó el instrumento XP-endo Finisher durante 1 minuto; dentro de una caja tipo incubadora a 37° .

Los resultados que obtuvieron fueron que con el sistema iRace se removió el 50,8% de $Ca(OH)_2$ del conducto radicular y con el posterior uso de XP-Endo Finisher se removió el 92,3%. Las diferencias resultaron estadísticamente significativas ($p<0,05$). Así mismo, concluyeron que el uso del instrumento suplementario XP-Endo Finisher aumentó la remoción de pasta en conductos radiculares ovals.

3. Contexto del problema

En odontología conservadora, la endodoncia se ha consolidado como una especialidad clave para conservar dientes con daño pulpar irreversible. Uno de los factores más determinantes para el éxito de este tratamiento es la limpieza exhaustiva del sistema de conductos radiculares. Este proceso depende de una combinación de instrumentación mecánica y acción química mediante irrigantes y medicamentos intraconducto. Entre estos últimos, el hidróxido de calcio ha sido ampliamente utilizado durante décadas. Sus propiedades antimicrobianas, su capacidad de inducir la reparación tisular y su fácil aplicación lo han posicionado como una opción preferida en la práctica clínica.

Sin embargo, la eliminación completa del hidróxido de calcio antes de la obturación final continúa representando un desafío relevante. Estudios como el de (Estrada Cardenas, 2016) han evidenciado que residuos de este material pueden afectar negativamente el sellado tridimensional del conducto. De manera complementaria, Sánchez Ortega et. Al (2011) demostraron que la presencia de hidróxido de calcio remanente incrementa la microfiltración apical, comprometiendo la adhesión del sellador y potencialmente el pronóstico a largo plazo del tratamiento.

Esta situación compromete no solo la calidad del tratamiento, sino también su pronóstico a largo plazo. Por ello, la búsqueda de técnicas más eficaces para su remoción se ha convertido en una prioridad clínica e investigativa. Por lo tanto, evaluar y comparar distintos sistemas de limpieza es esencial para optimizar los resultados en endodoncia.

A nivel nacional no se cuenta hasta la fecha con estudios comparativos que evalúen la eficacia del XP-Endo Finisher frente al dispositivo ultrasónico en la remoción de medicación intraconducto. La falta de evidencia local que contraste ambos sistemas limita la posibilidad de determinar cuál técnica ofrece mejores resultados en el contexto clínico nacional.

Por ello, surge la necesidad de desarrollar un estudio comparativo riguroso que permita determinar la eficacia de dos métodos ampliamente utilizados en la práctica clínica: el XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico. Con base en esta comparación, se podrán

establecer recomendaciones aplicables a la enseñanza, la clínica universitaria y la práctica privada, contribuyendo así a mejorar la calidad de los tratamientos endodónticos en el país.

La presente investigación busca responder a esta necesidad mediante el análisis comparativo de ambos sistemas en condiciones controladas, utilizando modelos estandarizados de incisivos centrales superiores y evaluando los resultados mediante tomografía CBCT. Esta aproximación metodológica no solo aportará evidencia científica sobre la eficacia de los métodos evaluados, sino que también reforzará la formación académica en técnicas avanzadas de irrigación y limpieza del sistema de conductos. De esta manera, el estudio se proyecta como un aporte significativo al conocimiento local y como una herramienta de utilidad práctica en el ejercicio profesional y la formación en endodoncia.

4. Pregunta de investigación

La remoción completa del hidróxido de calcio es fundamental para el éxito del tratamiento endodóntico, ya que su persistencia puede interferir con la adhesión del material de obturación y afectar la cicatrización. Aunque tanto el sistema XP-Endo Finisher como el dispositivo ultrasónico se utilizan para mejorar la limpieza de los conductos radiculares, existe poca evidencia precisa sobre sus diferencias en la cantidad y distribución del hidróxido de calcio remanente. Evaluar estas diferencias permitirá identificar cuál método es más efectivo, contribuyendo a optimizar los protocolos clínicos y mejorar los resultados en la práctica odontológica, lo que nos lleva a la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué diferencias existen en la cantidad y distribución de hidróxido de calcio remanente después de utilizar el sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico en canales radiculares artificiales?

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Comparar la eficacia del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025.

5.2 Objetivos específicos

Determinar la cantidad de hidróxido de calcio remanente después del uso del sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico en canales radiculares artificiales, como indicador de su eficacia en la limpieza.

Describir las características de remoción del hidróxido de calcio obtenidas con cada sistema, con base en los patrones de limpieza observados mediante tomografía computarizada de haz cónico.

Establecer diferencias en la eficacia de ambos métodos, para la determinación de cuál técnica ofrece una mayor eficiencia en la limpieza de los conductos radiculares.

6. Justificación

Conveniencia del estudio

El tratamiento endodóntico exitoso depende en gran parte de la limpieza efectiva del sistema de conductos radiculares, especialmente en la remoción de medicaciones intraconducto como el hidróxido de calcio. Dado que este material puede dificultar la adecuada adaptación del sellador y comprometer el pronóstico del tratamiento, resulta conveniente investigar y comparar métodos modernos que optimicen su eliminación. En este contexto, evaluar el desempeño del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico permite actualizar los protocolos clínicos y mejorar la calidad asistencial.

Además, el presente estudio se desarrolla en un contexto académico y científico relevante —la Universidad Católica Redemptoris Mater (UNICA)—, aportando evidencia específica en el año 2025 que fortalece la formación profesional y la práctica clínica en odontología conservadora y endodoncia.

Relevancia social

La salud oral forma parte esencial del bienestar general de las personas. Las fallas en tratamientos endodónticos están frecuentemente relacionadas con residuos intracanal que generan reinfecciones o persistencia de lesiones periapicales. Esta investigación cobra relevancia social al buscar mejorar la eficacia de procedimientos que inciden directamente en la calidad de vida de los pacientes, al reducir la necesidad de retratamientos y conservar piezas dentales funcionales por más tiempo.

Asimismo, el estudio puede contribuir a disminuir los costos para los pacientes, ya que tratamientos más efectivos reducen la necesidad de intervenciones futuras. De este modo, se ofrece un aporte que trasciende el entorno académico, con impacto positivo en la comunidad.

Valor teórico

Desde el punto de vista teórico, este estudio enriquece la literatura científica al comparar dos tecnologías modernas en la limpieza de conductos radiculares: el XP-Endo

Finisher, un instrumento con memoria de forma, y el dispositivo ultrasónico, ampliamente utilizado en la irrigación activa. Si bien existen estudios internacionales sobre ambos métodos, la aplicación de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como herramienta de análisis permite obtener una visión tridimensional más precisa, lo que fortalece la validez y confiabilidad de los resultados.

El análisis comparativo propuesto también puede servir como base para futuras investigaciones que busquen optimizar materiales, técnicas y protocolos de desinfección intraconducto, contribuyendo al desarrollo teórico de la endodoncia mínimamente invasiva y basada en evidencia.

Utilidad metodológica

Metodológicamente, esta investigación constituye un modelo replicable que puede ser adaptado para estudios similares en otras instituciones. El uso de modelos artificiales de incisivos centrales superiores, combinado con la tecnología CBCT, ofrece una propuesta estructurada y confiable que facilita la comparación de técnicas bajo condiciones controladas.

Esta utilidad se extiende a la enseñanza e investigación académica, ya que los pasos metodológicos aplicados (estandarización de muestras, aplicación de técnicas, evaluación volumétrica) pueden ser utilizados como referencia en futuros proyectos de grado, posgrado o publicaciones científicas.

Implicaciones prácticas

En el ámbito clínico, los resultados del estudio pueden influir en la toma de decisiones terapéuticas. Determinar cuál de los dos sistemas —XP-Endo Finisher o dispositivo ultrasónico— es más eficaz para remover el hidróxido de calcio permitirá a los odontólogos seleccionar el método más eficiente, reduciendo riesgos y mejorando resultados clínicos.

Además, la aplicación de CBCT en la evaluación de limpieza intracanal promueve el uso de tecnologías avanzadas en la práctica odontológica, fortaleciendo la precisión diagnóstica y la planificación del tratamiento. Estas implicaciones prácticas aseguran que el estudio tenga una repercusión real tanto en el ejercicio profesional como en el ámbito educativo y científico.

7. Limitantes de la investigación

Entre las principales limitantes que se presentaron en esta investigación:

Dependencia de la precisión de la CBCT

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) presentó limitaciones inherentes, como artefactos de imagen, resolución espacial limitada y posible superposición de estructuras, lo que afectó la cuantificación exacta del material remanente.

Procesamiento digital de imágenes

El uso de software para la segmentación y análisis volumétrico de los datos de CBCT está sujeto a la precisión del algoritmo, a la calibración del sistema y a la experiencia del operador, lo que generó dificultades en su uso.

Recursos financieros

La adquisición y mantenimiento de equipos especializados (CBCT, sistemas de activación, software de análisis) y los insumos de laboratorio requirieron una inversión significativa. La disponibilidad de estos recursos condicionó el tamaño muestral, el tiempo de procesamiento y la posibilidad de replicar el estudio en otros centros.

8. Marco teórico

El marco referencial de esta investigación integra los aportes más relevantes provenientes de estudios científicos nacionales e internacionales que han abordado la eficacia de distintos métodos de remoción de hidróxido de calcio dentro del sistema de conductos radiculares. Su propósito es establecer los fundamentos teóricos y experimentales que sustentan la comparación entre el sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico, destacando los avances metodológicos, tecnológicos y clínicos que han permitido optimizar la limpieza y desinfección endodóntica. A través del análisis crítico de la literatura, se busca comprender las estrategias empleadas para evaluar la eficacia de remoción, así como los factores que influyen en los resultados, entre ellos la morfología del conducto, el tipo de irrigante y las condiciones experimentales.

Este apartado se estructura de manera que el lector pueda identificar la evolución del conocimiento sobre la temática, desde los primeros estudios sobre el comportamiento del hidróxido de calcio como medicación intracanal hasta las investigaciones más recientes que incorporan herramientas tridimensionales como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Además, se analizan las distintas metodologías utilizadas para cuantificar los remanentes de medicación, los criterios de eficacia aplicados en los estudios comparativos y la relevancia clínica de los hallazgos. De esta forma, el marco referencial no solo contextualiza el problema de investigación, sino que también fundamenta la necesidad de desarrollar un estudio que aporte evidencia científica sobre la eficacia de ambos sistemas en condiciones controladas y reproducibles.

8.1 Marco referencial

En una investigación realizada por Ramírez-Muñoz et al. (2024) emplearon dientes artificiales tridimensionales, diseñados para reproducir de forma precisa la anatomía interna del sistema de conductos radiculares. Estos modelos, fabricados con resinas y polímeros de alta fidelidad, permiten simular las características morfológicas y la complejidad de un diente natural, incluyendo la conformación de los tercios coroneales, medios y apicales. Su utilización responde a la necesidad de disponer de un medio experimental estandarizado que facilitara la comparación entre técnicas de

instrumentación e irrigación, minimizando la variabilidad anatómica inherente a las piezas dentarias humanas.

El uso de dientes tridimensionales presenta ventajas relevantes en estudios endodónticos. En primer lugar, elimina el riesgo biológico asociado al manejo de dientes humanos, lo que permite trabajar en un entorno controlado y seguro. En segundo lugar, posibilita la creación de condiciones experimentales reproducibles, esenciales para la evaluación objetiva de variables como el volumen de remanentes de hidróxido de calcio en cada tercio radicular. De esta forma, se favorece la precisión en las mediciones volumétricas mediante tomografía computarizada de alta resolución, optimizando la comparación entre grupos experimentales. (Ramirez-Muñoz, y otros, 2024)

Asimismo, la elección de modelos tridimensionales está alineada con tendencias actuales en investigación in vitro, donde se busca reemplazar, siempre que sea posible, el uso de dientes naturales por simuladores de alta fidelidad. Estos modelos permiten realizar procedimientos de instrumentación, irrigación y activación siguiendo protocolos estandarizados, manteniendo un control absoluto sobre las variables de estudio y reduciendo los factores de confusión. Esta estrategia contribuye a generar evidencia científica sólida y replicable, fortaleciendo la validez interna de los hallazgos y su relevancia en el campo de la endodoncia experimental. (Ramirez-Muñoz, y otros, 2024)

Diversos estudios han señalado que la presencia de residuos de hidróxido de calcio dentro del sistema de conductos radiculares compromete la eficacia del sellado y dificulta la adhesión del material obturador. En este contexto, Da Silva, de Oliveira y dos Reis (2019) destacan que la Irrigación Ultrasónica Pasiva (IUP) constituye una alternativa capaz de potenciar la eliminación de restos de este medicamento intracanal, mostrando resultados superiores en comparación con la irrigación convencional con jeringa. Sin embargo, los autores subrayan que la eliminación completa del hidróxido de calcio continúa siendo un desafío, ya que ningún sistema probado ha logrado erradicarlo en su totalidad.

En términos clínicos, la combinación de irrigación ultrasónica con diferentes vehículos y soluciones irrigantes ha demostrado mejorar el arrastre de restos de hidróxido de calcio en el interior del conducto. Esta superioridad frente a la irrigación manual

convencional se explica por la acción de la cavitación y del microflujo acústico, que favorecen la penetración del irrigante hacia áreas de difícil acceso como istmos, conductos laterales y porción apical. De esta manera, la IUP no solo incrementa la eficacia mecánica de la limpieza, sino que también optimiza la acción química de agentes como el hipoclorito de sodio y el EDTA. (Da Silva, de Oliveira, & dos Reis, 2019)

A pesar de estos beneficios, la literatura coincide en que la eliminación total del hidróxido de calcio sigue siendo prácticamente inalcanzable. Factores como la anatomía compleja de los conductos, la profundidad de penetración de los instrumentos y la naturaleza del vehículo utilizado influyen directamente en los resultados. Por lo tanto, aunque la IUP y otros sistemas como EndoActivator y EndoVac han mostrado ventajas significativas frente a la irrigación convencional, aún se requiere continuar investigando estrategias combinadas y nuevas tecnologías que permitan alcanzar una limpieza más predecible y eficaz del sistema de conductos radiculares. (Da Silva, de Oliveira, & dos Reis, 2019)

En un estudio ex vivo realizado por Della Porta et al. (2020), se comparó la eficacia del XP-Endo Finisher y del sistema EndoActivator para reducir o eliminar el biofilm microbiano en conductos radiculares infectados con *Enterococcus faecalis*. Tras preparar e inocular 23 premolares, los autores observaron que ambos sistemas mostraron un rendimiento clínico comparable en cuanto a la remoción de la carga bacteriana, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p > 0.05$). Además, se destacó que el número de usos no afectó la capacidad operativa de ninguno de los dos dispositivos.

Los resultados fueron categorizados mediante Unidades Formadoras de Colonias (UFC), concluyendo que tanto el XP-Endo Finisher como el EndoActivator fueron igualmente eficaces en la desorganización del biofilm microbiano.

Este hallazgo sugiere que, aunque ambos sistemas funcionan mediante mecanismos diferentes de activación de irrigantes (mecánico para XP-Endo Finisher y sónico para EndoActivator), su eficacia en términos clínicos podría ser equiparable. Es posible que, más allá del tipo de tecnología empleada, el factor determinante en la reducción bacteriana esté asociado a la correcta preparación biomecánica previa del conducto, así como a la acción

química de los irrigantes utilizados. La similitud en los resultados también puede indicar que ambos dispositivos permiten una adecuada penetración del irrigante en zonas de difícil acceso como istmos, ramificaciones o irregularidades del sistema de conductos.

No obstante, es importante considerar que la metodología *ex vivo* tiene limitaciones al intentar replicar con precisión las condiciones clínicas reales, como la complejidad anatómica y la variabilidad de la respuesta del huésped. (Della Porta, y otros, 2020). Además, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, esto no necesariamente implica una equivalencia clínica absoluta, ya que otros factores como el tiempo de uso, la facilidad operativa, la curva de aprendizaje o la compatibilidad con otros sistemas pueden influir en la elección del instrumento en el entorno clínico cotidiano. Por lo tanto, investigaciones adicionales *in vivo* serían fundamentales para validar estos hallazgos y guiar decisiones terapéuticas más precisas.

Sánchez Ortega et al. (2011) evaluaron la eficacia de tres técnicas para remover hidróxido de calcio de conductos radiculares y su influencia en la filtración apical. El estudio se realizó en 80 premolares mandibulares preparados con el sistema ProTaper® y medicados con $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Los grupos experimentales incluyeron: irrigación con NaOCl 2.5% + EDTA 18% (G1), la misma combinación con activación ultrasónica (G2) y NaOCl 2.5% con activación ultrasónica (G3). Los resultados mostraron que G2 presentó la mayor eficacia en la remoción del hidróxido de calcio, así como una reducción significativa en la filtración apical en comparación con G1 y G3, evidenciando que la combinación de EDTA y activación ultrasónica potencia la limpieza de las paredes del conducto radicular.

Estos hallazgos sugieren que la activación ultrasónica, al combinarse con agentes quelantes como EDTA, permite un mejor acceso a las irregularidades del sistema de conductos, favoreciendo la eliminación completa del material medicamentoso. La menor cantidad de residuos de hidróxido de calcio en G2 explica la reducción de la filtración apical, ya que los restos de medicación pueden interferir con la adhesión del sellador y comprometer el sellado tridimensional del conducto. Este análisis evidencia la importancia de optimizar las técnicas de irrigación y remoción de medicación intracanal, aportando una

base científica sólida para la comparación con sistemas modernos como el XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico en estudios locales.

En la investigación realizada por Estrada Cárdenas (2016), se comparó la eficacia de la lima XP-Endo Finisher, activada a 1500 rpm, y la irrigación ultrasónica activa para la remoción de hidróxido de calcio (HC) de las paredes dentinarias en raíces unirradiculares humanas. Luego de almacenar los conductos radiculares durante siete días con una pasta de HC, se aplicaron ambos métodos de activación en condiciones controladas. Posteriormente, las muestras fueron analizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), permitiendo una evaluación precisa de los residuos remanentes. El estudio concluyó que ambos métodos lograron cierto grado de remoción del hidróxido de calcio, aunque no se especifica en el resumen si hubo una diferencia estadísticamente significativa entre ellos.

Desde una perspectiva clínica, este estudio evidencia que tanto el sistema ultrasónico como el XP-Endo Finisher pueden contribuir a la limpieza intracanal, pero también confirma que la eliminación completa del hidróxido de calcio sigue siendo un reto. La metodología utilizada, con parámetros bien definidos como el tiempo de activación, el número de ciclos y el tipo de irrigante, refuerza la relevancia de estandarizar estos factores para obtener resultados más consistentes en la práctica diaria. La incorporación del SEM como herramienta de evaluación también añade objetividad al análisis, permitiendo una valoración más detallada de la eficacia en la remoción del material.

No obstante, aunque el estudio no menciona una diferencia significativa entre los métodos, la activación con XP-Endo Finisher podría ofrecer ventajas prácticas. Su capacidad de adaptarse a la anatomía interna del conducto radicular, especialmente en áreas irregulares o con curvaturas, podría mejorar la limpieza en zonas de difícil acceso. Sin embargo, es fundamental considerar otros factores como la curva de aprendizaje del operador, el costo del instrumental y la disponibilidad de equipos ultrasónicos o rotatorios en el entorno clínico. Por ello, estudios comparativos adicionales con muestras mayores y análisis estadísticos más detallados son necesarios para determinar con mayor certeza cuál método es superior o más eficiente según el contexto clínico.

En el estudio realizado por Pizarro Medina (2015), se comparó la eficacia de dos técnicas para la remoción de hidróxido de calcio en canales radiculares simulados: el uso de limas K manuales y la irrigación pasiva activada con ultrasonido. A través de un diseño experimental con 20 cubos de acrílico y utilizando cone beam junto con el software SIDEXIS XG para medir el coeficiente de atenuación, observaron que la irrigación pasiva con ultrasonido fue significativamente más eficaz en la eliminación del hidróxido de calcio en comparación con las limas K. A pesar de estos resultados, el estudio concluye que ninguna de las dos técnicas logró eliminar completamente el hidróxido de calcio, especialmente en el tercio apical del canal radicular.

Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos refuerzan la importancia de incorporar tecnologías de activación de irrigantes para optimizar la limpieza intracanal, dado que las técnicas manuales, aunque ampliamente utilizadas, parecen ser menos eficientes frente a depósitos persistentes como el hidróxido de calcio. La limitación observada en el tercio apical subraya la necesidad de desarrollar o complementar las técnicas existentes con métodos que garanticen una mayor penetración del irrigante en áreas de difícil acceso. Asimismo, el uso de herramientas digitales como el cone beam para evaluar la eficacia de remoción representa un avance metodológico relevante, ya que permite un análisis más objetivo y reproducible de los resultados.

En el estudio in vitro de Pabel y Hülsmann (2016), se compararon cinco técnicas de irrigación para la eliminación de hidróxido de calcio en conductos radiculares rectos, evaluando su eficacia en surcos artificiales ubicados en las porciones coronal y apical. Las técnicas incluyeron irrigación ultrasónica pasiva, RinsEndo, EndoActivator, CanalBrush™ y la irrigación manual con jeringa como control. Utilizando microscopía óptica con 409 aumentos y análisis estadístico no paramétrico, se determinó que la irrigación ultrasónica pasiva fue significativamente más eficaz que todas las demás, especialmente en el surco apical.

Además, se halló una interacción estadísticamente significativa entre la técnica empleada y la ubicación del surco ($P = 0.01358$), lo que sugiere que la eficacia varía según

la región del conducto. A pesar de esto, ninguna técnica logró la eliminación completa del hidróxido de calcio.

Estos resultados reflejan claramente la superioridad de la irrigación ultrasónica pasiva, lo que reafirma su utilidad como método de elección para mejorar la limpieza intracanal. Sin embargo, la incapacidad de alcanzar una remoción completa destaca las limitaciones actuales de las técnicas disponibles, especialmente en zonas anatómicamente complejas. En la práctica clínica, estos hallazgos sugieren que, si bien la irrigación ultrasónica debe ser considerada una herramienta de alta eficacia, también puede ser necesario combinarla con otras estrategias para optimizar los resultados. La variación en la eficacia entre las zonas coronal y apical refuerza la necesidad de adaptar las técnicas según la localización del biofilm o los residuos intraconducto.

En el estudio ex vivo realizado por Espinoza et al. (2021), se evaluó la eficacia del XP-Endo Finisher y la Irrigación Ultrasónica Pasiva (PUI) en la eliminación de la capa de deslizamiento, utilizando dos agentes quelantes: EDTA y HEDP. Cincuenta y dos dientes unirradiculares fueron instrumentados y distribuidos en cuatro subgrupos según el quelante y el método de activación. Mediante análisis con microscopía electrónica de barrido y pruebas estadísticas (ANOVA y Bonferroni), se determinó que la combinación PUI-EDTA fue significativamente más eficaz en la eliminación del smear layer, especialmente en comparación con XP-EDTA ($p < 0.042$) y XP-HEDP ($p < 0.003$). No se encontraron diferencias significativas entre los demás grupos. A pesar de ello, ningún sistema logró eliminar por completo la capa de deslizamiento.

Desde un punto de vista clínico, estos resultados resaltan el impacto que tiene no solo el tipo de sistema de activación, sino también la elección del agente quelante en la eficacia del protocolo de irrigación. La superioridad del PUI combinado con EDTA podría atribuirse a la acción cavitacional del ultrasonido, que facilita la penetración del quelante en las irregularidades del sistema de conductos. Por otro lado, aunque el XP-Endo Finisher ofrece ventajas mecánicas por su diseño flexible y adaptativo, su eficacia puede verse limitada frente a agentes menos agresivos como el HEDP. En consecuencia, es fundamental

considerar protocolos combinados que maximicen tanto la acción química como la física para lograr una desinfección más eficiente del sistema radicular.

En el estudio experimental de Lee, Wu y Wesselink (2004), se evaluó la influencia del diámetro y la conicidad del conducto radicular sobre la eficacia de la irrigación ultrasónica en la eliminación de restos de dentina depositados artificialmente. Utilizando bloques de resina simulados con canales de igual calibre (tamaño 20) pero con diferentes conicidades (.04, .06 y .08), se aplicó irrigación ultrasónica con NaOCl al 2% durante 3 minutos. Los resultados mostraron que los conductos con menor conicidad (.04) presentaron significativamente más residuos remanentes en comparación con los de conicidad .06 ($p = 0.040$) y .08 ($p = 0.006$). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de conicidad .06 y .08 ($p = 0.320$). Los autores concluyeron que tanto el diámetro como la conicidad influyen en la eficacia de la irrigación ultrasónica, mejorando los resultados a medida que aumenta el ensanchamiento del conducto.

Estos hallazgos subrayan la importancia de una preparación canalicular adecuada antes de la irrigación activada, ya que un mayor espacio permite una mejor penetración y circulación del irrigante, facilitando la remoción de residuos. En la práctica clínica, esto sugiere que limitarse a preparaciones mínimas puede comprometer la eficacia de los protocolos de limpieza, particularmente en áreas no instrumentadas como istmos o conductos accesorios. Sin embargo, también es necesario equilibrar la conicidad con la preservación de la estructura dentinaria para evitar debilitamientos radiculares. Por ello, una preparación que logre un compromiso entre amplitud y conservación tisular, combinada con técnicas de activación efectivas como la irrigación ultrasónica, puede optimizar los resultados clínicos en endodoncia.

Un estudio in vitro, realizado por Vélchez et al. (2022) evaluaron la eficacia del sistema iRace y del instrumento suplementario XP-Endo Finisher en la remoción de hidróxido de calcio en conductos ovales de caninos. Los resultados mostraron que el sistema iRace logró remover un 50,8% del material, mientras que la aplicación posterior del XP-Endo Finisher incrementó la remoción hasta un 92,3%, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Estos hallazgos indican que el XP-Endo Finisher,

gracias a su diseño y a la aleación Max Wire, es capaz de acceder a zonas del conducto que no son alcanzadas por la instrumentación mecanizada convencional.

Este resultado evidencia la importancia de utilizar instrumentos suplementarios en la desinfección endodóntica, especialmente en anatomías complejas como los conductos ovales. La morfología irregular de estos conductos dificulta que las limas tradicionales entren en contacto con todas las paredes, lo que puede dejar restos de medicación intraconducto o tejido necrótico. El XP-Endo Finisher, al expandirse a temperatura corporal, maximiza su área de acción y facilita la limpieza de zonas inaccesibles, lo que se traduce en una mayor eficacia en la remoción del $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

El incremento del porcentaje de remoción de un 50,8% a un 92,3% no solo tiene implicaciones estadísticas, sino también clínicas. Un conducto con menor cantidad de remanentes de hidróxido de calcio favorece la penetración y adhesión del material de obturación, reduce el riesgo de reacciones adversas en el periápice y contribuye a un mejor pronóstico del tratamiento endodóntico. Estos datos refuerzan la necesidad de combinar la instrumentación mecanizada con dispositivos como el XP-Endo Finisher para optimizar los protocolos de limpieza y aumentar la tasa de éxito clínico en casos con anatomías desfavorables.

Otro estudio, como el realizado por Donnermeyer et al. (2019) evaluaron la eficacia de tres métodos de activación —EDDY, irrigación ultrasónica pasiva (PUI) y XP-Endo Finisher— para la eliminación de hidróxido de calcio en surcos artificiales de conductos radiculares rectos. Los resultados indicaron que todas las técnicas de activación fueron significativamente más efectivas que la irrigación manual ($p < 0,05$). En la región apical, EDDY y PUI lograron una mayor eficacia que XP-Endo Finisher ($p < 0,05$), mientras que en la región coronal no se observaron diferencias significativas entre los métodos ($p > 0,05$). Estos hallazgos sugieren que la efectividad de cada técnica puede variar según la localización del material dentro del conducto.

Este comportamiento podría explicarse por la dinámica de flujo de los irrigantes y la capacidad de transmisión de energía de cada sistema. En el caso del XP-Endo Finisher, su diseño permite un contacto mecánico expandible con las paredes del conducto, lo que

podría ser más útil en zonas amplias o de difícil acceso lateral, pero menos eficiente para la remoción en el extremo apical donde la irrigación activada por energía sónica o ultrasónica, como EDDY o PUI, favorece un mayor efecto de cavitación y microstreaming. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar la técnica de activación más adecuada dependiendo de la anatomía radicular y la ubicación del material a eliminar.

8.2 Marco conceptual

El marco conceptual de esta investigación establece los fundamentos teóricos y las definiciones esenciales que sustentan la comprensión del proceso de remoción del hidróxido de calcio en el sistema de conductos radiculares. Este apartado aborda los principios biológicos, fisicoquímicos y tecnológicos que explican la interacción entre los métodos de activación, los irrigantes y las características anatómicas del conducto radicular.

La eliminación del hidróxido de calcio antes de la obturación constituye una etapa crítica en la terapia endodóntica, ya que la presencia de residuos puede interferir con la adhesión del sellador y comprometer la integridad del sellado apical. Por ello, resulta indispensable analizar los distintos enfoques y mecanismos propuestos en la literatura para optimizar la limpieza final del conducto, con especial énfasis en los dispositivos de activación avanzada.

Asimismo, este marco integra los conceptos relacionados con el sistema XP-Endo Finisher y la irrigación ultrasónica pasiva (PUI), tecnologías que representan un avance significativo en la desinfección tridimensional del sistema radicular. Se explica la acción mecánica del XP-Endo Finisher, basada en su aleación termorreactiva y capacidad de deformación adaptativa, así como los principios físicos que sustentan la irrigación ultrasónica, donde fenómenos como la cavitación y la corriente acústica potencian la penetración y eficacia de los irrigantes. De igual forma, se incluye la función del software ITK-SNAP como herramienta de segmentación tridimensional empleada para el análisis volumétrico de los residuos de medicación.

En conjunto, estos conceptos permiten comprender los fundamentos científicos y tecnológicos que guían la comparación experimental entre ambos métodos, fortaleciendo la validez teórica y metodológica del presente estudio.

Remoción de hidróxido de calcio

Importancia de la remoción del hidróxido de calcio. Existe un consenso en la literatura que, idealmente, el medicamento intracanal de hidróxido de calcio debe ser completamente eliminado antes de la obturación de los canales radiculares, con el fin de evitar una interfaz entre el sellador y la dentina radicular, teniendo en cuenta que el sellado completo de los canales radiculares es uno de los factores clave para el éxito de la terapia endodóntica y residuos dentro del canal radicular como el hidróxido de calcio pueden interferir con la calidad del sellado radicular.

Técnicas de remoción. Por lo general, el hidróxido de calcio utilizado como un medicamento intracanal se elimina con una combinación de irrigación y la acción de instrumentos. (Pizarro Medina, 2015)

Los métodos descritos en la literatura incluyen:

- Método de irrigación convencional sólo con hipoclorito de sodio o asociada con agentes de desmineralización.
- Recapitulación con limas, que se utilizan de forma manual o mecánica.
- Uso de irrigación con dispositivos de ultrasonido.

XP-Endo Finisher. Instrumento basado en NiTi universal, diámetro ISO 25 de medida y cero conicidades (25/.00).

El XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, Suiza) se propone como una solución para la limpieza en tercera dimensión, después del uso de cualquier lima convencional, ha sido introducido recientemente. El XP-Endo Finisher tiene muchas propiedades que le permiten acceder y ponerse en contacto con las paredes del conducto radicular y limpiar eficazmente las áreas irregulares debido a su mayor flexibilidad y su capacidad para adaptarse al conducto radicular de forma tridimensional. Además, la lima causa turbulencia de la solución de irrigación mejorando sus propiedades antimicrobianas. Es utilizado como un paso final de desinfección para eliminar el biofilm bacteriano, residuos de tejido duro acumulado y la capa de desecho del sistema de conductos radiculares. (Doroteo Gonzalez, 2017)

Figura 1

Lima XP-Endo Finisher



Nota. imagen extraída de la página web <https://fkg.ch/finisher/>

ITK-SNAP. Es una aplicación de software gratuita, de código abierto y multiplataforma que se utiliza para segmentar estructuras en imágenes biomédicas 3D y 4D. Fue desarrollada originalmente en la Universidad de Carolina del Norte por equipos de estudiantes liderados por Guido Gerig (Escuela de Ingeniería Tanden de la Universidad de Nueva York), quien imaginó una herramienta fácil de aprender, con un conjunto limitado de funciones, centrada específicamente en la segmentación de imágenes. El desarrollo actual de ITK-SNAP está a cargo de Paul Yushkevich, Jilei Hao, Alison Pouch, Sadhana Ravikumar y sus colegas del Laboratorio de Computación y Ciencia de Imágenes de Penn (PICSL) de la Universidad de Pensilvania.

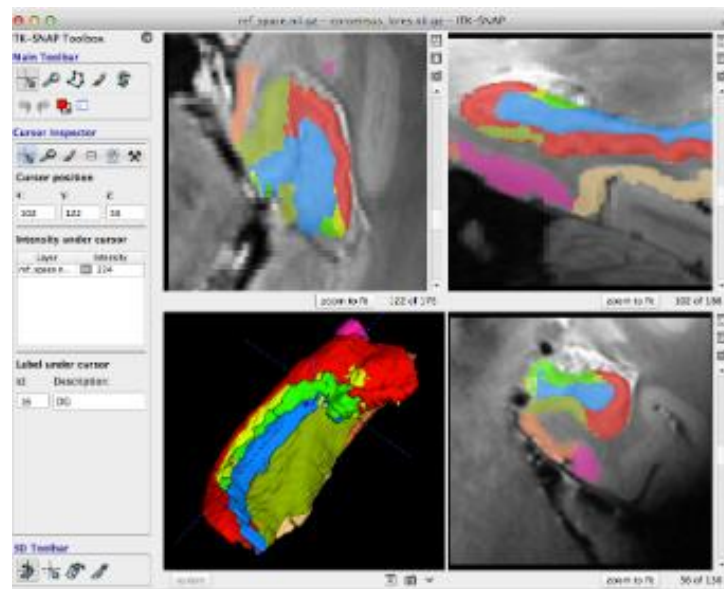
ITK-SNAP proporciona segmentación semiautomática mediante métodos de contorno activo, así como delineación manual y navegación por imágenes. Además de estas funciones principales, ITK-SNAP ofrece numerosas utilidades de apoyo. Algunas de sus principales capacidades incluyen:

- Cursor vinculado para una navegación 3D fluida
- Segmentación manual en tres planos ortogonales a la vez
- Una interfaz gráfica de usuario moderna basada en Qt6
- Compatibilidad con muchos formatos de imágenes 3D diferentes, incluidos NIfTI y DICOM
- Soporte para visualización simultánea y vinculada, y segmentación de múltiples imágenes
- Compatibilidad con imágenes en color, multicanal y 3D+tiempo
- Capacidades de registro de imágenes manuales y automáticas

- Interpolación de segmentación entre cortes
- Herramienta de plano de corte 3D para un posprocesamiento rápido de los resultados de segmentación
- Acceso a algoritmos avanzados a través del servicio de segmentación distribuida (DSS)
- Amplia documentación tutorial y en vídeo.

Figura 2

ITK-SNAP, 2024



Nota. imagen extraída de la página web de ITK-SNAP
<https://www.itksnap.org/pmwiki/pmwiki.php>

Irrigación Ultrasónica Pasiva. (Passive Ultrasonic Irrigation, PUI), fue descrita por primera vez por Weller et al. (1980). Aunque el término “pasiva” no refleja con precisión el proceso —pues en realidad es activo—, en su origen se utilizó para hacer referencia a la acción “no cortante” de la lima activada por ultrasonido.

La eficacia de la PUI radica en su capacidad para remover restos de dentina, microorganismos (tanto planctónicos como en forma de biofilm) y tejido orgánico. Además, gracias al flujo activo del irrigante, se incrementa el contacto con una mayor superficie de

las paredes del conducto radicular, optimizando así la desinfección. (van der Sluis, Versluis, Wu, & Weselink, 2007)

Mecanismos de Acción de la Irrigación Ultrasónica

Efecto de Cavitación. Es el proceso de formación de millones de burbujas de gas en la solución irrigante. Estas burbujas crecen en tamaño, oscilan en diferentes direcciones y finalmente colapsan dentro del líquido, generando una acción de limpieza potente.

Corriente Acústica. Consiste en un flujo unidireccional de líquido producido por ondas ultrasónicas. El movimiento de la punta del instrumento genera un efecto especial denominado turbulencia acústica, que acelera el movimiento del líquido dentro del conducto radicular y potencia la desinfección.

La activación ultrasónica permite que los irrigantes alcancen áreas difíciles de instrumentar, como istmos, aletas, conductos laterales y ramificaciones apicales. Además, contribuye a eliminar el fenómeno conocido como vapour lock, favoreciendo un mejor contacto del irrigante con las paredes del conducto. (Eighteeth, 2022)

9. Marco metodológico

El marco metodológico describe el diseño, las estrategias experimentales y los procedimientos aplicados para dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación. Su finalidad es garantizar la validez científica, la reproducibilidad y la precisión de los resultados obtenidos. En este apartado se detallan los métodos empleados para la recolección, procesamiento y análisis de los datos, así como los criterios de control y estandarización implementados durante cada fase del experimento. La metodología propuesta se fundamenta en un enfoque cuantitativo y experimental, orientado a comparar la eficacia de dos sistemas de activación —XP-Endo Finisher y dispositivo ultrasónico— en la remoción del hidróxido de calcio en dientes tridimensionales, mediante un análisis volumétrico obtenido por tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

La estructura metodológica de este estudio se diseñó para garantizar la objetividad en la evaluación de los resultados, mediante la aplicación de protocolos estandarizados y el control de variables operativas como el tiempo de activación, el volumen irrigante y la temperatura. Se detalla la selección de la muestra, los criterios de inclusión y exclusión, los materiales y equipos utilizados, así como los procedimientos experimentales para la aplicación, remoción y cuantificación de la medicación intracanal. Finalmente, se describe el tratamiento estadístico aplicado a los datos obtenidos, permitiendo establecer comparaciones significativas entre los grupos de estudio. Este apartado constituye la base operativa del trabajo, asegurando la coherencia entre el diseño experimental y los objetivos de investigación planteados.

9.1 Tipo de investigación

Según el enfoque: Investigación cuantitativa

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, ya que parte de una formulación de hipótesis específica y busca comprobarla mediante la recolección y análisis estadístico de datos objetivos. A través de la medición de variables como la cantidad de hidróxido de calcio remanente, se pretende establecer comparaciones entre el sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico, utilizando instrumentos de medición

estandarizados y registros precisos obtenidos mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

Este enfoque permite obtener resultados verificables y reproducibles, lo que aporta rigor al estudio y fortalece su validez científica. Al tratarse de una comparación basada en datos numéricos y análisis estadísticos, el estudio se orienta a identificar patrones, diferencias significativas y relaciones entre las técnicas evaluadas, lo cual es característico de las investigaciones cuantitativas dentro del campo clínico odontológico.

Según el alcance o profundidad: Investigación correlacional

En términos de su alcance, esta investigación se clasifica como correlacional, ya que busca identificar la relación entre el método utilizado (XP-endo Finisher o dispositivo ultrasónico) y la eficacia en la remoción del hidróxido de calcio. Aunque no se busca establecer una relación causa-efecto de forma experimental controlada como en un estudio explicativo puro, sí se pretende examinar cómo varía el desempeño de cada técnica en función de un mismo criterio de evaluación, como es la limpieza de los conductos radiculares.

Este tipo de estudio correlacional es altamente útil en ciencias de la salud, especialmente en endodoncia, porque permite generar conocimiento comparativo entre tecnologías clínicas sin necesidad de alterar significativamente las condiciones naturales del procedimiento. Además, ofrece una base sólida para futuras investigaciones experimentales más profundas o de tipo explicativo, que puedan explorar causalidades con mayor precisión.

Según la aplicabilidad: Investigación aplicada

Este estudio corresponde a una investigación aplicada, ya que busca resolver un problema concreto dentro de la práctica odontológica: mejorar la eficacia en la remoción del hidróxido de calcio intraconducto. La finalidad no es sólo generar conocimiento teórico, sino trasladar los resultados a contextos clínicos reales, para que los profesionales de la endodoncia puedan tomar decisiones fundamentadas sobre qué técnica utilizar en la limpieza del sistema de conductos.

La investigación aplicada es clave en disciplinas clínicas porque conecta directamente la teoría con la práctica. En este caso, al comparar dos métodos modernos de irrigación y activación, se pretende aportar evidencia que tenga impacto inmediato en la atención de pacientes, reduciendo riesgos de fallo endodóntico y mejorando el pronóstico de los tratamientos. Por tanto, el valor del estudio radica en su potencial utilidad profesional y educativa dentro del campo de la odontología conservadora.

Según la temporalidad: Investigación transversal

En relación con la temporalidad, esta es una investigación de tipo transversal, ya que los datos serán recolectados en un solo momento del tiempo, sin realizar seguimiento longitudinal. Cada modelo dental se someterá a un único protocolo de limpieza y se evaluará inmediatamente después mediante tomografía CBCT, permitiendo así la comparación directa entre los dos sistemas bajo condiciones controladas y en un periodo definido.

Este diseño es adecuado para estudios comparativos clínico-experimentales, donde lo importante es capturar una “foto” del resultado inmediato de una intervención. Al no requerir múltiples fases de observación, la investigación transversal es más eficiente en términos logísticos y permite establecer relaciones descriptivas y comparativas válidas que sirven como base para futuras investigaciones longitudinales o experimentales de mayor complejidad.

Según el diseño: Investigación de campo

El diseño de esta investigación es de campo, ya que se realizará directamente sobre modelos dentales artificiales manipulados y evaluados en laboratorio clínico, en condiciones simuladas, pero con instrumentos y técnicas utilizadas habitualmente en la práctica odontológica. Aunque no se trata de pacientes humanos, se trabaja fuera del contexto teórico, recogiendo datos reales a partir de la intervención directa sobre el objeto de estudio.

Este tipo de diseño permite un control adecuado de las variables y garantiza que los hallazgos tengan aplicabilidad práctica, al estar basados en condiciones muy similares a las que enfrenta el clínico. Además, al desarrollarse en un entorno institucional (UNICA), con

recursos técnicos como tomografía CBCT, el estudio de campo proporciona un equilibrio entre validez externa y control metodológico, fundamentales para la investigación clínica aplicada.

9.2 Hipótesis de investigación

Hipótesis de investigación (H_i)

El sistema XP-Endo Finisher presenta mayor eficacia que el dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio, evidenciada por una menor cantidad y diferente distribución del material remanente en canales radiculares artificiales, evaluados mediante tomografía computarizada de haz cónico.

Hipótesis nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas en la cantidad ni en la distribución de hidróxido de calcio remanente entre el sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico en canales radiculares artificiales, evaluados mediante tomografía computarizada de haz cónico.

9.3 Definición operativa de las variables

Objetivo específico 1: Determinar la cantidad de hidróxido de calcio remanente después del uso del sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico en canales radiculares artificiales, como indicador de su eficacia en la limpieza.

Tabla 1

Variable del objetivo específico 1

Variable conceptual	Dimensión / Subvariables	Indicador (variable operativa)	Ítems	Tipo / Clasificación
Método de remoción (técnica)	Grupo de intervención	Técnica aplicada (XP-endo Finisher / Dispositivo ultrasónico)	1) Grupo A = XP-endo Finisher 2) Grupo B = Ultrasonido	Independiente; Cualitativa nominal (dicotómica)
Cantidad de Ca (OH) ₂ remanente	Volumen residual absoluto	Volumen de Ca (OH) ₂ remanente medido por segmentación CBCT (mm ³)	1) Volumen post-procedimiento (mm ³)	Dependiente; Cuantitativa continua
	Porcentaje residual relativo	% de material remanente respecto al volumen inicial aplicado (%)	1) Volumen inicial aplicado (mm ³) ²) % remanente = (vol post / vol inicial) ×100	Dependiente; Cuantitativa continua

Objetivo específico 2: Describir las características de remoción del hidróxido de calcio obtenidas con cada sistema, con base en los patrones de limpieza observados mediante tomografía computarizada de haz cónico.

Tabla 2

Variable del objetivo específico 2

Objetivo específico	Variable (conceptual)	Dimensión / Subvariables	Indicador (variable operativa)	Ítems	Tipo / Clasificación
Describir características de remoción y patrones de limpieza según CBCT para cada sistema.	Distribución del Ca (OH) ₂ remanente	Localización por tercio radicular	Volumen residual por tercio (apical/medio/coronal) (mm ³)	1) Volumen apical (0–4 mm) 2) Volumen medio 3) Volumen coronal	Dependiente; Cuantitativa continua (multivariable)
		Patrón de remoción	Clasificación del patrón observado en CBCT (p. ej. completo / parcial/ focal/difuso)	1) Patrón = Completo (sin remanente) 2) Parcial 3) Focal/aislado 4) Difuso	Dependiente; Cualitativa ordinal
		Afectación de istmos o áreas interradiculares	Presencia/ausencia de remanente en istmos/áreas complejas	1) Istmo: Sí/No 2) Número de secciones con remanente	Dependiente; Cualitativa nominal + Cuantitativa discreta
	Características superficiales	% de cobertura de la pared radicular con remanente	Superficie cubierta por remanente en cada tercio (%) calculada por software	1) % cobertura apical 2) % cobertura medio 3) % cobertura coronal	Dependiente; Cuantitativa continua

Objetivo específico 3: Establecer diferencias en la eficacia de ambos métodos, con el fin de determinar cuál técnica ofrece una mayor eficiencia en la limpieza de los conductos radiculares.

Tabla 3
Variable del objetivo 3

Objetivo específico	Variable (conceptual)	Dimensión / Subvariables	Indicador (variable operativa)	Ítems	Tipo / Clasificación
Establecer diferencias en eficacia entre XP-Endo Finisher y ultrasonido	Eficacia de remoción	Media de volumen residual por grupo	Media ($\pm$ DE) de volumen residual (mm^3) por grupo	1) Media grupo XP 2) Media grupo US	Dependiente; Cuantitativa continua
		Proporción de conductos “limpios”	% de conductos con remanente $\leq$ umbral (p. ej. $\leq 5\%$ o $\leq 0.5 \text{ mm}^3$)	1) $n \text{ conductos} \leq \text{umbral} / n \text{ total} \times 100$	Dependiente; Cuantitativa (porcentual) / Cualitativa categórica (limpio/no limpio)
		Diferencia estadística	Resultado de la prueba inferencial (p-valor) y tamaño del efecto	1) p (t test / Mann-Whitney) 2) Cohen’s d	Dependiente (analítico); Cualitativa nominal para decisión (significativo/no significativo) y Cuantitativa para efecto
	Método (variable comparativa)	Asignación al grupo	Técnica aplicada (XP vs US) — variable que define comparación	1) Asignación aleatoria por grupo	Independiente; Cualitativa nominal (factor de comparación)

9.4 Población y muestra

Criterios de inclusión

- Dientes artificiales tridimensionales con conducto único, longitud radicular estándar y ápice simulado cerrado.
- Especímenes no sometidos a instrumentación, irrigación o medicación intracanal previa al inicio del estudio.
- Modelos impresos con la misma impresora y parámetros de fabricación, asegurando uniformidad de las dimensiones internas y externas.

Criterios de exclusión

- Dientes artificiales con variaciones en la densidad del material que interfieran con la medición volumétrica del hidróxido de calcio remanente.
- Modelos con discrepancias dimensionales superiores al ± 0.1 mm respecto a las especificaciones de diseño.
- Especímenes con defectos internos (burbujas, irregularidades o residuos de fabricación) detectados antes del procedimiento experimental.

La población del presente estudio estuvo conformada por 30 modelos tridimensionales de dientes, específicamente incisivos centrales superiores artificiales, diseñados para simular condiciones clínicas estandarizadas. Dado que esta población es reducida y accesible en su totalidad, se optó por incluir a todos los elementos disponibles, evitando así la necesidad de aplicar técnicas de muestreo probabilístico. Esta decisión garantiza una mayor precisión en los resultados y permite que las conclusiones se apliquen directamente al grupo de estudio sin riesgo de sesgo muestral.

En este sentido, se utilizó un muestreo por censo, considerando como muestra el total de la población, es decir, los 30 modelos dentales disponibles. Esta elección metodológica responde a la lógica de que, al tratarse de una población pequeña y manejable, resulta más eficiente analizar todos los elementos que seleccionar una fracción representativa. Así, se maximiza la validez interna del estudio y se fortalece la

comparabilidad entre grupos al momento de evaluar la eficacia del sistema XP-Endo Finisher frente al dispositivo ultrasónico en la remoción del hidróxido de calcio.

9.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos en esta investigación se llevó a cabo mediante la utilización de una ficha técnica diseñada específicamente para el registro sistemático de las variables de estudio. Esta ficha permitió documentar de forma ordenada y estandarizada la cantidad de hidróxido de calcio remanente, la distribución del material en los diferentes tercios radiculares y los patrones de limpieza observados.

La estructura del instrumento de recolección de datos estuvo conformada por apartados que incluyeron información sobre la identificación de la muestra, el grupo de intervención asignado (XP-Endo Finisher o dispositivo ultrasónico), los valores volumétricos obtenidos del análisis mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la clasificación cualitativa del patrón de remoción. La elaboración de este instrumento se basó en los objetivos específicos del estudio y fue validado mediante revisión por expertos en endodoncia y metodología de la investigación para asegurar su pertinencia y claridad.

Para el llenado de la ficha técnica, los datos fueron extraídos de las imágenes adquiridas mediante CBCT antes y después de la aplicación de cada técnica de remoción, utilizando un software de segmentación volumétrica calibrado previamente. El operador responsable del análisis realizó las mediciones bajo condiciones estandarizadas y repitió el procedimiento en dos ocasiones para garantizar la fiabilidad de los registros. Las fichas técnicas completas se digitalizaron y se integraron a una base de datos para su posterior procesamiento estadístico. Este método garantizó la trazabilidad de la información, minimizó el sesgo del observador y aseguró que los datos recolectados respondieran de manera directa y precisa a las preguntas de investigación planteadas.

9.6 Validez y confiabilidad de los instrumentos

En el presente estudio, el instrumento de medición empleado fue una ficha técnica diseñada específicamente para el registro sistemático de datos relacionados con el volumen remanente de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en dientes con anatomía radicular tridimensional. El diseño de la ficha se fundamentó en parámetros estandarizados de la

literatura endodóntica y en criterios de medición volumétrica en milímetros cúbicos (mm^3) obtenidos a partir de imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Este formato de recolección de datos fue sometido a un proceso de validación de contenido, en el que dos especialistas en endodoncia, con experiencia clínica e investigativa superior a diez años, evaluaron la pertinencia, claridad y adecuación de cada ítem. La aprobación por parte de estos expertos garantiza que el instrumento contempla los elementos esenciales para la medición precisa y reproducible del volumen residual de medicación intraconducto, asegurando la alineación con los objetivos de la investigación.

La validez del instrumento se sustenta en tres dimensiones principales: validez de contenido, validez de criterio y validez de constructo. En cuanto a la validez de contenido, los especialistas revisaron que las variables incluidas reflejaran de manera íntegra los elementos necesarios para evaluar la eficacia de los sistemas de remoción (XP-endo Finisher y dispositivo ultrasónico) sobre la eliminación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, tomando en cuenta factores como la morfología interna del conducto radicular, la localización apical y coronal de los remanentes, y el tiempo de instrumentación. La validez de criterio se fundamenta en el hecho de que los valores registrados en la ficha se derivan de mediciones objetivas mediante software de análisis volumétrico calibrado, lo que permite correlacionar los resultados con estándares establecidos en estudios previos sobre cuantificación de restos de medicación intraconducto. Por último, la validez de constructo se confirma al comprobar que la ficha técnica mide de manera coherente y sistemática el fenómeno que se pretende estudiar, es decir, la persistencia volumétrica de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tras la aplicación de protocolos específicos de limpieza y desinfección endodóntica.

En lo referente a la confiabilidad, el instrumento presenta alta consistencia interna y estabilidad temporal. La consistencia interna fue verificada mediante la aplicación de la ficha en una prueba piloto con un grupo reducido de especímenes, comprobando que las mediciones repetidas bajo las mismas condiciones operatorias arrojaban resultados homogéneos. La estabilidad temporal se evaluó repitiendo el procedimiento de medición en diferentes momentos, manteniendo constantes las condiciones de iluminación, calibración del software, configuración de la CBCT y protocolos de manipulación de las

muestras. Las mediciones obtenidas mostraron un coeficiente de correlación intraclase (ICC) elevado, lo que confirma que el instrumento permite obtener datos reproducibles y comparables, incluso cuando son registrados por distintos operadores entrenados bajo un mismo estándar metodológico.

En síntesis, la ficha técnica utilizada en este estudio cumple con los requisitos metodológicos de validez y confiabilidad exigidos en la investigación endodóntica. Su diseño específico para la cuantificación volumétrica de remanentes de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, su aprobación por expertos y la verificación de su capacidad de medición estable y precisa respaldan la calidad de los datos que se obtendrán. Esto, a su vez, fortalece la interpretación de los resultados y la comparación entre los grupos experimentales, aportando evidencia sólida y científicamente sustentada para el análisis de la eficacia de los sistemas evaluados.

9.7 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información

En primer lugar, los datos obtenidos a través de la ficha técnica fueron revisados minuciosamente con el fin de garantizar su integridad y consistencia. Este proceso de depuración permitió identificar y corregir posibles errores de registro, valores atípicos o inconsistencias que pudieron comprometer la validez de los resultados. Solo se consideraron para el análisis aquellos datos completos y verificados, descartando cualquier registro incompleto o defectuoso que puede sesgar las conclusiones.

Posteriormente, se procedió a la codificación de los datos con base en las variables definidas en la matriz de operacionalización. A cada observación se le asignó un código numérico o alfanumérico que facilite su procesamiento estadístico. La codificación se realizó de forma uniforme para garantizar que cada valor registrado sea coherente con la escala o el rango de medición correspondiente, permitiendo así un análisis más preciso y objetivo.

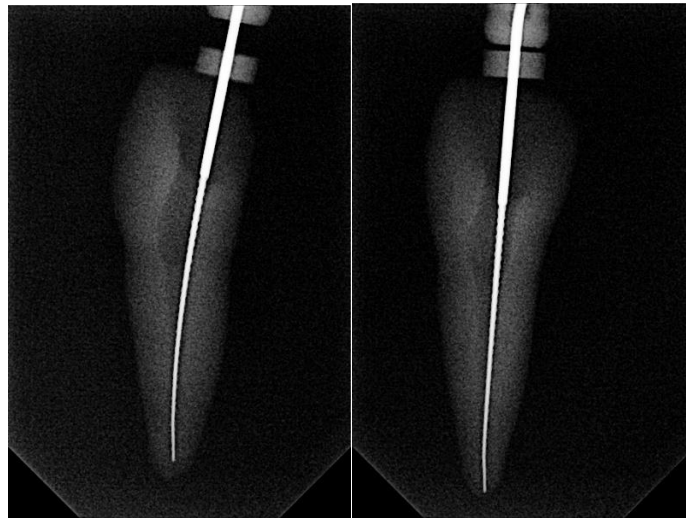
Finalmente, los datos depurados y codificados fueron introducidos en una base de datos elaborada en el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), donde se llevó a cabo el análisis estadístico. Este análisis incluye estadísticas descriptivas para caracterizar los resultados, así como pruebas comparativas para determinar diferencias significativas entre los grupos experimentales. El uso de SPSS permitió organizar la

información, generar tablas y gráficos, y realizar las pruebas estadísticas necesarias con un alto nivel de precisión y fiabilidad.

Determinación de la longitud de trabajo

La longitud de trabajo se determinó introduciendo una lima K #15, 25 mm → Dentsply® (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza), hasta que sobrepasó el foramen apical. A la medida obtenida se le restó 1 mm para establecer la longitud de trabajo definitiva, obteniéndose una longitud final de 23.5 mm.

Figura 3
Longitud de trabajo



Nota. Radiografías de longitud de trabajo. Foto del autor.

Preparación de los conductos radiculares

Posteriormente, la preparación de los conductos se llevó a cabo utilizando limas Rainbow® → Ramo Medical (Shenzhen, China), siguiendo las recomendaciones del fabricante, hasta alcanzar la instrumentación final correspondiente a la lima 35/04.

Durante la preparación biomecánica, los conductos fueron irrigados con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 4.725 %, aplicado con jeringa Nipro® de 5 ml (Nipro Corporation, Osaka, Japón) y aguja lateral de seguridad (side-vented) Azdent® (Shenzhen, China), lo que permitió un flujo controlado de la solución y redujo el riesgo de extrusión.

Figura 4
Jering Nipro de 5 mL



Nota. Jeringa Nipro. Foto del autor.

Se utilizó un volumen de 1 ml de NaOCl al 4.725% en cada recambio de lima y, al finalizar la instrumentación, se aplicaron 5 ml adicionales de la misma solución, con el fin de estandarizar la desinfección y el arrastre de detritos en todos los especímenes tridimensionales. Se utilizó un cono de papel 35/04 → Ramo Medical (Shenzhen, China) para verificar la adaptación al conducto preparado.

Figura 5
Cono de papel 35/04



Nota. Conos de papel 35/04. Fotos del autor

Es importante mencionar que los dientes empleados en el estudio ya presentaban acceso previo, lo que permitió mejorar la estandarización de la preparación y posterior instrumentación.

Montaje de los dientes

Para garantizar la estabilidad y la estandarización durante los procedimientos, los dientes tridimensionales se montaron en cubetas de impresión. Se utilizaron dos cubetas, en cada una de las cuales se acomodaron 15 dientes, simulando la disposición de una arcada dentaria.

El montaje se realizó utilizando material de silicona tipo putty Express STD® (3M, St. Paul, MN, USA), lo que permitió fijar firmemente cada espécimen en su posición, evitando desplazamientos durante la instrumentación, la irrigación y los procedimientos posteriores.

Figura 6
Silicona tipo putty STD



Nota. Silicona tipo putty Express STD® (3M, St. Paul, MN, USA). Foto del autor.

Colocación de la medicación intracanal

Una vez montados los especímenes en las cubetas, se procedió a la colocación de la medicación intracanal. Se utilizó Calplus® (Prevest Denpro, Jammu, India), una pasta premezclada de hidróxido de calcio.

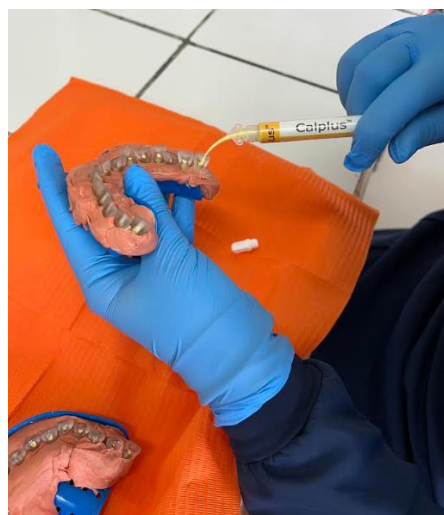
Figura 7
Pasta de hidróxido de calcio. Calplus.



Nota. Calplus. Foto del autor.

La aplicación se realizó mediante las puntas desechables provistas por el fabricante, introduciéndolas en el conducto radicular hasta 2 mm antes de la longitud de trabajo previamente establecida. Esta técnica permitió la inserción controlada y estandarizada de la medicación en todos los especímenes.

Figura 8
Aplicación de la medicación



Nota. En la figura se muestra el proceso de aplicación de la medicación intracanal en los especímenes, realizado en los laboratorios de UNICA.

Los excesos de medicación en la cámara pulpar fueron retirados utilizando un microbrush → Dentaflux® (São Paulo, Brasil), garantizando un procedimiento uniforme y evitando interferencias en la obturación posterior.

Figura 9

Retiro de los excesos de medicación



Nota. En la figura se muestra el procedimiento de retiro de los excesos de medicación intracanal en los especímenes.

Sellado y toma de imágenes

Posterior a la colocación de la medicación intracanal, la entrada de cada conducto radicular fue sellada con cinta de teflón Profer Top® (PTFE Tape, Profer, China), garantizando el cierre temporal del acceso y evitando filtraciones.

Figura 10

Sellado del conducto radicular



Nota. En la figura se observa la aplicación de cinta de teflón como material de sellado temporal, utilizada con el propósito de evitar la presencia de radiopacidades ajenas al material en estudio.

A continuación, todos los especímenes fueron sometidos a tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) Sirona® (Dentsply Sirona, Bensheim, Alemania), con el fin de obtener imágenes tridimensionales iniciales que permitieran evaluar la distribución de la medicación dentro del sistema de conductos radiculares.

Figura 11

Tomografía computarizada de haz cónico



Nota. Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) realizada con el equipo Sirona® (Dentsply Sirona, Bensheim, Alemania).

Remoción de la medicación intracanal

Transcurridos 7 días de la colocación de la medicación, se procedió a la fase de remoción. El hidróxido de calcio se mantuvo en el interior de los conductos durante 7 días, con el objetivo de estandarizar el procedimiento y asegurar un periodo uniforme de acción de la medicación en todos los especímenes.

Los especímenes se dividieron en dos grupos experimentales de acuerdo con el sistema de activación:

Grupo 1. Remoción con punta ultrasónica Ultra X® (Eighteeth, Shenzhen, China, modelo Silver), utilizada en un motor ultrasónico a una frecuencia de 45 kHz, siguiendo las indicaciones del fabricante. La activación se realizó manteniendo la punta en el interior del conducto, con movimientos cortos y controlados, durante 1 minuto bajo irrigación con 5 ml de NaOCl al 4.725% por conducto.

Grupo 2. Remoción del hidróxido de calcio se realizó utilizando el sistema XP-Endo Finisher® (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiza), instrumentado en el motor endodóntico eConnect S® (Eighteeth, Shenzhen, China), a una velocidad de 800 rpm y un torque de 1 N·cm, siguiendo estrictamente las especificaciones técnicas del fabricante.

Para el procedimiento se retiró el instrumento del blíster estéril y se colocó en el motor endodóntico eConnect S®. Luego, se ajustó la longitud de trabajo utilizando el tubo plástico provisto y colocando correctamente el tope de goma. Antes de su inserción en el conducto, enfrié el instrumento dentro del tubo con spray frío.

Posteriormente, se Introdujo el XP-Endo Finisher en el conducto mientras se encontraba recto. Una vez que la punta estuvo dentro, encendí la rotación y añadí irrigante a la cavidad de acceso. Se realizaron movimientos lentos y suaves de 7–8 mm a lo largo del conducto, para asegurar de contactar toda la longitud y realizando también movimientos parietales, durante 1 minuto, manteniendo el instrumento dentro del conducto en todo momento.

Figura 12
XP-Endo Finisher



Nota. En la figura se observa el motor endodóntico configurado con dichos parámetros de torque y velocidad, utilizados durante la activación del sistema XP-Endo Finisher.

En ambos grupos, la activación se realizó bajo irrigación con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 4.725%, empleando un volumen de 5 ml por conducto durante 1 minuto. Todos los instrumentos y sistemas empleados eran nuevos y se utilizaron siguiendo estrictamente

las recomendaciones de cada fabricante, a fin de garantizar la estandarización y reproducibilidad del procedimiento.

Evaluación post-remoción

Tras la remoción del hidróxido de calcio, los especímenes fueron sometidos a una segunda tomografía CBCT Sirona® (Dentsply Sirona, Bensheim, Alemania), con el objetivo de identificar y cuantificar los remanentes de medicación intracanal.

Las imágenes obtenidas fueron procesadas y analizadas mediante software ITK-SNAP® (versión X.X, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA), lo que permitió calcular el volumen de hidróxido de calcio remanente en milímetros cúbicos (mm³) de manera tridimensional y estandarizada.

Segmentación y análisis volumétrico con ITK-SNAP®

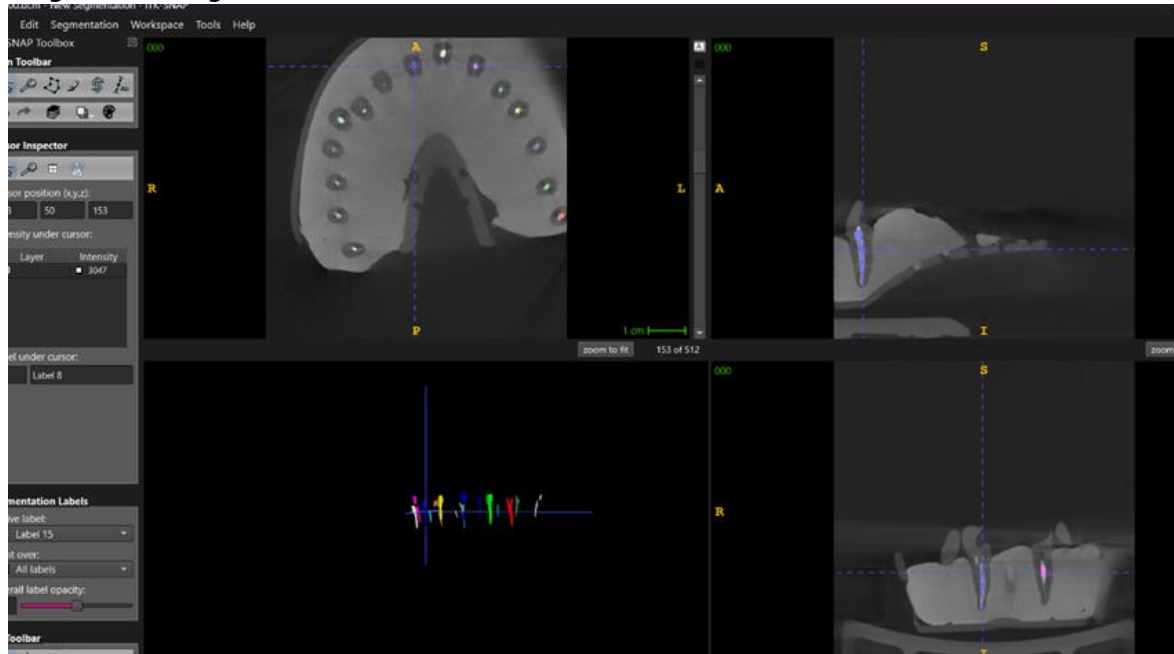
Carga de datos DICOM: Cada espécimen se importó al programa, reconstruyendo el conducto radicular en tres dimensiones.

Definición de la región de interés (ROI). Se delimitó el conducto radicular previamente instrumentado.

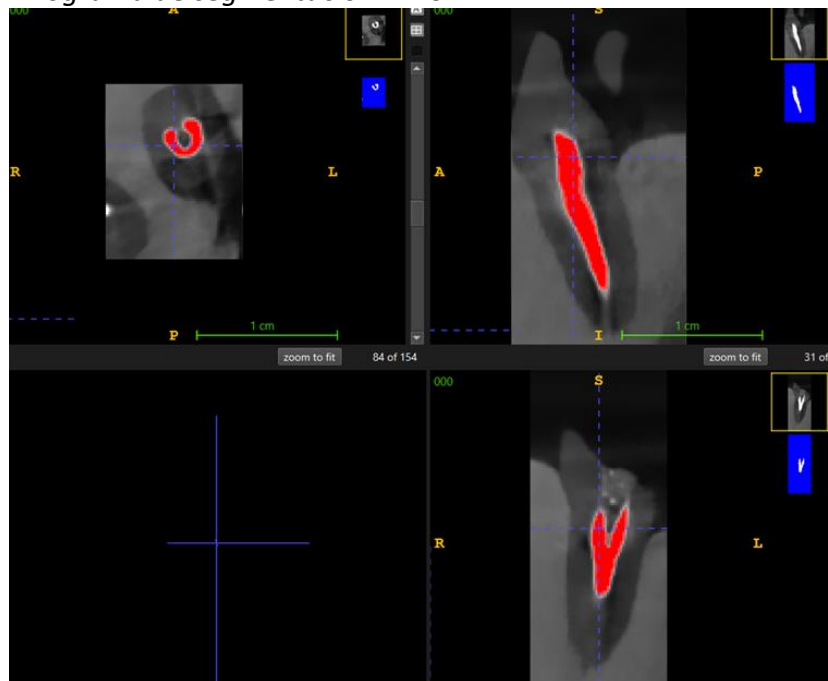
Segmentación semiautomática. El software utilizó el contraste radiográfico del hidróxido de calcio, aplicando thresholding y región growing para captar el volumen del material en cortes axiales, coronales y sagitales.

Corrección manual. Cuando fue necesario, se ajustaron los límites slice por slice.

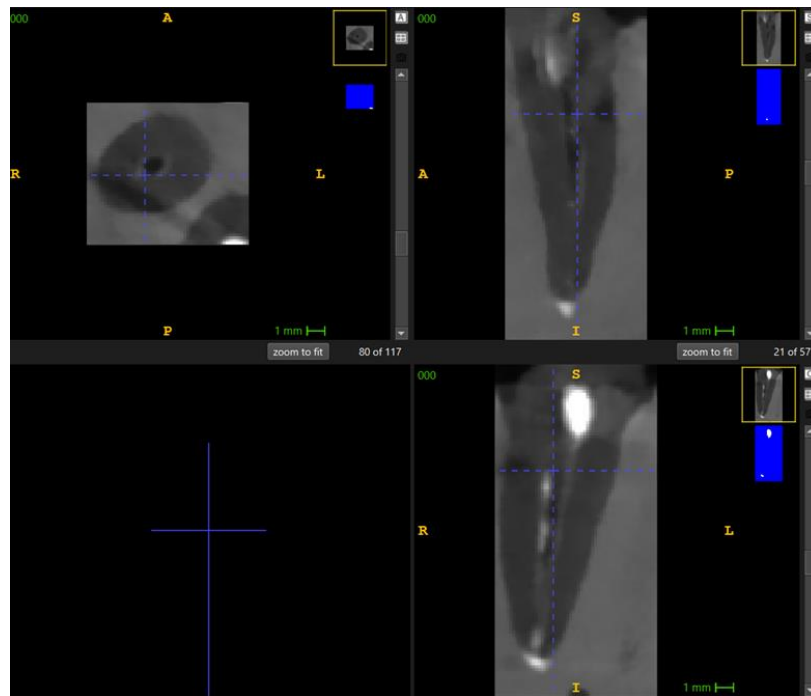
Cálculo volumétrico. ITK-SNAP® generó automáticamente el volumen en mm³, ofreciendo mediciones tridimensionales precisas y reproducibles para cada conducto. Este procedimiento permitió cuantificar objetivamente el hidróxido de calcio remanente, estableciendo la comparación entre los dos grupos y determinando la eficacia de cada sistema de remoción.

Figura 13*Programa de segmentación ITK SNAP*

Nota. Imagen refleja proceso de segmentación de un grupo de espécimen. Foto del autor.

Figura 14*Programa de segmentación ITK SNAP*

Nota. Segmentación del diente 6 del grupo B2.

Figura 15*Programa de segmentación ITK SNAP*

Nota. Muestra de remanentes del diente 11 de grupo B2.

9.8 Consideraciones éticas

En el presente estudio, se utilizaron dientes artificiales tridimensionales diseñados para reproducir fielmente la anatomía interna de conductos radiculares, con el fin de evaluar la eficacia de diferentes protocolos para la remoción de hidróxido de calcio. Al no emplearse dientes humanos ni involucrar sujetos humanos o animales, la investigación se enmarca dentro de estudios *in vitro*, lo que excluye la necesidad de solicitar consentimiento libre e informado, de acuerdo con las normativas internacionales para la investigación odontológica (Declaración de Helsinki y pautas del CIOMS). Esta condición elimina riesgos biológicos, preserva la integridad de los pacientes y permite un control estricto de las variables experimentales.

Desde un punto de vista ético, la elección de dientes artificiales tridimensionales también contribuye a la reducción del uso de muestras biológicas, en concordancia con los principios de Reemplazo, Reducción y Refinamiento (3R) aplicados a la investigación experimental. Estos modelos permiten reproducir la anatomía radicular y las condiciones

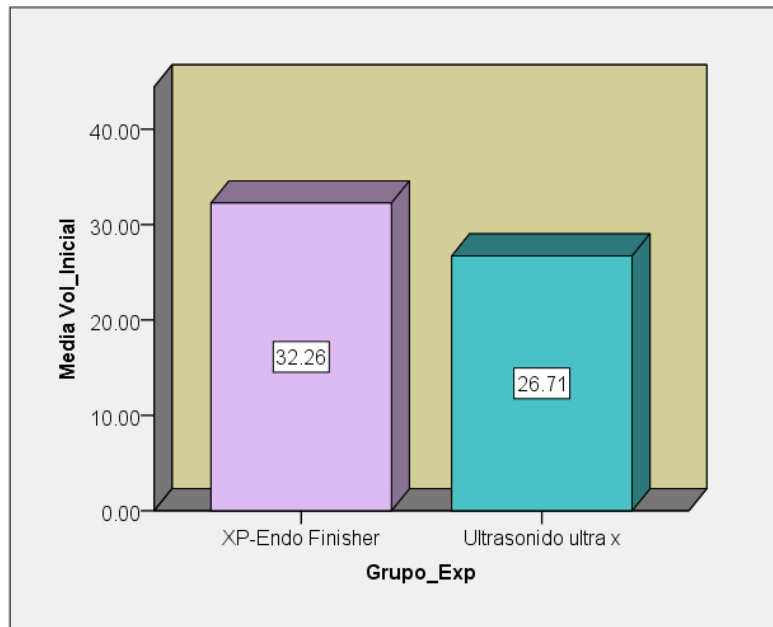
clínicas simuladas sin comprometer la salud o los derechos de personas o animales, garantizando además la reproducibilidad y estandarización de los resultados. Asimismo, se asegura que los procedimientos de instrumentación, irrigación y medición volumétrica se realicen siguiendo protocolos documentados, con el fin de mantener la trazabilidad y la transparencia metodológica.

Finalmente, la aprobación del protocolo experimental fue realizada por dos especialistas en endodoncia, quienes evaluaron la pertinencia científica, la validez técnica y la adecuación ética de la metodología. Se aseguró que la manipulación de las muestras cumpliera con estándares de bioseguridad en laboratorio, evitando riesgos de contaminación cruzada. Los resultados se reportarán de forma objetiva, sin manipulación o alteración de los datos, garantizando la integridad científica y el compromiso con la generación de conocimiento confiable que pueda ser replicado y aplicado en futuras investigaciones endodónticas.

10. Resultados y discusión

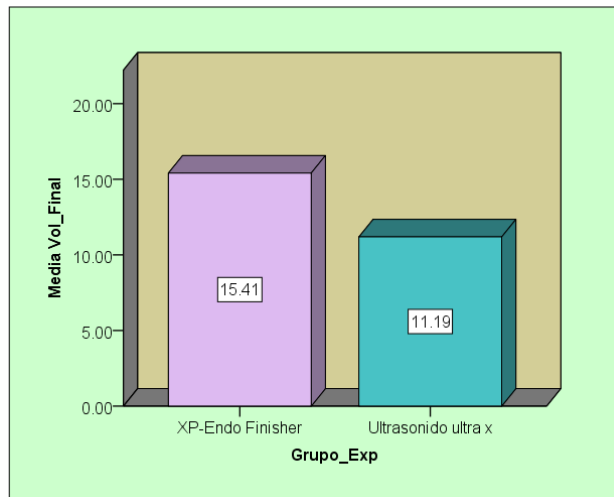
El presente capítulo expone los resultados obtenidos en la evaluación comparativa de la eficacia del sistema XP-Endo Finisher® y del dispositivo ultrasónico Ultra X en la remoción de hidróxido de calcio en dientes tridimensionales, analizada mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Los hallazgos se organizan en función de los objetivos específicos, permitiendo interpretar cuantitativa y cualitativamente la eficacia de cada técnica. Se presentan los valores iniciales y finales de volumen de hidróxido de calcio, los porcentajes de remanente y los estadísticos descriptivos correspondientes, complementados con análisis gráficos que ilustran la distribución de los resultados en cada grupo experimental. Asimismo, se incluyen comparaciones entre medias y medianas, rangos de dispersión y representación tridimensional de los remanentes, con el fin de visualizar los patrones de limpieza alcanzados. Finalmente, se aplicaron pruebas inferenciales, como el ANOVA de un factor, para determinar la significancia estadística de las diferencias observadas entre los grupos. En conjunto, los resultados obtenidos permiten valorar la efectividad relativa de ambos sistemas y aportan evidencia científica sobre su comportamiento en la eliminación de medicación intracanal, contribuyendo a una mejor comprensión de su aplicabilidad clínica en la desinfección del sistema de conductos radiculares.

Objetivo 1: Determinar la cantidad de hidróxido de calcio remanente después del uso del sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico en canales radiculares artificiales, como indicador de su eficacia en la limpieza.

Figura 16*Promedio de volumen inicial vs Grupo Experimental*

Nota. Se muestra el volumen inicial promedio de hidróxido de calcio aplicado en ambos grupos experimentales, con valores de 32.26 mm³ para XP-Endo Finisher y 26.71 mm³ para ultrasonido, establecidos como referencia para la comparación de eficacia.

En la primera gráfica titulada *Promedio de volumen inicial vs Grupo Exp.*, se observa que el volumen inicial promedio de hidróxido de calcio aplicado fue de 32.26 mm³ en el grupo correspondiente al sistema XP-Endo Finisher, mientras que en el grupo del dispositivo ultrasónico el promedio fue de 26.71 mm³. Esta diferencia inicial en los valores de referencia permite contextualizar la comparación entre ambos métodos, ya que establece la base sobre la cual se evaluará la eficacia en la remoción del material. Aunque los promedios no son idénticos, ambos reflejan cantidades suficientes y comparables de hidróxido de calcio para garantizar que la evaluación posterior de la limpieza se realice bajo condiciones experimentales homogéneas y controladas.

Figura 17*Promedio de volumen final vs Grupo Experimental*

Nota. Se observa el volumen final promedio de hidróxido de calcio remanente tras la aplicación de ambos métodos, con reducciones del 52.2% para XP-Endo Finisher y del 58.1% para ultrasonido, evidenciando una eficacia ligeramente superior de este último.

En la gráfica denominada *Promedio de volumen final vs Grupo Exp.*, se evidencia que, tras la aplicación de los métodos de limpieza, el volumen final promedio de hidróxido de calcio remanente fue de 15.42 mm³ en el grupo tratado con XP-Endo Finisher y de 11.19 mm³ en el grupo del dispositivo ultrasónico. Al relacionar estos valores con los volúmenes iniciales (32.26 mm³ y 26.71 mm³, respectivamente), se observa que el XP-Endo Finisher logró una reducción aproximada del 52.2%, mientras que el ultrasonido alcanzó una eliminación cercana al 58.1%. Estos porcentajes reflejan que, aunque ninguno de los métodos consiguió la remoción completa del material, el dispositivo ultrasónico mostró un desempeño ligeramente superior en términos de eficacia porcentual, lo que resulta relevante para valorar la eficiencia comparada de ambas técnicas.

Tabla 4*Estadísticos descriptivos del remanente*

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
XP-Endo Finisher	15	47.5987	28.97540	.37	98.82
Ultrasonido ultra X	15	41.3216	21.55374	6.66	73.93
Total	30	44.4602	25.29375	.37	98.82

Nota. Los valores muestran una media de $47.60 \pm 28.98 \text{ mm}^3$ para XP-Endo Finisher y de $41.32 \pm 21.55 \text{ mm}^3$ para ultrasonido, indicando menor remanente y mayor consistencia en el grupo tratado con ultrasonido.

A partir de la tabla de estadísticos descriptivos, se observa que el grupo XP-Endo Finisher presenta una media de 47.60 (N=15) con una desviación estándar de 28.98, mientras que el grupo de Ultrasonido ultra x alcanza una media de 41.32 (N=15) con desviación estándar de 21.55. En el marco del Objetivo 1 (cuantificar el remanente de Ca(OH)_2 como indicador de eficacia), un promedio menor sugiere menor cantidad remanente y, por tanto, mejor desempeño; así, el ultrasonido muestra ventaja promedio frente a XP-Endo. Además, la dispersión es más alta en XP-Endo (≈ 29) que en Ultrasonido (≈ 22); en términos relativos, esto se traduce en mayor heterogeneidad de resultados con XP-Endo y mayor consistencia con Ultrasonido.

Respecto a los extremos, XP-Endo exhibe un mínimo de 0.37 y un máximo de 98.82, es decir, desde casos casi sin remanente hasta otros con remanencia muy alta. El ultrasonido, por su parte, presenta mínimo de 6.66 y máximo de 73.93. Esta comparación revela dos matices útiles para el Objetivo 1: (i) XP-Endo demuestra potencial para alcanzar valores muy bajos de remanente en casos puntuales (mínimo menor), pero (ii) su rango es mucho más amplio y llega a remanentes extremos (máximo mayor), lo que sugiere resultados menos predecibles. En cambio, Ultrasonido concentra sus resultados en un intervalo más estrecho y con tope máximo menor, lo que respalda una eficacia promedio superior y más homogénea para reducir la cantidad de Ca (OH)_2 remanente.

En este estudio, el primer objetivo se centró en determinar la cantidad de hidróxido de calcio remanente después del uso del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en conductos radiculares artificiales, con el fin de evaluar su eficacia en la limpieza.

Los resultados iniciales mostraron que el volumen promedio de hidróxido de calcio aplicado fue de 32.26 mm^3 en el grupo correspondiente al sistema XP-Endo Finisher y de 26.71 mm^3 en el grupo del dispositivo ultrasónico. Esta diferencia inicial, aunque no idéntica, permitió establecer una base de comparación confiable y homogénea. Tras la intervención, el volumen final promedio de hidróxido de calcio remanente fue de 15.42 mm^3 para XP-Endo Finisher y 11.19 mm^3 para el ultrasonido, lo cual representa reducciones aproximadas de 52.2% y 58.1% respectivamente.

Estos datos sugieren que ambos métodos lograron una reducción significativa del material, aunque sin alcanzar su completa eliminación. El ultrasonido mostró un porcentaje de remoción ligeramente superior, lo cual se traduce en un mejor desempeño relativo. Sin embargo, el análisis estadístico mediante ANOVA evidenció que esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0.506$) esto se comprobará más adelante (ver p. 76). Lo que implica que, desde un punto de vista científico, no se puede concluir que exista una diferencia real entre ambos sistemas bajo las condiciones experimentales empleadas.

El análisis de los estadísticos descriptivos reveló que el grupo XP-Endo Finisher presentó una media de 47.60 con una desviación estándar de 28.98, mientras que el grupo de ultrasonido presentó una media de 41.32 y desviación estándar de 21.55. Esta mayor dispersión en los resultados del XP-Endo sugiere que, aunque puede ofrecer valores muy bajos de remanente en algunos casos, también muestra una mayor variabilidad, lo que se traduce en resultados menos predecibles. En contraste, el ultrasonido demostró un desempeño más uniforme y consistente.

Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos son relevantes, ya que la predictibilidad en la limpieza del conducto radicular es un factor crucial para el éxito del tratamiento endodóntico. El hecho de que el XP-Endo Finisher presente un rango más amplio de resultados indica que su eficacia puede depender en mayor medida de las

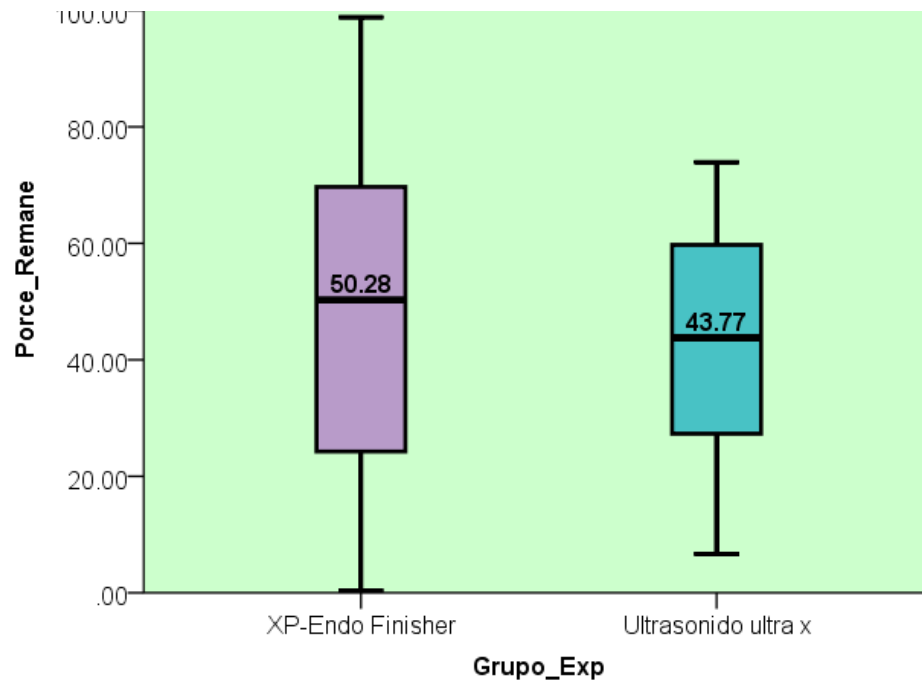
características anatómicas del conducto o de la destreza del operador. Por su parte, el ultrasonido ofrece un patrón de resultados más homogéneo, lo que le confiere mayor confiabilidad en contextos clínicos rutinarios.

Al comparar con la literatura, estos resultados se alinean con lo reportado por Pabel & Hülsmann (2016) y Pizarro Medina (2015), quienes describen que la eliminación completa de hidróxido de calcio rara vez se consigue, incluso con activación ultrasónica o sistemas mecanizados avanzados. Asimismo, Espinoza et al. (2021) encontraron que la activación ultrasónica pasiva combinada con agentes quelantes puede ofrecer ventajas adicionales, lo que coincide con la tendencia observada en este estudio hacia una mejor performance del ultrasonido. No obstante, la falta de significancia estadística en nuestros datos podría explicarse por el tamaño muestral, la variabilidad intra-grupo y las particularidades del protocolo experimental.

En síntesis, los resultados obtenidos en este objetivo confirman que tanto el XP-Endo Finisher como el dispositivo ultrasónico son efectivos en la reducción de hidróxido de calcio intracanal, sin que exista evidencia estadísticamente significativa de superioridad entre uno u otro. Sin embargo, el ultrasonido mostró un desempeño más uniforme, lo cual podría representar una ventaja clínica al ofrecer resultados más predecibles en la práctica endodóntica.

Objetivo 2: Describir las características de remoción del hidróxido de calcio obtenidas con cada sistema, con base en los patrones de limpieza observados mediante tomografía computarizada de haz cónico.

Figura 18
Medidas de los volúmenes remanentes



Nota. Las medianas de los volúmenes remanentes fueron de 50.28 mm³ para XP-Endo Finisher y 43.77 mm³ para ultrasonido, mostrando mejor desempeño y menor dispersión en este último grupo.

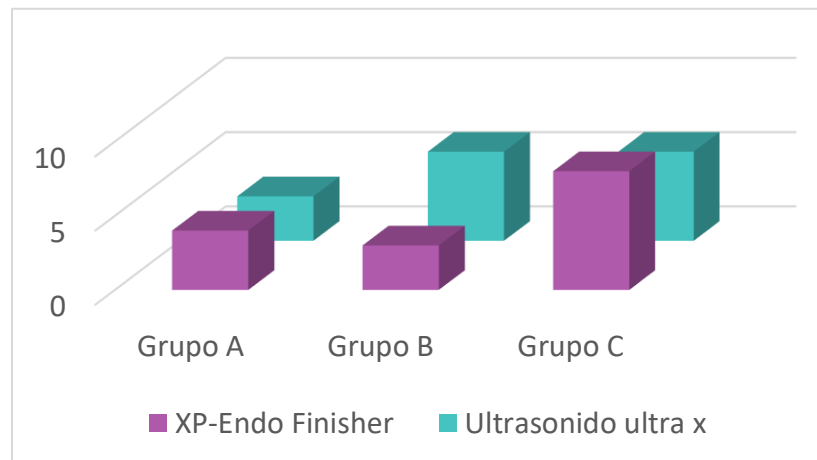
En el gráfico de caja y bigotes se aprecia que las medianas de los volúmenes remanentes fueron de 50.28 para el grupo XP-Endo Finisher y de 43.77 para el ultrasonido. Esta diferencia indica que, en términos centrales, el ultrasonido logró reducir un poco más la cantidad de hidróxido de calcio, mostrando un mejor desempeño en comparación con XP-Endo. Asimismo, la distribución de los datos alrededor de la mediana permite observar que el grupo ultrasónico presentó menos dispersión, lo que refleja mayor uniformidad en sus resultados, mientras que el XP-Endo evidenció una mayor variabilidad en la respuesta de las muestras.

Los valores atípicos y la amplitud de las cajas también son relevantes, ya que señalan la consistencia o irregularidad de cada técnica en la eliminación del material. El XP-Endo mostró un rango más amplio, lo que sugiere que algunos especímenes conservaron volúmenes significativamente mayores de hidróxido de calcio en comparación con otros, mientras que el ultrasonido se mantuvo más estable dentro de un intervalo estrecho. Estos

hallazgos refuerzan la interpretación de que el ultrasonido no solo logró mejores medianas, sino que también ofreció resultados más predecibles en el proceso de limpieza.

Figura 19

Distribución espacial de los volúmenes de hidróxido de calcio



Nota. El gráfico tridimensional muestra la distribución espacial del hidróxido de calcio remanente por tercios radiculares, evidenciando una eliminación más uniforme con ultrasonido y mayor irregularidad en el grupo XP-Endo Finisher.

En el gráfico, la representación de los grupos A, B y C permite visualizar con mayor claridad la distribución espacial de los volúmenes de hidróxido de calcio en diferentes zonas radiculares. Esta forma de análisis ofrece una visión complementaria a las estadísticas, mostrando cómo varía la presencia del material en cada tercio del conducto y evidenciando las áreas donde las técnicas resultaron más o menos efectivas. El contraste entre los grupos deja ver patrones de acumulación, con diferencias en la forma en que cada método logró acceder a zonas complejas como el tercio apical.

Además, el gráfico tridimensional pone de relieve la relación entre los resultados individuales y la tendencia general de cada grupo. La proyección espacial evidencia que, aunque ambos sistemas consiguieron reducciones significativas, el ultrasonido mostró un patrón más uniforme en la distribución de los remanentes, mientras que el XP-Endo reflejó mayores irregularidades. Este tipo de visualización enriquece la interpretación, ya que permite identificar no solo la cantidad remanente, sino también la localización del material,

aspecto clave para comprender la eficacia real de cada técnica en la limpieza del sistema de conductos.

El segundo objetivo del presente estudio se orientó a describir las características de la remoción del hidróxido de calcio obtenidas con cada sistema, con base en los patrones de limpieza observados mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

En los análisis de las distribuciones, la mediana de los volúmenes remanentes fue de 50.28 mm³ en el grupo tratado con XP-Endo Finisher y de 43.77 mm³ en el grupo tratado con ultrasonido. Estos valores indican que, en términos centrales, el ultrasonido consiguió una reducción superior del material en comparación con el XP-Endo Finisher. No obstante, lo más relevante no radica únicamente en el valor central, sino también en la dispersión de los datos.

El grupo de ultrasonido mostró menor variabilidad en la cantidad de hidróxido de calcio remanente, lo que traduce un comportamiento más homogéneo y predecible. Por el contrario, el XP-Endo reflejó mayor heterogeneidad, con casos que presentaron volúmenes mínimos muy bajos y otros con acumulaciones residuales significativas.

El gráfico de caja y bigotes evidenció con claridad este patrón: mientras que el grupo ultrasónico se mantuvo en un rango más estrecho, XP-Endo mostró mayor amplitud y presencia de valores atípicos. En términos clínicos, esta diferencia es crítica, pues un sistema que ofrece resultados consistentes y sin variaciones extremas permite al clínico confiar en la efectividad del protocolo, mientras que una alta variabilidad implica mayor riesgo de fracaso en la desinfección de casos individuales.

Asimismo, la representación espacial en CBCT permitió visualizar la localización del material remanente en diferentes zonas radiculares. Los resultados demostraron que los remanentes tienden a concentrarse en áreas de difícil acceso, particularmente en el tercio apical y en istmos, confirmando lo descrito por estudios previos (Donnermeyer et al., 2019). El ultrasonido mostró una distribución más uniforme de la remoción, con mejor acceso a estas áreas complejas, mientras que el XP-Endo, a pesar de su capacidad expansiva, reflejó mayor irregularidad en la limpieza tridimensional.

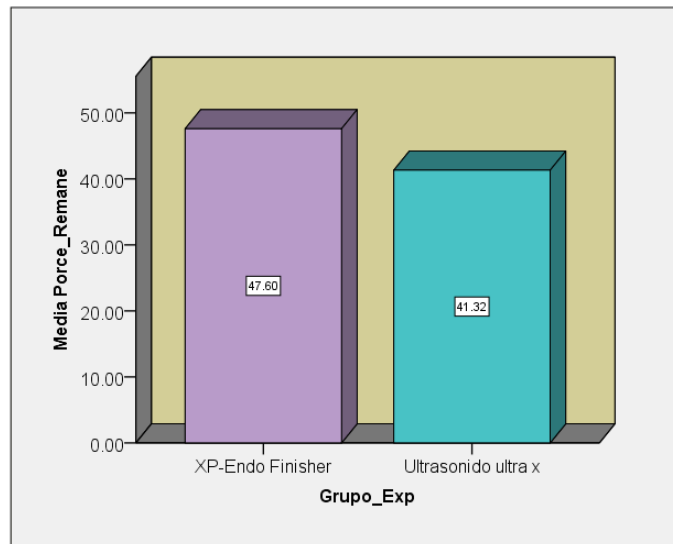
Estos hallazgos son consistentes con investigaciones que resaltan el valor del ultrasonido en la activación de irrigantes, especialmente cuando se busca llegar a anatomías complejas (Lee et al., 2004; Wang et al., 2017). En contraste, XP-Endo ha demostrado utilidad en conductos ovalados o de paredes irregulares (Vílchez et al., 2022), lo cual explicaría la dispersión observada en nuestros resultados, donde algunos especímenes lograron valores muy bajos de remanente, pero otros conservaron cantidades altas de medicación.

En términos de interpretación clínica, los patrones observados refuerzan la noción de que la elección del sistema debe adaptarse a la anatomía radicular. El ultrasonido puede ser más confiable para lograr una limpieza homogénea en la mayoría de los conductos, mientras que XP-Endo puede resultar ventajoso como complemento en anatomías específicas, donde su flexibilidad y expansión tridimensional potencian el contacto con las paredes.

En síntesis, el análisis del Objetivo 2 evidencia que el ultrasonido presentó una mayor consistencia y predictibilidad en la remoción del hidróxido de calcio, mientras que el XP-Endo reflejó una mayor variabilidad, lo que subraya la importancia de considerar la anatomía y la integración de técnicas combinadas para mejorar la limpieza radicular.

Objetivo 3: Establecer diferencias en la eficacia de ambos métodos, con el fin de determinar cuál técnica ofrece una mayor eficiencia en la limpieza de los conductos radiculares.

Figura 20
Hidróxido de calcio remanente



Nota. El gráfico muestra un remanente promedio de 47.60% para XP-Endo Finisher y 41.32% para ultrasonido, indicando mayor eficacia de este último; la significancia de esta diferencia se evaluó mediante la prueba t de Student.

En el gráfico de resultados se observa que el porcentaje promedio de hidróxido de calcio remanente fue de 47.60% en el grupo tratado con XP-Endo Finisher y de 41.32% en el grupo sometido a ultrasonido. Esta diferencia sugiere una mayor eficacia del sistema ultrasónico en la reducción del material, al presentar un menor porcentaje residual en comparación con XP-Endo. No obstante, para determinar si esta diferencia es estadísticamente significativa y concluir con certeza cuál de los dos sistemas resulta más eficaz, se aplicará una prueba de hipótesis para la media utilizando la t de Student, lo que permitirá establecer si las diferencias observadas responden a una variabilidad aleatoria o a un efecto real de la técnica empleada.

El tercer objetivo de la investigación se enfocó en establecer diferencias en la eficacia entre el sistema XP-Endo Finisher® (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiza) y el dispositivo ultrasónico Ultra X® (Eighteeth, Shenzhen, China), a fin de determinar cuál de los dos métodos ofrece mayor eficiencia en la limpieza de los conductos radiculares artificiales.

Los resultados obtenidos mostraron que el porcentaje promedio de hidróxido de calcio remanente fue de 47.60% en el grupo XP-Endo Finisher® y de 41.32% en el grupo sometido a ultrasonido. Si bien esta diferencia sugiere una ligera ventaja a favor del ultrasonido, el análisis estadístico mediante ANOVA de un factor ($F=0.453$; $p=0.506$) demostró que la diferencia no fue significativa, por lo que se aceptó la hipótesis nula (H_0). En términos científicos, esto significa que, bajo las condiciones controladas de este estudio, ambos sistemas presentaron un desempeño comparable, sin que uno pudiera considerarse estadísticamente superior al otro.

No obstante, desde la perspectiva clínica, estas diferencias descriptivas sí merecen un análisis más detallado. En endodoncia, incluso pequeñas variaciones en la capacidad de remoción de la medicación intracanal pueden tener implicaciones importantes en el pronóstico del tratamiento, especialmente en casos de anatomías complejas, presencia de biopelícula persistente o en conductos con múltiples irregularidades morfológicas. El hecho de que el grupo de ultrasonido presentara un promedio residual menor y una variabilidad más reducida sugiere que este método puede ofrecer resultados más uniformes y predecibles, lo que constituye una ventaja práctica en el entorno clínico.

En contraste, el grupo XP-Endo Finisher®, aunque con resultados en promedio menos favorables, mostró la capacidad de alcanzar valores muy bajos de remanente en casos puntuales. Esto refleja el potencial del instrumento en anatomías específicas, gracias a su aleación MaxWire® y a su capacidad de expandirse dentro del conducto, alcanzando zonas irregulares donde los irrigantes y los sistemas de activación ultrasónica tienen limitaciones. Sin embargo, la mayor dispersión y amplitud de rango encontrada en sus resultados evidencia que su eficacia no es homogénea en todas las situaciones, lo cual puede considerarse una limitación en términos de predictibilidad clínica.

Al relacionar estos hallazgos con la literatura, estudios como los de Donnermeyer et al. (2019) han reportado resultados semejantes, señalando que la eficacia de ambos sistemas puede depender en gran medida de la localización anatómica del material a remover. De igual forma, Espinoza et al. (2021) encontraron ventajas del ultrasonido en la activación de agentes irrigantes como EDTA, mientras que otros autores, como Vélchez et

al. (2022), destacan el valor del XP-Endo Finisher® como herramienta complementaria tras la instrumentación mecanizada convencional.

En este sentido, los resultados del presente estudio refuerzan la idea de que la búsqueda de un “método único” para la eliminación completa del hidróxido de calcio es poco realista. En su lugar, la evidencia sugiere que el enfoque clínico más apropiado radica en la combinación de protocolos, adaptando la técnica a la morfología del conducto y a las necesidades específicas de cada caso. Así, mientras que el ultrasonido puede considerarse más confiable para lograr resultados consistentes en la mayoría de las situaciones, el XP-Endo Finisher® podría representar una herramienta valiosa en casos seleccionados, particularmente en conductos ovalados, irregulares o de difícil acceso.

Al comparar los resultados de esta investigación con los de Sánchez Ortega et al. (2011), se observa una coincidencia en la tendencia de mayor eficacia del ultrasonido en la remoción del hidróxido de calcio. En ambos estudios, la activación ultrasónica permitió una limpieza más efectiva de las paredes del conducto radicular. En el presente trabajo, aunque la diferencia entre XP-Endo Finisher® y Ultra X® no fue estadísticamente significativa ($p = 0.506$), el ultrasonido mostró un menor porcentaje de material remanente (41.32%) frente al XP-Endo (47.60%), confirmando su mejor desempeño descriptivo.

Estos resultados respaldan el Objetivo Específico 3, que buscaba establecer diferencias en la eficacia de ambos métodos. Si bien no se evidenció superioridad estadística, el ultrasonido demostró una mayor uniformidad y consistencia en la limpieza radicular, lo que tiene implicaciones clínicas relevantes. En contraste, el XP-Endo Finisher® presentó una eficacia variable, probablemente influida por la anatomía del conducto. Ambos estudios coinciden en que la combinación de técnicas puede ofrecer mejores resultados que el uso aislado de un solo sistema.

Prueba de Hipótesis de comparación de medias para 2 muestras (t - Student)

- **Hipótesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas en el porcentaje promedio de hidróxido de calcio remanente entre el sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico.

- **Hipótesis alternativa (H_1):** Existen diferencias significativas en el porcentaje promedio de hidróxido de calcio remanente entre el sistema XP-Endo Finisher y el dispositivo ultrasónico.

Tabla 5*ANOVA de un factor*

Porce_Remane					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	295.514	1	295.514	.453	0.506
Intra-grupos	18257.929	28	652.069		
Total	18553.443	29			

Nota. El valor de significancia obtenido fue $p = 0.506$, el cual es mayor a 0.05.

Decisión de la prueba:

En base a los resultados estadísticos obtenidos en ANOVA de un factor El valor de significancia obtenido fue $p = 0.506$, el cual es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de hidróxido de calcio remanente entre el grupo tratado con XP-Endo Finisher y el grupo tratado con ultrasonido. Esto significa que, aunque descriptivamente el ultrasonido mostró un promedio menor de remanentes, dicha diferencia no es suficiente para afirmar que sea más eficaz desde un punto de vista estadístico.

Discusiones

Los resultados de esta investigación—porcentajes promedio de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ remanente de 47.60% (XP-Endo) y 41.32% (ultrasonido), con medianas de 50.28 y 43.77, y sin diferencias significativas (ANOVA: $F=0.453$; $p=0.506$)—se inscriben en una línea consistente con la literatura: la eliminación completa rara vez se logra, aun con activación, y las diferencias entre técnicas pueden atenuarse al someterse a contraste estadístico formal. Estudios comparativos previos muestran mejoras frente a irrigación manual, pero persisten remanentes, especialmente en zonas complejas como el tercio apical (Pabel & Hülsmann, 2016; Pizarro Medina, 2015). Estos patrones son coherentes con lo observado aquí:

rendimientos cercanos y sin superioridad estadística concluyente de un sistema sobre el otro.

Varios trabajos han documentado ventajas del ultrasonido en determinadas combinaciones químicas y escenarios anatómicos. Por ejemplo, al activar EDTA con irrigación ultrasónica pasiva, se observó una eliminación del “smear layer” superior a la obtenida con XP-Endo bajo condiciones equivalentes (Espinoza et al., 2021). La tendencia descriptiva de nuestros datos (menores medias y medianas con ultrasonido) es congruente con esa evidencia; sin embargo, en nuestra serie la magnitud de la diferencia no alcanzó significancia estadística, posiblemente por el tamaño muestral, la variabilidad intra-grupo o diferencias de protocolo (tiempos de activación, vehículo/quelante) respecto de los ensayos previos. (Espinoza et al., 2021).

Otros referentes refuerzan la idea de dependencia anatómica del rendimiento relativo. En surcos apicales o regiones estrechas, técnicas sónico/ultrasónicas (p. ej., EDDY o PUI) han mostrado resultados iguales o mejores que XP-Endo, mientras que en zonas más amplias la mecánica de XP-endo puede ser competitiva (Donnermeyer et al., 2019). En nuestro conjunto, la mayor variabilidad observada con XP-endo (desviación estándar y rango más amplios) sugiere que el instrumento puede ofrecer muy buenos resultados en algunos especímenes, pero con menos predecibilidad global frente al patrón más uniforme del ultrasonido—una lectura coherente con el énfasis de dichos autores en la localización del remanente y la dinámica de flujo del irrigante. (Donnermeyer et al., 2019).

En sentido complementario, hay evidencia que destaca el valor de XP-Endo como etapa suplementaria tras la instrumentación mecanizada: al emplearlo después de sistemas como iRace, se reportan saltos notables en la remoción (de ~50% a >90%), atribuibles a su expansión y contacto tridimensional con paredes irregulares u ovaladas (Vílchez et al., 2022). Nuestro hallazgo de mayor dispersión con XP-Endo encaja con esa lectura: el dispositivo puede brillar en anatomías específicas o cuando se integra a protocolos combinados, aunque su desempeño promedio no supere de forma consistente al ultrasonido cuando se lo contrasta aisladamente. (Vílchez et al., 2022).

Las condiciones geométricas del conducto y la preparación canalicular también modulan los resultados. Se ha mostrado que diámetro y conicidad mayores favorecen la eficacia del ultrasonido al mejorar la penetración y circulación del irrigante (Lee et al., 2004), y que la combinación de irrigantes/activaciones altera el rendimiento en distintos tramos del conducto (Wang et al., 2017). Si en nuestro estudio las conicidades o parámetros químicos no replicaron exactamente los más favorables reportados, es plausible que la diferencia entre sistemas se reduzca, explicando la ausencia de significancia pese a la ventaja descriptiva del ultrasonido. (Lee et al., 2004; Wang et al., 2017).

Finalmente, existen reportes con eficacia comparable entre XP-Endo y dispositivos sónicos para reducir biopelícula (Della Porta et al., 2020), una conclusión que armoniza con nuestra no significancia global y refuerza una recomendación práctica: en lugar de buscar un “ganador universal”, conviene ajustar la estrategia al caso, privilegiando protocolos combinados (p. ej., PUI+EDTA o XP-Endo como complemento post-instrumentación), estandarizando parámetros operativos y atendiendo a la anatomía concreta de cada conducto para maximizar la probabilidad de remanentes bajos y consistentes. (Della Porta et al., 2020).

11. Conclusiones

El análisis de los volúmenes iniciales y finales de hidróxido de calcio evidenció que, aunque ambos sistemas lograron una reducción significativa del material, ninguno alcanzó su eliminación completa. El ultrasonido mostró un promedio final menor y un rango de variación más estrecho, lo que sugiere un rendimiento más uniforme en la remoción del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en comparación con el XP-Endo Finisher.

Los resultados obtenidos indican una tendencia a mayor eficacia y consistencia en diferentes zonas radiculares. Estos hallazgos reafirman que el desempeño de cada técnica varía en función de la complejidad anatómica.

Se confirmó que las diferencias en los porcentajes de remanentes entre los dos sistemas no fueron estadísticamente significativas ($p=0.506$). Esto demuestra que, bajo las condiciones experimentales de este estudio, tanto XP-Endo Finisher como ultrasonido presentaron una eficacia comparable, destacando la necesidad de considerar factores anatómicos y protocolos combinados para optimizar la limpieza de los conductos radiculares.

12. Recomendaciones

Los hallazgos obtenidos en la presente investigación permiten proponer una serie de recomendaciones orientadas tanto a la práctica clínica endodóntica como al desarrollo de futuras líneas de investigación. En primer lugar, se sugiere que los profesionales de la salud dental consideren la incorporación de sistemas de activación complementarios, como el XP-Endo Finisher o la irrigación ultrasónica pasiva (PUI), en las etapas finales de la desinfección del sistema de conductos radiculares. Estas tecnologías han demostrado mejorar la eliminación del hidróxido de calcio y de residuos intraconducto, optimizando así las condiciones para la obturación y el sellado apical. El uso de dispositivos de activación debe ir acompañado de una correcta estandarización de los parámetros clínicos —tiempo de activación, volumen irrigante y secuencia operatoria— para maximizar la eficacia de limpieza y evitar posibles daños estructurales en la dentina radicular.

Asimismo, se recomienda fortalecer la formación de los especialistas en endodoncia respecto al manejo de sistemas tridimensionales y análisis por tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Estas herramientas representan un recurso valioso para la evaluación objetiva de los resultados clínicos, permitiendo observar con precisión la distribución y remoción de los materiales intracanal. Su integración en el ámbito académico y clínico favorecerá una práctica endodóntica más predecible, basada en evidencia científica y sustentada en tecnologías avanzadas de diagnóstico y control de calidad.

Desde el punto de vista de la investigación, se propone continuar desarrollando estudios comparativos *in vitro* e *in vivo* que analicen la eficacia de distintos sistemas de activación bajo condiciones experimentales más cercanas a la realidad clínica. Específicamente, sería relevante explorar la influencia de variables como la morfología del conducto, el tipo de irrigante, la concentración del hidróxido de calcio y el tiempo de permanencia de la medicación. Asimismo, se sugiere evaluar el desempeño de otros dispositivos rotatorios y sónicos de nueva generación, con el fin de establecer protocolos clínicos estandarizados que garanticen una desinfección más eficiente y reproducible.

De igual manera, futuras investigaciones podrían integrar modelos tridimensionales de mayor complejidad anatómica o dientes naturales con variaciones morfológicas significativas, para determinar la eficacia de los sistemas en condiciones más representativas del entorno clínico. También sería de interés aplicar métodos de cuantificación digital avanzados, como análisis volumétricos automatizados o software de segmentación más precisos, que permitan reducir la subjetividad y aumentar la confiabilidad de los resultados.

Finalmente, se recomienda que las instituciones académicas y los organismos de investigación promuevan el uso de modelos tridimensionales estandarizados y herramientas digitales de análisis como parte de la formación en investigación endodóntica. La adopción de estos recursos facilitará la generación de evidencia científica sólida, replicable y clínicamente aplicable, fortaleciendo el vínculo entre la investigación experimental y la práctica clínica. De este modo, se contribuirá a perfeccionar los protocolos de desinfección intracanal, mejorando el pronóstico de los tratamientos endodónticos y el bienestar del paciente.

13. Referencias

- Da Silva, L. J., de Oliveira, T. T., & dos Reis, A. C. (2019). Efecto del ultrasonido en la limpieza del sistema de conductos radiculares: revisión de literatura. *Odontología Sanmarquina*, 187-195.
- Della Porta, R., Chaves, C., Bergese, S., Scavo, R., Fernandez-Canigia, L., & Zmener, O. (2020). Ability of the XP-endo Finisher instrument and the EndoActivator system to reduce/eliminate of the bacterial biofilm. An ex vivo assay. *Revista Asociación Odontológica Argentina*, 46-51.
- Donnermeyer, D., Wyrsch, H., Burklein, S., & Schafer, E. (2019). Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. *Journal Of Endodontics*, 322-326.
- Doroteo Gonzalez, D. Y. (2017). *APLICACIÓN DE XP ENDOFINISHER EN EL TRATAMIENTO ENDODONTICO*. Ciudad de México.
- Eighteeth. (16 de Febrero de 2022). *Endo with Eighteeth*. Obtenido de Eighteeth: <https://www.eighteeth.com/upload/2022/0216/Eighteethcatalogue2022.pdf>
- Espinoza, I., Loroño, G., Estevez, R., Estevez, R., Plotino, G., & Cisneros, R. (2021). Effectiveness of XP-Endo Finisher and Passive Ultrasonic Irrigation in the Removal of the Smear Layer Using two Different Chelating Agents. *Journal of Dentistry*, 243-251.
- Estrada Cardenas, C. E. (2016). *COMPARACION DE LIMA XP ENDO Y ULTRASONIDO PARA LA REMOCIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO DEL CONDUCTO RADICULAR*. Tijuana.
- FKG Dentaire SA. (2015). *XP-endo Finisher: Optimal cleaning while preserving dentine (folleto informativo)*. Technomedics.
- Hernandez Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGRAW-HILL Education.

- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptisia Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.
- ITK-SNAP. (Abril de 2024). *ITKSNAP.ORG*. Obtenido de *ITKSNAP.ORG*: <https://www.itksnap.org/pmwiki/pmwiki.php?n=Main.HomePage>
- Lee, S. J., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2004). The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal*, 607-12.
- Pabel, A.-K., & Hulsman, M. (2016). Comparison of different techniques for removal of calcium hydroxide from straight root canals: an in vitro study. *Odontology*, 453-459.
- Pizarro Medina, M. P. (2015). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICACIA EN LA REMOCIÓN DE HIDROXIDO DE CALCIO INTRACANAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LIMAS K Y DISPOSITIVO DE IRRIGACIÓN PASIVA CON ULTRASÓNICO*. Santiago.
- Prevest DenPro. (2020). *Calplus: Calcium hydroxide paste with iodoform (Revisión 07) [Folleto técnico]* . Prevest DenPro .
- Ramirez-Muñoz, A., Escribano-Capdevilla, M., Navarrete, N., Vieira, G. C., Salamanca-Ramos, M., Ortolani-Seltenerich, P. S., . . . Perez, A. R. (2024). Comparative Micro-CT Analysis of Minimally Invasive Endodontic Systems Using 3D-Printed Replicas and Natural Teeth. *Materials*, 17 (21).
- Sánchez Ortega, J., Guerrero, J., Elorza, H., & García Aranda, R. L. (2011). Influencia del hidróxido de calcio como medicación intraconducto en la microfiltración apical. *Revista Odontológica Mexicana*, 15(4), 224–230.
- Van der Sluis, L. M., Versluis, M., Wu, M. K., & Weselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 415-426.
- Van der Sluis, L. W., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root

canal using different irrigation methodologies. *International Endodontic Journal*, 52-7.

Vilchez, S. M., Mendoza, V., Resa, A. L., Bulacio, M. A., Higa, R., & Martin, G. (2022). Estudio in vitro de la remoción de pasta de hidróxido de calcio de conductos ovals con sistemas iRace y XP-endo Finisher. *Methodo*, 312-319.

Wang, Y., Guo, L.-Y., Fang, H.-Z., Zhou, W.-L., Yang, Y.-M., Gao, Y., . . . Hu, T. (2017). An in vitro study on the efficacy of removing calcium hydroxide from curved root canal systems in root canal therapy. *International Journal of Oral Science*, 110-116.

Zhou, J., Liu, T., & Guo, L. H. (2021). Eficacia del XP-Endo Finisher y la irrigación ultrasónica pasiva en la eliminación de medicamentos intraconductos de los conductos radiculares: una revisión sistemática y un metanálisis. *BMC ORAL HEALTH*, 1-15.

14. Apéndices / Anexos

14.1 Apéndices

Apéndice A. Ficha técnica de recolección de datos

Objetivo. Registrar el volumen inicial y final del hidróxido de calcio remanente en dientes artificiales tridimensionales, expresado en milímetros cúbicos (mm^3). Posteriormente calcular el porcentaje de remanente y clasificar los resultados en tres grupos.

Datos de identificación de la muestra

ID de muestra: _____

Grupo experimental:

☐ Grupo 1: XP-Endo Finisher

☐ Grupo 2: Ultrasonido ultra x

Tabla de registro de datos:

Dispositivo ultrasónico Ultra x				XP- Endo Finisher			
ID de muestra	Volumen Inicial (V_o) mm^3	Volumen Final (V_f) mm^3	% Remanente	ID de muestra	Volumen Inicial (V_o) mm^3	Volumen Final (V_f) mm^3	% Remanente

Observaciones:

Apéndice B

Managua, 28 de agosto de 2025

Dr. Michael Abarca
Coordinador de Clínicas Odontológicas
Facultad de Odontología - UNICA

Estimado Dr. Abarca:

Yo, **Dra. María Fernanda Bermúdez**, estudiante de posgrado en Endodoncia, me permito solicitar respetuosamente la autorización para el uso del laboratorio de la Facultad de Odontología con el propósito de llevar a cabo la fase experimental **in vitro** de mi trabajo de investigación titulado:

“Comparación de la eficacia del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025”.

El objetivo de esta investigación es evaluar, mediante tomografía computarizada de alta resolución, el volumen de remanente de hidróxido de calcio tras la aplicación de ambos sistemas, contribuyendo así con evidencia científica relevante para el campo de la endodoncia.

Las actividades a realizar durante mi estancia en el laboratorio incluirán:

- Preparación y selección de las muestras dentarias.
- Colocación del hidróxido de calcio y su posterior remoción mediante los sistemas a evaluar.
- Análisis y resguardo del material utilizado, conforme a las normas institucionales establecidas.

El espacio solicitado corresponde únicamente a un área de trabajo dentro del laboratorio que permita desarrollar las actividades experimentales y realizar la documentación fotográfica correspondiente.

Las fechas requeridas son:

- **Viernes 29 de agosto (08:00 am a 10:00 am)**
- **Lunes 1 de septiembre (08:00 am a 10:00 am)**

Me comprometo a dar estricto cumplimiento a las normas de bioseguridad y al reglamento del laboratorio, garantizando en todo momento un ambiente seguro, ordenado y respetuoso con las instalaciones.

Agradezco de antemano su apoyo y quedo atenta a su respuesta favorable.

Atentamente,

Dra. María Fernanda Bermúdez
Estudiante de Posgrado en Endodoncia


Revisado
29/08/25
8:40 am

Apéndice C

Carta de Validación de Instrumento de Recolección de Datos

Yo, **Dr. Erick Omar Collado Cruz**, en mi calidad de coordinador académico de la Especialidad de Endodoncia y Microcirugía y como especialista en endodoncia, hago constar que he revisado el instrumento de recolección de datos titulado:

“Comparación de la eficacia del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025” elaborado por la Dra: **María Fernanda Bermúdez Ayestas**, estudiante de la especialidad de Endodoncia y Microcirugía de la Universidad Católica Redemptoris Mater.

Después de realizar la revisión correspondiente, certifico que el instrumento presenta claridad, coherencia, pertinencia y validez en relación con los objetivos planteados en la investigación, siendo un recurso adecuado para la recolección de información en el presente estudio.

Por lo tanto, apruebo y valido dicho instrumento como apto para su aplicación en la investigación propuesta.

Se extiende la presente a solicitud de parte interesada y para los fines académicos correspondientes.

Atentamente,



Dr. Erick Collado Cruz

Coordinador de la Especialidad de Endodoncia y Microcirugía (UNICA) / Especialista en Endodoncia y Microcirugía.

14.2 Anexos

Anexo A**DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN**

Yo, María Fernanda Bermúdez Ayestas con cédula de identidad 001-201098-0015K, egresada del programa académico de Especialidad en Endodoncia y Microcirugía declaro que:

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

Así mismo, autorizo a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada de mi trabajo de investigación, bajo el título *“Comparación de la eficacia del sistema XP-Endo Finisher y del dispositivo ultrasónico en la remoción de hidróxido de calcio en modelos de incisivos centrales superiores, a través de tomografía computarizada haz cónico, UNICA en el año 2025”* en el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto lo hago desde mi libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los 10 días del mes octubre de 2025.

Atentamente,



Firma: _____

María Fernanda Bermúdez Ayestas