



Facultad de Odontología

Posgrado de Endodoncia

**Tema:**

**“Comparación De Extrusión De Debris Durante La Instrumentación De Conductos Utilizando Un Instrumento En Movimiento Rotatorio Y Reciprocante: Estudio *In Vitro*”**

**Tesis para la obtención del Título de Especialista en Endodoncia**

**Presentada por:**

Erika Jasmine Argüello Gordillo

**Tutor:**

Dr. Soo Nam Jang Jaramillo

**Quito, julio 2025**

## Resumen

**Objetivo:** Comparar la cantidad de debris extruidos apicalmente durante la instrumentación de conductos radiculares utilizando el sistema Endogal en dos tipos de movimiento (rotatorio y recíprocante) en comparación con R-Motion y One Curve.

**Metodología:** Se utilizaron 60 dientes unirradiculares divididos aleatoriamente en cuatro grupos (n=15) según el sistema de instrumentación: Endogal (movimiento rotatorio, Endogal (movimiento recíprocante), R-Motion y One Curve. Cada instrumento fue utilizado cinco veces. La evaluación de la extrusión de debris se realizó basándose en el modelo experimental reportado por Myers y Montgomery (1991), y el análisis estadístico se realizó mediante las pruebas de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U y post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni ( $p < 0.05$ ).

**Resultados:** El sistema Endogal en movimiento rotatorio generó mayor cantidad de debris extruido en comparación con One Curve y con el mismo sistema en movimiento recíprocante ( $p < 0.01$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los sistemas recíprocantes evaluados (R-Motion y Endogal recíprocante), ni entre One Curve y R-Motion. Tampoco se observaron diferencias significativas en la cantidad de residuos extruidos a lo largo de los cinco usos de cada sistema.

**Conclusión:** La cantidad de debris extruido apicalmente varía según el diseño y movimiento del sistema de instrumentación. El sistema Endogal en rotatorio extruyó significativamente más debris en contraste con One Curve (rotatorio). La reutilización de los instrumentos no influyó en la extrusión de debris bajo las condiciones de este estudio.

**Palabras clave:** Endodoncia, extrusión apical, debris, movimiento rotatorio, movimiento recíprocante, sistemas de limas.

## Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.



Erika Jasmine Argüello Gordillo

C.I. 0502856230

## Dedicatoria

*A mis padres Hugo Argüello y María Eugenia Gordillo, por ser mi pilar, mi refugio y mi mayor inspiración. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio y por su apoyo constante. Todo lo que soy y lo que he logrado se lo debo a ustedes.*

*A mi hermana Thalía y a Diego Cadena, por su compañía, su cariño y por estar siempre a mi lado con una sonrisa, incluso en los momentos más difíciles.*

*A Gabriel Pinto, por haberme guiado con sabiduría y paciencia a la persona que hoy soy*

*A la Dra. María Soledad Peñaherrera, por haberme formado desde muy joven como odontóloga general y ahora como especialista en Endodoncia. Gracias por su cariño, su paciencia y por impulsarme siempre a salir de mi zona de confort.*

*Al Dr. Soo Nam Jang Jaramillo, por su cariño, su paciencia, por motivarme constantemente a ser mejor y por su valioso acompañamiento durante esta investigación.*

*A mis amigos Nicole Vinueza, Melanie Merino, Julio Álvarez, Melina Álvarez, Paola Suárez y Alexander Jaramillo, por su amistad incondicional y por todo su apoyo a lo largo de estos años de especialidad.*

*Y una especial gratitud a la Universidad Hemisferios por todas sus enseñanzas y por haberme formado en mi especialidad, así como a la Universidad Internacional del Ecuador, cuyo apoyo fue fundamental en este proyecto de investigación, especialmente a la Dra. Amparo Fuentes, cuyo cariño y predisposición hicieron posible este logro.*

## Índice

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                                      | 2  |
| Dedicatoria .....                                                  | 4  |
| Índice de Gráficos .....                                           | 6  |
| Índice de anexos .....                                             | 7  |
| Índice de imágenes .....                                           | 8  |
| Índice de tablas .....                                             | 9  |
| Resumen .....                                                      | 10 |
| Abstract .....                                                     | 11 |
| Introducción .....                                                 | 12 |
| Materiales y métodos .....                                         | 14 |
| <i>Estandarización y permeabilidad.</i> .....                      | 15 |
| <i>Preparación previa.</i> .....                                   | 15 |
| <i>Tratamiento de conductos.</i> .....                             | 17 |
| <i>Análisis estadístico de la extrusión apical de debris</i> ..... | 19 |
| Resultados .....                                                   | 20 |
| Discusión .....                                                    | 25 |
| Conclusiones .....                                                 | 32 |
| Bibliografía .....                                                 | 34 |
| Anexos .....                                                       | 41 |

## Índice de Gráficos

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: Extrusión apical de debris: R-Motion vs Endogal (Reciprocante) ..... | 22 |
| Gráfico 2: Extrusión apical de debris: One Curve vs Endogal (Rotatorio) .....   | 23 |
| Gráfico 3: Análisis de pendiente por regresión lineal.....                      | 24 |

### **Índice de anexos**

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1 Tubos Eppendorf primer pesaje (vacíos).....                  | 41 |
| Anexo 2 Tubos Eppendorf segundo pesaje (recolección de debris) ..... | 43 |
| Anexo 3 Carta de aceptación de donación de dientes.....              | 46 |
| Anexo 4: Responsabilidad de desechos .....                           | 47 |

### Índice de imágenes

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen 1:Instrumentación de conducto .....                            | 16 |
| Imagen 2: Tubos Eppendorf post instrumentación en la incubadora ..... | 19 |
| Imagen 3: Tubos Eppendorf listos para el pesaje final .....           | 19 |

**Índice de tablas**

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Pendiente por grupo y tipo de lima ..... | 25 |
|---------------------------------------------------|----|

**“Comparación De Extrusión De Debris Durante La Instrumentación De Conductos  
Utilizando Un Instrumento En Movimiento Rotatorio Y Reciprocante: Estudio *In  
Vitro*”**

Erika Jasmine Argüello Gordillo

j.a.s.s.20@hotmail.com

**Resumen**

**Objetivo:** Comparar la cantidad de debris extruidos apicalmente durante la instrumentación de conductos radiculares utilizando el sistema Endogal en dos tipos de movimiento (rotatorio y reciprocante) en comparación con R-Motion y One Curve.

**Metodología:** Se utilizaron 60 dientes unirradiculares divididos aleatoriamente en cuatro grupos (n=15) según el sistema de instrumentación: Endogal (movimiento rotatorio, Endogal (movimiento reciprocante), R-Motion y One Curve. Cada instrumento fue utilizado cinco veces. La evaluación de la extrusión de debris se realizó basándose en el modelo experimental reportado por Myers y Montgomery (1991), y el análisis estadístico se realizó mediante las pruebas de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U y post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni ( $p < 0.05$ ).

**Resultados:** El sistema Endogal en movimiento rotatorio generó mayor cantidad de debris extruido en comparación con One Curve y con el mismo sistema en movimiento reciprocante ( $p < 0.01$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los sistemas reciprocantes evaluados (R-Motion y Endogal reciprocante), ni entre One Curve y R-Motion. Tampoco se observaron diferencias significativas en la cantidad de residuos extruidos a lo largo de los cinco usos de cada sistema.

**Conclusión:** La cantidad de debris extruido apicalmente varía según el diseño y movimiento del sistema de instrumentación. El sistema Endogal en rotatorio extruyó significativamente más debris en contraste con One Curve (rotatorio). La reutilización de los instrumentos no influyó en la extrusión de debris bajo las condiciones de este estudio.

**Palabras clave:** Endodoncia, extrusión apical, debris, movimiento rotatorio, movimiento reciprocante, sistemas de limas.

### Abstract

**Objective:** To compare the amount of apically extruded debris during root canal instrumentation using the Endogal system with two types of motion (rotary and reciprocating) in comparison with R-Motion and One Curve.

**Methodology:** Sixty single-rooted teeth were randomly divided into four groups (n = 15) according to the instrumentation system: Endogal (rotary motion), Endogal (reciprocating motion), R-Motion, and One Curve. Each instrument was used five times. Debris extrusion was assessed based on the experimental model reported by Myers and Montgomery (1991), and statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test, and Dunn's post hoc test with Bonferroni correction ( $p < 0.05$ ).

**Results:** The Endogal system in rotary motion generated a greater amount of extruded debris compared to One Curve and the same system in reciprocating motion ( $p < 0.01$ ). No statistically significant differences were found between the reciprocating systems evaluated (R-Motion and Endogal reciprocating), nor between One Curve and R-Motion. Additionally, no significant differences were observed in the amount of extruded debris across the five uses of each system.

**Conclusion:** The amount of apically extruded debris varies according to the design and motion of the instrumentation system. The Endogal system in rotary motion extruded significantly more debris compared to One Curve (rotary). Instrument reuse did not affect debris extrusion under the conditions of this study.

**Keywords:** Endodontics, apical extrusion, debris, rotary motion, reciprocating motion, file systems.

### Introducción

La extrusión de debris producida en la instrumentación ha sido un tema de interés endodóntico desde hace varias décadas. Chapman et al. (1968) fueron los primeros en reportar la extrusión durante este proceso. Después, Van de Visse y Brilliant (1975) cuantificaron esta extrusión al evaluar la instrumentación en conductos irrigados y no irrigados, concluyendo que la irrigación favorece el transporte de debris hacia el ápice (Tanalp et al., 2006); (Seltzer & Naidorf, 1985); (Myers & Montgomery, 1991); (Caviedes-Bucheli et al., 2016); (Alves et al., 2018).

Parte importante en el tratamiento de conductos es la preparación químico-mecánica, para la cual existen diversos sistemas de instrumentación e irrigación disponibles en el mercado. No obstante, incluso con un control riguroso de la longitud de trabajo, la extrusión apical de debris hacia los tejidos periapicales continúa siendo un evento inevitable (Gunes & Yesildal Yeter, 2018); (Tanalp, 2022); (Tanalp & Güngör, 2014); (Bürklein et al., 2014).

Minimizar esta extrusión representa aún un desafío clínico que no se ha podido controlar. El debris está compuesto por restos de dentina, irrigantes, microorganismos, medicamentos intracanal o incluso fragmentos de instrumentos endodónticos, elementos que

pueden afectar negativamente el pronóstico del tratamiento (Gunes & Yesildal Yeter, 2018); (Tanalp & Güngör, 2014); (Siqueira, 2003); (Predin Djuric et al., 2021).

En todos los casos, pero sobre todo aquellos con periodontitis apical, es clave minimizar en lo posible esta extrusión, ya que el debris extruido puede causar inflamación perirradicular, dolor postoperatorio, afecta el proceso de la cicatrización, e incluso puede llevar al fracaso del tratamiento (Yeter et al., 2013); (Siqueira, 2003); (Amaral et al., 2019); (Gunes & Yesildal Yeter, 2018); (Al-Omari & Dummer, 1995); (Silva et al., 2014); (Myers & Montgomery, 1991); (Nevares et al., 2015);(Gokturk et al., 2020)..

Diversos factores influyen en la cantidad de debris extruido fuera del ápice. Entre estos se incluyen la anatomía y curvatura del conducto, su permeabilidad, el diámetro de la preparación apical, el establecimiento de la longitud de trabajo, el tipo de movimiento de los sistemas, el número de limas utilizadas y las características propias de estas, como su cinemática, conicidad, sección transversal y capacidad de corte (Amaral et al., 2019); (Tanalp, 2022); (Al-Saffar & Al-Gharrawi, 2023); (Gunes & Yesildal Yeter, 2018); (Doğanay Yıldız & Arslan, 2019). Además, el protocolo de irrigación también desempeña un papel clave, ya que tanto el tipo de aguja como la distancia del foramen en la que se la coloca pueden influir significativamente en la extrusión de debris (Silva, Teixeira, et al., 2016); (Boutsioukis et al., 2010).

A pesar de los avances tecnológicos, ningún instrumento ha logrado eliminar por completo este fenómeno, ya que todos los sistemas provocan algún grado de extrusión de debris hacia los tejidos periapicales (De-Deus et al., 2010);(Tanalp & Güngör, 2014); (Tanalp et al., 2006); (Al-Omari & Dummer, 1995); (Doğanay Yıldız & Arslan, 2019) Sin embargo, diversos estudios han demostrado que factores como el tipo de movimiento, la técnica de irrigación y el número de instrumentos empleados pueden modificar la cantidad de debris

extruido (Gunes & Yesildal Yeter, 2018); (Amaral et al., 2019); (Caviedes-Bucheli et al., 2016). Por ello, la recolección y evaluación de la cantidad de debris apicales se ha consolidado como un parámetro clave para comparar la eficacia de diferentes técnicas e instrumentos (Tanalp, 2022).

Aunque algunos estudios recientes han evaluado la extrusión apical de debris tras el uso de instrumentos en movimiento rotatorio y reciprocante, no se ha encontrado ningún estudio que compare esta extrusión entre el mismo sistema Endogal en movimiento rotatorio y reciprocante. Por lo tanto, el presente estudio es el primero *in vitro* que compara el rendimiento de los instrumentos Endogal (EG) en movimiento rotatorio y reciprocante, mismos que a la vez son comparados con R-Motion (RM) (reciprocante) y One Curve (OC) (rotatorio).

La hipótesis de este estudio es que habría diferencias estadísticamente significativas entre los tres sistemas de instrumentos utilizados (EG, RM, OC) en cuanto a la capacidad de corte a lo largo de los cinco usos y la cantidad de residuos debris apicalmente.

## **Materiales y métodos**

### ***Selección de la muestra***

Se recolectaron ochenta dientes unirradiculares extraídos por motivos ortodónticos y terapéuticos de la “Clínica Odontológica Monar”. Los dientes fueron limpiados de cálculo o residuos orgánicos, se sumergieron en NaOCl al 5.25% por 10 minutos y, posteriormente se colocaron en solución salina al 0.9% hasta su uso para evitar la deshidratación. Se realizaron radiografías periapicales para comprobar que estuvieran dentro de los términos de inclusión. Se excluyeron dientes con caries radicular, ápices abiertos, resorciones radicales, calcificaciones, fisuras y tratamiento endodóntico previo (Kaşıkçı Bilgi et al., 2017). Solo se

consideraron aquellas muestras que constaban de un solo conducto tipo 1-1 según la clasificación de Vertucci (1984) (Vertucci, 1984). Además, se consideraron solo conductos con un diámetro apical inicial no mayor que el de una lima K de tamaño 10 y una curvatura entre 10° y 20° según la clasificación de Schneider (Schneider, 1971).

#### ***Cálculo del tamaño de la muestra.***

Se seleccionaron 60 dientes que cumplieran con los criterios de inclusión y fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos experimentales de 15 muestras cada uno, correspondientes a los sistemas Endogal en movimiento rotatorio, Endogal en movimiento recíprocante, R-Motion y One Curve. El tamaño muestral fue determinado por conveniencia, tomando como referencia estudios previos con diseños metodológicos similares (Bürklein et al., 2014); (Silva, Carapiá, et al., 2016a).

#### ***Estandarización y permeabilidad.***

Se realizó una cavidad de acceso convencional en la corona de cada diente utilizando una fresa redonda de alta velocidad y refrigeración con abundante agua. Las coronas fueron seccionadas con un disco diamantado a velocidad baja, con irrigación constante para estandarizar la longitud de los dientes a  $15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ . Posteriormente, se determinó la permeabilidad del conducto con una lima K #10 (K-File, Kerr, Romulus, MI, USA) hasta que la punta fue visible en el foramen apical. Se estableció la longitud de trabajo restando 1 mm del foramen apical.

#### ***Preparación previa.***

Siguiendo el modelo experimental propuesto por Myers y Montgomery (1991) (Myers & Montgomery, 1991). Cada tubo Eppendorf se pesó vacío sin la tapa tres veces en una balanza analítica de precisión proporcionada por la Universidad Internacional del Ecuador; se calculó y registró el peso promedio inicial. Luego, se realizó una perforación en la tapa de los

tubos Eppendorf para que los dientes puedan ser contenidos, estos fueron asegurados con silicona caliente. Los dientes se colocaron en los tubos correspondientes y estos a la vez en una tela de caucho que se ajustó en la boquilla de los viales para evitar su desplazamiento y a la vez cegar al operador. También se insertó una aguja hipodérmica desechable de 30 G en la tapa del tapón para igualar la presión de aire interna y externa.

La instrumentación fue realizada por un solo operador siguiendo las instrucciones del fabricante para cada sistema: Endogal en movimiento rotatorio, Endogal en movimiento recíprocante, R-Motion y One Curve, utilizando el motor endodóntico E-Value (Eighteenth, China).



*Imagen 1: Instrumentación de conducto*

- Grupo 1: Endogal (rotatorio) (ERO)
- Grupo 2: Endogal (recíprocante) (ERE)
- Grupo 3: R-Motion (RM)
- Grupo 4: One Curve (OC)

***Tratamiento de conductos.***

Durante la instrumentación, se irrigaron los conductos con un total de 2 ml de NaOCl al 5.25%, y se reestableció la permeabilidad con una lima K #10. La irrigación se efectuó mediante una aguja de ventilación lateral calibre 30G NaviTip® (Ultradent Products Inc., South Jordan, Utah, EE. UU.), colocada a 3 mm de la longitud de trabajo. Al finalizar la instrumentación, se irrigaron los conductos con suero fisiológico y se realizó la técnica de irrigación final con 1 ml de EDTA al 17% durante un minuto, se volvió a irrigar con suero, seguido por 2 ml adicionales de NaOCl al 5.25%, finalmente se volvió a irrigar con suero (Popovic et al., 2010).

**Grupo 1: Endogal (rotatorio).** Los instrumentos de Endogal fueron activados con el motor E-value en movimiento continuo 300rpm con torque 4 N.cm. Los instrumentos fueron introducidos en el orden que expone el fabricante, desde la lima X hasta el instrumento D 25.06. Los instrumentos fueron usados en un movimiento de entrada y salida hasta llegar a la longitud de trabajo y luego fueron removidos del conducto después de 3 movimientos de picoteo. Esto se realizó con los mismos instrumentos en 5 conductos diferentes.

**Grupo 2: Endogal (reciprocante).** Los instrumentos de Endogal fueron activados con el motor E-value en movimiento reciprocante 120°/30° con torque 4 N.cm. Los instrumentos fueron introducidos en el orden que expone el fabricante, desde la lima X hasta el instrumento D 25.06. Los instrumentos fueron usados en un movimiento de entrada y salida hasta llegar a la longitud de trabajo y luego fueron removidos del conducto después de 3 movimientos de picoteo. Esto se realizó con los mismos instrumentos en 5 conductos diferentes.

**Grupo 3: R-motion.** Los instrumentos de R-motion fueron activados con el motor E-value en movimiento reciprocante en 150°/30°. Se ingresó un instrumento rotatorio de

permeabilización y posterior a esto el instrumento 25.06. Los instrumentos fueron usados en un movimiento de entrada y salida hasta llegar a la longitud de trabajo y luego fueron removidos del conducto después de 3 movimientos de picoteo. Esto se realizó con los mismos instrumentos en 5 conductos diferentes.

**Grupo 4: One Curve.** Los instrumentos de One Curve fueron activados con el motor E-value en movimiento rotatorio en velocidad de 300 rpm y torque de 2.5 N.cm, utilizándolo según las indicaciones del fabricante; primero con One Flare, luego One G y posteriormente el instrumento One Curve en 25.06. Los instrumentos fueron usados en un movimiento de entrada y salida hasta llegar a la longitud de trabajo y luego fueron removidos del conducto después de 3 movimientos de picoteo. Esto se realizó con los mismos instrumentos en 5 conductos diferentes.

#### ***Evaluación de la extrusión apical.***

Una vez finalizada la instrumentación, se retiraron los dientes con las tapas de los tubos Eppendorf y estos a su vez de los viales. Se lavaron las raíces de los dientes con 1 ml de agua destilada para evitar que quedaran residuos en esta zona y que los mismos cayeran dentro del tubo Eppendorf. Se llevaron los tubos a una incubadora por 10 días a 37.5°C (Tanalp & Güngör, 2014). Al finalizar este periodo se retiraron los tubos de la incubadora y se pesaron nuevamente 3 veces, obteniendo un peso promedio. Los datos obtenidos fueron recolectados en tablas de Excel y posteriormente analizados por estadística.



*Imagen 2: Tubos Eppendorf post instrumentación en la incubadora*



*Imagen 3: Tubos Eppendorf listos para el pesaje final*

### ***Análisis estadístico de la extrusión apical de debris***

Para comparar la cantidad de extrusión apical de debris con los sistemas R-Motion, One Curve y Endogal en movimiento rotatorio y reciprocante. Se clasificaron los datos en cuatro grupos experimentales según el sistema y tipo de movimiento. Se aplicó la prueba

Kruskal-Wallis para comparar la cantidad de residuos extruidos entre los cuatro grupos. Posteriormente, se realizó una prueba post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni para detectar diferencias específicas entre pares de grupos.

Para comparar R-Motion y Endogal en movimiento recíprocante. Se aplicó la prueba Mann-Whitney U (Wilcoxon) para comparar la cantidad de debris extruido entre ambos sistemas dentro de la misma cinemática.

Para comparar One Curve y Endogal en movimiento rotatorio. Se analizaron los grupos 1 y 4. Se aplicó la prueba Mann-Whitney U debido a la ausencia de normalidad en los datos. Se buscó determinar si existían diferencias significativas en la cantidad de debris extruido entre ambos sistemas de tipo rotatorio.

Para evaluar la cantidad de debris extruido con cada sistema a lo largo de cinco usos. Se identificaron las muestras correspondientes a los cinco usos de cada lima por sistema. Cada muestra fue etiquetada con un número de uso (1 a 5). Se aplicó un Análisis de pendiente por regresión lineal para evaluar si la cantidad de debris extruido variaba a lo largo de los cinco usos.

## **Resultados**

Para comprar la cantidad de extrusión apical de debris entre los sistemas se consideraron los cuatro grupos experimentales.

Dado que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk,  $p < 0.05$  en 3 de 4 grupos), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El resultado fue estadísticamente significativo ( $\chi^2 = 18.05$ ,  $p = 0.0004$ ), lo que indica que existe al menos una diferencia entre los grupos.

Para identificar cuáles grupos difieren entre sí, se realizó un análisis post hoc mediante la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni. Los resultados mostraron que:

Endogal en rotatorio (Grupo 1) extruyó significativamente más debris que:

- Endogal en reciprocante (Grupo 2):  $p = 0.009$
- One Curve (Grupo 4):  $p = 0.0006$

No se observaron diferencias significativas entre:

- R-Motion y Endogal reciprocante ( $p = 0.746$ )
- Endogal rotatorio y R-Motion ( $p = 0.611$ )
- R-Motion y One Curve ( $p = 0.138$ )

Estos resultados sugieren que la mayor extrusión de debris se asoció con el uso del sistema Endogal en movimiento rotatorio, mientras que los sistemas reciprocantes mostraron comportamientos similares entre sí.

Para determinar la cantidad de debris extruido durante la instrumentación con R-Motion y Endogal en movimiento reciprocante se compararon exclusivamente los sistemas con movimiento reciprocante: Endogal (grupo 2) y R-Motion (grupo 3). Dado que los datos no presentaban distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U (Wilcoxon rank-sum test). El resultado no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ( $W = 80.5$ ,  $p = 0.1913$ ).

Esto sugiere que ambos sistemas reciprocantes presentan comportamientos similares en cuanto a la cantidad de residuos extruidos apicalmente bajo las condiciones experimentales de este estudio.



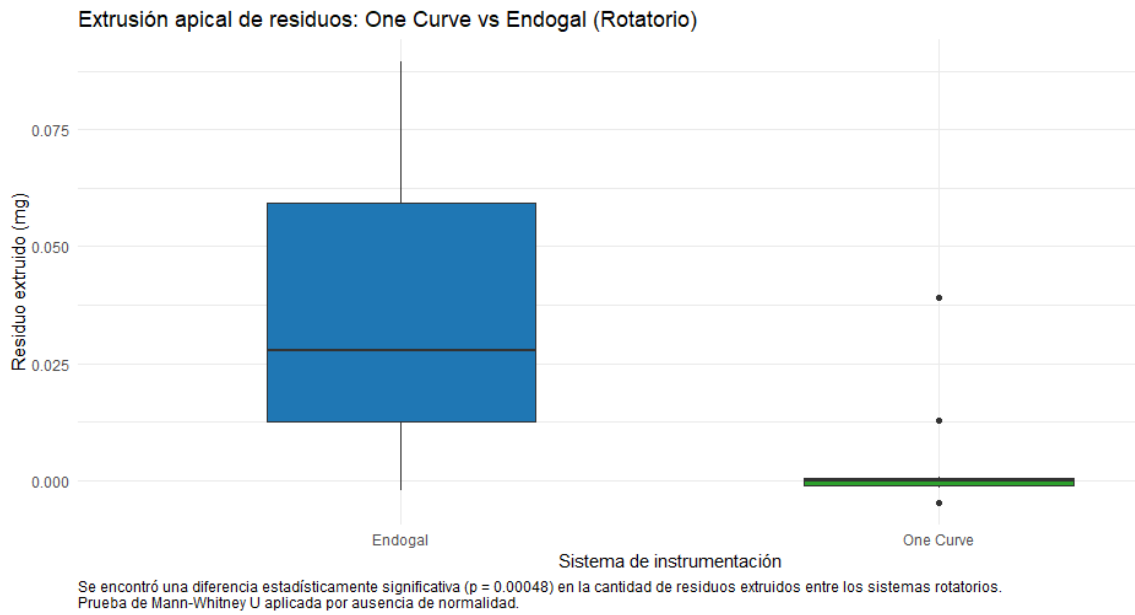


Gráfico 2: Extrusión apical de debris: One Curve vs Endogal (Rotatorio)

Para evaluar si el residuo extruido varía con los 5 usos secuenciales de cada lima, dentro de cada grupo experimental, considerando los diferentes sistemas de instrumentación rotatoria o recíprocante utilizados.

Se analizaron 60 observaciones distribuidas en 4 grupos experimentales, cada uno con 15 mediciones. A cada grupo se le aplicaron 3 limas diferentes (Lima1, Lima2, Lima3), cada una utilizada 5 veces.

Para cada grupo, se clasificaron: Las primeras 5 observaciones como Lima1, las siguientes 5 como Lima2, y las últimas 5 como Lima3. Cada lima fue usada exactamente 5 veces (Uso 1 a 5).

Se utilizó un gráfico de líneas, que muestra para cada grupo la evolución del residuo extruido a lo largo de los 5 usos de cada tipo de lima.

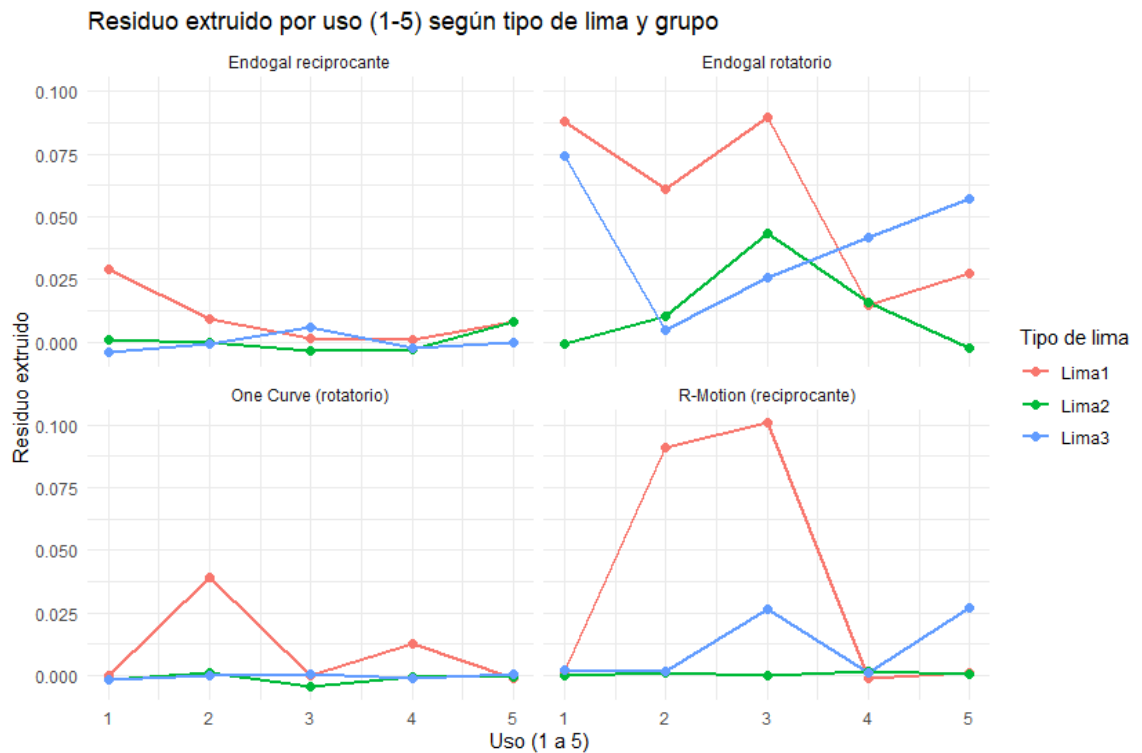


Gráfico 3: Análisis de pendiente por regresión lineal

### Análisis de pendiente por regresión lineal

Para evaluar la tendencia del residuo a lo largo de los usos, se ajustó un modelo lineal simple para cada combinación Grupo + Lima

| Nombre_Grupo         | Lima  | Pendiente<br>( $\beta_1$ ) | Comentario                    |
|----------------------|-------|----------------------------|-------------------------------|
| Endogal rotatorio    | Lima1 | -0.0167                    | Disminución clara del residuo |
| Endogal recíprocante | Lima1 | -0.00504                   | Tendencia leve a la baja      |

|                            |       |             |                             |
|----------------------------|-------|-------------|-----------------------------|
| R-Motion<br>(reciprocante) | Lima3 | +0.00491    | Aumento leve del<br>residuo |
| One Curve<br>(rotatorio)   | Todas | $\approx 0$ | Sin cambios<br>relevantes   |

*Tabla 1: Pendiente por grupo y tipo de lima*

La pendiente  $\beta$  es un número que nos dice cuánto cambia el residuo extruido cada vez que se usa la lima una vez más.

- Si  $\beta$  es negativo, el residuo disminuye con el uso.
- Si  $\beta$  es positivo, el residuo aumenta con el uso.
- Si  $\beta$  está cerca de cero, el residuo se mantiene igual, aunque se use más veces.

Estos resultados indican que, bajo las condiciones controladas de este estudio, la cantidad de debris extruido se mantuvo relativamente estable entre instrumentos en la mayoría de los sistemas evaluados, con la excepción del sistema Endogal en modo rotatorio.

Con base en los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis, ya que se observaron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de residuos extruidos entre algunos de los sistemas evaluados, en particular entre One Curve y Endogal en movimiento rotatorio.

### **Discusión**

Durante la instrumentación de los conductos radiculares es común que ciertos materiales como residuos de dentina, restos de tejido pulpar, irrigantes e incluso microorganismos sean expulsados fuera del ápice, a pesar de mantener un estricto control de la longitud de trabajo. Esta extrusión hacia los tejidos periapicales puede provocar inflamación, dolor postoperatorio y afectar el proceso de cicatrización. Aunque todos los

sistemas de instrumentación endodónticos provocan cierto grado de extrusión, la cantidad varía dependiendo del tipo de técnica utilizada y del diseño de los instrumentos, incluyendo factores como la conicidad, la sección transversal o el tipo de movimiento aplicado (Topçuoğlu et al., 2016); (Silva, Carapiá, et al., 2016a); (Arslan et al., 2016); (Pedullà et al., 2023).

En el presente estudio *in vitro* se comparó la cantidad de debris extruido apicalmente utilizando diferentes sistemas de instrumentación con cinemática rotatoria y reciprocante. Los resultados mostraron que el sistema Endogal en movimiento rotatorio generó una mayor extrusión apical en comparación con One Curve y con el mismo sistema utilizado en movimiento reciprocante. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas entre los sistemas reciprocantes evaluados (R-Motion y Endogal reciprocante), ni entre One Curve y R-Motion.

Los sistemas ERE y RM fueron empleados bajo una cinemática reciprocante, este tipo de movimiento, según explica Topçuoğlu et al (2016), combina una rotación antihoraria con una rotación horaria, permite reducir la fatiga cíclica al disminuir las tensiones de compresión y tracción a las que está sometido el instrumento. Por otro lado, los sistemas OC y ERO se utilizan en rotación continua. Específicamente, OC presenta un diseño con sección transversal variable, tiene un calibre .25 y una conicidad constante del 6 %. Este instrumento es fabricado con aleación C.Wire, ofrece una combinación de eficiencia de corte, flexibilidad y capacidad de adaptación a la curvatura del conducto (Azizi et al., 2021) ; (Predin Djuric et al., 2021).

En el presente estudio OC fue el sistema que presentó la menor cantidad de residuos extruidos apicalmente. Este resultado puede estar relacionado con su protocolo de uso, el cual incluye un instrumento de ensanchamiento coronal previo llamado One Flare. La

instrumentación del tercio coronal del conducto radicular es de gran importancia ya que permite eliminar interferencias cervicales que dificultan el acceso de los instrumentos a la porción apical. Además, este proceso facilita la entrada de los irrigantes desde etapas tempranas, y permite que los instrumentos que trabajan después tengan menos fricción y contacto con las paredes, lo que reduce la generación y presión del debris hacia apical. Igualmente, Topçuoğlu et al (2016) indica que el ensanchamiento coronal proporciona un espacio donde se puede acumular el debris, lo que evita su direccionamiento hacia zonas críticas. Esto podría explicar en parte el comportamiento favorable de OC en cuanto a la extrusión apical de residuos observado en este estudio.

En concordancia con los resultados del presente estudio existen hallazgos de que la cantidad de residuos extruidos apicalmente durante la instrumentación no depende únicamente del tipo de movimiento empleado, sino de múltiples factores combinados, incluyendo el número de instrumentos, su conicidad y sección transversal y, la presencia o no de una fase de pre-ensanchamiento coronal o de permeabilización. (Azizi et al., 2021); (Predin Djuric et al., 2021).

En contraste, el sistema ERO, en el 2021, Azizi et al explican que, a pesar de incluir un instrumento de pre-ensanchamiento coronal, utiliza varios instrumentos en su protocolo, lo que involucra múltiples fases de corte y transporte corono-apical, favoreciendo la acumulación y migración de residuos hacia el ápice. Además, es pertinente mencionar que OC tiene una forma triangular variable en la punta del instrumento en su sección transversal que se transforma en forma de S itálica cerca del eje. Predin Djuric (2021) explica que este diseño permite una mayor remoción de residuos en dirección coronal debido al mayor espacio intraconducto y a la mayor profundidad de la estría, lo que facilita el transporte de residuos hacia coronal. En contraste con Endogal que su diseño transversal es un paralelogramo continuo.

Azizi, et al (2021) indica que el número de instrumentos utilizados influye en la cantidad de debris extruido, esto contrasta con los resultados obtenidos por Bürklein et al (2016) en el cual comprueban que el uso de múltiples instrumentos en comparación con el uso de sistemas de instrumento único parece no estar relacionado con la cantidad de debris extruido, ya que los sistemas F360 y OneShape extruyeron significativamente menor cantidad de debris en comparación con Reciproc la cual no tuvo diferencias estadísticamente significativas en comparación con el sistema Mtwo de múltiples instrumentos. De igual manera concluye el estudio de Caviedes et al (2016) el cual menciona que el número de instrumentos utilizados no influye en la respuesta inflamatoria, pero sí el tipo de movimiento y el diseño del instrumento (Caviedes-Bucheli et al., 2016).

En el estudio realizado por Caviedes et al (2016) en el cual compara R-Motion con ProTaper Next y Wave One Gold. R-Motion fue el instrumento que mostró los mejores resultados en cuanto a extrusión de debris, lo cual se puede atribuir a su núcleo delgado combinado con la punta esférica. Además, el diseño de sección transversal triangular podría explicar la menor cantidad de debris extruido, ya que según indican, esta sección transversal favorece la flexibilidad del instrumento y facilita la remoción de residuos. De hecho, indica que el diseño del instrumento tendría una influencia más determinante en la producción de debris que el número de instrumentos utilizados. Sin embargo, en el presente estudio al ser comparada con instrumentos similares en cuestión diámetro y conicidad, no mostró los mejores resultados y esto puede deberse a que los otros sistemas tienen diferente sección transversal y además constan en su protocolo de un instrumento de pre-ensanchamiento.

La menor cantidad de debris extruidos apicalmente asociados con los sistemas reciprocantes no es un hallazgo consistente en los diferentes estudios (Silva, Carapiá, et al., 2016a). Bürklein (2016) en su estudio concluyó que el movimiento rotatorio se vio relacionado con una menor extrusión de debris (Bürklein et al., 2014). Por su parte, los

sistemas reciprocantes RM y ERE mostraron un comportamiento similar entre sí. Sin embargo, el hecho de que ERE haya extruido una menor cantidad de debris en comparación con RM podría atribuirse a la inclusión, dentro de su protocolo, de un instrumento de pre-ensanchamiento denominado "X", el cual no está presente en el sistema R-Motion, lo que coincide con estudios previos que reportan que el movimiento reciprocante, cuando se acompaña de un adecuado pre-ensanchamiento, puede favorecer el transporte del debris hacia la zona coronal (Topçuoğlu et al., 2016). Estas observaciones fortifican la importancia de considerar no solo la cinemática, sino también la arquitectura del instrumento y la secuencia clínica completa al seleccionar un sistema de instrumentación que minimice la extrusión apical.

En cuanto a Endogal, existen informes contradictorios sobre el efecto del movimiento reciprocante y rotatorio. Un estudio que evaluó el mismo instrumento (Reciproc) en movimiento rotatorio y reciprocante comprobó que el movimiento reciprocante extruyó menos debris fuera del ápice, esto puede deberse a que el movimiento reciprocante podría favorecer que el debris se acumule en los espacios libres del instrumento en lugar de ser empujados hacia afuera como sucede en el movimiento rotatorio que funciona como un tornillo (Arslan et al., 2016).

Según la literatura, irrigar más cerca del foramen (a 1 mm) tiende a mejorar la limpieza del conducto al permitir la eliminación de los componentes en esa zona, pero también aumenta el riesgo de mayor extrusión de debris e irrigantes fuera del foramen apical, lo que puede conducir a complicaciones como inflamación, dolor postoperatorio o incluso accidentes por NaOCl (Yeter et al., 2013). En la presente investigación, la aguja de irrigación fue colocada a 3 mm de la longitud de trabajo. Esta decisión fue tomada fundamentándose en los hallazgos publicados en diversos estudios (Boutsioukis et al., 2010) (Yeter et al., 2013) (Tanalp & Güngör, 2014) los cuales sugieren que mantener la punta de la jeringa de

irrigación a aproximadamente 2-3 mm del ápice reduce la extrusión de irrigantes y debris hacia los tejidos periapicales. El uso de agujas de salida lateral y la inserción pasiva también ayuda a controlar la presión del irrigante y prevenir complicaciones.

En este estudio se optó por realizar la instrumentación a 1 mm del foramen apical, siguiendo la recomendación del estudio de Myers y Montgomery (1991) (Myers & Montgomery, 1991), en donde se indica que esta distancia es la adecuada para permitir una limpieza adecuada del conducto sin comprometer los tejidos periapicales. Otros estudios proponen que instrumentar hasta el foramen mejora la desinfección en casos con lesiones periapicales, sin embargo, en los mismos estudios mencionan que no han encontrado diferencias significativas en la extrusión de debris entre ambas técnicas cuando se utilizan protocolos de irrigación estandarizados (Silva, Teixeira, et al., 2016); (Silva, Carapiá, et al., 2016b).

En investigaciones previas sobre extrusión de desechos *in vitro*, algunos estudios han utilizado agua destilada en lugar de NaOCl para evitar la cristalización del sodio, mientras que otros han optado por el uso de NaOCl (Gunes & Yesildal Yeter, 2018); (Abdelnaby et al., 2023). En este estudio, se seleccionó NaOCl como solución irrigante durante la instrumentación para simular condiciones clínicas, siguiendo el enfoque de Nevares et al. (2015) esto permitió evaluar el impacto biológico del irrigante, considerando la capacidad del NaOCl para disolver desechos orgánicos y dentina, lo que puede aumentar la extrusión de desechos en comparación con agua destilada (Nevares et al., 2015).

Es importante destacar que el estudio se realizó con dientes extraídos cuyos ápices estuvieron expuestos al aire, sin simular la presencia de tejidos periapicales. Esta ausencia de contrapresión implica que los resultados deben interpretarse con cautela al ponerlos en práctica clínicamente. Además, se debe tomar en cuenta que la acción de la gravedad pudo

haber favorecido la salida del irrigante y por consiguiente del debris fuera del conducto. Estas limitaciones metodológicas ya han sido señaladas previamente por autores como Myers y Montgomery (1991), así como en estudios más recientes realizados bajo condiciones experimentales similares (Silva, Carapiá, et al., 2016a); (Bürklein et al., 2014); (Myers & Montgomery, 1991).

En estudios previos se ha demostrado que tanto el tipo como la concentración del irrigante pueden influir significativamente en la cantidad de debris extruidos apicalmente. Gokturk et al. (2020) reportaron que el NaOCl al 5.25% generó una mayor cantidad de debris en comparación con concentraciones más bajas (2.5%) y con clorhexidina al 2%. Por su parte, Mirsattari et al. (2024) señalaron que el uso de EDTA produjo una mayor extrusión de debris, esto debido a su acción de quelación, estableciendo así una relación directa entre el irrigante usado y la cantidad de debris expulsado (Gokturk et al., 2020); (Mirsattari et al., 2024).

Además, irrigantes con menor tensión superficial, como el EDTA líquido y el ácido peracético, permiten una mayor humectación y penetración en los túbulos dentinarios, mejorando de esta manera la limpieza del sistema de conductos (Gokturk et al., 2020). Por este motivo, en el presente estudio se optó por incluir EDTA dentro del protocolo de irrigación final.

Si bien se ha reportado que el EDTA puede tener efectos perjudiciales sobre la dentina, como la alteración de su composición química y la disminución de su micro dureza (Retana-Lobo et al., 2022) también se ha demostrado que mejora la eficacia antimicrobiana de los cementos selladores. Un estudio reveló que la eliminación de la capa de barrillo dentinario del conducto mediante EDTA beneficia la penetración de cementos resinosos como AH Plus. Por lo cual se resalta la importancia de emplear protocolos de irrigación

equilibrados que resultan clave para optimizar la desinfección y la efectividad de la obturación endodóntica (Zancan et al., 2021); (Arias-Moliz & Camilleri, 2016).

En contraste, Ramírez-Bommer et al. (2018) observaron que el uso combinado de NaOCl y EDTA mejora la penetración de ambos agentes, ya que el primero elimina el contenido orgánico y el segundo actúa sobre el sustrato mineral. De esta manera, se optimiza la limpieza del sistema de conductos al eliminar barreras que podrían interferir con la acción del irrigante (Ramírez-Bommer et al., 2018).

En cuanto a la reutilización de instrumentos, en el estudio realizado por Restrepo et al (2018) observó que, si bien algunas propiedades mecánicas, como la flexibilidad o la resistencia a la fatiga cíclica, mostraron cierta mejoría tras varios ciclos de uso y esterilización, también se detectaron cambios en la topografía superficial y en la composición química del material. Estos cambios generan inquietudes en cuanto a la integridad estructural de los instrumentos, por lo cual sugieren que el proceso de reutilización y esterilización no es recomendable para mantener su calidad y seguridad (Restrepo-Restrepo et al., 2021). Además, un estudio que evaluó la efectividad de distintos métodos de desinfección en instrumentos endodónticos encontró que ninguna técnica logró eliminar completamente los residuos biológicos. Esto evidencia que la reutilización de instrumentos representa un potencial riesgo de contaminación cruzada, por lo que no se recomienda hacerlo en la práctica clínica (Popovic et al., 2010).

### **Conclusiones**

- El diseño del instrumento y el tipo de movimiento tienen más influencia sobre la cantidad de debris extruido fuera del ápice que el número de instrumentos utilizados. .

- El pre ensanchamiento cervical puede ayudar a reducir la cantidad de debris tanto en el movimiento rotatorio como el reciprocante.
- La cantidad de debris a lo largo de los cinco usos se mantuvo estable, sin embargo no se recomienda la reutilización de instrumentos.

## Bibliografia

- Abdelnaby, P., Ibrahim, M., & ElBackly, R. (2023). 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*, 23(1).  
<https://doi.org/10.1186/S12903-023-03579-7>
- Al-Omari, M. A. O., & Dummer, P. M. H. (1995). Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *Journal of Endodontics*, 21(3), 154–158.  
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80443-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80443-7)
- Al-Saffar, F. B., & Al-Gharrawi, H. A. (2023). A Comparative Evaluation of the Apically Extruded Debris from Root Canals Prepared by R-Motion NiTi File System. *International Journal of Dentistry*, 2023, 5731248.  
<https://doi.org/10.1155/2023/5731248>
- Alves, F. R. F., Paiva, P. L., Marceliano-Alves, M. F., Cabreira, L. J., Lima, K. C., Siqueira, J. F., Rôças, I. N., & Provenzano, J. C. (2018). Bacteria and Hard Tissue Debris Extrusion and Intracanal Bacterial Reduction Promoted by XP-endo Shaper and Reciproc Instruments. *Journal of Endodontics*, 44(7), 1173–1178.  
<https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2018.04.007>
- Amaral, A. P., Limongi, P. B. O. C., Fontana, C. E., Martin, A. S. De, Bueno, C. E. D. S., & Pinheiro, S. L. (2019). Debris Apically Extruded by Two Reciprocating Systems: A Comparative Quantitative Study. *European Journal of Dentistry*, 13(4), 625–628.  
<https://doi.org/10.1055/S-0039-3400550>

- Arias-Moliz, M. T., & Camilleri, J. (2016). The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. *Journal of Dentistry*, *52*, 30–36. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2016.06.008>
- Arslan, H., Doğanay, E., Alsancak, M., Çapar, I. D., Karataş, E., & Gündüz, H. A. (2016). Comparison of apically extruded debris after root canal instrumentation using Reciproc® instruments with various kinematics. *International Endodontic Journal*, *49*(3), 307–310. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12449>
- Azizi, A., Prati, C., Schiavon, R., Fitzgibbon, R., Pirani, C., Iacono, F., Pelliccioni, G. A., Spinelli, A., Zamparini, F., Puddu, P., Bolelli, G., & Generali, L. (2021). In-depth metallurgical and microstructural analysis of oneshape and heat treated onecurve instruments. *European Endodontic Journal*, *6*(1), 90–97. <https://doi.org/10.14744/EEJ.2021.63634>,
- Boutsioukis, C., Verhaagen, B., Versluis, M., Kastrinakis, E., Wesselink, P. R., & van der Sluis, L. W. M. (2010). Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model. *Journal of Endodontics*, *36*(5), 875–879. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.026>
- Bürklein, S., Benten, S., & Schäfer, E. (2014). Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: Reciproc, F360 and OneShape versus Mtwo. *International Endodontic Journal*, *47*(5), 405–409. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12161>,
- Caviedes-Bucheli, J., Castellanos, F., Vasquez, N., Ulate, E., & Munoz, H. R. (2016). 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. *International Endodontic Journal*, 49(3), 255–270. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12452>

De-Deus, G., Brandão, M. C., Barino, B., Giorgi, K. Di, Fidel, R. A. S., & Luna, A. S. (2010). Assessment of apically extruded debris produced by the single-file ProTaper F2 technique under reciprocating movement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 110(3), 390–394.

<https://doi.org/10.1016/J.TRIPLEO.2010.04.020>

Doğanay Yıldız, E., & Arslan, H. (2019). The effect of blue thermal treatment on endodontic instruments and apical debris extrusion during retreatment procedures. *International Endodontic Journal*, 52(11), 1629–1634. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13161>

Gokturk, H., Ozkocak, I., Aydin, U., & Serefli, E. D. (2020). Effect of different chelating agents and their surface tension on the amount of apically extruded debris. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 195. <https://doi.org/10.1016/J.JDS.2020.06.015>

Gunes, B., & Yesildal Yeter, K. (2018). Effects of Different Glide Path Files on Apical Debris Extrusion in Curved Root Canals. *Journal of Endodontics*, 44(7), 1191–1194. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.012>

Kaşıkcı Bilgi, Köşeler, Güneri, P., Hülsmann, M., & Çalışkan, M. K. (2017). Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in severely curved root canals. *International Endodontic Journal*, 50(9), 910–918. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12708>;CTYPE:STRING:JOURNAL

Mirsattari, S., Jahromi, M. Z., & Khabiri, M. (2024). Evaluation of apically extruded debris from root canal filling removal of the mesiobuccal canal of maxillary molars using XP

shaper and protaper with two different irrigation. *Dental Research Journal*, 21(1), 65.

[https://doi.org/10.4103/DRJ.DRJ\\_703\\_22](https://doi.org/10.4103/DRJ.DRJ_703_22)

Myers, G. L., & Montgomery, S. (1991). A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and canal master techniques. *Journal of Endodontics*, 17(6), 275–279. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81866-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81866-2)

Nevarés, G., Xavier, F., Gominho, L., Cavalcanti, F., Cassimiro, M., Romeiro, K., Alvares, P., Queiroz, G., Sobral, A. P., Gerbi, M., Silveira, M., & Albuquerque, D. (2015). Apical Extrusion of Debris Produced during Continuous Rotating and Reciprocating Motion. *The Scientific World Journal*, 2015, 267264.

<https://doi.org/10.1155/2015/267264>

Pedullà, E., Iacono, F., Pitrolo, M., Barbagallo, G., La Rosa, G. R. M., & Pirani, C. (2023). Assessing the impact of obturation techniques, kinematics and irrigation protocols on apical debris extrusion and time required in endodontic retreatment. *Australian Endodontic Journal*, 49(3), 623–630.

<https://doi.org/10.1111/AEJ.12795;CTYPE:STRING:JOURNAL>

Popovic, J., Gasic, J., Zivkovic, S., Petrovic, A., & Radicevic, G. (2010). Evaluation of biological debris on endodontic instruments after cleaning and sterilization procedures. *International Endodontic Journal*, 43(4), 336–341. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.2010.01686.X>,

Predin Djuric, N., Van Der Vyver, P., Vorster, M., & Vally, Z. I. (2021). Comparison of apical debris extrusion using clockwise and counter-clockwise single-file reciprocation of rotary and reciprocating systems. *Australian Endodontic Journal*, 47(3), 394–400. <https://doi.org/10.1111/AEJ.12490>,

- Ramírez-Bommer, C., Gulabivala, K., Ng, Y. L., & Young, A. (2018). Estimated depth of apatite and collagen degradation in human dentine by sequential exposure to sodium hypochlorite and EDTA: a quantitative FTIR study. *International Endodontic Journal*, 51(4), 469–478. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12864>,
- Restrepo-Restrepo, F. A., Holguín-Vásquez, V. A., Cañas-Jiménez, S. J., Villa-Machado, P. A., Ochoa-Soto, S., Ossa-Orozco, C. P., & Tobón-Arroyave, S. I. (2021). Microstructural, microchemical, and mechanical changes associated with the clinical reuse of two nickel–titanium endodontic instruments. *Dental Research Journal*, 18(1), 48. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.318943>
- Retana-Lobo, C., Ramírez-Mora, T., Murillo-Gómez, F., Maria Guerreiro-Tanomaru, J., Tanomaru-Filho, M., & Reyes-Carmona, J. (2022). Final irrigation protocols affect radicular dentin DMP1-CT expression, microhardness, and biochemical composition. *Clinical Oral Investigations*, 26(8), 5491–5501. <https://doi.org/10.1007/S00784-022-04516-8>,
- Schneider, S. W. (1971). A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 32(2), 271–275. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(71\)90230-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(71)90230-1),
- Seltzer, S., & Naidorf, I. J. (1985). Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *Journal of Endodontics*, 11(11), 472–478. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80220-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80220-X)
- Silva, E. J. N. L., Carapiá, M. F., Lopes, R. M., Belladonna, F. G., Senna, P. M., Souza, E. M., & De-Deus, G. (2016a). Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. *International Endodontic Journal*, 49(7), 700–705. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12503>,

- Silva, E. J. N. L., Carapiá, M. F., Lopes, R. M., Belladonna, F. G., Senna, P. M., Souza, E. M., & De-Deus, G. (2016b). Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. *International Endodontic Journal*, *49*(7), 700–705. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12503>,
- Silva, E. J. N. L., Sá, L., Belladonna, F. G., Neves, A. A., Accorsi-Mendonça, T., Vieira, V. T. L., De-Deus, G., & Moreira, E. J. (2014). Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: Assessment of the apically extruded material. *Journal of Endodontics*, *40*(12), 2077–2080. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.009>
- Silva, E. J. N. L., Teixeira, J. M., Kudsi, N., Sassone, L. M., Krebs, R. L., & Coutinho-Filho, T. S. (2016). Influence of apical preparation size and working length on debris extrusion. *Brazilian Dental Journal*, *27*(1), 28–31. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600337>,
- Siqueira, J. F. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *International Endodontic Journal*, *36*(7), 453–463. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2591.2003.00671.X>
- Tanalp, J. (2022). A critical analysis of research methods and experimental models to study apical extrusion of debris and irrigants. *International Endodontic Journal*, *55*(S1), 153–177. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13686>
- Tanalp, J., & Güngör, T. (2014). Apical extrusion of debris: A literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *International Endodontic Journal*, *47*(3), 211–221. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12137>
- Tanalp, J., Kaptan, F., Sert, S., Kayahan, B., & Bayırlı, G. (2006). Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems.

*Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*,  
101(2), 250–257. <https://doi.org/10.1016/J.TRIPLEO.2005.03.002>

Topçuoğlu, H. S., Üstün, Y., Akpek, F., Aktı, A., & Topçuoğlu, G. (2016). Effect of coronal flaring on apical extrusion of debris during root canal instrumentation using single-file systems. *International Endodontic Journal*, 49(9), 884–889.  
<https://doi.org/10.1111/IEJ.12520>,

Vertucci, F. J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 58(5), 589–599. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(84\)90085-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90085-9)

Yeter, K. Y., Evcil, M. S., Ayranci, L. B., & Ersoy, I. (2013). Weight of apically extruded debris following use of two canal instrumentation techniques and two designs of irrigation needles. *International Endodontic Journal*, 46(9), 795–799.  
<https://doi.org/10.1111/IEJ.12060>,

Zancan, R. F., Di Maio, A., Tomson, P. L., Duarte, M. A. H., & Camilleri, J. (2021). The presence of smear layer affects the antimicrobial action of root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 54(8), 1369–1382. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13522>,

## Anexos

### *Anexo 1 Tubos Eppendorf primer pesaje (vacíos)*

| Grupo 1 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| A       | 0,5877 | 0,5841 | 0,5841 | 0,5853      |
| B       | 0,5822 | 0,5823 | 0,5823 | 0,582266667 |
| C       | 0,5831 | 0,5837 | 0,584  | 0,5836      |
| D       | 0,5892 | 0,5891 | 0,5892 | 0,589166667 |
| E       | 0,6015 | 0,6015 | 0,6013 | 0,601433333 |
| F       | 0,5882 | 0,5882 | 0,5882 | 0,5882      |
| G       | 0,5918 | 0,5915 | 0,5915 | 0,5916      |
| H       | 0,5691 | 0,5691 | 0,569  | 0,569066667 |
| I       | 0,5786 | 0,5786 | 0,5785 | 0,578566667 |
| J       | 0,5918 | 0,5918 | 0,5917 | 0,591766667 |
| K       | 0,5939 | 0,5938 | 0,5937 | 0,5938      |
| L       | 0,5813 | 0,5812 | 0,5813 | 0,581266667 |
| M       | 0,59   | 0,59   | 0,59   | 0,59        |
| N       | 0,5654 | 0,5652 | 0,5652 | 0,565266667 |
| O       | 0,5746 | 0,5744 | 0,5744 | 0,574466667 |

| Grupo 2 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| A       | 0,5908 | 0,5909 | 0,5908 | 0,590833333 |
| B       | 0,59   | 0,5899 | 0,5899 | 0,589933333 |
| C       | 0,5763 | 0,5761 | 0,5764 | 0,576266667 |
| D       | 0,5802 | 0,5802 | 0,5803 | 0,580233333 |
| E       | 0,5571 | 0,5568 | 0,5568 | 0,5569      |
| F       | 0,6003 | 0,6002 | 0,6003 | 0,600266667 |
| G       | 0,6009 | 0,601  | 0,6009 | 0,600933333 |
| H       | 0,5898 | 0,5898 | 0,5895 | 0,5897      |
| I       | 0,5988 | 0,5989 | 0,5988 | 0,598833333 |
| J       | 0,5989 | 0,5989 | 0,5989 | 0,5989      |
| K       | 0,5957 | 0,5955 | 0,5954 | 0,595533333 |
| L       | 0,5877 | 0,5875 | 0,5874 | 0,587533333 |
| M       | 0,5987 | 0,5988 | 0,5986 | 0,5987      |
| N       | 0,5936 | 0,5933 | 0,5935 | 0,593466667 |
| O       | 0,5866 | 0,5864 | 0,5863 | 0,586433333 |

| Grupo 3 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| A       | 0,5868 | 0,5868 | 0,5865 | 0,5867      |
| B       | 0,5834 | 0,5832 | 0,5833 | 0,5833      |
| C       | 0,5873 | 0,587  | 0,5873 | 0,5872      |
| D       | 0,5958 | 0,5955 | 0,5955 | 0,5956      |
| E       | 0,5782 | 0,578  | 0,578  | 0,578066667 |
| F       | 0,587  | 0,5871 | 0,5869 | 0,587       |
| G       | 0,5748 | 0,5749 | 0,5748 | 0,574833333 |
| H       | 0,5941 | 0,594  | 0,594  | 0,594033333 |

|   |        |        |        |             |
|---|--------|--------|--------|-------------|
| I | 0,5795 | 0,5793 | 0,5794 | 0,5794      |
| J | 0,5831 | 0,5831 | 0,583  | 0,583066667 |
| K | 0,5903 | 0,5899 | 0,5903 | 0,590166667 |
| L | 0,5692 | 0,5692 | 0,5693 | 0,569233333 |
| M | 0,5908 | 0,5907 | 0,5906 | 0,5907      |
| N | 0,5744 | 0,5745 | 0,5742 | 0,574366667 |
| O | 0,5842 | 0,5841 | 0,5841 | 0,584133333 |

| Grupo 4 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| A       | 0,5937 | 0,5936 | 0,5937 | 0,593666667 |
| B       | 0,5613 | 0,5613 | 0,5611 | 0,561233333 |
| C       | 0,5849 | 0,5848 | 0,5849 | 0,584866667 |
| D       | 0,5849 | 0,5849 | 0,5849 | 0,5849      |
| E       | 0,5821 | 0,5817 | 0,5819 | 0,5819      |
| F       | 0,5929 | 0,5931 | 0,5929 | 0,592966667 |
| G       | 0,5984 | 0,5979 | 0,5981 | 0,598133333 |
| H       | 0,5914 | 0,5912 | 0,5913 | 0,5913      |
| I       | 0,5753 | 0,575  | 0,5752 | 0,575166667 |
| J       | 0,5761 | 0,5762 | 0,5761 | 0,576133333 |
| K       | 0,5951 | 0,5951 | 0,5951 | 0,5951      |
| L       | 0,5977 | 0,5974 | 0,5976 | 0,597566667 |
| M       | 0,5814 | 0,5811 | 0,5812 | 0,581233333 |
| N       | 0,5785 | 0,5783 | 0,5783 | 0,578366667 |
| O       | 0,594  | 0,5936 | 0,5936 | 0,593733333 |

*Anexo 2 Tubos Eppendorf segundo pesaje (recolección de debris)*

| Grupo 1 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| A       | 0,6726 | 0,6744 | 0,6729 | 0,6733      |
| B       | 0,6429 | 0,6434 | 0,6444 | 0,643566667 |
| C       | 0,6746 | 0,6724 | 0,6723 | 0,6731      |
| D       | 0,6049 | 0,6045 | 0,6028 | 0,604066667 |
| E       | 0,6287 | 0,6287 | 0,6301 | 0,629166667 |
| F       | 0,5863 | 0,586  | 0,59   | 0,587433333 |
| G       | 0,6012 | 0,6022 | 0,6021 | 0,601833333 |
| H       | 0,6156 | 0,6112 | 0,6113 | 0,6127      |
| I       | 0,5937 | 0,5952 | 0,5948 | 0,594566667 |
| J       | 0,5895 | 0,5898 | 0,5897 | 0,589666667 |
| K       | 0,6656 | 0,6708 | 0,6687 | 0,668366667 |
| L       | 0,5873 | 0,5841 | 0,5874 | 0,586266667 |
| M       | 0,6159 | 0,6151 | 0,6163 | 0,615766667 |
| N       | 0,6063 | 0,6063 | 0,6093 | 0,6073      |
| O       | 0,6309 | 0,6337 | 0,6302 | 0,6316      |

| Grupo 2 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| A       | 0,617  | 0,6228 | 0,6195 | 0,619766667 |
| B       | 0,5985 | 0,6009 | 0,5985 | 0,5993      |
| C       | 0,5791 | 0,5781 | 0,5771 | 0,5781      |
| D       | 0,5827 | 0,58   | 0,5811 | 0,581266667 |
| E       | 0,5642 | 0,564  | 0,5662 | 0,5648      |
| F       | 0,5996 | 0,6023 | 0,6016 | 0,601166667 |
| G       | 0,6016 | 0,5998 | 0,6005 | 0,600633333 |
| H       | 0,5822 | 0,5863 | 0,5907 | 0,5864      |
| I       | 0,5954 | 0,5988 | 0,5937 | 0,595966667 |
| J       | 0,6115 | 0,6068 | 0,6037 | 0,607333333 |
| K       | 0,5885 | 0,5902 | 0,5965 | 0,591733333 |
| L       | 0,5864 | 0,588  | 0,587  | 0,587133333 |
| M       | 0,6041 | 0,6015 | 0,6082 | 0,6046      |
| N       | 0,5923 | 0,5872 | 0,5934 | 0,590966667 |
| O       | 0,5874 | 0,5863 | 0,5859 | 0,586533333 |

| Grupo 3 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| A       | 0,5882 | 0,5883 | 0,588  | 0,588166667 |
| B       | 0,6747 | 0,6738 | 0,6741 | 0,6742      |
| C       | 0,6711 | 0,6731 | 0,7191 | 0,687766667 |
| D       | 0,5946 | 0,5944 | 0,5944 | 0,594466667 |
| E       | 0,5795 | 0,5788 | 0,5787 | 0,579       |
| F       | 0,5885 | 0,5875 | 0,5844 | 0,5868      |
| G       | 0,5757 | 0,5766 | 0,5753 | 0,575966667 |
| H       | 0,5946 | 0,5938 | 0,5944 | 0,594266667 |
| I       | 0,5809 | 0,581  | 0,5811 | 0,581       |
| J       | 0,584  | 0,5824 | 0,5841 | 0,5835      |
| K       | 0,5897 | 0,5989 | 0,589  | 0,592533333 |
| L       | 0,5711 | 0,5708 | 0,5706 | 0,570833333 |
| M       | 0,6176 | 0,6172 | 0,617  | 0,617266667 |
| N       | 0,5755 | 0,5759 | 0,5756 | 0,575866667 |

| O       | 0,6117 | 0,6106 | 0,6113 | 0,6112      |
|---------|--------|--------|--------|-------------|
| Grupo 1 | 1°     | 2°     | 3°     | Promedio    |
| A       | 0,595  | 0,5941 | 0,5923 | 0,5938      |
| B       | 0,6008 | 0,6002 | 0,6002 | 0,6004      |
| C       | 0,5849 | 0,5849 | 0,5844 | 0,584733333 |
| D       | 0,5972 | 0,5981 | 0,5975 | 0,5976      |
| E       | 0,5768 | 0,5826 | 0,5832 | 0,580866667 |
| F       | 0,5902 | 0,5917 | 0,5922 | 0,591366667 |
| G       | 0,5986 | 0,6007 | 0,5976 | 0,598966667 |
| H       | 0,5874 | 0,5856 | 0,5867 | 0,586566667 |
| I       | 0,5748 | 0,5767 | 0,5724 | 0,574633333 |
| J       | 0,5747 | 0,5771 | 0,5755 | 0,575766667 |
| K       | 0,5916 | 0,5922 | 0,5966 | 0,593466667 |
| L       | 0,5982 | 0,5977 | 0,5973 | 0,597733333 |
| M       | 0,5825 | 0,5827 | 0,58   | 0,581733333 |
| N       | 0,5777 | 0,5794 | 0,5745 | 0,5772      |
| O       | 0,5943 | 0,5939 | 0,5945 | 0,594233333 |

*Anexo 3 Carta de aceptación de donación de dientes*

Quito, 06 de enero de 2025.

**Aceptación de Donación de Dientes**

Dra. Jasmine Arguello  
Universidad de los Hemisferios  
RF7X+HWQ calle Oe6-7D, Oe6A  
Quito 170129 - Ecuador

Estimada Dra. Arguello:

En respuesta a su solicitud, nos complace confirmar que La Clínica **Monar Odontología Integral** bajo la dirección de la Dra. **Lattiana Portero**, acepta donar dientes extraídos por motivos ortodónticos para su uso con fines académicos en su formación profesional.

Estamos comprometidos con el apoyo a la educación y el avance de la odontología, nos sentimos honrados de poder contribuir a su desarrollo investigativo. Los dientes serán entregados en las condiciones acordadas y con todas las medidas de seguridad con respecto a la salubridad pertinente.

Quedamos a su disposición para coordinar los detalles de la entrega y cualquier otro aspecto relacionado con esta donación.

Atentamente,

Dr. Andrés Monar P.  
C.I. 1721022001  
ODONTOLOGO

Monar Odontología Integral  
099 984 4771

[monarodontologia@gmail.com](mailto:monarodontologia@gmail.com)

*Anexo 4: Responsabilidad de desechos*

Quito, 10 de abril del 2025

**A quien corresponda:**

Por medio de la presente, yo, **Od. Paola Suárez**, en calidad de gerente del consultorio odontológico "**Dental Suárez**", hago constar que me haré responsable de la **recolección, almacenamiento temporal y desecho final adecuado** de los dientes que fueron utilizados en el proyecto de tesis titulado:

**"Comparación de extrusión de debris durante la instrumentación de conductos utilizando un instrumento en movimiento rotatorio y reciprocante: estudio in vitro"**, desarrollado por la **Od. Jasmine Argüello**, con CI: 0502856230, estudiante del posgrado de Endodoncia de la **Universidad de Los Hemisferios**.

Me comprometo a que dichos dientes serán manejados de acuerdo con las normativas vigentes para residuos biológicos, asegurando que su desecho se realizará por medio de un gestor autorizado, garantizando así un tratamiento ético y responsable del material biológico utilizado en la investigación.

Sin otro particular, me suscribo atentamente,

**Od. Paola Suárez**

Gerente – Consultorio Odontológico *Dental Suárez*  
C.I. 1717325946