



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

EVALUACIÓN DE LA EXTRUSIÓN  
APICAL DURANTE LA  
DESOBTURACIÓN MEDIANTE  
INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA Y  
RECIPROCANTE CON DOS SISTEMAS  
DE IRRIGACIÓN FINAL EN  
PREMOLARES. ESTUDIO IN VITRO

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAESTRO EN ENDODONCIA

CARLOS ISMAEL ALCALDE PICHÓ

LIMA - PERÚ

2025



**ASESORA**

MG. ESP. CD. CARMEN ROSA GARCÍA RUPAYA

**CO ASESORA**

MG. ESP. CD. MARGARITA VEGA YSLACHIN

JURADO DE TESIS

DR. JOHN ALEXIS DOMINGUEZ

PRESIDENTE

DR. MARIO GEORGE CASARETTO GAMONAL

VOCAL

MG. SHIRLEY VANESSA GRANADOS LAURA

SECRETARIA

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre y hermanos, pilares fundamentales de mi vida.

A Maryce por su amor, paciencia y sacrificio incondicional. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la humildad.

A mi padre quien ya no está físicamente, pero sigue vivo en mi corazón y ha sido fuente de inspiración en mi camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis asesores y docentes de la Maestría, quienes con su experiencia, exigencia y dedicación contribuyeron significativamente a mi formación profesional y a la calidad de este trabajo de investigación. En especial, a la Mg. Esp. Carmen Rosa García, por su guía constante, por compartir su conocimiento con generosidad y por motivarme a buscar siempre la excelencia

Al Centro Dental Docente de la UPCH y al servicio de Estomatología del HMC por la donación de dientes

Al Laboratorio de Investigación y desarrollo de la UPCH.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Los autores declaran no tener fuentes de financiamiento

| DECLARACIÓN DE AUTOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                     |              |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|
| <b>FECHA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>21</b>                                                                                                                                                                           | <b>JULIO</b> | <b>2025</b> |
| <b>APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>ALCALDE PICHO CARLOS ISMAEL</b>                                                                                                                                                  |              |             |
| <b>PROGRAMA DE POSGRADO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>MAESTRÍA EN ENDODONCIA</b>                                                                                                                                                       |              |             |
| <b>AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>2024</b>                                                                                                                                                                         |              |             |
| <b>TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | “EVALUACIÓN DE LA EXTRUSIÓN APICAL DURANTE LA DESOBTURACIÓN MEDIANTE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA Y RECÍPROCANTE CON DOS SISTEMAS DE IRRIGACIÓN FINAL EN PREMOLARES. ESTUDIO IN VITRO” |              |             |
| <b>MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>TESIS</b>                                                                                                                                                                        |              |             |
| <p align="center"><b>Declaración del Autor</b></p> <p>El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.</p> |                                                                                                                                                                                     |              |             |
| <b>Teléfono de contacto (fijo / móvil)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>966312950</b>                                                                                                                                                                    |              |             |
| <b>E-mail</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <a href="mailto:carlos.alcalde@upch.pe">carlos.alcalde@upch.pe</a>                                                                                                                  |              |             |


---

Firma del egresado.  
DNI: 46668962

## ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| I. INTRODUCCIÓN .....              | 1  |
| II. OBJETIVOS .....                | 5  |
| III. HIPÓTESIS.....                | 6  |
| IV. MARCO TEÓRICO.....             | 7  |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS .....      | 23 |
| VI. RESULTADOS.....                | 34 |
| VII. DISCUSIÓN .....               | 38 |
| VIII.CONCLUSIONES .....            | 46 |
| IX. RECOMENDACIONES .....          | 46 |
| X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 48 |
| XI. ANEXOS                         |    |

## RESUMEN:

**Objetivo:** El propósito de este estudio fue comparar la extrusión apical al realizar una desobturación mediante limas de movimiento rotatorio y reciprocante con dos sistemas de irrigación final en premolares. **Metodología:** Es un estudio tipo experimental in vitro. Se emplearon 66 dientes premolares extraídos con motivos ajenos al estudio que cumplan con los criterios de selección. Fueron preparados con el sistema S-Blue® hasta longitud de trabajo con un calibre 25/06 y obturados con un cono maestro del mismo calibre y conos accesorios en una técnica de compactación lateral y onda continua. Se restauraron de forma temporal con resina y reservados en una incubadora a 37°C por 14 días. Para la desobturación las muestras fueron divididos en seis grupos aleatoriamente: Grupo I: Retreaty®, Grupo II: Retreaty® y Ultra X®, Grupo III: Retreaty® y XP- Endo Finisher®, Grupo IV: Excalibur®, Grupo V: Excalibur® y Ultra X® y Grupo VI: Excalibur® y XP- Endo Finisher® (n=09). Cada muestra se insertó en unos viales para la recolección de residuos. Posterior a la instrumentación y sistema de irrigación final, el volumen recolectado fue trasladado a los tubos Eppendorf mediante micropipetas para luego ser centrifugado por 5 min. a 12000 rpm. Finalmente, se almacenaron en una incubadora por 7 días a 37°C para permitir la evaporación del líquido irrigante antes de pesar los residuos mediante con una microbalanza de precisión de 0,0001g. Se empleó la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de grupos y comparativo la prueba de Steel-Dwass. **Resultados:** Retreaty® produjo una cantidad de material extruido de (4.50 mg  $\pm$  1.93 mg), Retreaty® + Ultra X® extruyó (4.73 mg  $\pm$  2.13 mg), Retreaty® + XP Endo Finisher® mostró una cantidad de material extruido de (4.27 mg  $\pm$  1.81 mg), Excalibur® presentó una extrusión media de (4.39 mg  $\pm$  0.93 mg), Excalibur® + Ultra X® una cantidad media de (4.83 mg  $\pm$  2.71 mg) y Excalibur + XP Endo Finisher registró la menor cantidad de material extruido (0.93 mg  $\pm$  0.52 mg). **Conclusiones:** Todos los sistemas evaluados causaron extrusión apical. Las limas de movimiento reciprocante Excalibur® mostró una tendencia hacia una menor extrusión, de igual manera las limas XP- Endo Finisher®.

**Palabras clave:** extrusión apical, instrumentos reciprocantes, instrumentos rotatorios, retratamiento (DeCS/BIREME).



## ABSTRACT:

**Objective:** The purpose of this study was to compare apical extrusion after performing obturation removal using rotary and reciprocating files with two final irrigation systems in premolars. **Methodology:** This was an in vitro experimental study. 66 premolar teeth extracted for reasons unrelated to the study and meeting the selection criteria were used. They were prepared with the S-Blue® system to working length with a 25/06 caliber and filled with a master cone of the same caliber and accessory cones using a continuous wave lateral compaction technique. They were temporarily restored with resin and stored in a 37°C incubator for 14 days. For unclogging, the samples were randomly divided into six groups: Group I: Retreaty®, Group II: Retreaty® and Ultra X®, Group III: Retreaty® and XP- Endo Finisher®, Group IV: Excalibur®, Group V: Excalibur® and Ultra X®, and Group VI: Excalibur® and XP- Endo Finisher® (n=09). Each sample was inserted into vials for waste collection. After instrumentation and the final irrigation system, the collected volume was transferred to Eppendorf tubes using micropipettes and then centrifuged for 5 min at 12,000 rpm. Finally, they were stored in an incubator for 7 days at 37°C to allow evaporation of the irrigating liquid before weighing the waste using a 0.0001g precision microbalance. The Kruskal-Wallis test was used to compare groups and the Steel-Dwass test was used for comparative purposes. **Results:** Retreaty® produced an extruded amount of (4.50 mg ± 1.93 mg), Retreaty® + Ultra X® extruded (4.73 mg ± 2.13 mg), Retreaty® + XP Endo Finisher® showed an extruded amount of (4.27 mg ± 1.81 mg), Excalibur® presented an average extrusion of (4.39 mg ± 0.93 mg), Excalibur® + Ultra X® an average amount of (4.83 mg ± 2.71 mg) and Excalibur + XP Endo Finisher recorded the lowest extruded amount (0.93 mg ± 0.52 mg). **Conclusions:** All systems evaluated caused apical extrusion. Excalibur® reciprocating files showed a trend towards less extrusion, as did XP- Endo Finisher® files.

**Keywords:** apical extrusion, reciprocating single-file system, retreatment, rotary instruments (MeSH/NLM).

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS:**

**HMC:** Hospital Militar Central

**LID - UPCH:** Laboratorios de Investigación y desarrollo de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

**CIE – UPCH :** Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia

**DADCI:** Departamento de Apoyo a la Docencia Capacitación e Investigación

**LT :** Longitud de Trabajo.

**PBM :** Preparación Biomecánica

**IUP:** Irrigación Ultrasónica Pasiva

**RVG:** Radiovisiografía, sensor digital intraoral.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El tratamiento de conductos presenta una efectividad variable, por lo que en algunos casos no se alcanza la curación esperada. En particular, la destrucción ósea periapical a veces acompañada de síntomas clínicos y pueden persistir luego del tratamiento endodóntico (1). Cuando un tratamiento de conductos fracasa, como primera opción se indica un retratamiento no quirúrgico para eliminar o reducir sustancialmente la contaminación microbiana en los conductos radiculares (2–4). El objetivo principal del retratamiento no quirúrgico es eliminar completamente el material de obturación del conducto radicular para recuperar el acceso al foramen apical y facilitar una mayor limpieza, conformación y desinfección, para luego ser obturado (5,6) Sin embargo, al querer llegar a este objetivo se puede conducir a la extrusión de residuos apicales y estar asociados a consecuencias indeseables que provocarían una inflamación periapical, exacerbaciones o fallo en la cicatrización periapical (7).

Chapman et al.(8) documentaron por primera vez que la expulsión de material de los conductos radiculares es un fenómeno habitual durante la instrumentación, independientemente de la técnica biomecánica utilizada. Por lo tanto, es un evento inevitable. No obstante, la cantidad de residuos extruido puede variar según el diseño del instrumento, el tipo de movimiento empleado y si se trabaja con un sistema secuencial o único (9,10).

Durante las últimas décadas, se han desarrollado diversos métodos para la eliminación del material de obturación radicular, utilizando instrumentos manuales,

solventes químicos y puntas ultrasónicas con el fin de mejorar la desobturación, conformación y desinfección del conducto radicular (1,7,11), de igual manera disminuir las consecuencias indeseables que conlleva estos procedimientos como es la extrusión de residuos. Es por ello por lo que actualmente los instrumentos endodónticos han experimentado un constante perfeccionamiento. De los antiguos instrumentos manuales se ha pasado a los accionados por motor, así como del empleo de los sistemas de limas múltiples a sistemas de lima única (12,13). Estos avances han permitido simplificar significativamente la instrumentación mecanizada, reduciendo los procedimientos de múltiples etapas a una sola. Aunque, los avances en diseño han sido significativo, la extrusión de material y del irrigante más allá del ápice radicular sigue siendo un desafío. Según estudios, la cinemática o el tipo de movimiento del instrumento es el factor más relacionado con la extrusión de material a través del foramen (13,14).

El diseño de la sección transversal es otro factor importante. Limas con sección transversal en forma de “S” o con ángulos de corte agudos tienden a tener mayor capacidad de corte y avance rápido, mientras que diseños convexos o con filos no cortantes favorecen a un mayor control del procedimiento (14). La conicidad, por su parte, determina cuánto tejido dentinario es eliminado: conicidades altas favorecen una conformación amplia, pero pueden incrementar la extrusión de residuos, mientras que conicidades reducidas preservan la dentina, aunque con menor capacidad de transporte (13).

En este contexto, los sistemas de retratamiento actuales combinan propiedades metalúrgicas y geométricas diseñadas para optimizar la desobturación con

características peculiares según el fabricante. El Sistema Re Treaty® (D-Perfect, China) emplea tres diferentes tratamientos térmicos para eliminar la gutapercha y conformar los conductos de una manera eficiente. Su diseño transversal en forma de “S” mejora la capacidad de corte de las limas a medida que avanza por el conducto. Cada lima está optimizada para un rendimiento excepcional, ya sea en rotación continua o alternada. La lima Bull-Y es particularmente versátil, permitiendo utilizarse en ambos tipos de movimiento (15). En contraste, el sistema de limas Excalibur® (Zarc, España) diseñado para completar la preparación biomecánica con un solo instrumento mediante un movimiento reciprocante. Este sistema se caracteriza por una conicidad reducida del 5% y trabajar con un giro antihorario de 150° y 30° en sentido horario, lo que permite eliminar menos dentina. Además, incorpora, la aleación New Gold, que ayuda a preservar la anatomía original de los conductos (16).

La desobturación eficiente es fundamental para preparar adecuadamente los conductos radiculares. Sin embargo, la instrumentación por sí sola no garantiza la eliminación total de los microorganismos que se encuentran en los conductos radiculares (17). Por esta razón, el uso de soluciones irrigantes adquiere una importancia crítica.

La limpieza y desinfección son cruciales, para ello se necesita la utilización de soluciones irrigantes con el objetivo de eliminar la mayor cantidad posible de microorganismos. La eficacia de estas soluciones varía según se usen en conductos tratados por primera vez o aquellos que presentan un fracaso endodóntico (7,18). En la actualidad se han diseñado sistemas de dispersión y agitación de sustancias

irrigadoras como la agitación sónica y ultrasónica (19,20), ayudando en el protocolo de limpieza y desinfección, como el Ultra X® (Eighteeth, China) que genera una frecuencia de 25 a 30 kHz generando un flujo y tensiones en el irrigante. De igual forma la lima XP – Endo Finisher® (FKG, Suiza) está especialmente diseñada para agitar vigorosamente la solución irrigante y ser utilizada como paso final de la etapa de irrigación y desinfección. Cuenta con un tamaño de 25/0, no tiene conicidad, no corta la dentina, se expande y trabaja de forma tridimensional cuando se lo emplea a temperatura corporal (21).

El propósito de este estudio es que, junto con el desarrollo de recientes instrumentos que aseguran mejoras a través de innovaciones en diseño, aleaciones y otras características, se debería considerar para la elección del sistema a trabajar, la cantidad de residuos que estos son capaces de expulsar más allá del foramen apical y que podrían prolongar la cicatrización apical. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue comparar in vitro, la cantidad de material residual extruido apicalmente al realizar un retratamiento mediante instrumentación rotatoria: Re treaty® y reciprocante: Excalibur® y dos sistemas de irrigación final: Ultra X® y XP - Endo Finisher®.

## **II. OBJETIVOS**

**Objetivo General:** Comparar la extrusión apical al realizar una desobturación mediante limas de movimiento rotatorio y reciprocante con dos sistemas de irrigación final en premolares.

### **Objetivos Específicos:**

1. Determinar y comparar la cantidad de material residual extruido apicalmente luego de la desobturación con limas de movimiento rotatorio: Re treaty®, con activación con Ultra X® y con activación con XP- Endo Finisher®.
2. Determinar y comparar la cantidad de material residual extruido apicalmente luego de la desobturación con limas de movimiento reciprocante: Excalibur®, con activación con Ultra X® y con activación con XP- Endo Finisher®.

### **III. HIPÓTESIS**

Los sistemas de limas con movimiento reciprocante generan menor extrusión apical en comparación con los sistemas de limas de retratamiento con movimiento rotatorio durante la desobturación de conductos radiculares utilizando dos sistemas de irrigación final en premolares.



#### **IV. MARCO TEÓRICO**

##### **Extrusión apical**

Según el Glosario de Términos Endodónticos de la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), la extrusión apical se define como la “extensión de materiales de obturación más allá del foramen apical (22). La extrusión apical es un fenómeno que se observa durante los procedimientos endodónticos, caracterizado por la expulsión de detritus, irrigantes, microorganismos y hasta material de obturación más allá del foramen apical hacia los tejidos periapicales (23).

Histológicamente, el periodonto apical está conformado por una matriz de tejido conectivo laxo que presenta una matriz constituida por un entrelazado de fibras colágenas, fibroblastos, células inmunitarias, vasos sanguíneos y terminaciones nerviosas. Este tejido, aunque especializado, es altamente sensible a la presencia de agentes extraños. Cuando se produce la extrusión apical de detritos contaminados con bacterias o sustancias químicamente irritantes, se desencadena una respuesta inmunitaria localizada, que puede variar desde inflamación leve y reversible, hasta necrosis tisular severa y reabsorción ósea (24).

En estudios histopatológicos han demostrado que los detritos extruidos actúan como cuerpos extraños, generando una respuesta inflamatoria aguda caracterizada por la infiltración de neutrófilos y macrófagos, edema tisular, dilatación vascular y liberación de las citoquinas proinflamatorias como IL-1 $\beta$ , IL-6 y TNF- $\alpha$  (25). Esta respuesta inflamatoria aguda puede evolucionar a una inflamación crónica si el

material no es degradado por el sistema inmunológico, vinculando la respuesta tisular y comprometiendo la reparación (25).

Los distintos materiales extruidos generan reacciones histológicas distintas. Por ejemplo, uno de los irrigantes más utilizados como el hipoclorito de sodio debido a su capacidad antimicrobiana y disolvente de tejidos orgánicos, puede provocar necrosis de los tejidos cuando es forzado hacia el periápice. Histológicamente, se observa degeneración celular, hemorragia y fibrosis (26).

De igual manera, la extrusión de selladores y gutapercha puede provocar reacciones inflamatorias de tipo crónico. Estudios realizados en animales, han demostrado que el óxido de zinc-eugenol puede producir continuas reacciones granulomatosas, observando células gigantes multinucleadas y fibrosis periapical (24). Sin embargo, materiales biocompatibles como el MTA inducen a una respuesta tisular más favorable, promoviendo la formación de cemento reparativo y una menor infiltración inflamatoria (27).

La cantidad, el tamaño y la composición microbiana de los detritos extruidos también son relevantes de la magnitud de la respuesta histológica; los detritos contaminados con bacterias anaerobios facultativos, como *Enterococcus faecalis*, pueden inducir reacciones inflamatorias intensas de los tejidos, incluso en pequeñas cantidades (28). También la liberación de endotoxinas bacterianas puede desencadenar una fuerte respuesta inmunitaria local (25).

Otro punto que merece atención es la situación del tejido periapical previo, ya que en dientes con lesiones periapicales crónicas la vascularización y la capacidad de

respuesta inmunitaria pueden estar afectadas, facilitando la inflamación cuando se extruyen materiales. Al contrario, en tejido periapical sano, el potencial de reparación es mayor, siempre que el estímulo lesivo haya cesado (25).

Goldberg et al. (1988), realizaron un estudio para evaluar la efectividad de la limpieza al utilizar limas manuales y la instrumentación sónica. Utilizaron sesenta dientes humanos con conductos radiculares rectos, que fueron evaluados mediante microscopía electrónica de barrido y la luz. Se utilizó limas de tipo K para la instrumentación de los conductos radiculares y lima Shaper Sonic, utilizando como irrigante el hipoclorito de sodio al 1%. Las conclusiones logradas no revelaron una diferencia estadísticamente significativa entre la instrumentación sónica y la manual. Sin embargo, en los dos grupos se evidencio la presencia de una capa de barrillo dentinario compuesta por restos de predentina, tejido pulpar y debris (29).

Myers et al. (1991), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de medir la cantidad de debris que se extruía apicalmente al utilizar una técnica de instrumentación tradicional y una con canal master (CM). Se trabajó con sesenta dientes humanos obtenidos los cuales se dividieron en tres grupos de 20 cada uno. Se recolectó el debris apical extruido y el irrigante para ser secado y pesado tras la instrumentación de las tres técnicas: el grupo 1, se trabajó con limas Flex-R a 1 mm menos de la longitud de trabajo; el segundo grupo utilizó la técnica Canal Master hasta la longitud del conducto; y el tercer grupo utilizó las limas Flex-R, aunque solo hasta la longitud del conducto. Los hallazgos mostraron diferencia estadísticamente significativa entre los grupos. El grupo 1 registró la cantidad más baja de debris extruida en comparación con los otros dos grupos instrumentados (30).

Diversos estudios han demostrado que todos los sistemas de instrumentación, independientemente de su tipo (manuales o mecanizados), generan algún grado de extrusión apical (3,31–33). Sin embargo, la cantidad de material extruido puede variar considerablemente dependiendo de la técnica de instrumentación empleada, el diseño de las limas, la anatomía del conducto y el tipo de irrigante utilizado.

Ferraz et al. realizaron un estudio comparativo entre técnicas manuales y mecanizadas, evidenciando que la instrumentación manual produce una mayor cantidad de extrusión apical de detritos en comparación con sistemas mecanizados. Esta diferencia ha sido atribuida, en parte, al movimiento de vaivén y a la falta de control en la presión ejercida en las técnicas manuales, lo cual facilita la expulsión de detritos a través del foramen apical (34).

Logani et al. (2008) realizaron un estudio comparativo para evaluar la cantidad de detritos apicales que se producían durante el proceso de la instrumentación mediante los sistemas Protaper® rotatorio, Protaper® manual y Profile. Para ello emplearon treinta premolares humanos, distribuidos en tres grupos de diez dientes cada uno, siendo instrumentados de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes. El material extruido fue recolectado en tubos de polietileno que fueron previamente pesados. Finalmente, el irrigante fue evaporado a 68°C en una incubadora por 48 horas, permitiendo así el pesaje del detrito sólido. Los resultados encontraron que todos los sistemas provocaron extrusión apical; sin embargo, no existieron diferencias estadísticas significativas entre los grupos de Protaper® manual y Profile o entre Protaper® manual y Protaper® rotatorio. No obstante, en

comparación con el sistema Profile, el sistema rotatorio generó una mayor cantidad de residuos extruidos (35).

Serefoglu et al. (36) & Delai et al.(5) evaluaron el comportamiento de sistemas rotatorios y reciprocantes en conductos curvos, observando que aunque ambos tipos de sistemas produjeron extrusión apical, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Esto sugiere que, más allá del tipo de movimiento, otros factores como el diseño de las limas, la técnica de irrigación y la anatomía del conducto pueden influir de manera determinante en la cantidad de material extruido.

Luisi et al. (2010) realizaron un estudio cuyo objetivo fue cuantificar la cantidad de detrito extruido apicalmente después de la preparación biomecánica de los conductos radiculares utilizando tres técnicas distintas (crown-down, M4 y Protaper) en sesenta incisivos inferiores distribuidos en tres grupos. Se utilizó filtros de papel de 80 g/m<sup>2</sup> que fueron pesados previamente en una balanza de precisión y que fueron colocados en tubos para recoger el material sólido extruido durante la instrumentación. Los resultados permitieron establecer que el grupo tratado mediante el sistema rotatorio tenía una mayor cantidad de detritos extruidos en comparación con los grupos instrumentados según la técnica manual y el sistema reciprocante. No se encontraron diferencia estadísticamente significativa entre estos dos últimos. Los autores concluyeron, que el sistema Protaper tiende a incrementar la extrusión apical de detritos y que la instrumentación (crown-down o apico-coronal) podría también ser un factor determinante de la extrusión, independientemente de que se trate de la técnica manual o mecanizada (37).

En general, los sistemas rotatorios continuos, como ProTaper Universal Retreatment o Mtwo Retreatment, tienden a generar un mayor volumen de extrusión apical (38). Esto se atribuye a su movimiento giratorio constante en sentido horario, que puede favorecer el transporte apical de restos dentinarios, fragmentos de gutapercha y microorganismos resistentes. Por otro lado, los sistemas reciprocantes, como Reciproc, WaveOne o WaveOne Gold, han demostrado en múltiples estudios reducir significativamente la cantidad de material extruido, posiblemente debido a su cinemática alternante que simula el movimiento balanceado manual, permitiendo un mejor control de los detritos en sentido coronal (12).

Bürklein & Schäfer compararon la extrusión apical de detritos entre sistemas rotatorios y reciprocantes durante la instrumentación, encontrando que Reciproc y WaveOne extruyeron significativamente menos detritos que ProTaper Universal (39). Aunque su estudio no se centró exclusivamente en retratamientos, sus hallazgos sentaron una base para investigaciones posteriores. En casos de retratamiento, estudios como los de Martins et al.(40) & Kocak et al.(41) han evidenciado que los sistemas reciprocantes no solo extruyen menos material, sino que también reducen el tiempo clínico requerido para eliminar el material de obturación, sin comprometer la calidad del desbridamiento. Kocak et al.(41) evaluaron la cantidad de detritos extruidos por sistemas ProTaper Universal Retreatment, Reciproc y Twisted File Adaptive (TFA). El sistema Reciproc produjo la menor cantidad de extrusión, seguido por TFA, mientras que ProTaper mostró la mayor cantidad. La variabilidad observada se atribuyó al número de instrumentos, el diseño de la lima y especialmente al tipo de movimiento aplicado.

Del mismo modo, Martins et al.(40) compararon la extrusión apical entre Reciproc R25, WaveOne, y el sistema D-Race (rotatorio) durante el retratamiento de conductos con obturación previa. El grupo de Reciproc mostró una menor extrusión de detritos y tiempos de trabajo más cortos. Los autores señalaron que el diseño de la lima y el tipo de aleación también podrían influir en la eficiencia del desbridamiento y en la dirección del transporte de restos hacia la cámara pulpar en lugar del foramen apical. Silva et al. (42) evaluaron el uso de sistemas rotatorios y reciprocantes con y sin el empleo de solventes. Incluso en presencia de solventes, los sistemas reciprocantes generaron menor extrusión apical. Este hallazgo sugiere que el movimiento alternante no solo es más conservador con los tejidos periapicales, sino que también puede mantener su ventaja mecánica incluso bajo condiciones clínicas más complejas.

Capar et al. (43) también encontraron resultados similares al comparar ProTaper Universal Retreatment, ProTaper Next, Reciproc, y Twisted File Adaptive en retratamientos. De igual manera, los sistemas reciprocantes presentaron menor extrusión apical, lo cual fue atribuido tanto a la cinemática como al menor número de instrumentos requeridos para completar el procedimiento, lo que reduce la manipulación y el riesgo de presión apical excesiva. Asimismo, De-Deus et al.(44) han señalado que la técnica de irrigación y el uso de presión positiva también inciden directamente en la extrusión apical, por lo que una irrigación controlada puede minimizar este riesgo.

## **Instrumentación mecanizada de los conductos radiculares**

La instrumentación mecanizada o preparación biomecánica de los conductos radiculares es uno de los pilares fundamentales del tratamiento endodóntico, ya que permite eliminar el contenido necrótico o infectado, facilitar la acción de los irrigantes, y dar forma al conducto para una obturación tridimensional eficaz (8). Durante décadas, esta preparación fue realizada de forma manual, principalmente con limas de acero inoxidable mediante técnicas como step-back o fuerza balanceada. Sin embargo, con el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías, surgió la preparación mecanizada, la cual ha transformado significativamente la práctica clínica moderna (45).

La preparación mecanizada revolucionó la práctica endodóntica en los años 90, transformando los protocolos clínicos al mejorar la eficiencia, precisión y seguridad durante la conformación de los conductos radiculares. A diferencia de la instrumentación manual tradicional con limas de acero inoxidable, los sistemas mecanizados se basan en instrumentos fabricados con aleaciones de níquel-titanio (NiTi), que presentan una elasticidad superior, mayor resistencia a la fatiga cíclica y una memoria de forma que facilita su adaptación a conductos curvos o de anatomía compleja (45). En evaluaciones histológicas y microtomografía computarizada, la preparación mecanizada ha logrado un mejor mantenimiento de la anatomía original, aunque en algunos casos puede dejar paredes no instrumentadas, especialmente en conductos ovales, lo que resalta la importancia de una irrigación activa complementaria (44,45).



Los sistemas mecanizados trabajan mediante dos tipos de cinemática: rotacional continua, que implica un movimiento de 360°, y reciprocante, caracterizada por un desplazamiento alternado en sentido antihorario y horario. Cada modalidad presenta ventajas clínicas particulares en términos de eficiencia de corte, control del torque y reducción del riesgo de fractura instrumental (46). Las limas con movimiento reciprocante introducidas comercialmente el 2010 con el sistema Reciproc® simula el movimiento manual de limas tipo “fuerza balanceada” y ha demostrado ser eficaz en la remoción del material de obturación en retratamientos, así como en la conformación de conductos estrechos y curvos. Además, permite la instrumentación con un solo instrumento en muchos casos, lo cual simplifica el protocolo clínico (47). Otro aspecto importante es la resistencia a la fatiga cíclica y torsional, donde las innovaciones metalúrgicas han tenido un papel clave. Sistemas como HyFlex EDM® y EdgeEndo X7®, elaborados con aleaciones tratadas térmicamente, han mostrado en estudios in vitro una mayor durabilidad y menor propensión a fracturas, incluso en trayectorias de doble curvatura (14,48). Numerosas investigaciones han comparado la eficacia clínica y seguridad Peters et al.(45) señalaron que los instrumentos rotatorios con conicidad progresiva y sección transversal optimizada presentan mejor centricidad en el tercio medio y apical del conducto. Recientemente, instrumentos tratados térmicamente como WaveOne Gold® y HyFlex CM® han demostrado una mayor resistencia frente a la fatiga cíclica, como lo evidencian estudios de Gambarini et al. (49), reportaron una mejora en la resistencia a fractura de más del 400% en comparación con aleaciones NiTi convencionales.

Asimismo, se ha reportado que los sistemas mecanizados facilitan una mejor preparación del tercio apical del conducto, permitiendo un sellado más efectivo durante la obturación tridimensional. En un estudio comparativo entre ProTaper Next® y Reciproc Blue®, Abdelnaby et al. (14) encontraron que ambos sistemas lograban una preparación adecuada del conducto, pero Reciproc Blue® mostró una mayor flexibilidad y menor tiempo operatorio, aspectos relevantes en la práctica clínica diaria.

Finalmente, la preparación mecanizada ha transformado la práctica endodóntica moderna, ofreciendo ventajas significativas en términos de seguridad, eficacia y eficiencia. La elección entre sistemas rotatorios y reciprocantes debe basarse en la anatomía del caso, los objetivos clínicos y la experiencia del operador. A medida que los desarrollos en metalurgia y diseño continúan, la preparación mecanizada seguirá consolidándose como el estándar de referencia en la conformación de conductos radiculares.

### **Retratamiento**

El retratamiento endodóntico no quirúrgico se considera una alternativa terapéutica orientada ante el fracaso del tratamiento endodóntico primario. Su indicación clínica principal radica en la presencia de signos o síntomas persistentes periapicales, ya sea por colonización microbiana residual, obturación deficiente o complicaciones iatrogénicas. Adicionalmente, puede estar indicado como medida preventiva ante la necesidad de una rehabilitación protésica compleja, con el fin de optimizar el pronóstico restaurador y estructural del diente (50) Estudios longitudinales han estimado que la tasa de éxito clínico y radiográfico del

retratamiento endodóntico no quirúrgico oscila entre el 78% y el 87%, dependiendo de factores como la causa del fracaso, la técnica utilizada, la calidad del tratamiento inicial y la experiencia del operador (51). El objetivo principal consiste en el acceso a la cámara pulpar y la eliminación del material presente en el sistema de conductos radiculares. Esto permite la exposición de áreas previamente no tratadas o tratadas inadecuadamente, posibilitando una nueva instrumentación, irrigación y obturación tridimensional, lo cual es esencial para la erradicación microbiana y la restitución de la salud periapical (27).

Seltzer & Naidorf, mostraron que una lesión inflamatoria crónica inactiva puede volver a reagudizarse luego del inicio del tratamiento de conductos radiculares. De igual manera, puede producirse fenómenos inmunológicos celulares o humorales a causa del contacto de materiales extraños en el tejido conectivo perirradicular (38). Todo esto indica que cualquier tipo de irritación, ya sea física o química que pueda modificar la integridad y el equilibrio de los tejidos perirradiculares, podría desencadenar una reacción periapical. Parece que el límite de la preparación del conducto radicular dentro del espacio del conducto radicular es fundamental desde múltiples perspectivas, entre las cuales la prevención del inicio de una reacción inflamatoria e inmunológica es la más importante. Sin embargo, los casos clínicos presentan variaciones que podrían requerir la selección de diferentes enfoques.

La eficacia del retratamiento está estrechamente vinculada con la técnica de desobturación empleada. En su revisión sistemática, Caviedes et al. (2023) analizaron diversos sistemas mecánicos y termoactivados, concluyendo que ninguno de los sistemas evaluados logra la eliminación completa del material de

obtención. Sin embargo, todos mostraron eficiencias comparables en términos de tiempo operatorio, lo que sugiere que la elección del sistema puede responder más a consideraciones anatómicas y de accesibilidad que a diferencias significativas en rendimiento (52).

Investigaciones adicionales han explorado la incorporación de técnicas complementarias a los protocolos convencionales de retratamiento. Flavio et al. (7) & Dhaimy et al. (18) estudiaron el uso de instrumentos como el XP-Endo Finisher y el XP-Endo Shaper, los cuales presentan propiedades metalúrgicas innovadoras (NiTi con memoria de forma) que les permiten adaptarse a las irregularidades del conducto radicular. Estos dispositivos mostraron una mejora significativa en la remoción del material obturador remanente, especialmente en zonas de difícil acceso como istmos, conductos ovales o curvos. No obstante, la eficacia de estos sistemas se ve influenciada por variables como la densidad y composición del sellador utilizado, la calidad de la obturación previa, la presencia de curvaturas severas, y la experiencia clínica del operador.

En concordancia, Rödiger et al. (53) compararon la eficacia de sistemas rotatorios frente a sistemas manuales en la eliminación de gutapercha, observando que los sistemas rotatorios como ProTaper Universal Retreatment permiten una remoción más eficiente y rápida. Sin embargo, aún con el uso de sistemas mecanizados, la presencia de residuos en las paredes del conducto persiste, lo que justifica la necesidad de técnicas auxiliares de limpieza.

Por otra parte, el empleo de activación sónica o ultrasónica de irrigantes ha mostrado resultados prometedores en cuanto a la mejora de la limpieza

intraconducto durante el retratamiento. De-Deus et al. (44) & Kfir et al. (54) demostraron que la activación ultrasónica pasiva (IUP) con hipoclorito de sodio y EDTA puede incrementar la capacidad de desinfección y facilitar la remoción de residuos en zonas no accesibles al instrumento.

Finalmente, el retratamiento endodóntico no quirúrgico es una intervención compleja que exige una atención integral del sistema de conductos radiculares y una adecuada selección de técnicas y dispositivos auxiliares. A pesar de los avances tecnológicos en sistemas de instrumentación y desobturación, la eliminación completa del material obturador sigue representando un desafío clínico. Por tanto, la combinación de enfoques mecánicos, irrigación activada y herramientas adaptativas como el XP-Endo Finisher representa una estrategia prometedora para optimizar los resultados del retratamiento y preservar la funcionalidad del diente tratado (7,18).

### **Sistema de irrigación final**

El sistema de irrigación final es una etapa crítica e importante del tratamiento de conductos que busca eliminar restos de tejido pulpar, detritos, microorganismo y la capa de barrillo dentinario generada durante la PBM (55). Aunque la preparación biomecánica (PBM) mediante instrumentación mecánica o manual es esencial para la eliminación de tejido pulpar y modelado del conducto, numerosos estudios han demostrado que ninguna técnica de instrumentación por sí sola es capaz de limpiar completamente las paredes dentinarias, especialmente en zonas anatómicamente complejas como istmos, ramificaciones apicales o conductos laterales (20). En este contexto, el protocolo de irrigación final adquiere un rol fundamental para alcanzar

una desinfección tridimensional y eliminar los residuos orgánicos e inorgánicos remanentes.

La solución irrigadora más empleada es el Hipoclorito de Sodio (NaOCl), debido a su acción antimicrobiana, disolución de tejido orgánico y capacidad de penetrar en los túbulos dentinarios. Sin embargo, el NaOCl no es efectivo contra la capa del barrillo dentinario, por lo que se complementa con agentes quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ácido egtázico (EGTA), ácido cítrico, empleado típicamente al final del tratamiento (56). La literatura muestra que la irrigación tradicional no proporciona suficiente solución irrigadora para penetrar en la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares, especialmente en el tercio apical (57). Por tal motivo, se han sugerido métodos de activación de los irrigantes para mejorar los efectos de las soluciones de irrigación en el sistema de conductos radiculares y su distribución en las irregularidades del conducto radicular.

Aunque es importante que el irrigante ingrese en todo el sistema radicular para que pueda ejercer sus efectos beneficiosos (33), también es necesario asegurar que no se expulse hacia los tejidos periapicales. Con el fin de mantener el equilibrio entre la eficacia de la limpieza y la seguridad del paciente.

El protocolo de irrigación final ha evolucionado para incluir no solo la secuencia química, sino también métodos de activación que mejoran la eficacia del irrigante: agitación manual dinámica, activación ultrasónica pasiva (IUP), activación sónica y por medio de láser diodo (11,58) .

Tonini et al., en su revisión sistemática concluyen que la combinación de mezclas de irrigación potentes y métodos de activación puede conducir a una mayor previsibilidad de los resultados y a un menor riesgo de efectos secundarios (17). Doganay et al., compararon diversos métodos de irrigación y observaron que, si bien todos los sistemas generaron cierto grado de extrusión apical del irrigante, la irrigación asistida por láser (IAL) mostró una mayor tendencia a producir extrusión en comparación con la irrigación convencional o la activación ultrasónica, lo cual plantea consideraciones clínicas importantes en dientes con ápices abiertos o en pacientes con patología periapical aguda(11).

Jindal et al. (2012) realizaron un estudio comparativo con el objetivo de cuantificar la extrusión apical de detritos e irrigante en tres sistemas rotatorios y una técnica manual, (crown-down). Para ello, emplearon un total de treinta premolares humanos con conductos rectos, los cuales fueron distribuidos en cuatro grupos experimentales. Se utilizaron los sistemas rotatorios Hero Shapers, ProTaper y Mtwo, además de la técnica manual anteriormente citada. Para la cuantificación del material extruido realizaron un procedimiento de secado y peso del debris, comparando la masa del debris antes y después de la instrumentación para cada uno de los grupos del estudio. Los resultados revelaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas Hero Shapers, Protaper y Mtwo. Específicamente, Protaper como Mtwo generaron una mayor cantidad de extrusión apical en comparación con Hero Shapers, mientras tanto no se observó diferencia significativa entre los sistemas Protaper y Mtwo. Los autores concluyeron que, de los sistemas rotatorios estudiados, el sistema Hero Shapers produjo la menor cantidad de extrusión apical de detritos e irrigante (35).

Otros estudios, como el de Bago et al. (59), han demostrado que la irrigación activada ultrasónicamente con EDTA seguida de NaOCl reduce significativamente los niveles bacterianos intracanal de *Enterococcus faecalis*, una de las especies más resistentes asociadas al fracaso endodóntico. Asimismo, Boutsoukis et al., sugieren que la combinación de IUP con soluciones irrigantes calentadas (NaOCl a 45–60 °C) potencia el efecto bactericida y mejora la limpieza en el tercio apical (26).

En conclusión, el sistema de irrigación final constituye un pilar fundamental en la eficacia del tratamiento endodóntico. La integración de soluciones químicas con propiedades complementarias y la aplicación de técnicas de activación física representa la estrategia más efectiva para alcanzar la desinfección completa del sistema de conductos. No obstante, debe considerarse la relación riesgo-beneficio de cada técnica, especialmente en lo que respecta a la extrusión apical, la biocompatibilidad de los irrigantes y las características anatómicas del diente tratado.



## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **IV.1. Diseño del estudio:** Experimental in vitro

### **IV.2. Población:** Dientes premolares humanos unirradiculares extraídos.

**IV.3. Muestra:** La muestra se calculó mediante una fórmula de comparación de medias a partir de un estudio piloto de 3 dientes unirradiculares por grupo. Para determinar la proporción mínima se utilizó una calculadora estadística de Fistera mediante la fórmula de comparación de medias con un nivel de confianza del 95%, margen de error 5%. Teniendo como resultado el tamaño de muestra final para la investigación de 8 piezas dentarias por cada grupo, sin embargo; en el presente estudio se utilizó 11 piezas dentaria por cada grupo (**Anexo 1**).

**IV.4. Criterios de Selección:** dientes premolares humanos unirradiculares extraídos por motivos periodontales u ortodónticos, dientes premolares de clase I de Weine (**Anexo 2**), con longitud radicular mayor o igual a 16 mm, conductos únicos, curvatura  $< 10^\circ$  según Schneider (**Anexo 3**), raíces completamente formadas, sin calcificaciones ni reabsorciones internas o externas.

### **IV.5. Variables:**

- Independiente:

Los sistemas de instrumentación. Son un conjunto de limas que se deben de seguir secuencialmente según instrucciones del fabricante con

distintos movimientos cinemáticos con el objetivo de retirar el material obturador antiguo que presenta un tratamiento de conducto previo. Es de tipo cualitativa y de escala nominal, las categorías son Re treaty® (rotatorio) y Excalibur® (reciprocante).

Activadores de irrigantes. Es un procedimiento de activación de sustancias irrigadoras mediante movimientos sónicos y ultrasónicos que mejora la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, de variable de tipo cualitativa y de escala nominal, las categorías son Ultra X® y XP- Endo Finisher®.

- Dependiente:

Extrusión apical. Es un evento inevitable que puede ocurrir durante la instrumentación o desobturación, donde restos de material, detritos o microorganismos pueden ser forzados más allá del foramen apical (7), generando inflamación o sintomatología, se obtendrá al medir el peso en miligramos en una microbalanza electrónica, es una variable cuantitativa y de escala de medición de razón, los valores son en miligramos.

El cuadro de operacionalización de variables se puede ver en el anexo 4 **(Anexo 4)**.

#### **IV.6. Procedimientos y técnicas:**

##### **Recolección y preparación la muestra**

Este estudio se realizó luego de recibir una aprobación de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología (UIGICT) de las Facultades de Medicina, de Estomatología y de Enfermería y la posterior aprobación del comité institucional de ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH) con CIEI-472-37-24 (**Anexo 5**). Las piezas dentarias fueron donadas por el Área de Cirugía Maxilofacial y Periodoncia de la Facultad de Estomatología de la UPCH. Asimismo, por el servicio de Estomatología del Hospital Militar Central (HMC). Las piezas dentarias fueron extraídas previamente por motivos terapéuticos ajenos a la investigación.

Después de la exodoncia, los dientes se limpiaron con agua corriente y se sumergieron en timol al 0.1% durante 24 horas para su desinfección. Luego, se almacenaron en solución salina a temperatura ambiente por un periodo máximo de tres meses, con recambios periódicos de la solución, hasta completar la recolección total de la muestra (60). Para evaluar los criterios de selección, se tomó una radiografía digital con un radiovisiógrafo (RVG) (Woodpecker, China) en dirección bucal y proximal. Además, se utilizó un microscopio quirúrgico (Global Surgical, USA) para verificar que cada pieza presente un solo conducto radicular. Las 66 piezas seleccionadas se cortaron a nivel coronario con

un disco de diamante, de tal manera, que los especímenes tuvieron una longitud de 16 mm. (**Anexo 6**).

Se realizó la apertura cameral con una fresa redonda y se comprobó la permeabilidad de los conductos con una lima k # 8 o lima k #10 hasta llegar al foramen apical. Se realizó la preparación biomecánica a 1 mm del foramen apical, se utilizó el motor VDW Silver® (VDW, Alemania) y sistema de limas rotatorias S BLUE® (D-Perfect, China) hasta la longitud de trabajo (LT) con la lima B2 (25/06), se irrigó con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 2% y como irrigación final NaOCl 2% 6ml/1 min, EDTA 17% 5ml/3 min y solución salina 5ml/3 min todo con aguja de 30G a -1 mm de la (LT) (36).

### **Obturación**

Después de secar los conductos con conos de papel se procedió a usar cemento sellador tipo resinoso VIOSEAL®( Spident, Corea del Sur) con cono maestro (25/06) y conos accesorios (20/02) (Spident, Corea del Sur) en una técnica de compactación lateral y onda continua para compactar de forma horizontal. Los dientes se restauraron de forma temporal con una resina de alta resistencia Z250® (3M, Estados Unidos de América) y se verificó la calidad de obturación con un (RVG) en dirección bucopalatina y proximal (14). La muestra fue almacenada a 37° C al 100% de humedad en agua destilada (14) por dos semanas en una incubadora (14) del Laboratorio de Investigación y Desarrollo (LID) de la UPCH (**Anexo 7**).

## **Capacitación para el uso del laboratorio**

Previamente se realizó un estudio piloto con 18 especímenes que consistió en realizar la PBM, desobturación y la familiarización de los equipos del LID de la UPCH, dirigido por el personal del laboratorio, con el objetivo de estandarizar los tiempos de trabajo y así como los procedimientos y uso de equipos, instrumental y manipulación de materiales. Los equipos utilizados fueron una microbalanza de alta precisión con sensibilidad  $< 0.0001\text{g}$  (Ohaus, Suiza), una centrífuga (Hettich, Alemania), una incubadora (VWR, USA) y una micropipeta (Eppendorf, Alemania) en buenas condiciones. La microbalanza fue previamente calibrada de acuerdo con los protocolos del fabricante y bajo supervisión técnica especializada, a fin de garantizar la fiabilidad y exactitud de las mediciones.

Además, el investigador principal recibió una capacitación teórico-práctica específica para el uso de estos equipos, asegurando el cumplimiento de las buenas prácticas de laboratorio y reduciendo la variabilidad técnica asociada a la operación humana. Esta capacitación incluyó sesiones prácticas supervisadas, evaluaciones de desempeño y verificación del cumplimiento de los procedimientos normalizados de operación, con el fin de garantizar la exactitud y repetibilidad de los datos generados en el estudio.

### **Preparación de los viales y tubos Eppendorf**

Con respecto a la preparación de los tubos Eppendorf y viales de vidrio, se realizó un pesaje preliminar de los tubos Eppendorf, utilizando una microbalanza electrónica de alta precisión ( $< 0.0001$  g ) (Ohaus, Suiza), proporcionado por el laboratorio del LID-UPCH. Cada tubo vacío fue pesado tres veces consecutivas, y se utilizó el promedio aritmético de estas mediciones como su peso final (35). Con respecto a los viales de vidrio, los dientes se fijaron herméticamente en la tapa de goma de los vidrios que sirvieron como recolector del material residual extruido. Para nivelar la presión interna y externa se colocó una aguja de 27G a través del corcho hasta la zona interna del vial. Este modelo experimental fue utilizado por Myers & Montgomery modificado por Chiarella (61).

Los 66 dientes ya fijados en los viales de vidrio se asignaron aleatoriamente utilizando la página randomizer.org en 6 grupos, de 11 dientes por cada grupo (**Anexo 8**).

### **Desobturación del conducto radicular con instrumentación mecanizada.**

La desobturación se llevó a cabo con el motor VDW Silver® (VDW, Alemania) acompañado de un irrigante después de cada lima empleada. La irrigación se realizó utilizando agua destilada luego de cada instrumento, con una aguja de 30G con salida lateral a 3 mm de la LT.

Asimismo, se utilizó una lima tipo k #15 para verificar la permeabilización del foramen (38).

Todo el procedimiento fue realizado por el investigador principal, especialista en endodoncia, quien ya se encontraba capacitado tras la prueba piloto. Se realizaron diez muestras diarias con el fin de prevenir la fatiga del operador.

El proceso de desobturación de cada grupo se realizó de la siguiente manera:

**Grupo 1/ RE TREATY® (n=11):** La desobturación de este grupo se trabajó primero utilizando la lima Bully (25/07) , seguido de Skinny (25/04), Shapy 1 (20/05), Shapy 2 (25/05), finalizando con Shapy 3 (30/05) una vez que el instrumento alcanzó la LT, la superficie de la lima se encontrara limpia y sin resistencia se concluyó con la desobturación. Después de cada lima utilizada, se irrigó el conducto radicular con agua destilada con un total de 8 ml. Se trabajó a una velocidad de 400 rpm un torque de 4 Ncm y movimiento de picoteo de cada lima.

**Grupo 2/ RE TREATY® + ULTRA X® (n=11):** La desobturación de este grupo se trabajó primero utilizando la lima Bully (25/07) , seguido de Skinny (25/04), Shapy 1 (20/05), Shapy 2 (25/05), finalizando con Shapy 3 (30/05) una vez que el instrumento alcanzó la LT, la superficie de la lima se encontrara limpia y sin resistencia se concluyó con la desobturación. Después de cada lima empleada, se irrigó el conducto

radicular con agua destilada, utilizando una velocidad de 400 rpm, un torque de 4 Ncm y un movimiento de picoteo de cada lima, más irrigación final con (IUP) con Ultra X (Eighteeth, China) punta dorada a 2 mm de la LT con 2 activaciones de 30 segundos cada uno y 1 ml. de agua destilada .

**Grupo 3/ RE TREATY® + XP ENDO FINISHER® (n=11):** La desobturación de este grupo se trabajó primero utilizando la lima Bully (25/07) , seguido de Skinny (25/04), Shapy 1 (20/05), Shapy 2 (25/05), finalizando con Shapy 3 (30/05) una vez que el instrumento alcanzó la LT, la superficie de la lima se encontrara sin restos y sin resistencia se concluyó con la desobturación. Después de cada lima empleada, se irrigó el conducto radicular con agua destilada, utilizando una velocidad de 400 rpm, un torque de 4 Ncm y un movimiento de picoteo de cada lima, más activación final con XP- Endo Finisher (FKG, Suiza) (0.25/0) y 1 ml. de agua destilada, con una velocidad de 800 – 1000 rpm y un torque de 1Ncm por 60 segundos.

**Grupo 4/ EXCALIBUR® (n=11):** La desobturación de este grupo. Primero se empleó la lima Small (20/05), después la lima Regular (25/05), para concluir con la lima Medium (35/05). La desobturación fue considerada finalizada cuando se alcanzó la LT, evidenciándose la superficie de la lima limpia y sin resistencia durante la instrumentación. Después de cada lima empleada, se irrigó con agua destilada aprox. con 8 ml. en el conducto radicular, a una velocidad de 500 rpm, con un



movimiento reciprocante de 30°/150° y un movimiento de picoteo de cada lima.

**Grupo 5/ EXCALIBUR® + ULTRA X® (n=11):** Primero se empleó la lima Small (20/05), después la lima Regular (25/05), para concluir con la lima Medium (35/05). La desobstrucción se dio por concluida al alcanzar la LT, verificándose que la superficie del instrumento permaneciera libre de restos y que no presentara resistencia con la última lima. Después de cada lima empleada, se irrigó con agua destilada en el conducto radicular, a una velocidad de 500 rpm, con un movimiento reciprocante de 30°/150° y un movimiento de picoteo de cada lima, más activación Ultrasónica final con Ultra X y 1 ml. de agua destilada con punta dorada a 2 mm de la LT por 60 segundos.

**Grupo 6/ EXCALIBUR® + XP ENDO FINISHER® (n=11):** Primero se empleó la lima Small (20/05), después la lima Regular (25/05), para concluir con la lima Medium (35/05). La desobstrucción fue considerada finalizada cuando se alcanzó la longitud de trabajo LT, evidenciándose la superficie de la lima limpia y sin resistencia durante la instrumentación. Después de cada lima empleada, se irrigó con agua destilada en el conducto radicular, a una velocidad de 500 rpm, con un movimiento reciprocante de 30°/150° y un movimiento de picoteo de cada lima más activación final con XP- Endo Finisher (0.25/0) y 1 ml. De agua destilada, con una velocidad de 800 – 1000 rpm y un torque de 1Ncm por 60 segundos (**Anexo 9**).

### **Pesaje del material residual**

Concluida la desobstrucción, el volumen recolectado se transfirió del frasco de vidrio a los tubos Eppendorf mediante micropipetas, aplicando incrementos de 1ml. Cada tubo se rotuló con un numero representativo que identifique el sistema analizado y luego fueron colocados a la centrífuga (Hettich, Alemania) a 12 000 rpm durante 5 minutos. Tras culminar con el proceso de centrifugado se esperó unos minutos para permitir que los residuos se asienten en la base de los tubos. Luego las muestras se colocaron en una incubadora a 37°C durante 7 días, con el objetivo de permitir la evaporación del líquido irrigante remanente de los tubos (**Anexo 10**). Después del periodo de incubación, cada tubo Eppendorf con el material residual fue pesado utilizando una microbalanza de precisión de  $< 0,0001$  g. Se realizaron tres mediciones consecutivas para cada tubo y se calculó el valor medio de los pesos obtenidos (62), entre las mediciones no hubo demasiadas variaciones entre los pesos. El peso seco del material residual extruido se obtuvo al restar el peso del tubo vacío al peso del tubo que contenía residuos (**Anexo 11**).

### **Análisis estadístico**

Finalizado el trabajo de campo se elaboró una base de datos en la hoja de cálculo Microsoft Excel 365 y el análisis estadístico con el Programa Jamovi 2.16.17. de R Studio. Se realizó un análisis descriptivo para calcular la tendencia central (media y mediana) y dispersión (desviación

estándar, mínimo y máximo). Previamente se identificaron y eliminaron dos valores extremos en cada grupo, aplicando el criterio del rango intercuartílico.

Se midió la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, al no tener una distribución normal, el análisis inferencial fue a través de un análisis de varianza (Kruskall-Wallis) y comparativo la prueba de Steel-Dwass. Se consideró que un valor de  $p < 0.05$  es estadísticamente significativo.

### **Consideraciones éticas**

Este estudio se llevó a cabo tras obtener la autorización para la donación de dientes por parte del Servicio de Cirugía Maxilofacial y Periodoncia del Centro Dental Docente de la UPCH, así como del Servicio de Estomatología del HMC. Asimismo, se contó con la aprobación de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Facultades de Medicina, Estomatología y Enfermería, y posteriormente con la aprobación del CIE de la UPCH con CIEI-472-37-24. Las piezas dentarias utilizadas fueron extraídas previamente por indicaciones terapéuticas ajenas a esta investigación. La recolección se realizó de forma prospectiva y los datos fueron completamente anonimizados, lo que imposibilitó el contacto con los propietarios para la obtención del consentimiento informado para su uso. Los investigadores declaran no tener conflictos de interés con las marcas comerciales utilizadas.

## VI. RESULTADOS

Los hallazgos del estudio mostraron que todos los grupos produjeron extrusión apical con diversos valores. Previo al análisis se eliminaron dos valores extremos por grupo con el fin de obtener una distribución más homogénea.

Los valores promedio y las desviaciones estándares de los grupos se encuentran en la Tabla 1, referente al movimiento rotatorio las limas Retreaty® + XP Endo Finisher® con menor cantidad de extrusión ( $4.27 \text{ mg} \pm 1.81 \text{ mg}$ ) (**Tabla 1**).

En el caso del grupo con movimiento recíprocante las limas Excalibur® + XP Endo Finisher® obtuvo menor extrusión ( $0.93 \text{ mg} \pm 0.52 \text{ mg}$ ) (**Tabla 2**).

Asimismo, se comparó la extrusión apical entre ambos movimientos con los sistemas de irrigación final con diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ( $p = <0.05$ ) con la prueba de Kruskal Wallis.

Al hacer la comparación por pares entre los grupos con la prueba de Steel – Dwass, mostrando que la mayoría de las diferencias significativas se da con el grupo Excalibur® + XP Endo Finisher® (**Tabla 3**).

**Tabla 1.** Descripción y comparación de extrusión apical luego de la desobturación mediante limas con movimiento rotatorio con dos sistemas de irrigación final.

| <b>Extrusión apical (mg)</b>    |                   |      |         |        |        |
|---------------------------------|-------------------|------|---------|--------|--------|
| Grupos                          | Media*            | SD   | Mediana | Mínimo | Máximo |
| Retreaty ®                      | 4.50 <sup>a</sup> | 1.93 | 3.67    | 2.33   | 7.87   |
| Retreaty ® + Ultra X ®          | 4.73 <sup>a</sup> | 2.13 | 4.07    | 2.30   | 8.12   |
| Retreaty ® + Xp Endo Finisher ® | 4.27 <sup>a</sup> | 1.81 | 3.57    | 2.13   | 6.70   |

*\*Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de ANOVA*

**Tabla 2.** Descripción y comparación de extrusión apical luego de la desobturación mediante limas con movimiento reciprocante y dos sistemas de irrigación final.

| <b>Extrusión apical (mg)</b>     |                   |      |         |        |        |
|----------------------------------|-------------------|------|---------|--------|--------|
| Grupos                           | Media*            | SD   | Mediana | Mínimo | Máximo |
| Excalibur ®                      | 4.39 <sup>a</sup> | 0.93 | 4.57    | 2.47   | 5.63   |
| Excalibur ® + Ultra X ®          | 4.83 <sup>a</sup> | 2.71 | 4.97    | 0.57   | 9.33   |
| Excalibur ® + Xp Endo Finisher ® | 0.93 <sup>b</sup> | 0.52 | 0.90    | 0.27   | 1.67   |

*\*Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Kruskal Wallis y el test post-hoc de Dwass- Steel al nivel de  $p=0.05$ .*

**Tabla 3.** Descripción y comparación de extrusión apical luego de la desobturación mediante limas con movimiento rotatorio y reciprocante con dos sistemas de irrigación final.

| Extrusión apical (mg)            |                    |      |         |        |        |
|----------------------------------|--------------------|------|---------|--------|--------|
| Grupos                           | Media*             | SD   | Mediana | Mínimo | Máximo |
| Retreaty ®                       | 4.50 <sup>a</sup>  | 1.93 | 3.67    | 2.33   | 7.87   |
| Retreaty ® + Ultra X ®           | 4.73 <sup>a</sup>  | 2.13 | 4.07    | 2.30   | 8.12   |
| Retreaty ® + Xp Endo Finisher ®  | 4.27 <sup>a</sup>  | 1.81 | 3.57    | 2.13   | 6.70   |
| Excalibur ®                      | 4.39 <sup>a</sup>  | 0.93 | 4.57    | 2.47   | 5.63   |
| Excalibur ® + Ultra X ®          | 4.83 <sup>a</sup>  | 2.71 | 4.97    | 0.57   | 9.33   |
| Excalibur ® + Xp Endo Finisher ® | 0.93 <sup>ab</sup> | 0.52 | 0.90    | 0.27   | 1.67   |

*\*Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Kruskal-Wallis y el test post-hoc de Dwass-Steel al nivel de  $p=0.05$ .*

## VII. DISCUSIÓN

Los residuos extruidos apicalmente producidos durante el retratamiento son un reto para todo endodoncista, no solo pueden comprometer el éxito del tratamiento, sino también provocar molestias postoperatorias, como inflamación y dolor (31,38,42), estas reacciones postoperatorias siguen siendo inevitables como lo refieren en su estudio Siqueira et al. (28). Sin embargo, algunas características de las limas mecanizadas, como la geometría de la sección transversal, el tamaño y conicidad de la punta, el tratamiento térmico y la cinemática, se han considerado factores que pueden influir en la cantidad de residuos extruidos (63). Adicionalmente, se han sugerido diferentes técnicas de irrigación final para potenciar el efecto de las soluciones irrigantes. La irrigación asistida ultrasónica es una de ellas (17). Estudios previos al igual que una revisión sistemática y metaanálisis informaron que todas las técnicas biomecánicas condujeron a la extrusión apical (61,64,65).

Una revisión de literatura reveló que solo nueve estudios evaluaron la cantidad de material extruido apicalmente durante el retratamiento (66). Por lo tanto, el presente estudio de investigación se basó en comparar in vitro la cantidad de material residual extruido apicalmente al realizar un retratamiento mediante instrumentación rotatoria, reciprocante y dos sistemas de irrigación final.

El método tradicional recomendado para la recolección de material extruido es el método de Myers & Montgomery (62). En el presente estudio se realizó una modificación para evitar la observación de la cantidad de residuos extruidos y así evitar el sesgo, la cual se caracterizó por ser práctica, sencilla, eficaz y reproducible; y al ser la más utilizada se pueden comparar fácilmente con otros estudios (61). Se



adicionó a esta metodología una centrifuga, utilizado en el estudio de Chiarella (61), quienes resaltaban que el uso de la centrifugadora brindaba una mayor precisión, porque se podía separar las partículas con movimientos que permitían la sedimentación del material residual (61).

Hoy en día se cuenta con una gran cantidad de estudios que evalúan la eficacia de las limas de retratamiento respecto al tiempo de desobturación, la limpieza, y la cinemática. Siendo esta última característica en peculiar la más relacionada en la extrusión de los residuos más allá del foramen apical (12,38) debido a que no hay muchos estudios que hayan comparado la extrusión causada por limas mecanizadas que se ofrecen actualmente en el mercado para retratamiento como lo son el sistema Retreaty® y Excalibur®. Asimismo, un protocolo de irrigación final con el Ultra X® y XP- Endo Finisher ®

Burbano et al. (42) & Abdelnaby et al. (14), evaluaron la eficacia de los sistemas (Reciproc Blue, Hyflex EDM y Protaper retreatment) referente a la cantidad de material de obturación remanente y la cinemática referente con la extrusión de residuos apicales luego de la desobturación, observando que la extrusión apical se dio en los sistemas utilizados. Sin embargo, no encontraron diferencia significativa entre los grupos. A diferencia de este estudio que si se encontró diferencia significativa entre los grupos Excalibur® y Retreaty®. Al igual que los estudios como De Sant'Anna et al. (67), en el cual concluyeron que las propiedades de los sistemas de limas (aleación, número de limas, cinemática de movimiento, conicidad, diámetro apical) podrían influir en la cantidad de residuos extruidos apicalmente durante el retratamiento endodóntico. Estos hallazgos son similares a

lo encontrado en el presente estudio en el cual se observó que las diferencias en los sistemas de instrumentación evaluados estuvieron asociadas con la cinemática de movimiento, posiblemente al número de limas y conicidad. Kaushik et al. concluyeron que las limas con movimiento rotatorio de secuencia completa se asociaron con una mayor extrusión de residuos en comparación con el sistema de limas reciprocantes y el sistema de lima única reciprocante (10), esto podría deberse que la rotación continua genera un efecto de rosca hacia el ápice lo cual puede empujar más detritos hacia fuera del foramen apical, en lugar de transportarlos coronariamente.

Capar et al. muestran en su estudio que los grupos estudiados con respecto al tiempo total requerido para realizar un retratamiento no quirúrgico, no tuvieron diferencia estadísticamente significativa ( $P = 0,481$ ) (43). De igual manera, en una revisión sistemática se concluye que el tiempo requerido para realizar un retratamiento con sistemas de una sola lima puede ser similar o incluso mayor que al utilizar sistemas con múltiples limas (66). Por lo tanto, en el presente estudio se realizó la desobturación con una secuencia de limas, ya que estos hallazgos corroboran que el tiempo no parece afectar la cantidad de residuos extruidos apicalmente.

En este estudio, los valores de material residual extruido de las limas Excalibur® fueron menores en comparación con las limas Retreaty®. Debido a que las limas Excalibur® poseen un diseño transversal de S itálica, lo que proporciona al instrumento un diámetro reducido en su núcleo. Además, al contar con únicamente dos cuchillas de corte y una mayor profundidad de sus espiras, crean suficiente espacio para la eliminación de debris hacia el coronal.

De igual manera, al comparar los resultados obtenidos en estudios previos (4,12,64,68) donde el movimiento reciprocante genera mayor extrusión podría deberse que estos sistemas presentaban conicidad superior a la de las limas Excalibur®, se podría sugerir que la menor conicidad de este sistema (del 5%) podría ser una de las principales razones de este comportamiento por lo que evita el desgaste excesivo de la dentina y por lo tanto también evita, mayor generación de residuos hacia el ápice. Asimismo, se ha reportado que las técnicas corono – apical tienden a tener menor extrusión (61). Las limas Excalibur® se caracterizan por ser un sistema según fabricante a trabajar con una técnica Corono – apical (58).

Por otro lado, en el estudio también se realizó la valoración de los sistemas de irrigación final referente a la extrusión. Aunque estudios relacionados a la activación de los irrigantes son limitados. Uzunoglu et al. en su revisión sistemática y metaanálisis mostraron que el sistema XP – Endo Finisher y la activación ultrasónica mejoraron la eliminación de residuos y la desinfección de los conductos (33).

En la mayoría de los estudios se utilizó el sistema de irrigación con distintos objetivos (17,69), aunque es recomendable realizar la activación del irrigante después de cada instrumento para desinfección y retiro de material, en la mayoría de los casos solo lo realizan después de completar la preparación del conducto radicular. Además, estos estudios no informaron la cantidad de extrusión apical que provocaban. Por lo tanto, el presente estudio, es uno de los primeros en evaluar el efecto de los sistemas de irrigación, Ultra X® y XP- Endo Finisher®, referente a la cantidad de extrusión apical. Al aplicar la prueba de Steel-Dwass se observó

diferencia estadísticamente significativa con el sistema XP- Endo Finisher® y los demás grupos. Esto difiere con estudios in vitro (70,71), donde evidencian que la extrusión apical es independiente del tipo de irrigante o sistema de activación utilizado, esto podría deberse a que las limas XP-Endo Finisher® al tener una aleación tratada que pasa de la fase martensítica a la austenítica en temperaturas iguales o superiores a 35°C y esta le cambia la forma semicircular que realiza el movimiento de rotación excéntrico (46). A diferencia de este, el Ultra X® actúa mediante la transmisión acústica generando burbujas que colapsan en todo el conducto, penetrando profundamente en conductos accesorios (72). El aumento de presión dentro del conducto radicular puede facilitar el flujo de irrigantes hacia la zona apical, lo que podría provocar su extrusión (73,74).

En el presente estudio se observó una menor extrusión apical en el grupo tratado con las limas de movimiento reciprocante (Excalibur®) más el uso de XP-Endo Finisher®. Esta diferencia puede explicarse por la combinación de tres mecanismos complementarios. Primero, la cinemática reciprocante reduce el efecto de empuje continuado del instrumento hacia el ápice, disminuyendo la propulsión de material a través del foramen apical (10). Segundo, el movimiento reciprocante modifica la forma en que se fragmenta el material de obturación, favoreciendo la generación de partículas que son más susceptibles a ser movilizadas en dirección coronal por la irrigación (51). Tercero, el XP-Endo Finisher®, empleado como protocolo de irrigación final, facilita la remoción y la suspensión de residuos adheridos en las paredes del conducto; estas partículas suspendidas son más fácilmente evacuadas por la corriente irrigadora y la aspiración coronaria, en lugar de ser empujadas apicalmente (21).

Ambos sistemas de irrigación se trabajaron a 3 mm de la LT como lo recomienda la literatura (43) y se utilizó una aguja de salida lateral con un calibre 30 G para la irrigación. Se ha informado que las agujas abiertas resultan en una extrusión significativamente mayor que las agujas de punta cerrada (65), esto se debe a una mayor presión al introducir el irrigante (57). De igual manera, la solución irrigadora es importante y necesaria en la limpieza. En el estudio se utilizó 8 ml. Aprox. de agua destilada en cada espécimen, con el fin de evitar la presencia de partículas, que se encuentran en los irrigantes y distorsione los valores finales, como lo informa Silva et al. (75), quien utilizó Hipoclorito de Sodio como irrigante, lo que aumentaría el peso final debido a la formación de cristales de NaOCl (11,38,76).

La técnica de obturación podría influenciar en la cantidad de extrusión al finalizar el retratamiento, técnicas de obturación como el cono único son las más estudiadas (33). Sin embargo, es la que genera mayor extrusión de acuerdo al estudio de Pawan et al. (77). En la presente investigación se utilizó la técnica de compactación lateral y sistema de onda continua. Esta elección tuvo el fin de asegurar una obturación más efectiva de las irregularidades anatómicas que pudieran presentar los conductos radiculares de los especímenes, permitiendo que dichas zonas fueran obturadas con gutapercha y el sellador, y no únicamente con el sellador (33). El tipo de sellador también podría afectar la extrusión apical, se escogió el sellador a base de resina epóxica por la técnica de obturación empleada.

El presente estudio se realizó en condiciones de laboratorio, lo que podría no reflejar situaciones reales como la gravedad y la presión de los tejidos circundantes (11). Una limitación es que los sistemas para retratamientos están recién incorporados al

mercado como el caso de Retraty® y protocolos de irrigación no tienen mayor evidencia disponible en cuantificar la extrusión apical por lo cual resulta limitado realizar los contrastes de resultados con otros estudios. Otra limitación sería al no poder estandarizar la conicidad de los sistemas utilizados, teniendo con conicidad de 5% el sistema Excalibur® vs el sistema Retreaty® con conicidades variadas podría favorecer a las limas Excalibur®.

Como fortalezas del estudio se encuentra que se realizó una comparación de dos sistemas de irrigación final con un enfoque en la extrusión apical, lo que brinda información valiosa observándose que estos también podrían provocar una reacción. Asimismo, se utilizó el modelo experimental de Myers & Montgomery (1991) que es un instrumento validado y utilizado por distintos estudios (43,46,62,65,73–75,78,79) .

En cuanto a la hipótesis planteada, los resultados mostraron diferencias significativas entre los sistemas evaluados: el sistema reciprocante (Excalibur®) generó menor extrusión apical en comparación con el sistema rotatorio de retratamiento (Retreaty®). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, confirmando que la cinemática reciprocante se asocia a una menor extrusión de residuos apicales durante el retratamiento endodóntico.

Considerando la cantidad de material residual extruido apicalmente, que por consiguiente podría provocar un dolor postoperatorio, demora en la cicatrización apical y el éxito en el tratamiento. La relevancia clínica del presente estudio se centra en que orienta al endodoncista a elegir el mejor sistema de desobturación en casos de retratamiento endodóntico no quirúrgico y un protocolo de irrigación, sin

embargo, aún se requieren más estudios para fortalecer la consistencia de los resultados.

## **VIII. CONCLUSIONES**

1. La desobturación con limas rotatorias Re-Treaty® con XP-Endo Finisher® mostró una menor cantidad de extrusión apical.
2. La cantidad de material residual extruido apicalmente tras la desobturación con limas reciprocantes Excalibur® fue menor con XP-Endo Finisher®
3. Finalmente, al comparar todos los grupos, la utilización de limas Excalibur® con XP-Endo Finisher® presento menor cantidad de extrusión apical.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere hacer estudios que comparen la conicidad, el diseño de su punta y la capacidad de corte, ya que estos factores pueden influir directamente en la propulsión de residuos más allá del foramen apical.
2. Se sugiere hacer estudios que incluyan diferentes soluciones irrigantes con propiedades fisicoquímicas contrastantes, con el fin de explorar cómo su viscosidad, capacidad de disolución y tensión superficial afectan la extrusión.
3. Se sugiere hacer estudios que incluyan actuales sistemas de activación del irrigantes como la activación mediante láser diodo en comparación con activación manual, sónicos y ultrasónicos pasivos.
4. Se sugiere hacer estudios que incluyan un análisis cualitativo de los residuos extruidos mediante espectrometría de masas o microscopia electrónica de barrido. Esto proporcionaría una visión más integral del fenómeno de



extrusión y permitiría distinguir entre cantidad y composición del material extruido.

## **X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Dhaimy S, Kim HC, Bedida L, Benkiran I. Efficacy of reciprocating and rotary retreatment nickel-titanium file systems for removing filling materials with a complementary cleaning method in oval canals. *Restor Dent Endod* [Internet]. 2021 [cited 2024 May 30];46(1). <https://doi.org/10.5395/RDE.2021.46.E13>
2. Hora B, Singh K, Pawar M, Kumar A, Arya A, Oak A. Comparative Evaluation of Extrusion of Apical Debris and Irrigant using Three Different Rotary Systems with Conventional Irrigation Methods - An In vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci* [Internet]. 2023 Jul 1 [cited 2024 May 11];15(Suppl 2):S1086. [https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS\\_210\\_23](https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_210_23)
3. Dincer AN, Er O, Canakci BC. Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *Int Endod J* [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2024 May 6];48(12):1194–8. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12425>
4. Raj. R A, Raju I, Varghese JG, Jeet Singh Birring O, Paul Yacob PJ, Chohan H. Comparative Evaluation of Debris Expulsion Beyond Apex During Re-root Canal Treatment by Utilizing Two Re-treatment Rotary Files and Two Reciprocating Files: An In-Vitro Study. *Cureus* [Internet]. 2024 Mar 19 [cited 2024 May 7];16(3). <https://doi.org/10.7759/CUREUS.56467>
5. Delai D, Boijink D, Hoppe CB, Grecca FS, Kopper PMP. Apically extruded debris in filling removal of curved canals using 3 NiTi systems and hand files. *Braz Dent J* [Internet]. 2018 Jan 1 [cited 2024 May 29];29(1):54–9. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201801760>
6. Topçuoğlu HS, Ulasan Ö, Topçuoğlu G, Biricik E. Apically extruded debris during the removal of canal filling material from root canals using three techniques. *J Investig Clin Dent* [Internet]. 2018 Aug 1 [cited 2024 May 30];9(3):e12337. <https://doi.org/10.1111/JICD.12337>
7. Alves FRF, Marceliano-Alves MF, Sousa JCN, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF. Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either

- Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *J Endod* [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2024 May 30];42(7):1114–9. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2016.04.007>
8. CHAPMAN CE, COLLEE JG, BEAGRIE GS. A preliminary report on the correlation between apical infection and instrumentation in endodontics. *J Br Endod Soc* [Internet]. 1968 [cited 2024 May 30];2(1):7–11. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.1968.TB01184.X>
  9. Singh AK, Chavan SC, Shah A, Parida R, Kansar N, Poojary S. Assessment of Apical Extrusion of Debris During Root Canal Preparation with Different Ni–Ti File Systems: An In Vitro Study. *Journal of Contemporary Dental Practice* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2024 May 30];22(4):349–52. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10024-3016>
  10. Haridas K, Hariharan M, Singh P, Varughese A, Ravi AB, Varma KR. Effect of instrumentation techniques and kinematics on apical extrusion of debris: An in vitro study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2019;20(9):1067–70. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10024-2656>
  11. Doğanay Yıldız E, Dinçer B, Fidan ME. Effect of different laser-assisted irrigation activation techniques on apical debris extrusion. *Acta Odontol Scand* [Internet]. 2020 Jul 3 [cited 2024 May 11];78(5):332–6. <https://doi.org/10.1080/00016357.2020.1717603>
  12. keskin cangul, Sarıyılmaz E. Apically extruded debris and irrigants during root canal filling material removal using Reciproc Blue, WaveOne Gold, R-Endo and ProTaper Next systems. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* [Internet]. 2018 Dec 19 [cited 2024 May 6];12(4):272–6. <https://doi.org/10.15171/JODDD.2018.042>
  13. Ahmad MZ, Sadaf D, MacBain MMC, Merdad KA. Effect of mode of rotation on apical extrusion of debris with four different single-file endodontic instrumentation systems: Systematic review and meta-analysis.

- Aust Endod J [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2024 May 30];48(1):202–18. <https://doi.org/10.1111/AEJ.12612>
14. Abdelnaby P, Ibrahim M, Elbackly R. In vitro evaluation of filling material removal and apical debris extrusion after retreatment using Reciproc blue, Hyflex EDM and ProTaper retreatment files. BMC Oral Health [Internet]. 2023 [cited 2024 May 4];23(1):902. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03579-7>
  15. Cardinali F et al. La risoluzione delle complessità nei ritrattamenti. Dent Cadmos. 2014;10(82):690–712.
  16. Aranguren J, Oliveros-Porras F, Ramírez-Muñoz A, Pérez I, Salamanca-Ramos M, Aazzouzi-Raiss K, et al. Comparative Analysis of NiTi Instruments with Different Alloy Treatments. Materials (Basel) [Internet]. 2024 Oct 1 [cited 2025 Sep 20];17(19). <https://doi.org/10.3390/MA17194817>
  17. Tonini R, Salvadori M, Audino E, Sauro S, Garo ML, Salgarello S. Irrigating Solutions and Activation Methods Used in Clinical Endodontics: A Systematic Review. Frontiers in oral health [Internet]. 2022 [cited 2024 Jun 8];3. <https://doi.org/10.3389/FROH.2022.838043>
  18. Dhaimy S, Kim HC, Bedida L, Benkiran I. Efficacy of reciprocating and rotary retreatment nickel-titanium file systems for removing filling materials with a complementary cleaning method in oval canals. Restor Dent Endod [Internet]. 2021 [cited 2024 May 27];46(1). <https://doi.org/10.5395/RDE.2021.46.E13>
  19. Middha M, Sangwan P, Tewari S, Duhan J. Effect of continuous ultrasonic irrigation on postoperative pain in mandibular molars with nonvital pulps: a randomized clinical trial. Int Endod J [Internet]. 2017 Jun 1 [cited 2022 Aug 22];50(6):522–30. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12666>
  20. Sociedad UY, Margarita M, Palacios G, Stefy N, Reyes P, Cecilia D, et al. Irrigación ultrasonica en endodoncia: análisis del estado del arte.

- Universidad y Sociedad [Internet]. 2022 Jun 9 [cited 2024 May 30];14(S3):476–86. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2977>
21. Della Porta R, Chaves C, Bergese S, Scavo R, Fernández Canigia L, Zmener O. Eficacia del instrumento XP-endo Finisher y del sistema EndoActivator en la reducción/eliminación del biofilm bacteriano: un ensayo ex vivo. *Rev Asoc Odontol Argent* [Internet]. 2020 [cited 2024 May 30];46–51. <https://fi-admin.bvsalud.org/document/view/jquw9>
  22. Glossary of Endodontic Terms - American Association of Endodontists [Internet]. [cited 2025 May 13]. Retrieved 2025 May 13, from <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>
  23. Irene Pina-Vaz, Manuel Fontes de Carvalho, Rita Noites, Aiala Gonzalez Ruiz, M. Alfonso Villa-Vigil. Extrusión apical de detritus durante el tratamiento endodóntico. *Rev Eur Odontoestomatol* [Internet]. 2008 [cited 2025 May 13]; [https://redoe.wordpress.com/2008/12/22/extrusion-apical-de-detritus-durante-el-tratamiento-endodontico/?utm\\_source=chatgpt.com](https://redoe.wordpress.com/2008/12/22/extrusion-apical-de-detritus-durante-el-tratamiento-endodontico/?utm_source=chatgpt.com)
  24. Holland R, Mazuqueli L, de Souza V, Murata SS, Dezan Júnior E, Suzuki P. Influence of the Type of Vehicle and Limit of Obturation on Apical and Periapical Tissue Response in Dogs' Teeth After Root Canal Filling With Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* [Internet]. 2007 Jun [cited 2025 Jul 4];33(6):693–7. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.02.005>
  25. Stashenko P, Teles R, D'Souza R. Periapical inflammatory responses and their modulation. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* [Internet]. 1998 [cited 2025 Jul 4];9(4):498–521. <https://doi.org/10.1177/10454411980090040701>,
  26. Boutsoukias C, Arias-Moliz MT. Present status and future directions – irrigants and irrigation methods. *Int Endod J* [Internet]. 2022 May 1 [cited 2025 Jun 2];55(S3):588–612. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13739>,
  27. Goodacre CJ, Spolnik KJ. The Prosthodontic Management of Endodontically Treated Teeth: A Literature Review. Part II. Maintaining the

- Apical Seal. *Journal of Prosthodontics* [Internet]. 1995 [cited 2025 May 14];4(1):51–3. <https://doi.org/10.1111/J.1532-849X.1995.TB00315.X>,
28. Siqueira JF. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J* [Internet]. 2003 Jul 1 [cited 2025 Apr 13];36(7):453–63. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2591.2003.00671.X>
  29. Goldberg F, Snares I, Massone EJ, Scares IM. Comparative debridement study between hand and sonic instrumentation of the root canal. *Dental Traumatology* [Internet]. 1988 [cited 2025 Jul 1];4(5):229–34. <https://doi.org/10.1111/J.1600-9657.1988.TB00327.X>,
  30. Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and canal master techniques. *J Endod* [Internet]. 1991 [cited 2025 Jul 4];17(6):275–9. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81866-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81866-2),
  31. Yılmaz K, Özyürek T. Apically Extruded Debris after Retreatment Procedure with Reciproc, ProTaper Next, and Twisted File Adaptive Instruments. *J Endod*. 2017 Apr;43:648–51. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.003>
  32. Doğanay Yıldız E, Arslan H. The effect of blue thermal treatment on endodontic instruments and apical debris extrusion during retreatment procedures. *Int Endod J* [Internet]. 2019 Nov 1 [cited 2024 May 4];52(11):1629–34. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13161>
  33. Uzunoglu E, Turker SA. Impact of different file systems on the amount of apically extruded debris during endodontic retreatment. *Eur J Dent* [Internet]. 2016 [cited 2024 May 6];10(2):210–4. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.178306>
  34. Ferraz CCR, Gomes N V., Gomes BPFA, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J* [Internet]. 2001 Jul 1 [cited 2025 Apr 6];34(5):354–8. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2591.2001.00394.X>

35. Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: A literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. Vol. 47, International Endodontic Journal. 2014. <https://doi.org/10.1111/iej.12137>
36. Serefoglu B, Kandemir Demirci G, Miçooğulları Kurt S, Kaşıkçı Bilgi İ, Çalışkan MK. Impact of root canal curvature and instrument type on the amount of extruded debris during retreatment. Restor Dent Endod [Internet]. 2020 [cited 2024 May 4];46(1). <https://doi.org/10.5395/RDE.2021.46.E5>
37. Luisi SB, Zottis AC, Piffer CS, Vanzin AC de M, Ligabue RA. Apical extrusion of debris after hand, engine-driven reciprocating and continuous preparation. Revista Odonto Ciência [Internet]. 2010 [cited 2025 Jul 4];25(3):288–91. <https://doi.org/10.1590/S1980-65232010000300013>
38. Generali L, Veneri F, Cavani F, Checchi V, Bertoldi C, Ingrosso AL, et al. Quantitative Assessment of Apically Extruded Debris During Retreatment Procedures Using Three Nickel-Titanium Rotary Systems: An In Vitro Comparative Study. Dent J (Basel) [Internet]. 2024 Nov 26 [cited 2024 Dec 24];12(12):384. <https://doi.org/10.3390/DJ12120384>
39. Bürklein S, Schäfer E. Apically Extruded Debris with Reciprocating Single-File and Full-sequence Rotary Instrumentation Systems. J Endod. 2012 Jun 1;38(6):850–2. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2012.02.017>
40. Solda C, Padoim K, Rigo L, Silva Sousa YTC, Hartmann MSM. Assessment of Apical Extrusion using Rotary and Reciprocating Systems during Root Canal Retreatment. J Contemp Dent Pract [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2024 May 4];21(3):238–41. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2775>
41. Çiçek E, Koçak M, Koçak S, Sağlam B. Comparison of the amount of apical debris extrusion associated with different retreatment systems and supplementary file application during retreatment process. J Conserv Dent [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2024 May 4];19(4):351. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.186456>
42. Balseca MJB, Ayala SBT, da Costa Aznar FD, de Freitas-Aznar AR, Balseca GMA, S. Freitas KM. In vitro Comparison of Apically Extruded Debris

- during Root Canal Retreatment with Rotary and Reciprocating Systems. *Open Dent J*. 2019 Jan 1;13(1):488–92. <https://doi.org/10.2174/1874210601913010488>
43. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Ertas H. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with ProTaper Universal, ProTaper Next, Twisted File Adaptive, and HyFlex instruments. *J Endod* [Internet]. 2014 Oct 1 [cited 2025 Apr 10];40(10):1638–41. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2014.04.004>
  44. De-Deus G, Marins J, Silva EJNL, Souza E, Belladonna FG, Reis C, et al. Accumulated Hard Tissue Debris Produced during Reciprocating and Rotary Nickel-Titanium Canal Preparation. *J Endod* [Internet]. 2015 May 1 [cited 2025 Jun 2];41(5):676–81. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2014.11.028>
  45. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review. *J Endod* [Internet]. 2004 [cited 2025 May 14];30(8):559–67. <https://doi.org/10.1097/01.DON.0000129039.59003.9D>,
  46. Gavini G, dos Santos M, Caldeira CL, Machado ME de L, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res* [Internet]. 2018 [cited 2025 Apr 9];32(suppl 1):44–65. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2018.VOL32.0067>
  47. Caviedes-Bucheli J, Rios-Osorio N, Gutiérrez De Pineres-Milazzo C, Jiménez-Peña M, Portigliatti R, Gaviño-Orduña JF, et al. Effectiveness, efficiency, and apical extrusion of 2 rotaries and 2 reciprocating systems in removing filling material during endodontic retreatment. A systematic review. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2023 [cited 2024 May 4];15(3):250–63. <https://doi.org/10.4317/jced.59953>
  48. BERZOZA TREVIÑO VR. DEFECTOS SUPERFICIALES DE LAS LIMAS PROTAPER NEXT, HYFLEX CM Y VTAPER 2H BAJO MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO. *Journal of Autónoma de Nuevo León*. 2021;1–41.



49. Plotino G, Grande NM, Mercadé Bellido M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal Rotary Files. *J Endod* [Internet]. 2017 Feb 1 [cited 2025 Jun 7];43(2):200–2. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.10.014>
50. Chalco LBJ, Meza JAZ. Retratamiento endodóntico no quirúrgico. *Revista Estomatológica Herediana* [Internet]. 2011 Jul 2 [cited 2025 May 14];21(4):231–231. <https://doi.org/10.20453/REH.V21I4.172>
51. Sabeti M, Chung YJ, Aghamohammadi N, Khansari A, Pakzad R, Azarpazhooh A. Outcome of Contemporary Nonsurgical Endodontic Retreatment: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials and Cohort Studies. *J Endod* [Internet]. 2024 Apr 1 [cited 2025 May 15];50(4):414–33. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.01.013>
52. Caviedes-Bucheli J, Castellanos F, Vasquez N, Ulate E, Munoz HR. The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis. Vol. 49, *International Endodontic Journal*. Blackwell Publishing Ltd; 2016. p. 255–70. <https://doi.org/10.1111/iej.12452>
53. Rödiger T, Hausdörfer T, Konietzschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study. *Int Endod J* [Internet]. 2012 Jun [cited 2025 Jun 2];45(6):580–9. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.2012.02014.X>,
54. Kfir A, Goldenberg C, Metzger Z, Hülsmann M, Baxter S. Cleanliness and erosion of root canal walls after irrigation with a new HEDP-based solution vs. traditional sodium hypochlorite followed by EDTA. A scanning electron microscope study. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2025 Jun 2];24(10):3699–706. <https://doi.org/10.1007/S00784-020-03249-W>,
55. Lu Y, Wang R, Zhang L, Li HL, Zheng QH, Zhou XD, et al. Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when

- removing root fillings: a laboratory study. *Int Endod J* [Internet]. 2013 Dec [cited 2024 May 6];46(12):1125–30. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12104>
56. AlBatati M, AbuMostafa A. The effect of final irrigation with different solutions on smear layer removal and dentin erosion: A scanning electron microscope study. *PLoS One* [Internet]. 2024 Aug 1 [cited 2025 May 16];19(8 August). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0308606>,
  57. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, et al. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* [Internet]. 2010 Oct [cited 2025 Apr 10];36(10):1664–8. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2010.06.023>
  58. Kusxtarci A, Er K. Efficacy of Laser Activated Irrigation on Apically Extruded Debris with Different Preparation Systems. *Photomed Laser Surg* [Internet]. 2015 Jul 1 [cited 2025 Apr 9];33(7):384–9. <https://doi.org/10.1089/PHO.2015.3900>
  59. Bago I, Plečko V, Gabrić Pandurić D, Schauperl Z, Baraba A, Anić I. Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. *Int Endod J* [Internet]. 2013 Apr 1 [cited 2025 Jun 2];46(4):339–47. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.2012.02120.X>;JOURNAL:JOURNAL:13652591;WGROU:STRING:G:PUBLICATION
  60. Volponi A, Pelegri RA, Kato AS, Stringheta CP, Lopes RT, Silva AS de S, et al. Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals. *J Endod* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2025 Jul 7];46(12):1901–6. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.010>
  61. Chiarella Montoya SG. Comparación in vitro de la cantidad de debris apical extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un

reciprocante.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581920>. 2015.

62. Tanalp J. A critical analysis of research methods and experimental models to study apical extrusion of debris and irrigants. *Int Endod J*. 2022 Mar 1;55(S1):153–77. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13686>
63. Feliz Pedrinha V, Melo Da J, Brandão S, Faciola Pessoa O, De P, Rodrigues A. Send Orders for Reprints to [reprints@benthamscience.ae](mailto:reprints@benthamscience.ae) The Open Dentistry Journal Influence of File Motion on Shaping, Apical Debris Extrusion and Dentinal Defects: A Critical Review. *Open Dent J* [Internet]. 2018 [cited 2024 May 4];12:189–201. <https://doi.org/10.2174/1874210601812010189>
64. Caviedes-Bucheli J, Castellanos F, Vasquez N, Ulate E, Munoz HR. The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2016 Mar 1;49(3):255–70. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12452>
65. Ghoneim W, Shaheen N. Apically extruded debris associated with different instrumentation systems and irrigation needles. *Tanta Dental Journal* [Internet]. 2018 [cited 2025 Apr 10];15(2):105. [https://doi.org/10.4103/TDJ.TDJ\\_7\\_18](https://doi.org/10.4103/TDJ.TDJ_7_18)
66. Caviedes-Bucheli J, Rios-Osorio N, de Píneres-Milazzo CG, Jiménez-Peña M, Portigliatti R, Gaviño-Orduña JF, et al. Effectiveness, efficiency, and apical extrusion of 2 rotaries and 2 reciprocating systems in removing filling material during endodontic retreatment. A systematic review. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 1];15(3):e250. <https://doi.org/10.4317/JCED.59953>
67. De Sant’Anna Dadalti MT, De Almeida NEM, Ormiga F, De Andrade Risso P. Evaluation of apical debris extrusion during endodontic retreatment by different systems. *European J Gen Dent*. 2020 May 1;9(2):69–72. [https://doi.org/10.4103/EJGD.EJGD\\_114\\_19](https://doi.org/10.4103/EJGD.EJGD_114_19)

68. Topçuoğlu HS, Zan R, Akpek F, Topçuoğlu G, Ulasan, Aktı A, et al. Apically extruded debris during root canal preparation using Vortex Blue, K3XF, ProTaper Next and Reciproc instruments. *Int Endod J* [Internet]. 2016 Dec 1 [cited 2025 Apr 6];49(12):1183–7. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12572>
69. Katle E, Zandi H, Pedersen D, Sunde PT, Torgersen GR, Ørstavik D. Radiographic outcome of endodontic treatment and retreatment of teeth with apical periodontitis using two different root canal irrigants. A prospective cohort study. *Int Endod J* [Internet]. 2024 Mar 1 [cited 2025 Apr 10];57(3):297–304. <https://doi.org/10.1111/IEJ.14019>
70. Peeters HH, Suardita K, Mooduto L, Gutknecht N. Extrusion of Irrigant in Open Apex Teeth with Periapical Lesions Following Laser-Activated Irrigation and Passive Ultrasonic Irrigation. *Iran Endod J* [Internet]. 2018 Mar 1 [cited 2025 Apr 10];13(2):169–75. <https://doi.org/10.22037/IEJ.V13I2.17150>
71. Pedullà E, Iacono F, Pitrolo M, Barbagallo G, La Rosa GRM, Pirani C. Assessing the impact of obturation techniques, kinematics and irrigation protocols on apical debris extrusion and time required in endodontic retreatment. *Aust Endod J* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2024 May 11];49(3):623–30. <https://doi.org/10.1111/AEJ.12795>
72. de Pablo V, Cabello C, Rodríguez Vázquez P. Estévez Luaña, Roberto Profesor del Máster de Endodoncia de la universidad Europea de Madrid. Correspondencia.
73. Jezeršek M, Jereb T, Lukač N, Tenyi A, Lukač M, Fidler A. Evaluation of Apical Extrusion During Novel Er:YAG Laser-Activated Irrigation Modality. *Photobiomodul Photomed Laser Surg* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2025 Apr 10];37(9):544–50. <https://doi.org/10.1089/PHOTOB.2018.4608>
74. Jezeršek M, Lukač N, Lukač M, Tenyi A, Olivi G, Fidler A. Measurement of Pressures Generated in Root Canal During Er:YAG Laser-Activated Irrigation. *Photobiomodul Photomed Laser Surg* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2025 Apr 10];38(10):625–31. <https://doi.org/10.1089/PHOTOB.2019.4776>

75. Silva EJNL, Sá L, Belladonna FG, Neves AA, Accorsi-Mendonça T, Vieira VTL, et al. Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. *J Endod* [Internet]. 2014 [cited 2025 Apr 11];40(12):2077–80. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2014.09.009>
76. Huang X, Ling J, Wei X, Gu L. Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. *J Endod* [Internet]. 2007 Sep [cited 2025 Apr 11];33(9):1102–5. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2007.05.019>
77. Pawar AM, Pawar M, Metzger Z, Thakur B. Apical extrusion of debris by supplementary files used for retreatment: An ex vivo comparative study. *J Conserv Dent* [Internet]. 2016 Mar 1 [cited 2024 May 4];19(2):125. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.178686>
78. Boutsoukis C, Arias-Moliz MT, Chávez de Paz LE. A critical analysis of research methods and experimental models to study irrigants and irrigation systems. *Int Endod J* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2024 Dec 23];55 Suppl 2(Suppl 2):295–329. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13710>
79. Abat VH, Bayrak GD, Gündoğar M. Assessment of apical extrusion in regenerative endodontics: a comparative study of different irrigation methods using three-dimensional immature tooth models. *Odontology* [Internet]. 2024 Jan 1 [cited 2025 Apr 10];113(1):213–21. <https://doi.org/10.1007/S10266-024-00961-X/TABLES/2>

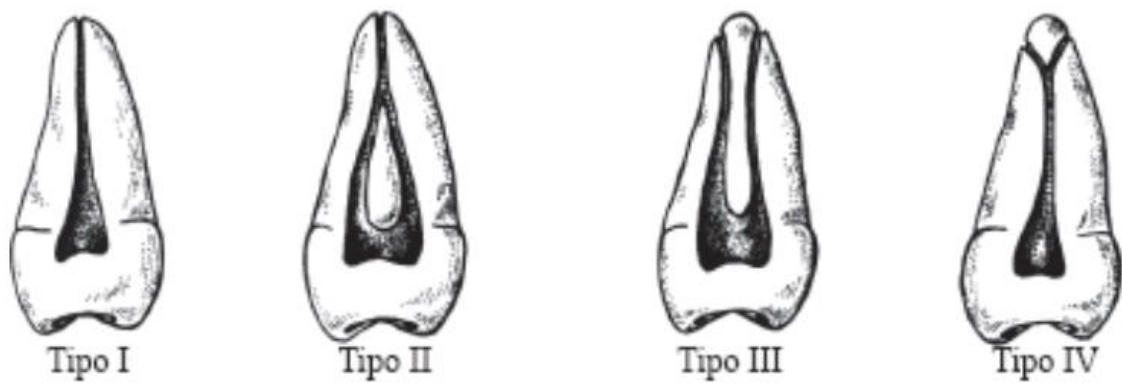
## 5. ANEXOS

### Anexo 1 TAMAÑO MUESTRAL

| COMPARACIÓN DE DOS MEDIAS<br>(Se pretende comparar si las medias son diferentes) |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Indique número del tipo de test                                                  |              |
| Tipo de test (unilateral o bilateral)                                            | 1 UNILATERAL |
| Nivel de confianza o seguridad (1- $\alpha$ )                                    | 95%          |
| Poder estadístico                                                                | 80%          |
| Precisión (d)                                                                    | 5.00         |
| (Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar, datos cuantitativos)       |              |
| Varianza ( $s^2$ )                                                               | 12.96        |
| (De la variable cuantitativa que tiene el grupo control o de referencia)         |              |
| TAMAÑO MUESTRAL (n)                                                              | 6            |
| EL TAMAÑO MUESTRAL AJUSTADO A PÉRDIDAS                                           |              |
| Proporcion esperada de pérdidas ( R )                                            | 15%          |
| MUESTRA AJUSTADA A LAS PÉRDIDAS                                                  | 8            |

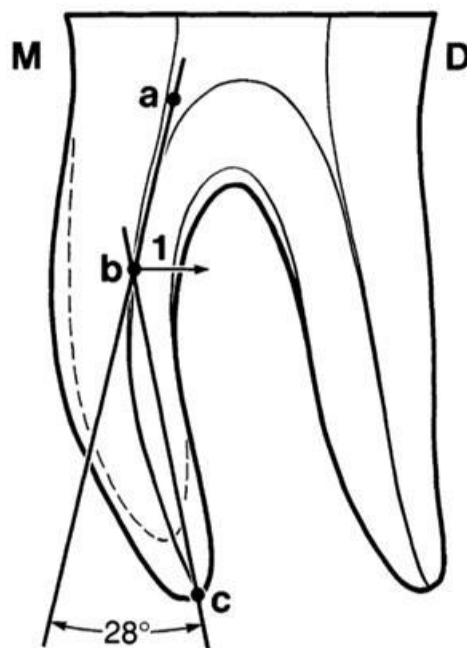
Anexo 2

CLASIFICACIÓN DE SISTEMA DE CONDUCTOS SEGÚN WEINE



Anexo 3

ÁNGULO DE CURVATURA PROPUESTO POR SCHNEIDER



#### Anexo 4

### CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

EVALUACIÓN DE LA EXTRUSIÓN APICAL DURANTE LA DESOBTURACIÓN MEDIANTE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA Y RECIPROCANTE CON DOS SISTEMAS DE IRRIGACIÓN FINAL EN PREMOLARES. ESTUDIO IN VITRO

| Variable                                | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                     | Definición operacional                                                                                                                  | Indicador                                                         | Tipo         | Escala de medición | Valores y categorías           |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|--------------------------------|
| Extrusión apical                        | Evento inevitable que puede ocurrir durante la instrumentación o desobturación, donde restos de material, detritos o microorganismos pueden ser forzados más allá del foramen apical.                                                     | Es la cantidad de residuos que salen más allá del foramen apical.                                                                       | Medición del peso en miligramos con una microbalanza electrónica. | Cuantitativa | De razón           | miligramos .                   |
| Sistema de instrumentación de conductos | conjunto de limas que se deben de seguir secuencialmente según instrucciones del fabricante con distintos movimientos cinemáticos con el objetivo de retirar el material obturador antiguo que presenta un tratamiento de conducto previo | Rotatorio (Re treaty)<br>Movimiento cinemático secuencial en 360°                                                                       | Movimiento                                                        | Cualitativa  | Nominal            | Rotatorio<br>Reciprocante      |
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                           | Reciprocante (Excalibur)<br>Movimiento cinemático de giro horario y otros grados en sentido antihorario                                 |                                                                   |              |                    |                                |
| Sistema de activación del Irrigante     | Procedimiento de activación de sustancias irrigadoras mediante movimientos sónicos y ultrasónicos que mejora la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares                                                              | Efecto vibratorio con rangos que oscilan los 25 a 30 kHz, generando de esta forma nodos y antinodos contra las paredes de los conductos | Movimiento                                                        | Cualitativo  | Nominal            | Ultra X<br>XP Endo<br>Finisher |



## Anexo 5

### AUTORIZACIÓN DEL CIEI – UPCH



UNIVERSIDAD PERUANA  
CAYETANO HEREDIA

#### CONSTANCIA-CIEI-472-37-24

El Presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia hace constar que el proyecto de investigación señalado a continuación fue **APROBADO** por el Comité Institucional de Ética en Investigación, bajo la categoría de revisión **EXPEDITA**.

Título del Proyecto : “EVALUACIÓN DE LA EXTRUSIÓN APICAL DURANTE LA DESOBTURACIÓN MEDIANTE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA Y RECIPROCANTE CON DOS SISTEMAS DE IRRIGACIÓN FINAL EN PREMOLARES. ESTUDIO IN VITRO”

Código SIDISI : 214599

Investigador(a) principal(es) : Alcalde Picho Carlos Ismael

La aprobación incluyó los documentos finales descritos a continuación:

1. Protocolo de investigación, versión 01 de fecha 30 de mayo del 2024.

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

Cualquier enmienda, desviaciones, eventualidad deberá ser reportada de acuerdo a los plazos y normas establecidas. El investigador reportará cada seis meses el progreso del estudio y alcanzará un informe al término de éste. La aprobación tiene vigencia desde la emisión del presente documento hasta el Martes 23 de septiembre del 2025.

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

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

Lima, 23 de septiembre del 2024



---

Manuel Raul Perez Martinot  
Presidente  
Comité Institucional de Ética en Investigación  
Universidad Peruana Cayetano Heredia

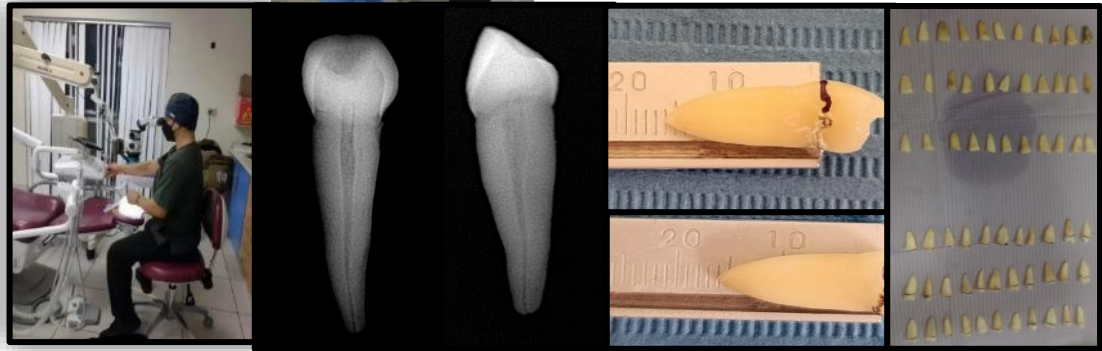
## Anexo 6

### RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

a.



b.

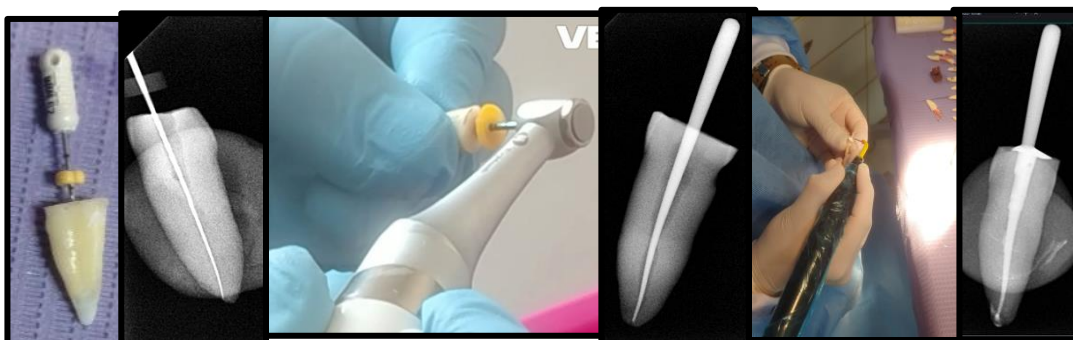


- a. Recolección de la muestra del Centro Dental Docente de la UPCH y del Servicio de Estomatología del HMC.
- b. Selección, estandarización de longitud radicular y total de la muestra.

## Anexo 7

### INSTRUMENTACIÓN, OBTURACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA

a.



b.



- a. Instrumentación y obturación de la muestra.
- b. Almacenamiento en incubadora del Laboratorio de Investigación y desarrollo de la UPCH .

## Anexo 8

### PREPARACIÓN DE LOS VIALES Y TUBOS EPPENDORF

a.



b.



- a. Tubos Eppendorf rotulados con una letra y pesado tres veces con una microbalanza digital  $< 0.0000$  g.
- b. Preparación de los viales, colocación de los dientes y rotularlos con una cinta oscura.

Anexo 9  
DESOBTURACIÓN



## Anexo 10

### RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

a.



b.



c.



- a. Tubos Eppendorf rotulados con una letra y pesado tres veces con una microbalanza digital  $< 0.0000$  g.
- b. Preparación de los viales, colocación de los dientes y rotularlos con una cinta oscura.
- c. Almacenaje de los Tubos Eppendorf por siete días



## Anexo 11

### COMPARACIÓN DEL PESAJE FINAL

