



Facultad Ciencias de la Salud

Especialidad de Endodoncia

**Tema:**

**Evaluación de métodos de limpieza en reabsorciones dentales internas: un estudio en  
modelos impresos en 3D**

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

**Endodoncia**

**Postulante:**

Guiselle María González Chavarría

**Tutor:**

Dr. Henry Valverde Haro

Quito, septiembre 2025

## Resumen

La reabsorción dental interna representa un desafío clínico por su complejidad morfológica y dificultad de desinfección. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de distintas técnicas complementarias de irrigación activada con hipoclorito de sodio (NaOCl) en la limpieza de reabsorciones dentales internas simuladas. Se realizó un estudio in vitro, experimental y comparativo, con 90 réplicas de incisivos superiores en resina, las cuales fueron modificadas para simular cavidades de reabsorción interna rellenas con hidrogel.

Las muestras se dividieron aleatoriamente en cinco grupos (n=18) y se les aplicaron diferentes protocolos de instrumentación e irrigación utilizando Ultra Max, Ultra X (20 y 30 s), Irrisonic E1 y XP-Endo Finisher, con activaciones de 60 segundos distribuidas en ciclos de 20 o 30 segundos. La eficacia de limpieza se evaluó visualmente a través de un sistema de puntuación binaria, analizando los resultados estadísticamente mediante pruebas T, ANOVA y Chi-cuadrado ( $p < 0.05$ ).

Los resultados mostraron que XP-Endo Finisher presentó la mayor eficacia en el primer ciclo (media = 5.89), mientras que Ultra X a 30 segundos alcanzó la puntuación máxima en el segundo ciclo (media = 6.00 en 14 de 15 casos). Ultra Max demostró un rendimiento constante y eficaz a lo largo de los tres ciclos, alcanzando una media de 6.00 en el tercero. Se concluye que no existe una única técnica ideal; sin embargo, la combinación de métodos y tiempos de activación adecuados mejora significativamente la descontaminación del sistema de conductos radiculares en casos de reabsorciones internas.

*Palabras clave:* Irrigación endodóntica, Resorción dentaria, Conductos radiculares

### **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.

Guiselle María González Chavarría

C.I.: 1714615448

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo con profundo cariño a mis padres, Margarita y Víctor, quienes me han brindado el apoyo y las herramientas necesarias para avanzar con firmeza en cada etapa de mi vida profesional y personal.

A mi hermana Liz, que, a pesar de ser la menor, ha sabido aconsejarme siempre con madurez y sabiduría.

A mi novio Javier, por estar a mi lado en los momentos de alegría y también en las dificultades, dándome su apoyo incondicional y palabras de aliento que me han motivado a seguir adelante.

A mi amiga del posgrado, Vero, cuya compañía y amistad hicieron más llevadero este camino académico.

Y a la memoria de mi querido amigo Oscar, cuya ausencia física no impide que su recuerdo y su presencia me acompañen siempre en cada logro alcanzado.

## Índice

Resumen.....	2
Declaración de aceptación de norma ética y derechos.....	3
Dedicatoria.....	4
Evaluación de métodos de limpieza en reabsorciones dentales internas: un estudio en modelos impresos en 3D.....	7
Resumen .....	7
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Metodología.....	12
Hallazgos.....	15
Discusión y conclusiones.....	20
Conclusión .....	23
Bibliografía .....	25

## Índice de tablas

Tabla 1. Comparativa de las técnicas de evaluadas en tres ciclos de activación.....	15
Tabla 2. ANOVA sobre la presencia de hidrogel.....	16
Tabla 3. Análisis de la eficacia en la eliminación de hidrogel mediante subconjuntos homogéneos (HSD de Tukey).....	17
Tabla 4. Análisis post hoc utilizando la prueba de Tukey para comparaciones múltiples de las técnicas de irrigación.....	18

## **Evaluación De Métodos De Limpieza En Reabsorciones Dentales Internas: Un Estudio En Modelos Impresos En 3D.**

Guiselle María Gonzalez Chavarría

Universidad de los Hemisferios

g-mgonzalezc@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

### **Resumen**

La reabsorción dental interna representa un desafío clínico por su complejidad morfológica y dificultad de desinfección. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de distintas técnicas complementarias de irrigación activada con hipoclorito de sodio (NaOCl) en la limpieza de reabsorciones dentales internas simuladas. Se realizó un estudio in vitro, experimental y comparativo, con 90 réplicas de incisivos superiores en resina, las cuales fueron modificadas para simular cavidades de reabsorción interna rellenas con hidrogel.

Las muestras se dividieron aleatoriamente en cinco grupos (n=18) y se les aplicaron diferentes protocolos de instrumentación e irrigación utilizando Ultra Max, Ultra X (20 y 30 s), Irrisonic E1 y XP-Endo Finisher, con activaciones de 60 segundos distribuidas en ciclos de 20 o 30 segundos. La eficacia de limpieza se evaluó visualmente a través de un sistema de puntuación binaria, analizando los resultados estadísticamente mediante pruebas T, ANOVA y Chi-cuadrado ( $p < 0.05$ ).

Los resultados mostraron que XP-Endo Finisher presentó la mayor eficacia en el primer ciclo (media = 5.89), mientras que Ultra X a 30 segundos alcanzó la puntuación máxima en el segundo ciclo (media = 6.00 en 14 de 15 casos). Ultra Max demostró un rendimiento constante y eficaz a lo largo de los tres ciclos, alcanzando una media de 6.00 en el tercero. Se concluye que no existe una única técnica ideal; sin embargo, la combinación de

métodos y tiempos de activación adecuados mejora significativamente la descontaminación del sistema de conductos radiculares en casos de reabsorciones internas.

*Palabras clave:* Irrigación endodóntica, Resorción dentaria, Conductos radiculares

## Abstract

Internal dental resorption represents a clinical challenge due to its complex morphology and the difficulty of effective disinfection. The objective of this study was to evaluate the efficacy of various supplementary irrigation techniques activated with sodium hypochlorite (NaOCl) in cleaning simulated internal resorption cavities. An in vitro, experimental, and comparative study was conducted using 90 resin replicas of maxillary central incisors, which were modified to simulate internal resorption cavities filled with hydrogel.

Samples were randomly divided into five groups ( $n = 18$ ), and different instrumentation and irrigation protocols were applied using Ultra Max, Ultra X (20 and 30 seconds), Irrisonic E1, and XP-Endo Finisher, with activation cycles totaling 60 seconds, distributed in either 20- or 30-second intervals. Cleaning efficacy was visually assessed using a binary scoring system, and results were statistically analyzed using t-tests, ANOVA, and Chi-square tests ( $p < 0.05$ ).

The results showed that XP-Endo Finisher demonstrated the highest efficacy during the first cycle (mean = 5.89), while Ultra X at 30 seconds achieved the maximum score in the second cycle (mean = 6.00 in 14 out of 15 cases). Ultra Max exhibited consistent and effective performance across all three cycles, reaching a mean score of 6.00 in the third cycle. It is concluded that there is no single ideal technique; however, the combination of methods and appropriate activation times significantly enhances the decontamination of the root canal system in cases of internal resorptions.

*Keywords:* Endodontic irrigation, Dental resorption, Root canals

## Introducción

La reabsorción dental interna es una alteración patológica caracterizada por la destrucción de los tejidos dentarios duros, en particular la dentina (Arnold, 2021), como consecuencia de un entorno pulpar inflamado o necrótico (Gabor et al., 2012). Este proceso patológico activa las células clásticas localizadas en el conducto radicular (Nilsson et al., 2013). En la mayoría de los casos, esta condición no presenta síntomas hasta que se encuentra en etapas avanzadas (Esnaashari et al., 2015).

Desde una perspectiva histológica, se observa una reabsorción de la dentina mediada por odontoclastos, que progresa desde el lumen del conducto hacia la periferia (Patel et al., 2022) y en fases más severas se relaciona con perforaciones (Pereira da Costa et al., 2020). La preentina no mineralizada actúa como una barrera natural que impide la adhesión de células reabsortivas (Ricucci et al., 2025). Sin embargo, diversos factores como traumatismos, caries extensas, procedimientos restauradores invasivos, pulpitis crónica e infecciones bacterianas pueden comprometer esta defensa y desencadenar una respuesta clástica (Abbott y Lin, 2022). Además, esta condición se ha asociado a tratamientos ortodónticos (Alhadainy et al., 2019), autotrasplantes dentarios, aclaramientos dentales y desórdenes sistémicos como el hipertiroidismo (Fuss, Tsesis, y Lin, 2003).

En el examen clínico, se puede observar un cambio de color en la corona dental, descrito como pink spot, que se manifiesta como una tonalidad rosada (Silveira et al., 2009). En la imagen radiológica, se observa la presencia de una estructura radiolúcida, caracterizada por su delimitación nítida y su simetría, ubicada en el interior del canal radicular (Thomas et al., 2014). La integración del diagnóstico clínico con la evaluación radiográfica resulta esencial para una detección temprana y una intervención terapéutica adecuada (Patel et al., 2023).

De acuerdo con la clasificación vigente, la reabsorción interna puede presentarse en dos formas. La reabsorción interna inflamatoria, la más frecuente, se caracteriza por la presencia de tejido de granulación en el conducto radicular (Blum, 2024) y la reabsorción interna por sustitución, en la que la dentina reabsorbida es reemplazada por tejido no funcional como cemento o hueso (Patel et al., 2010).

El tratamiento endodóntico se determina en función del tipo y estadio de la lesión (Heboyan et al., 2022). En fases tempranas, el tratamiento convencional ofrece buenos resultados (Mittal et al., 2014); en cambio, en estadios avanzados puede ser necesario recurrir a procedimientos quirúrgicos como la cirugía apical o, en casos extremos, la extracción del diente (Carney, Colloc, y Kilgariff, 2024).

Esta patología se asocia a cavidades de morfología irregular que dificultan la eliminación completa del tejido pulpar mediante instrumentación mecánica convencional (Mittal et al., 2014). Por ello, es indispensable el uso de técnicas de irrigación complementarias (Chandak et al., 2024.) El hipoclorito de sodio (NaOCl) continúa siendo el irrigante de elección por su eficacia en la disolución de tejido orgánico y su actividad antimicrobiana (Zehnder, 2006), usándose en concentraciones entre el 2,5 % y el 5,25 %, ajustadas a la tolerancia de los tejidos periapicales y al riesgo de extrusión (Xu et al., 2022).

La efectividad del protocolo de irrigación puede potenciarse mediante métodos de activación (Saber y Hashem, 2011). La irrigación ultrasónica pasiva (PUI) utiliza dispositivos piezoeléctricos con puntas no cortantes para agitar el irrigante dentro del sistema de conductos (Nogales et al., 2025). Alternativamente, dispositivos como el XP-Endo Finisher logran la activación sin afectar la dentina (Zhou, Liu, y Guo, 2021).

En la actualidad, también se emplean técnicas de irrigación activada por láser, que generan burbujas de vapor capaces de inducir un efecto fotoacústico, promoviendo la remoción de tejido residual (Meire y De Moor, 2024).

El tiempo de activación también influye en la efectividad del tratamiento. Generalmente, se aplican ciclos de entre 20 y 60 segundos, con un total de 2 a 3 repeticiones, alcanzando tiempos efectivos de 1 a 3 minutos (Cai et al., 2023) , asegurando además la renovación constante del irrigante para mantener su acción química (Tsenova-Ilieva, Simeonova, y Karova, 2022).

En resumen, el conocimiento profundo de la fisiopatología, diagnóstico y tratamiento de la reabsorción dental interna permite implementar estrategias terapéuticas oportunas que favorezcan la conservación funcional y estética del órgano dentario (Butool et al., 2020).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la eficacia de diversas técnicas complementarias de irrigación para descontaminar el sistema de conductos radiculares afectado por reabsorciones internas simuladas.

### **Metodología**

Se plantea un estudio de tipo experimental, comparativo, cualitativo e in vitro, en el cual se incluirán 90 réplicas de incisivos superiores en resina, modificadas para simular una reabsorción interna con la presencia de hidrogel en el interior del conducto, representando a la pulpa dental (Supreendente 3D Tooth, Vila Nova de Gaia, Porto, Portugal).

Las réplicas serán asignadas aleatoriamente a cinco grupos experimentales. Posteriormente, se realizó un registro fotográfico individual desde una vista vestibular y otra proximal, utilizando una cámara profesional Sony Alpha a6600 (Sony Corporation, Tokio, Japón) con lente macro de 90mm (Sony Corporation, Tokio, Japón) y Twin Flash (Meike MK-MT24S Macro twin Lite Flash., Guangdong, China) antes y después de los protocolos de

irrigación e instrumentación. La longitud de trabajo se determinará con una lima preserie #10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)

Grupo A (n = 18): Las réplicas fueron instrumentadas mediante el sistema rotatorio HyFlex CM (Micro-Mega, Besanzón, Francia) hasta alcanzar la lima 40.04. La irrigación se realizó con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 2.5 %, seguida de la activación ultrasónica pasiva (PUI) mediante el dispositivo inalámbrico Ultra Max (Shenzhen Rogin Medical Co., Ltd., Shenzhen, China), utilizando la punta de titanio 20.02 correspondiente al equipo. La activación se llevó a cabo durante 60 segundos, divididos en tres ciclos de 20 segundos cada uno (Figura 1-A).

Grupo B (n = 18): Las réplicas fueron instrumentadas con el sistema rotatorio Rotate (RB, WDV GmbH, Múnich, Alemania) hasta alcanzar la lima 40.04. La irrigación se efectuó con NaOCl al 2.5 %, seguida de activación PUI utilizando el dispositivo inalámbrico Ultra X (Eighteeth, Jiangsu, China) con la punta plateada 20.02, durante 60 segundos distribuidos en tres ciclos de 20 segundos (Figura 1-B).

Grupo C (n = 18): Las réplicas fueron instrumentadas con el sistema recíprocante Recip One File (Shenzhen Rogin Medical Co., Ltd., Shenzhen, China) hasta alcanzar la lima 40.06. Se empleó NaOCl al 5.25 % para la irrigación, seguido de activación PUI con el dispositivo Ultra X (Eighteeth, Jiangsu, China) y su respectiva punta plateada 20.02, durante 60 segundos, divididos en dos ciclos de 30 segundos (Figura 1-C).

Grupo D (n = 18): Las réplicas fueron instrumentadas con el sistema recíprocante Excalibur (Zarc4Endo, Gijón, Asturias, España) hasta alcanzar la lima 50.05. La irrigación se llevó a cabo con NaOCl al 2.5 %, seguida de activación PUI mediante el dispositivo ultrasónico con cable VRN-A8 (Guilin Weirun Medical Technology Co., Ltd., China) y una

punta Irrisonic E1 (Helse Ultrasonic, Brasil), durante 60 segundos divididos en tres ciclos de 20 segundos (Figura 1-D).

Grupo E (n = 18): Las réplicas fueron instrumentadas con la lima XP-endo Shaper (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Suiza). Posteriormente, se realizó la irrigación con NaOCl al 2.5 % utilizando la lima XP-endo Finisher (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Suiza) a 1000 rpm, con movimiento de vaivén y un torque de 1 N·cm, durante 60 segundos distribuidos en tres ciclos de 20 segundos (Figura 1-E).

En todos los grupos se efectuó la activación del NaOCl a 2mm de la longitud de trabajo así mismo se efectuó el recambio de irrigante entre cada ciclo de activación. El volumen total de NaOCl utilizado fue de 15 mL para los grupos A, B, D y E, mientras que en el grupo C se emplearon 10 ml (Figure 1 F-G-H-I-J).

Las imágenes serán editadas con Keynote (Apple Inc., EE.UU.), estandarizadas en tamaño y posición, y se eliminara el fondo y las estructuras anatómicas, dejando solo la superficie del conducto resaltada en rojo (hidrogel).

La presencia de hidrogel se evaluará visualmente durante cada ciclo de activación de la irrigación. Para ello, se utilizará un índice de puntuación que permitirá determinar la eficacia de limpieza en reabsorciones internas dentales simuladas en modelos de resina. El sistema de puntuación se basó en la presencia o ausencia de hidrogel.

Con el fin de garantizar la integridad y confidencialidad de la información, los datos serán almacenados en tablas de recolección de datos en Excel. Posteriormente, se someterán a análisis estadístico mediante pruebas cualitativas en el programa SPSS versión 20.0 (SPSS Inc., Chicago, EE.UU.). Este análisis se realizará utilizando pruebas específicas como la prueba ANOVA, la prueba de chi-cuadrado de Pearson y la prueba post hoc de Tukey HSD, asegurando así una evaluación completa y precisa de los datos. El nivel de significancia se

estableció en  $p < 0,05$ . Todas estas actividades fueron realizadas por un solo operador, siguiendo un riguroso proceso de calibración y entrenamiento, mediante el desarrollo de un estudio piloto.

### Hallazgos

Las técnicas fueron evaluadas mediante análisis estadístico de medias. Durante el primer ciclo, XP-Endo Finisher e Irrisonic se destacaron por su alta concentración de muestras con eliminación completa del hidrogel. En el segundo ciclo, UltraX 30s mostró el mayor número de muestras completamente limpias. En el tercer ciclo, no se observaron diferencias relevantes (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Comparativa de las técnicas de evaluadas en tres ciclos de activación*

Técnica de Irrigación	Primer		Segundo		Tercer	
	Ciclo-Media	Primer ciclo - N	Ciclo-Media	Segundo ciclo - N	Ciclo-Media	Tercer Ciclo - N
Ultra Max 20s	5.17	18	5.79	14	6	2
UltraX 20s	4.83	18	5	14	5.83	12
UltraX 30s	5.39	18	5.93	15		
Irrisonic 20s	5.61	18	5.8	5		
XP Endo Finisher 20s	5.89	18	6	2		

Fuente: Elaboración propia

El análisis general mediante ANOVA confirmó la existencia de diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las técnicas en cuanto a la eliminación del hidrogel. XP-Endo Finisher e Irrisonic registraron las medias más cercanas al valor ideal de limpieza (Tabla 2), lo que indica una eficacia superior.

**Tabla 2**

*ANOVA sobre la presencia de hidrogel*

	<b>Suma de Cuadros</b>	<b>gl</b>	<b>Media Cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Entre Grupos</b>	8,671	4	2,168	13,278	,000
<b>Dentro de los Grupos</b>	39,835	244	,163		
<b>Total</b>	48,506	248			

Fuente: Elaboración propia

La prueba post hoc de Tukey clasificó las técnicas en tres niveles de eficacia:

- Baja: *UltraX 20s y 30s*
- Intermedia: *Ultra Max*
- Alta: *Irrisonic y XP-Endo Finisher*, con diferencias estadísticamente significativas entre los grupos extremos (Tabla 3).

La prueba post hoc de Tukey identificó diferencias entre las técnicas de irrigación. La técnica Ultra Max 20s fue tan eficaz como UltraX 20s y UltraX 30s, aunque menos eficaz

que Irrisonic 20s y XP-Endo Finisher 20s. La técnica UltraX 20s tuvo un rendimiento similar a Ultra Max y UltraX 30s, pero inferior al de Irrisonic y XP-Endo Finisher 20s. La técnica Irrisonic 20s se diferenci6 de Ultra X 20s, Ultra X 30s y Ultra Max, confirmando su mayor eficacia en la eliminaci6n del hidrogel ( $p < 0,05$ ), excepto cuando se compar6 con XP-Endo Finisher 20s ( $p = 0,953$ ), ya que ambas t6cnicas ofrecen un nivel de eficiencia comparable (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Análisis de la eficacia en la eliminaci6n de hidrogel mediante subconjuntos*

*homog6neos (HSD de Tukey)*

<b>T6cnica de Irrigaci6n</b>	<b>Grupo de menor eficacia</b>	<b>Grupo de media eficacia</b>	<b>Grupo de mayor eficacia</b>
<b>UltraX 30s</b>	1,52		
<b>UltraX 20s</b>	1,52		
<b>Ultra Max 20s</b>	1,69	1,69	
<b>Irrisonic 20s</b>		1,91	1,91
<b>XP Endo Finisher 20s</b>			1,96
<b>Sig.</b>	0,241	0,058	0,962

Fuente: Elaboraci6n propia

Finalmente, la t6cnica XP-Endo Finisher 20s fue superior a Ultra Max, UltraX 20s y UltraX 30s, posicion6ndose como una de las alternativas m6s eficaces (Tabla 4).

**Tabla 4**

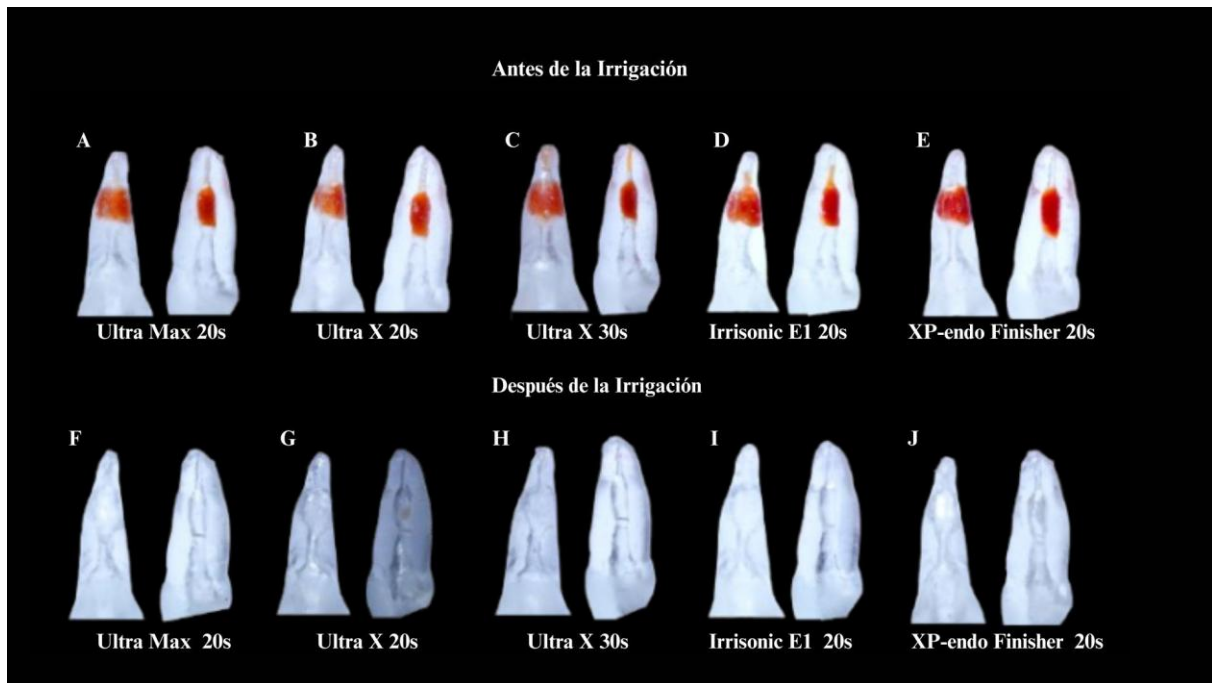
*Análisis post hoc utilizando la prueba de Tukey para comparaciones múltiples de las técnicas de irrigación*

<b>(I) Técnica de Irrigación</b>	<b>(J) Técnica de Irrigación</b>	<b>Diferencias de medias (I-J)</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Sig.</b>
Ultra Max 20s	UltraX 20s	0,16667	0,077	0,205
	UltraX 30s	0,17003	0,089	0,318
	Irrisonic 20s	-0,22222*	0,077	0,037
	XP Endo Finisher 20s	-0,27778*	0,077	0,004
UltraX 20s	Ultra Max 20s	-0,16667	0,077	0,205
	UltraX 30s	0,00337	0,089	1,000
	Irrisonic 20s	-0,38889*	0,077	0,000
	XP Endo Finisher 20s	-0,44444*	0,077	0,000
UltraX 30s	Ultra Max 20s	-0,17003	0,089	0,318
	UltraX 20s	-0,00337	0,089	1,000
	Irrisonic 20s	-0,39226*	0,089	0,000
	XP Endo Finisher 20s	-0,44781*	0,089	0,000
Irrisonic 20s	Ultra Max 20s	0,22222*	0,077	0,037
	UltraX 20s	0,38889*	0,077	0,000
	UltraX 30s	0,39226*	0,089	0,000
	XP Endo Finisher 20s	-0,05556	0,077	0,953
XP Endo Finisher 20s	Ultra Max 20s	0,27778*	0,077	0,004
	UltraX 20s	0,44444*	0,077	0,000
	UltraX 30s	0,44781*	0,089	0,000
	Irrisonic 20s	0,05556	0,077	0,953

Fuente: Elaboración propia

## Figura 1.

*Imágenes de réplicas de resina que simulan reabsorción interna dentaria*



Nota: Descripción de la Figura 1 ; A) Activación PUI con Ultra Max; B) Activación PUI con Ultra X a intervalos de 20 segundos; C) Activación PUI con Ultra X a intervalos de 30 segundos; D) Activación PUI con Irrisonic E1; E) Activación con XP-Endo Finisher. F) Después de realizar la activación PUI con Ultra Max; G) Después de realizar la activación PUI con Ultra X a intervalos de 20 segundos; H) Después de realizar la activación PUI con Ultra X a intervalos de 30 segundos; I) Después de realizar la activación PUI con Irrisonic; J) Después de aplicar XP-Endo Finisher. Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

El presente estudio evaluó la eficacia de distintos métodos complementarios de irrigación en la limpieza de reabsorciones dentales internas simuladas. Los resultados obtenidos evidenciaron que la lima XP-Endo Finisher presentó una capacidad significativamente

superior para eliminar residuos localizados en las irregularidades morfológicas características de estas lesiones. Esta efectividad se relaciona con su diseño flexible y su capacidad de expansión tridimensional, lo que le permite adaptarse dinámicamente a la anatomía interna del conducto radicular y alcanzar zonas de difícil acceso (Keskin, Sariyilmaz, y Sariyilmaz, 2017).

Hassan et al. (2022), respaldan estos hallazgos, señalando que la XP-Endo Finisher mejora la penetración del hipoclorito de sodio sin inducir transporte apical ni causar daño estructural relevante a la dentina. No obstante, su eficacia puede verse reducida en cavidades muy amplias o de morfología muy irregular, donde incluso su capacidad expansiva tridimensional podría no alcanzar por completo todas las paredes del conducto (Lauritano et al., 2019). Ante esta limitación, Ulusoy et al. (2018), se ha propuesto su uso combinado con técnicas de activación ultrasónica para maximizar el alcance del irrigante en cavidades voluminosas o de morfología compleja.

En este contexto, también se evaluó la eficacia del sistema ultrasónico Irrisonic E1, evidenciándose una eliminación efectiva del hidrogel desde el primer ciclo de activación. Este resultado se relaciona con el diseño del dispositivo, específicamente concebido para acoplarse a unidades ultrasónicas de frecuencia controlada, lo que optimiza la transmisión de energía al irrigante (Silva et al., 2023).

Los hallazgos de van der Sluis et al. (2007) mostraron que el sistema favorece significativamente la circulación y penetración del hipoclorito de sodio en regiones anatómicamente complejas del conducto radicular. Este efecto se atribuye a la generación de cavitación estable y microstreaming acústico fenómenos que inducen una dinámica de fluidos eficiente, capaz de desplazar residuos orgánicos acumulados en áreas de difícil acceso (Plotino et al., 2007).

Una ventaja destacada del Irrisonic E1 es que no requiere contacto directo con las paredes dentinarias para ejercer su acción, lo que contribuye a minimizar el riesgo de abrasión o debilitamiento de la estructura dentaria (Souza et al., 2019). Esta característica lo convierte en una herramienta especialmente útil en la limpieza de cavidades internas irregulares y delicadas, como las asociadas a procesos reabsortivos (Moura Teles et al., 2021).

Gregorio et al. (2010), han advertido que un uso prolongado o mal dirigido del sistema, especialmente en proximidad a paredes adelgazadas por reabsorciones, podría inducir microfisuras dentinarias. Asimismo, en cavidades de gran volumen, su eficacia puede verse limitada, especialmente cuando se interrumpe el flujo del irrigante, generando el fenómeno de vapor lock (Gu et al., 2009). Además, Malki et al. (2012), menciona que una técnica inadecuada en la inserción o activación de la punta ultrasónica podría generar sobrepresión apical o extrusión del irrigante, particularmente en dientes con ápices abiertos o comprometidos.

En cuanto al sistema Ultra-X, los resultados indicaron que se requieren tres ciclos de 20 segundos con hipoclorito de sodio al 2,5 % para lograr una limpieza aceptable. Si bien este método ha demostrado efectividad, su rendimiento se ve afectado por las morfologías impredecibles de las cavidades resortivas, que dificultan la agitación uniforme del irrigante (Adl et al., 2022). Además, es importante tener en cuenta que el hidrogel utilizado en las simulaciones, debido a su elevada viscosidad, tiende a adherirse firmemente a las paredes del conducto, lo que puede dificultar la acción del ultrasonido (Park et al., 2023). Estudios previos de Robberecht et al. (2023), han demostrado que este tipo de gel requiere una activación más prolongada y un recambio eficaz del irrigante para lograr su eliminación completa.

La repetición de múltiples ciclos no solo prolonga el tiempo clínico, sino que también incrementa el riesgo de efectos adversos, como el daño a la dentina o la extrusión apical del irrigante (Tasdemir et al., 2008). Por ello, Penukonda et al. (2023), proponen combinar Ultra-X con la XP-Endo Finisher, con el objetivo de optimizar el protocolo de irrigación. Además, se recomienda aumentar el volumen del irrigante y asegurar su recambio activo para maximizar el efecto hidrodinámico (Kahn et al., 2021).

Asimismo, este estudio comparó dos protocolos de activación con Ultra-X utilizando hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones. El protocolo de NaOCl al 5,25 % durante dos ciclos de 30 segundos resultó significativamente más efectivo que el de NaOCl al 2,5 % durante tres ciclos de 20 segundos, debido al mayor contenido de NaOCl activo y al incremento del tiempo de activación, que favorecen una acción de limpieza más profunda (Baumgartner y Cuenin, 1992). No obstante, esta modalidad presenta mayores riesgos biológicos, especialmente en dientes con paredes debilitadas o ápices abiertos, debido a la posibilidad de extrusión y daño periapical (Siqueira et al., 2000). Por el contrario, el NaOCl al 2,5 % es más seguro, pero menos eficaz, requiriendo mayor número de ciclos y más tiempo operatorio (Özlek et al., 2023).

Finalmente, se evaluó el sistema Ultramax, que mostró una elevada capacidad para eliminar el hidrogel en un segundo ciclo de activación. Esta eficacia se atribuye a su alta frecuencia y a la generación de microstreaming acústico, sin contacto directo con las paredes dentinarias (Koulogiannis et al., 2024). Aunque su activación es no invasiva, su rendimiento se ve afectado en cavidades amplias o irregulares, requiriendo múltiples ciclos y recambios (Lee et al., 2004). Además, su efectividad depende de varios factores operatorios: profundidad de inserción de la punta, volumen y concentración del irrigante, y duración de la activación (Koulogiannis et al., 2024).

## Conclusión

El estudio realizado en réplicas tridimensionales ha evidenciado que la eficacia en la limpieza de reabsorciones dentales internas simuladas presenta variaciones significativas en función de la técnica de activación del hipoclorito de sodio empleada. La combinación entre el tipo de instrumento, la modalidad de activación, el tiempo y la concentración del irrigante influye de manera directa en los resultados clínicos potenciales.

La lima XP-Endo Finisher demostró un alto rendimiento en los ciclos iniciales gracias a su capacidad expansiva y adaptación tridimensional, mientras que el sistema Irrisonic E1 evidenció una eficacia inicial significativa sin necesidad de contacto directo, siendo especialmente útil en cavidades de morfología compleja. Por su parte, el Ultra-X alcanzó su máxima eficacia en el segundo ciclo, destacando la importancia del tiempo de activación en la eliminación del hidrogel. El sistema Ultra Max se distinguió por su rendimiento constante y eficacia progresiva, posicionándose como una alternativa versátil en todos los ciclos evaluados.

Estos hallazgos reafirman la idea de que no existe una técnica única que se adapte a la perfección a todos los casos clínicos de reabsorción interna. Por el contrario, el éxito del tratamiento depende de la selección adecuada de la estrategia de irrigación en función de la anatomía del conducto, el estado del tejido, la concentración del irrigante y los riesgos asociados. Por tanto, se recomienda un enfoque personalizado y combinado que integre diferentes métodos de activación, priorizando la eficacia de limpieza y la seguridad biológica.

Se recomienda realizar estudios futuros que exploren la interacción de estos sistemas con diferentes materiales simuladores de pulpa, así como su comportamiento en dientes naturales, con el fin de ampliar la validez clínica de los resultados obtenidos en este estudio.

## Referencias

- Abbott, P. V., & Lin, S. (2022). Tooth resorption – Part 2: A clinical classification. *Dental Traumatology*, 38(4), 267–285. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9543863/>
- Adl, A., Razavian, A., & Eskandari, F. (2022). The efficacy of EndoActivator, passive ultrasonic irrigation, and Ultra X in removing calcium hydroxide from root canals: An in-vitro study. *BMC Oral Health*, 22(1), Article 564. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36463133/>
- Alhadainy, H. A., Flores-Mir, C., Abdel-Karim, A. H., Crossman, J., & El-Bialy, T. (2019). Orthodontic-induced external root resorption of endodontically treated teeth: A meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 45(5), 483–489. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30904319/>
- Arnold, M. (2021). Reparative endodontic treatment of a perforating internal inflammatory root resorption: A case report. *Journal of Endodontics*, 47(1), 146–155. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33065177/>
- Baumgartner, J. C., & Cuenin, P. R. (1992). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, 18(12), 605–612. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1298800/>
- Blum, J. S. (2024). The various forms of tooth resorption. *Australian Endodontic Journal*, 50(2), 191–201. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38798140/>
- Butool, S. A., Kararia, N., Aggrawal, S., Mathur, R., Bajpai, M., & Sharma, A. (2020). Internal root resorption: A review. *National Journal of Health Sciences*, 5(3), 114–118. Recuperado de <https://ojs.njhsociences.com/index.php/njhs/article/view/172>

- Cai, C., Chen, X., Li, Y., & Jiang, Q. (2023). Advances in the role of sodium hypochlorite irrigant in chemical preparation of root canal treatment. *BioMed Research International*, 2023, Article 8858283. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36685672/>
- Carney, K. A., Colloc, T. N. E., & Kilgariff, J. K. (2024). Management of rarely seen internal tunnelling root resorption associated with a maxillary permanent incisor. *British Dental Journal*, 236(12), 955–961. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38942857/>
- Chandak, M., Sarangi, S., Chaudhari, P., & Dass, A. (2024). Revamping the perished: The management of internal tooth resorption. *Cureus*, 16(5), e61214. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38939253/>
- Esnaashari, E., Pezeshkfar, A., & Fazlyab, M. (2015). Nonsurgical management of an extensive perforative internal root resorption with calcium-enriched mixture cement. *Iranian Endodontic Journal*, 10(1), 75–78. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4293586/>
- Fuss, Z., Tsesis, I., & Lin, S. (2003). Root resorption—Diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental Traumatology*, 19(4), 175–182. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12848710/>
- Gabor, C., Tam, E., Shen, Y., & Haapasalo, M. (2012). Prevalence of internal inflammatory root resorption. *Journal of Endodontics*, 38(1), 24–27. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22152614/>
- Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., Paranjpe, A., & Cohenca, N. (2010). Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: An in vitro study. *Journal of*

- Endodontics*, 36(7), 1216–1221. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20630302/>
- Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*, 35(6), 791–804. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19482174/>
- Hassan, E., Sharaan, M., & Ragab, M. (2022). Cleaning efficacy and debris extrusion using XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R as supplementary files during retreatment: An in vitro study. *European Endodontic Journal*, 7(1), 40–46. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35353059/>
- Heboyan, A., Avetisyan, A., Karobari, M. I., Marya, A., Khurshid, Z., Rokaya, D., Zafar, M. S., & Fernandes, G. V. O. (2022). Tooth root resorption: A review. *Scientific Progress*, 105(3), 368504221109217. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35759366/>
- Kahn, F., Sundqvist, G., Trope, M., & Bjorndal, L. (2021). Influence of volume of endodontic irrigants used in needle irrigation, passive ultrasonic irrigation, apical negative pressure, and combined techniques on dentin microhardness and debris removal. *International Endodontic Journal*, 54(3), 320–329. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34810395/>
- Keskin, C., Sariyilmaz, E., & Sariyilmaz, Ö. (2017). Efficacy of XP-endo Finisher File in removing calcium hydroxide from simulated internal resorption cavity. *Journal of Endodontics*, 43(1), 126–130. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27939736/>
- Koulogiannis, A., Walmsley, A. D., Angeli, P., & Balabani, S. (2024). Ultrasonic irrigation flows in root canals: Effects of ultrasound power and file insertion depth. *Scientific*

- Reports*, 14(1), Article 5368. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38438434/>
- Lauritano, D., Moreo, G., Lucchese, A., Di Stasio, D., & Carinci, F. (2019). XP-endo Finisher and finishing files in endodontics: A literature review. *Applied Sciences*, 9(23), 5001. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/app9235001>
- Lee, S. J., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2004). The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal*, 37(9), 607–612. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15317564/>
- Malki, M., Verhaagen, B., Jiang, L. M., Nehme, W., Naaman, A., Versluis, M., Wesselink, P., & van der Sluis, L. (2012). Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: Visualization and cleaning efficacy. *Journal of Endodontics*, 38(5), 657–661. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22515896/>
- Meire, M., & De Moor, R. J. G. (2024). Principle and antimicrobial efficacy of laser-activated irrigation: A narrative review. *International Endodontic Journal*, 57(7), 841–860. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38340037/>
- Mittal, S., Kumar, T., Mittal, S., & Sharma, J. (2014). Internal root resorption: An endodontic challenge: A case series. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(6), 590–593. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4252938/>
- Moura Teles, A., Reis, T., Remoaldo, M., dos Santos, A. M., Santos, J. M. M., & Guimarães, D. A. (2021). In vitro evaluation of the efficacy of different protocols on calcium hydroxide dressing removal. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 62(4), 209–216. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/357386002\\_In\\_vitro\\_evaluation\\_of\\_the\\_efficacy\\_of\\_different\\_protocols\\_on\\_calcium\\_hydroxide\\_dressing\\_removal](https://www.researchgate.net/publication/357386002_In_vitro_evaluation_of_the_efficacy_of_different_protocols_on_calcium_hydroxide_dressing_removal)

Nilsson, E., Bonte, E., Bayet, F., & Lasfargues, J. J. (2013). Management of internal root resorption on permanent teeth. *International Journal of Dentistry*, 2013, Article 929486. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24348560/>

Nogales, C. G., Cazares, R. X. R., Nardello, L. C. L., Mayer, M. P. A., Gavini, G., Zehnder, M., & Pinheiro, E. T. (2025). Evaluating the impact of ultrasonic irrigation on bacterial levels and activity following chemomechanical procedures. *Journal of Endodontics*, 51(2), 118–123. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39276864/>

Ozlek, E., Acikgoz, E., Gökkaya, N. Z., Taşan, A., & Altındağ, F. (2023). Histological evaluation of the debris removal efficiency of activation of sodium hypochlorite solution at different concentrations. *BMC Oral Health*, 23(1), Article 528. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37507750/>

Park, E. H., Park, R., Seo, J., Kim, W., Kim, H. Y., & Shon, W. J. (2023). Efficacy of a novel remotely-generated ultrasonic root canal irrigation system for removing biofilm-mimicking hydrogel from a simulated isthmus model. *International Endodontic Journal*, 56(6), 765–774. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36825362/>

Patel, S., Krastl, G., Weiger, R., Lambrechts, P., Tjäderhane, L., Gambarini, G., & Teng, P. H. (2023). ESE position statement on root resorption. *International Endodontic Journal*, 56(7), 792–801. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36942472/>

- Patel, S., Ricucci, D., Durak, C., & Tay, F. (2010). Internal root resorption: A review. *Journal of Endodontics*, 36(7), 1107–1121. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20630282/>
- Patel, S., Saberi, N., Pimental, T., & Teng, P. H. (2022). Present status and future directions: Root resorption. *International Endodontic Journal*, 55(Suppl 4), 892–921. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35229320/>
- Penukonda, R., Teja, K. V., Kacharaju, K. R., Sia Yin, X., Mohan, D. A., Cernera, M., & Iaculli, F. (2023). Comparative evaluation of smear layer removal with Ultra X device and XP Endo Finisher file system: An ex vivo study. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 37(2), 55–60. Recuperado de <https://www.giornaleitalianoendodonzia.it/gie/article/view/419>
- Pereira da Costa, R., Quaresma, S. A., Lopes, F. C., Camargo, R., Domingos Pires, M., Ginjeira, A., & Sousa-Neto, M. D. (2020). Management of a perforating internal root resorption using mineral trioxide aggregate: A case report with 5-year follow-up. *Australian Endodontic Journal*, 46(3), 452–457. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32896059/>
- Plotino, G., Pameijer, C. H., Grande, N. M., & Somma, F. (2007). Ultrasonics in endodontics: A review of the literature. *Journal of Endodontics*, 33(2), 81–95. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17258622/>
- Ricucci, D., Milovidova, I., Williams, R. K., & Tay, F. (2025). Predentine is not a reliable barrier against internal root resorption in the presence of inflammation. *Journal of Dentistry*, 155, 105626. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39952548/>
- Robberecht, L., Delattre, J., & Meire, M. (2023). Isthmus morphology influences debridement efficacy of activated irrigation: A laboratory study involving biofilm

- mimicking hydrogel removal and high-speed imaging. *International Endodontic Journal*, 56(1), 118–127. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36148855/>
- Saber, S. E.-D., & Hashem, A. A. (2011). Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1272–1275. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21846546/>
- Silva, E. J. N. L., Crozeta, B. M., Martins, J. N. R., Moreira, T., Vieira, V. T. L., Braz-Fernandes, F. M., & Versiani, M. A. (2023). Diamondlike carbon surface treatment improves the fatigue resistance of ultrasonic tips. *Journal of Endodontics*, 49(3), 301–306. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36567061/>
- Silveira, F. F., Nunes, E., Soares, J. A., Ferreira, C. L., & Rotstein, I. (2009). Double “pink tooth” associated with extensive internal root resorption after orthodontic treatment: A case report. *Dental Traumatology*, 25(3), e43–e47. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19239482/>
- Siqueira, J. F., Jr., Rôças, I. N., Favieri, A., & Lima, K. C. (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 26(6), 331–334. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11199749/>
- Souza, C. C., Bueno, C. E., Kato, A. S., Limoeiro, A. G., Fontana, C. E., & Pelegrine, R. A. (2019). Efficacy of passive ultrasonic irrigation, continuous ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation device in penetration into main and simulated lateral canals. *Journal of Conservative Dentistry*, 22(2), 155–159. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31142985/>

- Tasdemir, T., Er, K., Celik, D., & Yildirim, T. (2008). Effect of passive ultrasonic irrigation on apical extrusion of irrigating solution. *European Journal of Dentistry*, 2(3), 198–203. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2635903/>
- Thomas, P., Krishna Pillai, R., Pushparajan Ramakrishnan, B., & Palani, J. (2014). An insight into internal resorption. *ISRN Dentistry*, 2014, Article 759326. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24944822/>
- Tsenova-Ilieva, I., Simeonova, S., & Karova, E. (2022). Atomic force microscopy study on the effect of different irrigation regimens on the surface roughness of human root canal dentin. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 25(3), 261–266. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35295046/>
- Ulusoy, Ö. I., Savur, I. G., Alaçam, T., & Çelik, B. (2018). The effectiveness of various irrigation protocols on organic tissue removal from simulated internal resorption defects. *International Endodontic Journal*, 51(9), 1030–1036 systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 21(1), Article 294. . Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29505173/>
- van der Sluis, L. W., Versluis, M., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40(6), 415–426. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17442017/>
- Xu, H., Ye, Z., Zhang, A., Lin, F., Fu, J., & Fok, A. S. L. (2022). Effects of concentration of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant on the mechanical and structural properties of root dentine: A laboratory study. *International Endodontic Journal*, 55(10), 1091–1102. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35833329/>

Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398.

Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16631834/>

Zhou, J., Liu, T., & Guo, L. (2021). Effectiveness of XP-Endo Finisher and passive ultrasonic irrigation on intracanal medicament removal from root canals: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 21(1), Article 1–15.

<https://doi.org/10.1186/s12903-021-01644-7>