



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**“COMPARACIÓN DEL SISTEMA XP ENDO FINISHER VERSUS  
IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA, EN LA ELIMINACIÓN DEL  
LODILLO DENTINARIO, OBSERVADO EN EL MICROSCOPIO  
ELECTRÓNICO DE BARRIDO.”**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN  
ENDOPERIODONTOLOGÍA**

**P R E S E N T A**

**C.D. ERIKA CARINA PÉREZ VÁZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: MTRO. JAVIER ANTONIO GARZÓN TRINIDAD**

**LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO, JUNIO DE 2020.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres que han estado conmigo en todo momento y creyeron en mí, ellos me enseñaron que el éxito es producto del esfuerzo y la dedicación constante.

A mi hermana por ser un ejemplo de perseverancia y entrega.

A César, mi familia y amigos por ser una red de apoyo durante mis estudios.

A los profesores que me inspiraron con su disciplina y pasión por la Odontología, en especial al Esp. Abel Gómez Moreno por ser precursor de este proyecto.

Y agradezco a Dios por las bendiciones que me ha dado y por haberme permitido concluir este ciclo.

## CONTENIDO

<b>COMPARACIÓN DEL SISTEMA XP ENDO FINISHER VERSUS IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA, EN LA ELIMINACIÓN DEL LODILLO DENTINARIO, OBSERVADO EN EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO.....</b>	<b>1</b>
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
<b>CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA TERAPÉUTICA ENDODÓNTICA EN DESINFECCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1. INHERENTES AL CONDUCTO RADICULAR.....	6
1.2. INHERENTES AL BIOFILM.....	8
1.3. INHERENTES AL TRATAMIENTO.....	10
1.3.1. LODILLO DENTINARIO (SMEAR LAYER).....	11
<b>CAPÍTULO 2. IMPLICACIONES DEL LODILLO DENTINARIO EN EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS .....</b>	<b>13</b>
2.1. ELIMINACIÓN DEL LODILLO DENTINARIO .....	15
2.2. IRRIGACIÓN.....	15
2.3. SUSTANCIAS IRRIGANTES.....	16
2.3.1 HIPOCLORITO DE SODIO .....	17
2.3.2. EDTA .....	18
2.3.3. MTAD .....	19
2.3.4 ÁCIDO CÍTRICO .....	21
<b>CAPÍTULO 3. MÉTODOS DE ACTIVACIÓN DE IRRIGANTES .....</b>	<b>22</b>
3.1. ULTRASONIDO .....	22
3.2. XP-ENDOFINISHER.....	24
3.3. ACTIVACIÓN SÓNICA .....	26
3.4. LIMA AUTOAJUSTABLE (SAF).....	27
<b>MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
A. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	29
B. PREPARACIÓN DE MUESTRAS .....	30
C. PROTOCOLO DE INSTRUMENTACIÓN .....	32
D. ASIGNACIÓN POR GRUPOS .....	33

E. EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	37
F. MICROFOTOGRAFÍAS.....	40
G. EVALUACIÓN DE LAS MICROFOTOGRAFÍAS .....	44
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>61</b>
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>67</b>

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía I.</b> Ejemplo de las muestras seleccionadas: Fotografía de molares inferiores con raíz mesial y distal divergentes.....	29
<b>Fotografía II.</b> Radiografía inicial de muestras seleccionadas con radiovisiografo Planmeca Pro Sensor.....	29
<b>Fotografía III.</b> A. Acceso con fresa SSW® FG-6, B. Rectificación con Endo Z de la marca Dentsply.....	30
<b>Fotografía IV.</b> A. División de la raíz mesial y distal con disco de carburo, B. Registro de longitud de 15 mm, C. Corte a nivel cervical de raíz mesial.....	30
<b>Fotografía V.</b> Ejemplo de radiografía longitud de trabajo con radiovisiografo Planmeca Pro Sensor, imagen en sentido mesio-lingual y distal o mesial de tres muestras.....	31
<b>Fotografía VI.</b> A. Ápices sellados con barniz, B. Base de silicón pesado.....	32
<b>Fotografía VII.</b> Secuencia de instrumentación. A. Permeabilidad del conducto con lima ISO 15 K. B. Irrigación con NaCl al 5.25% en la entrada del conducto. C y D. Conformación con lima PRIMARY 25/.07 Wave One Gold de Dentsply.....	33
<b>Fotografía VIII.</b> Irrigación convencional, A. Irrigación 1 mm por arriba de longitud de trabajo, B. EDTA al 17% de META BIOMED, C. Punta de papel estéril para secar el conducto.....	34
<b>Fotografía IX.</b> Preparación de la lima. A. Enfriamiento de la lima con Spray Endo ICE de la marca Hygenic. B. Lima en fase austenita, C. Lima en fase martensita.....	35
<b>Fotografía X.</b> Activación de EDTA al 17% con lima XP-Endo Finisher, movimientos longitudinales con irrigación constante por 60 segundos.....	36
<b>Fotografía XI.</b> Punta E14 para ultrasonido EDTA.....	37
<b>Fotografía XII.</b> Activación de EDTA al 17% con punta de ultrasonido, irrigación por intervalos.....	37

**Fotografía XIII.** A. Surcos longitudinales con disco de diamante a través de la superficie vestibular y lingual, B. Surco realizado antes de llegar al conducto, C. Se colocó un cincel dentro del surco para lograr la división.....38

**Fotografía XIV.** Raíces divididas longitudinalmente, se marcaron cada 5mm para delimitar tercio cervical, medio y apical.....39

**Fotografía XV.** Muestras sujetas con cinta de carbono.....39

**Fotografía XVI.** Elaboración propia. Grupo sin protocolo de irrigación final. A1 y A2. Tercio cervical, B1 y B2.Tercio medio, C1 y C2. Tercio apical.....40

**Fotografía XVII.** Elaboración propia. Microfotografías tercio cervical. D1, D2, D3. Irrigación de EDTA 60s sin activación, E1, E2, E3. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo Finisher, F1, F2, F3. Irrigación de EDTA 60s activación.....41

**Fotografía XVIII.** Elaboración propia. Microfotografías tercio medio. G1, G2, G3 Irrigación de EDTA 60s sin activación, H1, H2, H3. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo Finisher, I1, I2, I3. Irrigación de EDTA 60s activación ultrasonido.....42

**Fotografía XIX.** Elaboración propia. Microfotografías tercio apical. O, P. Irrigación de EDTA 60s sin activación, Q, R. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo Finisher, S, T. Irrigación de EDTA 60s activación ultrasonido.....43

**Fotografía XX.** Elaboración propia. Ejemplo de microfotografías que recibieron puntaje 1 de acuerdo a la escala propuesta por Torabinejad, et al., (2003).....44

**Fotografía XXI.** Elaboración propia. Ejemplo de microfotografías que recibieron puntaje 2 de acuerdo a la escala propuesta por Torabinejad, et al., (2003).....45

**Fotografía XXII.** Elaboración propia. Ejemplo de microfotografías que recibieron puntaje 3 de acuerdo a la escala propuesta por Torabinejad, et al.,(2003).....45

**Fotografía XXIII.** Trazo de reglilla con la función “Línea recta”, programa ImageJ.....46

**Fotografía XXIV.** Calibrado de imágenes, distancia conocida establecida y unidad de longitud. Programa ImageJ.....46

**Fotografía XXV.** A. Elaboración propia, imagen seleccionada para el tercio cervical. B. Acercamiento a un túbulo dentinario, registro de área con la función análisis de partículas.....47

**Fotografía XXVI.** A. Elaboración propia, imagen seleccionada para el tercio medio, B. Acercamiento a un túbulo dentinario, registro de área con la función análisis de partículas.....47

**Fotografía XXVII.** A. Elaborar propia. Imagen seleccionada para el tercio apical, B. Acercamiento a un túbulo dentinario, registro de área con la función análisis de partículas.....48

**Fotografía XXVIII.** Contraste de imagen, programa ImageJ.....48

**Fotografía XXIX.** Delimitación de los túbulos con la función “Limites” en este caso los porcentajes de contraste fue de 70 y 90, estos números no son fijos, se modifican según cada imagen, programa ImageJ.....49

**Fotografía XXX.** Función análisis de partículas, selección de 2.50-infinito para el conteo, programa ImageJ.....50

**Fotografía XXXI.** Conteo de túbulos, barra de resultados, programa ImageJ.....50

**Fotografía XXXII.** Ejemplos de conteo de túbulos dentinarios, programa ImageJ.....51



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis de varianza todas las muestras, escala de Torabinejad.....	52
<b>Tabla 2.</b> Tukey HSD todas las muestras, escala de Torabinejad.....	53
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza todas las muestras, escala propuesta.....	53
<b>Tabla 4.</b> Tukey HSD todas las muestras, escala propuesta.....	53
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza tercio cervical, escala de Torabinejad.....	54
<b>Tabla 6.</b> Tukey HSD tercio cervical, escala de Torabinejad.....	55
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza tercio cervical, escala propuesta.....	55
<b>Tabla 8.</b> Tukey HSD tercio cervical, escala propuesta.....	55
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza tercio medio, escala de Torabinejad.....	57
<b>Tabla 10.</b> Tukey HSD tercio medio, escala de Torabinejad.....	57
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza tercio medio, escala propuesta.....	58
<b>Tabla 12.</b> Tukey HSD tercio medio, escala propuesta.....	58
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza tercio apical, escala de Torabinejad.....	59
<b>Tabla 14.</b> Tukey HSD tercio apical, escala de Torabinejad.....	59
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza tercio apical, escala propuesta.....	60
<b>Tabla 16.</b> Tukey HSD tercio apical, escala propuesta.....	60

# COMPARACIÓN DEL SISTEMA XP ENDO FINISHER VERSUS IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA, EN LA ELIMINACIÓN DEL LODILLO DENTINARIO, OBSERVADO EN EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO.

## RESUMEN

Uno de los objetivos del tratamiento de conductos es eliminar el tejido pulpar y reducir el número de bacterias a niveles no patológicos, sin embargo, la organización del biofilm y su ubicación en el sistema de conductos limitan este proceso. Estudios han demostrado que la irrigación ocupa un papel fundamental para penetrar en estos espacios de difícil acceso, por lo que el desarrollo de diferentes protocolos continúa para optimizar los resultados. Esta investigación comparó dos sistemas de activación de irrigantes, XP-EndoFinisher versus ultrasonido, como protocolo de irrigación final en la eliminación de lodillo dentinario. **Metodología:** 32 raíces mesiales de molares inferiores fueron instrumentadas utilizando WaveOne Gold 025/.07 (Dentsply) y NaOCl al 5.25%. Se asignaron aleatoriamente en cuatro grupos: sin protocolo de irrigación final (n=2), irrigación convencional de EDTA sin activación (n=10), activación de EDTA con ultrasonido (n=10), activación de EDTA con XP-EndoFinisher. Las muestras fueron divididas longitudinalmente y evaluadas bajo el microscopio electrónico de barrido. Las microfotografías se calificaron utilizando una escala de tres puntajes y un nuevo enfoque de conteo de túbulos dentinarios para determinar la presencia de lodillo dentinario en los tres tercios. Finalmente se utilizó la prueba estadística ANOVA y Tukey. **Resultados:** XP-EndoFinisher mostró diferencias significativas en la eliminación del lodillo dentinario en comparación con los otros grupos ( $P < 0.05$ ). No hubo diferencias significativas entre la irrigación convencional y ultrasonido ( $P > 0.05$ ). **Conclusiones:** Ninguno de los métodos pudo eliminar completamente la capa de lodillo dentinario, sin embargo, XP-EndoFinisher fue el sistema más efectivo particularmente en el tercio apical.

**Palabras clave:** Lodillo dentinario, XP-Endo Finisher, ultrasonido, túbulos dentinarios, EDTA.

## **ABSTRACT**

One of the goals of root canal treatment is to remove pulp tissue and reduce the number of bacteria to non-pathological levels, however the organization of the biofilm and its location in the root canal system limit this process. Studies have shown that irrigation plays a fundamental role in penetrating complex spaces, so the development of different protocols continues to optimize results. This research compares two irrigant activation systems, XP-EndoFinisher versus ultrasound, as the final irrigation protocol in the removal of the smear layer. **Metodology:** Mesial root canals of 32 extracted mandibular molars were prepared using WaveOne Gold 025/.07 (Dentsply) and 5,25% NaOCl. They were randomized into four groups: no final irrigation group (n=2), conventional EDTA irrigation without activation (n=10), EDTA activation with ultrasound (n=10), EDTA activation with XP-EndoFinisher (n=10). The samples were divided longitudinally and evaluated under the scanning electron microscope. The photomicrographs were graded using a three-score scale and a new approach to counting dentinal tubules to determine the presence of smear layer in all three thirds. Finally, the statistical test ANOVA and Tukey were used. **Results:** XP-Endo Finisher group revealed significantly lower smear layer scores than the other groups ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference between conventional irrigation and ultrasound activation ( $P > 0.05$ ). **Conclusions:** None of the tested methods could completely clean the smear layer, however XP-Endo Finisher showed more effectiveness on the smear layer removal specially in apical third.

**Keywords:** Smear layer, XP-Endo Finisher, ultrasound, dentinal tubules, EDTA.

## **INTRODUCCIÓN**

El siguiente trabajo de investigación está conformado por tres capítulos, cuyo objetivo es presentar un panorama de los factores que influyen durante un tratamiento de conductos, particularmente, de las implicaciones de la capa de lodillo dentinario para el pronóstico del tratamiento, así como los avances tecnológicos en el área de irrigación, en busca de un protocolo que logre garantizar la completa desinfección.

El primer capítulo titulado “Consideraciones generales de la terapéutica endodóntica en desinfección”, plantea algunos de los factores más importantes que intervienen en el éxito del tratamiento de conductos, entre ellos la complejidad anatómica en donde se han registrado conductos laterales, secundarios y accesorios, distribuidos a lo largo de toda la longitud, la zona de furcación y el ápice radicular, que dificultan la conformación y limpieza, así como la diversidad de las comunidades bacterianas endodónticas, su organización, eficacia metabólica y patogenicidad, que se alojan en el tejido pulpar remanente, dentro de los túbulos y como parte del lodillo dentinario, favoreciendo las infecciones recurrentes.

El segundo capítulo “Implicaciones del lodillo dentinario en el tratamiento de conductos” aborda las investigaciones que han evaluado la capa de frotis en el pronóstico endodóntico, se ha demostrado que puede actuar como sustrato para las bacterias, impedir el acceso de las sustancias irrigantes a los túbulos dentinarios y limitar la adaptación íntima entre los materiales de obturación y la pared de dentina, por lo que diversas sustancias han sido estudiadas para su eliminación, siendo el EDTA la más efectiva.

El tercer capítulo titulado “Métodos de activación de irrigantes” explora las propuestas que han surgido para superar las limitaciones de la irrigación convencional, mediante diferentes dispositivos que mejoran el flujo y la distribución de las soluciones dentro del sistema de conductos. Particularmente el sistema XP-Endo Finisher de la marca FKG, diseñada de acuerdo a su fabricante como una lima para activación de irrigantes, capaz de manejar morfologías complejas, accediendo a conductos curvos y estrechos. Además de la activación con ultrasonido que ha sido ampliamente investigada, demostrado su intervención en la penetración de los irrigantes. Ambos sistemas fueron evaluados y comparados en la presente investigación para determinar su eficacia específicamente en la eliminación del lodillo dentinario.

## **CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA TERAPÉUTICA ENDODÓNTICA EN DESINFECCIÓN.**

Uno de los objetivos principales del tratamiento de conductos es reducir el número de bacterias y sus derivados a niveles compatibles con los tejidos perirradiculares (Siqueira y Rocas, 2011), para ello, los procedimientos químico-mecánicos están dirigidos a eliminar el tejido pulpar así como el biofilm presente y preparar el conducto para lograr una obturación tridimensional (Siqueira, et al., 2017).

Aunque durante la última década, los avances en técnicas, dispositivos e instrumentos resultaron en una forma más predecible, segura y rápida de alcanzar este objetivo, los sistemas actuales todavía no han demostrado debridar con éxito todos los espacios dentro del conducto, presentando mayores limitaciones en dientes con anatomía compleja y zonas de difícil acceso (De-Deus, et al., 2018).

Estudios con Micro TC han revelado que los conductos instrumentados contienen del 35% al 50% de superficies que permanecen intactas (Haapasalo, et al., 2012), las cuales estarían albergando restos de tejido pulpar, bacterias y fragmentos de dentina, particularmente en la porción apical, que pueden comprometer el resultado del tratamiento (Siqueira, et al., 2017).

Siqueira y Rocas (2011) encontraron que del 40 al 60% de los conductos previamente infectados permanecen con bacterias detectables posterior a los procedimientos químico-mecánicos. Por su parte Neelajantan, Khan, Li, Shetty y Xi (2018) registraron que del 30 al 60% de dientes que habían sido obturados y que fueron evaluados, presentaban microorganismos y tejido pulpar remanente que podría servir como fuente de nutrición, favoreciendo una infección persistente o secundaria.

Nair, Henry, Cano, y Vera, (2005) revelaron al hacer la apicectomía de 16 dientes tratados endodónticamente, que 14 de ellos presentaban una infección residual,

ubicando a los microorganismos, organizados como biopelículas, en conductos accesorios, huecos inaccesibles e istmos.

Estas conclusiones han marcado una pauta dentro de la investigación en endodoncia, en busca de desarrollar mejores protocolos de instrumentación, irrigación y obturación que brinden mayor certidumbre de los tratamientos y superen los obstáculos inherentes a la compleja anatomía del sistema de conductos y a la distribución y comportamiento del biofilm (Neves, Rocas, Siqueira, 2014).

### **1.1. INHERENTES AL CONDUCTO RADICULAR**

La complejidad de los conductos radiculares representa un desafío clínico y con frecuencia pone en riesgo los objetivos del tratamiento de conductos, por lo cual, resulta indispensable el conocimiento de las condiciones anatómicas normales y sus variantes, para establecer el protocolo más adecuado, que se adapte a las condiciones presentes (Valencia, et al., 2010).

Vertucci (1984) presentó una de las clasificaciones más reconocidas de los conductos radiculares, describiendo ocho tipos:

Tipo I. Un solo conducto se extiende desde la cámara pulpar hasta el ápice.

Tipo II. Dos conductos separados dejan la cámara pulpar y se unen en la porción apical para formar un conducto.

Tipo III. Un conducto deja la cámara pulpar, se divide a lo largo de la raíz en dos conductos, que terminan por unirse en apical.

Tipo IV. Dos conductos separados se extienden desde la cámara pulpar hasta el ápice.

Tipo V. Un conducto deja la cámara pulpar para luego dividirse en dos que llegan hasta el ápice en forámenes independientes.

Tipo VI. Dos conductos dejan la cámara pulpar, se unen a lo largo de la raíz y se separan en apical en dos forámenes independientes.

Tipo VII. Un conducto deja la cámara pulpar, se separa, se une y se vuelve a separar para terminar en dos forámenes independientes.

Tipo VIII. Tres conductos se extienden desde la cámara pulpar hasta el ápice.

Complementaria a esta clasificación que solo incluye a los conductos principales, se ha registrado dentro de la anatomía radicular conductos laterales, secundarios y accesorios, los cuales se distribuyen a lo largo de toda la longitud, la zona de furcación y el ápice radicular (Haapasalo, Quian y Shen, 2012).

Estos conductos son más grandes que los túbulos dentinarios (10-200  $\mu\text{m}$  de diámetro), contienen tejido pulpar y atraviesan el cemento conectando el sistema con el espacio del ligamento periodontal. Por su dirección y tamaño, la mayoría no pueden ser instrumentados de manera mecánica, por lo que los protocolos de irrigación juegan un papel fundamental para acceder a estas áreas (Haapasalo, et al., 2012).

Otra de las variantes frecuentemente observadas son los istmos, que se han definido como un espacio estrecho, en forma de cinta, que comunica dos o más conductos de una raíz y contiene tejido pulpar (Valencia de Pablo, et al., 2010), en la práctica clínica, los istmos son considerados uno de los retos más difíciles para la limpieza y desinfección adecuada, ya que la instrumentación se encuentra limitada en esta zona (Leohni, et al., 2017).

Por otro lado, la forma de los conductos también juega un papel fundamental durante el tratamiento, pueden presentarse en forma redonda, oval, aplanada o en C (Zuolo, et al., 2018), lo cual impide que los instrumentos, que conforman el conducto en forma circular, puedan tener contacto con toda la superficie, favoreciendo la retención de tejido pulpar y biofilm (Vieira, Siqueira, Ricucci y Lopes, 2012).

En general, estas características anatómicas pueden condicionar el tratamiento que depende de la eficacia en la limpieza y desinfección del sistema de conductos, por lo



que el avance en las técnicas sigue dirigido a desafiar estos obstáculos y favorecer el alcance de todas las áreas de difícil acceso (Siqueira, et al., 2017).

## **1.2. INHERENTES AL BIOFILM**

El biofilm puede definirse como una comunidad microbiana multicelular que esta sujeta firmemente a una superficie, envuelta por una matriz extracelular de sustancias poliméricas (polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos y lípidos) y separadas por canales de agua, que representa más del 90% de su composición (Siqueira, Rocas y Ricucci, 2012).

Particularmente las infecciones endodónticas son causadas por una comunidad de multiespecies, organizadas en biofilm, que les permite mantener una eficacia metabólica, mejora su patogenicidad y resistencia a agentes antimicrobianos, estrés y defensa del huesped, reduciendo su susceptibilidad a los tratamientos (Siqueira, et al, 2012).

Se ha encontrado una gran diversidad de comunidades bacterianas endodónticas de individuo a individuo, asociadas a la misma patología clínica, por lo tanto, la respuesta al tratamiento parece estar relacionada con la riqueza y abundancia de las especies presentes en cada caso (Siqueira, et al, 2012).

En este sentido se han identificado más de 400 especies en muestras de dientes con diferentes formas de periodontitis apical, infecciones primarias y secundarias, registrando en la porción apical un microbiota significativamente diferente en comparación con el tercio medio y cervical, probablemente asociada a las condiciones de esta área (Siqueira, Rocas y Ricucci, 2012).

Esta diversidad microbiana influye en el tratamiento y en el resultado del mismo, es por ello que se han propuesto distintos protocolos químico-mecánicos para reducir sustancialmente la carga biológica infecciosa (Neves, et al., 2014) sin embargo,

ninguno ha demostrado una limpieza absoluta, dejando bacterias que podrían favorecer la reinfección del conducto. (Siqueira, et al., 2017)

Vieira, et al. (2012) concluyeron que la periodontitis apical persistente es causada por bacterias que sobrevivieron a los efectos del tratamiento o que fueron introducidos durante el mismo o se fueron filtrando a pesar de la obturación. Existen razones para creer que, si estas bacterias tienen acceso a nutrientes disponibles a través de los procesos odontoblásticos en degradación, colágeno desnaturalizado, células bacterianas muertas o fluidos, pueden proliferar a pesar de las condiciones adversas.

Siqueira, et al., (2017) reiteran que los restos de tejido pulpar servirían como sustrato para la reinfección si dentro del conducto permanecen microorganismos.

Estudios han encontrado que las bacterias que causan infecciones persistentes por lo general se ubican en áreas del conducto principal que no fueron instrumentadas, en conductos laterales, ramificaciones apicales e istmos (Vieira, et al., 2012), y como células plantónicas que se entremezclan con la pulpa necrótica remanente (Siqueira, et al., 2012), incluso se ha reportado biopelículas que se adhieren a la superficie externa de la raíz, como una probable causa de la periodontitis apical post-tratamiento (Ferreira, Ferreira, Gomes y Souza-Filho, 2004).

Matsuo, et al. (2003) describieron que la infección también puede extenderse dentro de los túbulos dentinarios, registraron bacterias en el 70% de los dientes con periodontitis apical primaria estudiados y en un 65% de dientes con periodontitis apical secundaria, observando que las bacterias que invadían los túbulos eran principalmente de un solo morfotipo como cocos o bastones. Vieira, et al. (2012) encontraron que las bacterias podrían alcanzar hasta 300  $\mu\text{m}$  de profundidad dentro de los túbulos dentinarios en algunos dientes.

Se ha observado que la penetración de las bacterias se presenta con mayor frecuencia en el tercio cervical y medio que en el tercio apical, lo que podría deberse a que este

último esta conformado por una gran cantidad de dentina esclerosada y tiene significativamente menos túbulos dentinarios (Matsuo, et al., 2003). Sin embargo, esto no puede interpretarse como un menor riesgo de infección, ya que estudios han encontrado que las bacterias dentro de los túbulos dentinarios en la porción apical están ampliamente relacionadas con lesiones periapicales persistentes (Vieira, et al., 2012).

Debido a que la infección dentro de los túbulos dentinarios y en las áreas que no fueron tocadas por la instrumentación ni por la irrigación pueden poner en peligro el resultado a largo plazo del tratamiento, las estrategias que incorporan la desinfección de estos, deben ser alentadas para una eficacia clínica mejorada y predecible (Vieira, et al., 2012), dirigidos a reducir las poblaciones bacterianas a niveles indetectables por técnicas de cultivo microbiológico (Siqueira y Rocas, 2011).

### **1.3. INHERENTES AL TRATAMIENTO**

Durante la instrumentación se busca desorganizar el biofilm, los restos de tejido pulpar y tejido inorgánico dentro de los conductos y movilizarlos mediante la irrigación (Haapasalo, et al., 2012), este procedimiento es uno de los pasos más importantes para el control de la infección, por lo que se han realizado modificaciones en el diseño, aleación y cinemática de los instrumentos para optimizar los resultados (Lopes, et al., 2017).

A pesar de los avances en tecnología, la instrumentación todavía presenta desafíos que deben ser evaluados, continuamente estudios reportan la presencia de espacios dentro del conducto que no fueron alcanzados por los instrumentos o la formación de debris y lodillo dentinario que oblitera los túbulos dentinarios (Lopes, et al., 2017).

Siqueira, et al., (2017) evaluaron la superficie de molares inferiores y premolares y encontraron que la cantidad de áreas no preparadas en los conductos mesiales era del 18,1% en tercio medio y cervical y de 9.6% en el tercio apical, mientras que los

premolares registraron cifras del 34.6% en el tercio medio y cervical y 17.6% en el tercio apical, diferencia que podría explicarse por la forma oval que presentan estos últimos. Estas zonas acumulan restos de tejido pulpar y microorganismos, particularmente en el tercio apical, donde la irrigación difícilmente puede acceder.

Por otra parte, la acumulación de desechos y la formación de la capa de lodillo dentinario como efecto secundario de la instrumentación también contribuye a la retención de tejido y bacterias que en conjunto con las áreas no instrumentadas representan focos potenciales de reinfección que ponen en riesgo los resultados del tratamiento (Haapasalo, et al., 2012).

### **1.3.1. LODILLO DENTINARIO (SMEAR LAYER)**

Siempre que la dentina es cortada por un instrumento, los tejidos mineralizados son destrozados y producen cantidades considerables de escombros, formando la capa de lodillo dentinario (Violich y Chandler, 2010), estos residuos contienen partículas de dentina, restos de tejido pulpar vital o necrótico, bacterias e irrigante retenido (De-Deus, et al., 2014), que se compactan a lo largo de las paredes del conducto y obliteran los túbulos dentinarios (Poggio, et al., 2014).

Paqué, Laib, Gautschi y Zebnder (2009) observaron en dientes instrumentados con poca irrigación, que esta capa también podía presentarse en el área del istmo, conductos laterales y ramificaciones, así como en las superficies que no habían sido tocadas por los instrumentos.

McComb y Smith (1975) fueron los primeros en emplear el microscopio electrónico de barrido, para revisar la dentina de los conductos radiculares, realizaron tres estudios in vitro en donde demostraron los efectos de diferentes técnicas de instrumentación y protocolos de irrigación, concluyendo que cada técnica producía una capa gruesa de lodillo dentinario que no parecía estar firmemente adherida a las paredes. Mader, Baumgartner y Peters (1984) describieron esta capa como amorfa, irregular y granular

con un grosor de 1 a 2  $\mu\text{m}$  y observaron que se podía extender dentro de los túbulos hasta por 40  $\mu\text{m}$ .

Estudios han encontrado que cada sistema de limas disponible genera una capa de frotis y deja escombros dentro del conducto (Metzger, et al., 2010), sin importar que el instrumento sea manual o rotatorio, de acero inoxidable o NiTi (Haapasalo, et al., 2012) e independientemente del diseño y la cinemática (Zuolo, et al., 2018).

Incluso se ha observado que las puntas de ultrasonido sin corte pueden causar este efecto si entran en contacto con las paredes del conducto, al igual que las limas autoajustables (SAF), aún cuando estas presentan un sistema de irrigación constante (Metzger, et al., 2010) y solo aquellos instrumentos más blandos que la dentina, como la punta EndoActivator de Dentsply, no producirían esta capa (Haapasalo, et al., 2012).

Amaral, Forner y Llena (2013) compararon la cantidad de lodillo dentinario presente después de la instrumentación con los sistemas Wave One Gold, Mtwo y Reciproc, encontraron que, para todos ellos, la acumulación de lodillo es significativamente mayor en el tercio apical que en los tercios medio y cervical, resultados que coinciden con la investigación de Poggio, et al. (2014) y Machado, et al. (2018).

A pesar de que se encuentra bien descrito la formación de la capa de lodillo dentinario después de la instrumentación, algunos autores debaten su implicación en el tratamiento de conductos, cuestionan si realmente es necesario removerla o si su permanencia condicionaría los resultados, por lo que las investigaciones continúan.

## **CAPÍTULO 2. IMPLICACIONES DEL LODILLO DENTINARIO EN EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS**

Se ha realizado un gran esfuerzo para comprender si la capa de lodillo dentinario afecta el pronóstico del tratamiento de conductos, la completa eliminación de la infección y el sellado tridimensional durante la obturación (Violich y Chandler, 2010).

Algunos autores han planteado que el diagnóstico pulpar podría afectar la decisión de eliminar o no la capa de frotis, ya que los dientes con pulpitis irreversible representarían un menor riesgo, que los dientes con lesiones apicales, en donde el remanente de bacterias en el lodillo dentinario podría modificar el resultado a largo plazo (Haapasalo, et al., 2012).

El debate sobre este tema continúa en diversas investigaciones, por un lado, estudios la han considerado beneficiosa ya que podría obliterar los túbulos dentinarios y reducir la permeabilidad de la dentina (Mader, et al., 1984), disminuyendo la penetración de las bacterias y sus toxinas (Michelich, Schuster y Pashley, 1980, Pashley, Michelich y Kehl, 1981), la capa de lodillo no sería una barrera completa, pero retrasaría la infección (Williams y Goldman, 1985).

Por su parte Saleh, Ruyter, Haapasalo y Ørstavik, (2008) concluyeron que aún removiendo el lodillo dentinario y obturando los conductos, las bacterias podían penetrar dentro de los túbulos, lo que pondría en duda si la eliminación de esta capa realmente es necesaria para mejorar el sellado.

A pesar de estas conclusiones, diversos estudios han afirmado que el lodillo dentinario puede ser perjudicial para el tratamiento de conductos, Violich y Chandler (2010) mencionan que al tener un grosor y volumen impredecibles, contener bacterias, sus productos y tejido necrótico, puede favorecer la reinfección. Okşan, Aktener, Sen y Tezel (1993) encontraron que puede actuar como sustrato para las bacterias y favorecer su avance dentro de los túbulos dentinarios.

En este sentido se ha encontrado que una capa de lodillo dentinario de 5  $\mu\text{m}$  de espesor representaría una brecha potencial (Metzger, et al., 2010), que cubre áreas preparadas (Mader, et al., 1984) e impide el acceso de las sustancias irrigantes a los túbulos dentinarios contaminado por bacterias (Metzger, et al., 2010).

Además de obstaculizar la penetración de los irrigantes (Elnaghy, et al., 2016), evita la penetración de medicación en las irregularidades del sistema de conductos y los túbulos dentinarios (Torabinejad, Handysides, Khademi, y Bakland, 2002) impidiendo la adaptación íntima entre los materiales de obturación y la pared de dentina, proporcionando un espacio para la filtración y proliferación bacteriana, incluso cuando se aplica compactación con gutapercha caliente (Metzger, et al., 2010, Mader, et al., 1984).

En revisión sistemática Shahravan, Haghdoost, Adl, Rahimi y Shadifar (2007) concluyeron que la eliminación de la capa de lodillo dentinario mejora el sellado hermético del sistema de conductos durante la obturación y ofrece una mayor resistencia a la penetración bacteriana (Behrend, Cutler y Gutmann, 1996).

Permite que el hipoclorito de sodio penetre fácilmente dentro de los túbulos dentinarios, mejorando así su acción bactericida (Poggio, et al., 2014), lo que favorece la interfaz entre el sellador y la dentina mejorando la capacidad de adaptación de los materiales (White, Goldman y Lin, 1984).

A pesar de estos resultados, diversos autores han encontrado que remover la capa de lodillo dentinario en su totalidad resulta complicado, ya que incluso cuando los tercios medio y cervical están relativamente limpios, el tercio apical representa un desafío para lograr los mismos estándares, por lo cual la evaluación de diversas sustancias y los protocolos de irrigación que garanticen los mejores resultados continúan siendo investigados (Metzger, et al., 2010).

## **2.1. ELIMINACIÓN DEL LODILLO DENTINARIO**

Dentro de los esfuerzos en desinfección, diversos estudios han establecido métodos para la eliminación de la capa de lodillo dentinario (Violich y Chandler, 2010), en estas investigaciones el microscopio electrónico de barrido ha sido una herramienta valiosa para evaluar la limpieza de las paredes del conducto, ya que permite determinar la presencia o no de ésta dentro de los túbulos dentinarios (Elnaghy, et al, 2016).

Debido a la complejidad anatómica y a la importancia de la zona en el éxito del tratamiento, gran parte de los protocolos han sido evaluados en conductos radiculares curvos, enfocados particularmente en el tercio apical, debido al menor tamaño de este comparado con los otros dos tercios y a la dificultad de acción y circulación que el irrigante puede tener en esta zona (Elnaghy, et al., 2016).

Se han propuesto diferentes soluciones irrigantes para disminuir la capa de lodillo dentinario (Elnaghy, et al., 2016) y los métodos de activación de las mismas con el fin de superar las limitaciones de la irrigación convencional y mejorar la limpieza y desinfección del sistema de conductos (Leoni, et al., 2017).

## **2.2. IRRIGACIÓN**

La irrigación es considerada una parte central del tratamiento de conductos (Haapasalo, et al., 2012), tiene como objetivo principal favorecer la eliminación de los componentes orgánicos, como es el tejido pulpar y los microorganismos y los componentes inorgánicos, integrados por los escombros y la capa de lodillo dentinario que se generan después de la instrumentación (Violichy Chandler, 2010).

Siqueira, et al. (2017), estudiaron la capacidad de desinfección de los irrigantes mediante análisis histológico, encontraron que las zonas del conducto que no habían sido tocadas por los instrumentos, no mostraban remanentes de tejido pulpar en el tercio medio y cervical, debido a que la irrigación lo removió mecánicamente, sin embargo, en la porción apical los resultados fueron distintos.



Parece ser que los efectos del desbridamiento quimomecánico suelen estar restringidos solo a una parte del conducto principal, debido a las limitaciones físicas y de tiempo, que evitan que los instrumentos e irrigantes alcancen con éxito todas las áreas remotas (Nair, et al., 2005)

Debido a que las bacterias residuales en estas áreas pueden poner en riesgo el resultado del tratamiento, se han establecido estrategias suplementarias en irrigación para optimizar la desinfección (Neves, et al., 2014), existe una variedad de sustancias que cuentan con diferentes efectos físicos, mecánicos, químicos, biológicos y microbiológicos, que han sido estudiadas para este propósito (Haapasalo, et al., 2012), complementadas por la activación mediante vibración sónica o ultrasonido, instrumentos rotatorios modificados y terapia fotodinámica que mejoran sus resultados (Siqueira, J., y Rocas, I. 2011).

### **2.3. SUSTANCIAS IRRIGANTES**

La habilidad de las soluciones irrigantes para remover la capa de lodillo dentinario ha sido ampliamente estudiada debido a que, al estar conformada por materiales orgánicos e inorgánicos, ninguna sustancia es capaz de eliminarla por completo de manera individual (Haapasalo, et al., 2012), por lo que se ha recomendado el uso secuencial de sustancias que disuelvan el tejido orgánico y desmineralicen los compuestos inorgánicos para poder tener un efecto real sobre ella (Violich y Chandler, 2010).

Elnaghy, et al. (2016), sugieren que para la eliminación efectiva de la capa de lodillo dentinario, los irrigantes deben tener contacto con las paredes del conducto, reportaron que para alcanzar la mayor incidencia, los conductos radiculares debían estar preparados en la porción apical con un diámetro mínimo de 0,30 mm. Morgan y Baumgartner (1997) mencionan que la cantidad de lodillo dentinario eliminado por una sustancia estará relacionado con su pH y el tiempo de exposición sobre la pared dentinaria.

### 2.3.1 HIPOCLORITO DE SODIO

El hipoclorito de sodio (NaOCl) se ha convertido en la solución irrigante más utilizada en endodoncia (Elnaghy, et al., 2016) se ha empleado sistemáticamente en concentraciones que varían del 0,5% al 5,25% (Cruz-Filho, et al., 2011) demostrando que entre más tiempo se utiliza dentro del sistema de conductos radiculares, más eficaz resulta en la disolución del tejido orgánico y en la actividad antimicrobiana (Haapasalo, et al., 2012) promoviendo la desinfección incluso de las áreas que no fueron tocadas por los instrumentos (Siqueira, et al., 2017).

A pesar de su excelente acción bactericida y su capacidad para disolver materia orgánica, varios factores pueden interferir con la efectividad del NaOCl, incluida la concentración, el tiempo, el volumen de irrigante, el tamaño del conducto radicular, la velocidad de administración, la agitación, la tasa de renovación, la temperatura, la cantidad y naturaleza de la materia orgánica y la densidad bacteriana en el biofilm (Siqueira, et al., 2017).

Se ha demostrado que el hipoclorito de sodio combinado con diferentes protocolos de irrigación no puede eliminar completamente los residuos del conducto radicular, en particular en zonas de difícil acceso, como istmos, deltas e irregularidades (De-Deus, et al., 2014).

Metzger, et al (2010) evaluaron la eficacia del sistema de limas auto ajustables en la eliminación del debris y el lodillo dentinario, en el grupo en donde solo se utilizó hipoclorito de sodio, la capa de frotis y los residuos permanecieron a lo largo de todo el conducto radicular.

Estos resultados pueden explicarse por el principio activo del hipoclorito de sodio, ya que cuenta con una gran cantidad de moléculas HOCl (ácido hipocloroso) no disociadas, que interaccionan únicamente con la materia orgánica y la degradan, sin embargo, su acción no afecta a la materia inorgánica, creando un bajo impacto en el lodillo dentinario (Guerisoli, et al., 2002).

Debido a que solo hace una limpieza superficial de las paredes del conducto, no es capaz de eliminar la capa de lodillo dentinario (Goldman, Goldman, Kronman y Lin 1981), (Baker, Eleazer, Averbach y Seltzer, 1975), incluso con la activación ultrasónica (Guerisoli, et al.,2002), lo que hace necesaria su asociación con agentes quelantes que actúen sobre la materia inorgánica (Cruz-Filho, et al., 2011).

Por lo anterior Yamada, Armas, Goldman y Lin (1983) mencionan que, para lograr la eliminación de esta capa, así como del tejido blando y debris se debe incorporar el uso alternativo de EDTA y NaOCl.

### **2.3.2. EDTA**

La solución líquida de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) fue el primer quelante utilizado en odontología como agente capaz de ablandar químicamente la dentina del conducto radicular, disolver la capa de frotis y aumentar la permeabilidad de los túbulos (Cruz-Filho, et al., 2011), mejorando sustancialmente el acceso a otras sustancias desinfectantes (Metzger, et al., 2010)

Los quelantes reaccionan con los iones de calcio en la dentina y forma quelatos de calcio, compuestos de mayor estabilidad, que favorecen la remoción del lodillo dentinario (Violich y Chandler, 2010), no depende de un alto contenido de iones de hidrógeno para lograr dicha descalcificación y son eficaces a un pH neutro, por lo que se ha demostrado su efectividad a lo largo de todo el conducto (Guerisoli, et al. 2002).

Sin embargo, debe estar en contacto directo con la superficie para una acción efectiva, por lo que el efecto quelante en el tercio apical de los conductos radiculares puede ser despreciable en comparación con los otros dos tercios (Fraser, 1974) en este sentido se han implementado métodos adicionales como el uso de ultrasonido para favorecer su desplazamiento en áreas de difícil acceso (Guerisoli, et al., 2002).

Esta sustancia interfiere con la capacidad de disolución y desinfección del hipoclorito de sodio y, por lo tanto, debe ser utilizada una vez que se concluya la instrumentación como parte del protocolo final de irrigación (Haapasalo, et al., 2012).

Diversas investigaciones han buscado establecer el tiempo que debe permanecer la solución quelante dentro de los conductos radiculares para obtener los mejores resultados, Von der Fehr y Nygaard (1963) reportaron que el EDTA descalcificó la dentina a una profundidad de 20 a 30  $\mu\text{m}$  en 5 min, eliminando todo el tejido contenido dentro de los túbulos, sin embargo, estudios más recientes encontraron que con 1 o 2 minutos de irrigación continua son más que suficientes para retirar la capa de lodillo dentinario (Haapasalo, et al., 2012), independientemente de la técnica de activación utilizada (Elnaghy, et al., 2016).

Goldman, et al. (1982) evaluaron el efecto de distintas combinaciones de sustancias irrigantes para lograr la desinfección del conducto, concluyeron que utilizar 10 ml de EDTA al 17%, seguido de 10 ml de NaOCl al 5,25% permitían la eliminación tanto del tejido orgánico como el inorgánico. Otros autores han confirmado que el uso secuencial de estas sustancias en el protocolo de irrigación final ofrece el porcentaje más bajo de residuos dentro de los conductos radiculares y el área del istmo (De-Deus, et al., 2014).

A pesar de estos resultados algunos autores como Torabinejad, et al. (2002) sugieren que el uso de EDTA durante el tratamiento de conductos podría ser perjudicial al tener efectos destructivos importantes en el tercio coronal y medio del conducto, debilitando las paredes, además de no aportar ningún efecto bactericida adicional.

### **2.3.3. MTAD**

En un esfuerzo por producir un irrigante capaz de retirar la capa de lodillo dentario y al mismo tiempo desinfectar el sistema de conductos, Torabinejad, et al. (2003) desarrollaron una nueva solución irrigante que contiene una mezcla de isómero de

doxiciclina al 3%, antibiótico de amplio espectro, ácido cítrico al 4.25%, agente desmineralizante y polisorbato 80 al 0.5%, un detergente.

Comercialmente conocido como: BioPure MTAD, está disponible como una mezcla de 2 partes, considerada clínicamente eficaz y un irrigante endodóntico biocompatible (Singla, Garg y Gupta, 2010).

Este producto tiene un pH de 2.15 debido a la presencia del ácido cítrico, contiene iones de calcio que participan en la eliminación de la capa de frotis por quelación, tetraciclina que aporta efectos antibacterianos y además exhibe sustentividad en los tejidos calcificados hasta por 28 días (Siqueira y Rocas, 2011).

El MTAD ha demostrado desmineralizar la dentina más rápido que el EDTA al 17%, lo que representa un enfoque innovador para la eliminación simultánea de la capa de frotis y la desinfección del sistema de conductos radiculares (De-Deus, et al., 2007). Torabinejad, et al., (2003) concluyen que sería una solución efectiva en el protocolo de irrigación final, siendo una alternativa al uso de EDTA (Siqueira y Rocas 2011).

Park, Torabinejad y Shabahang (2004) evaluaron el efecto de la eliminación de la capa de frotis usando MTAD en la fuga coronal de los conductos radiculares obturados y encontraron que los dientes tratados con MTAD produjeron significativamente menos fugas que las muestras tratadas con NaOCl. Aunque los dientes tratados con EDTA mostraron más fuga coronal en comparación con los tratados con MTAD, la diferencia no fue significativa.

Ghoddusi, Rohani, Rashed, Ghaziani y Akbari (2007) no encontraron diferencias en la fuga bacteriana en los dientes cuando la capa de frotis se eliminó mediante MTAD o EDTA.

### 2.3.4 ÁCIDO CÍTRICO

El ácido cítrico es un agente quelante natural capaz de disolver el tejido inorgánico (Loel, 1975), es biocompatible y menos irritante para los tejidos periapicales que otras sustancias desmineralizantes (Jain, Garg, Dhindsa, Joshi, Khatria, 2019).

Loel (1975) utilizó ácido cítrico al 50% durante dos minutos, en adición con hipoclorito de sodio, produciendo una reacción espumante que ayudó a eliminar los escombros dentro del conducto y preparó la dentina para su posterior sellado con materiales de obturación.

Tidmarsh (1978) confirmó que utilizar ácido cítrico al 50% junto con la instrumentación endodóntica normal era capaz de producir un conducto libre de escombros, aunque indicaba la irrigación abundante con otra sustancia ya que al utilizar este producto se forman cristales residuales de citrato de calcio, los cuales, de acuerdo con otros autores, podrían obstaculizar la completa obturación del conducto (Violich y Chandler, 2010)

Diversos estudios siguieron confirmando que el ácido cítrico podía eliminar la capa de lodillo dentinario, siendo más efectivo que el hipoclorito de sodio (Baumgartner, Brown, Mader, Peters y Shulman, 1984), el ácido poliacrílico, ácido láctico y fosfórico que también han sido utilizados con este fin, sin embargo, presentó resultados inferiores cuando se comparó con el EDTA, por lo que no ha sido considerado como el irrigante final de primera elección (Meryon, Tobias y Jakeman, 1987).

## **CAPÍTULO 3. MÉTODOS DE ACTIVACIÓN DE IRRIGANTES**

Para superar las limitaciones de la irrigación convencional se han introducido diferentes dispositivos que mejoran el flujo y la distribución de las soluciones dentro del sistema de conductos, particularmente en el tercio apical (Elnaghy, et al., 2016).

Estos dispositivos presentan diferencias en la forma en la que administran los irrigantes, el método de aspiración, la técnica de activación, el equipo requerido, la potencia y cinemática (De-Deus, et al., 2018), entre ellos destaca la activación vía sónica, ultrasónica o los dispositivos láser que han sido asociados con una mejor limpieza y desinfección de los conductos radiculares (Leoni, et al., 2017).

Los sistemas de activación han dado mejores resultados en la eliminación de la capa de frotis en el tercio apical de los conductos radiculares en comparación con la irrigación convencional de jeringa y aguja (Jain, Garg, Dhindsa, Joshi, Khatria, 2019), ya que este último distribuye la solución no más allá de 0-1.1 mm de la punta de la aguja, por lo que la limpieza resulta inadecuada e incompleta para la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares, incluyendo los conductos accesorios, laterales, delta apical e istmos (Elnaghy, et al., 2016) y el tercio apical (Jain, et al., 2019).

Además, cuando se aplican soluciones con una técnica de irrigación convencional se ha demostrado no ser tan efectivo en la eliminación de todo el tejido orgánico e inorgánico (Ulusoy, Savur, Alacam y Celik, 2018)

### **3.1. ULTRASONIDO**

La irrigación ultrasónica pasiva (PUI) es la activación del irrigante dentro del conducto radicular mediante pequeñas limas o puntas que oscilan (Leoni, et al., 2017) con una frecuencia mayor a 20 kHz, más allá del límite de la audición humana (Siqueira y Rocas, 2011), el termino pasivo se utiliza para denotar la intención de que el instrumento no corte o contacte con la dentina (Park, 2013).

Este proceso se realiza después de haber completado la instrumentación, como protocolo de irrigación final, en el que el irrigante se repone intermitentemente usando una jeringa convencional o se entrega continuamente a través del ultrasonido (Siqueira y Rocas, 2011) mientras se activa una punta sin estrías, evitando la creación de conductos, irregularidades o perforaciones apicales (Park, 2013).

Los efectos físicos generados por el ultrasonido utilizados en endodoncia son la oscilación, cavitación y micro transmisión acústica, sin embargo, también produce calor y emite energía electromagnética que requieren precaución en ciertas circunstancias clínicas (Park, 2013).

La oscilación mecánica generada en la punta del ultrasonido se utiliza para cortar los tejidos biológicos o materiales dentales (Park, 2013), la cavitación puede perturbar y causar desaglomeración de la biopelícula endodóntica, y eliminar las bacterias planctónicas (Siqueira y Rocas, 2011) ya que forma burbujas microscópicas en el irrigante que luego colapsan y explotan, resultando en áreas localizadas de presión y producción de calor.

Además, la micro transmisión acústica, favorece la penetración del irrigante dentro de la compleja anatomía radicular y la fricción produce calor que aumenta la temperatura de las sustancias circundantes hasta en 10 grados centígrados, favoreciendo la disolución del tejido (Park, 2013).

La irrigación con ultrasonido puede lograrse con una lima de acero inoxidable o níquel-titanio de calibre ISO15–40, que se coloca en un adaptador metálico o mediante una punta plana de NiTi calibre 30 (Park, 2013), la lima debe mantenerse lo más centrada posible en el conducto para minimizar el contacto con las paredes (Wigler, Dvir, Weisman, Matalon y Kfir, 2017) y maximizar la micro transmisión, permitiendo que el instrumento vibre libremente (Ahmad, Pitt Ford y Crum, 1987).



No está claro cuánto tiempo se requiere utilizar el ultrasonido para hacer un impacto positivo en la clínica, pero varios estudios han demostrado que 1 o 2 minutos de activación resulta en conductos significativamente más limpios, mejorando la penetración de irrigante (Park, 2013, De-Deus, et al., 2018). En cuanto a la eliminación del lodillo dentinario Guerisoli et al. (2002) menciona que activar EDTA al 17%, seguido de la irrigación con agua destilada favorece la remoción de esta capa, resultados que coinciden con otras investigaciones en donde se ha demostrado la efectividad de este protocolo de irrigación final (Leoni, et al., 2017).

Se ha recomendado que para efectos óptimos, los conductos radiculares deben ser ampliados al menos a un instrumento #40, brindando suficiente espacio para la oscilación de la lima, sin embargo, estudios han cuestionado la efectividad en conductos curvos ya que el ultrasonido podría contactar con las paredes disminuyendo su velocidad y favoreciendo la formación de escalones y perforaciones (De-Deus, et al., 2018), además se ha encontrado que precurvar las limas no mejora la efectividad del irrigante, ni eliminar la capa de frotis en el tercio apical (Lumley, Walmsley, Walton y Rippin, 1992).

Algunos autores cuestionan los beneficios del ultrasonido, debido a la baja flexibilidad de los instrumentos que no les permitiría acceder a zonas anatómicas complejas (Ulusoy, et al. 2018) con el riesgo de modificar el conducto sin reducir significativamente los recuentos bacterianos, en comparación con otros sistemas de activación de sustancias irrigantes (Alves, et al., 2016).

### **3.2. XP-ENDOFINISHER**

El sistema XP- Endofinisher de la marca FKG, es un instrumento a base de níquel titanio con una aleación patentada MaxWire (Martensita-Austenita Electropulido FleX), que reacciona a diferentes niveles de temperatura (Amaral, et al., 2013), cuando se enfría, se encuentra en la fase martensita presentando una forma recta y al calentarse con la temperatura corporal cambia a una fase austenita, presentando una forma de C

en el último tercio (Uygun, et al., 2016).

Estas propiedades hacen a la lima más dúctil, con una alta flexibilidad, mayor capacidad de recuperación, resistencia a la fractura y un efecto de memoria que le permite regresar a su forma original (Zupanc, Vahdat-Pajou y Schafer, 2018)

La lima tiene un núcleo pequeño con un ISO 25 de diámetro y conicidad cero (Elnaghy, et al., 2016), por lo que fue diseñada para ser utilizada en conductos instrumentados al menos con el mismo calibre (Wigler, et al., 2017). Se adapta a lo largo de toda la pared del conducto, sin debilitar la estructura del diente, ya que no corta la dentina (De-Deus, et al., 2018), presentando un mejor manejo en morfologías complejas (Wigler, et al., 2017) y facilitando el acceso a conductos curvos y estrechos.

Durante la activación, se deben realizar movimientos de arriba hacia abajo dentro del conducto lo que permite que el instrumento pueda expandirse en una extensión de 6 mm de diámetro (Leoni, et al., 2017) y así tocar toda la pared del conducto y agitar la solución irrigante (Alves, et al., 2016)

Debido a estas características diversos estudios han investigado la efectividad del sistema por si solo y en comparación con otros protocolos de irrigación final, en cuanto a la eliminación de tejido orgánico, inorgánico, la capa de lodillo dentinario y el hidroxido de calcio para mejorar la desinfección y facilitar la obturación tridimensional (Wigler, et al., 2017).

Leoni, et al. (2017) compararon diferentes protocolos de irrigación final en raíces mesiales con presencia de istmos, para determinar su eficacia en la eliminación de restos de tejido duro acumulado en estas zonas posterior a la instrumentación, encontraron que la activación ultrasónica y el sistema XP-EndoFinisher presentaron resultados significativamente mejores que la irrigación convencional o la lima auto ajustable. Particularmente XP-Endo Finisher presentó un porcentaje de reducción de tejido duro acumulado del 89.7% y aunque los resultados fueron similares a la

activación con ultrasonido, XP- Endo Finisher presentó mayor eficacia en el tercio apical.

De-Deus, et al., (2018) también evaluó el uso de irrigación ultrasónica pasiva y el sistema XP-EndoFinisher en la eliminación de tejido duro acumulado en el conducto, concluyeron que ambos protocolos presentaron una gran reducción, sin una diferencia significativa entre ellos. Similar a estos resultados Elnaghy, et al. (2016) encontraron que tanto el sistema XP-endo Finisher como el sistema EndoActivator, mostraron una mayor eliminación de la capa de lodillo dentinario que la irrigación convencional de jeringa y aguja endodóntica, sin embargo, en los tres grupos la zona apical seguía presentando restos de tejido.

Alves, et al. (2016) reportaron que el sistema XP-Endo Finisher presentó conteos bacterianos significativamente más bajos que los obtenidos después de la preparación quimiomecánica y el uso de ultrasonido, aunque estos resultados no pudieron igualarse en el área del istmo, en donde persistieron niveles altos de infección.

Ulusoy, et al. (2018) encontraron que el sistema XP-Endo Finisher fue más efectivo en la eliminación de tejido orgánico simulado en conductos con resorción interna artificial que el ultrasonido, concluyendo que la flexibilidad del instrumento le permite adaptarse mejor a las paredes del conducto.

### **3.3. ACTIVACIÓN SÓNICA**

El sistema EndoActivator consta de una pieza de mano portátil sónica (167 Hz o 10 000 cpm) y tres puntas plásticas de tamaño variable, de polímeros flexibles desechables que no cortan dentina (Jain, et al., 2019) fue desarrollada para activar las sustancias dentro del conducto, como el NaOCl, para generar un efecto hidrodinámico, lo que en teoría podría maximizar los efectos biológicos de la sustancia (Siqueira, y Rocas, 2011, Elnaghy, et al.,2016).

Huffaker, Safavi, Spangberg y Kaufman (2010) evaluaron la capacidad de la activación sónica de NaOCl con el sistema EndoActivator en la eliminación bacterias dentro de los conductos, concluyeron que no había diferencias significativas en comparación con la irrigación convencional de jeringa y aguja endodóntica, resultados que coinciden con la investigación de Siqueira y Rocas (2011) en donde el sistema no mostró una ventaja significativa para aumentar la eficacia antibacteriana de NaOCl.

Sin embargo, estudios como el de Elnaghy, et al. (2016) y Jain, et al., (2019) encontraron que utilizar el sistema en combinación con EDTA o ácido cítrico, favorecía la eliminación de la capa de lodillo dentinario.

### **3.4. LIMA AUTOAJUSTABLE (SAF)**

La lima autoajustable (SAF, por sus siglas en inglés), es una estructura tubular hueca de NiTi, sin núcleo central metálico (Metzger, 2014), que cuenta con una punta sin corte, y una forma de S a lo largo del eje axial con una conicidad .06 (Zuolo, et al., 2018), tiene un mecanismo de riego incorporado por donde circula el irrigante, aumentando el porcentaje de áreas tocadas por el mismo (Metzger, 2014).

Debido a su flexibilidad se adapta tridimensionalmente a la forma del conducto radicular, incluso en conductos ovales, registrando un contacto de hasta el 75% de las paredes (Zuolo, et al., 2018) además el recambio constante del suministro de irrigante, permite la penetración en regiones complicadas, como la porción apical y los istmos (Metzger, 2010).

Esta lima está diseñada para preparar el conducto y eliminar capas de dentina, por lo que si se utiliza en el protocolo de irrigación final es necesario emplear el menor calibre ya que podría alterar la morfología del conducto (Metzger, 2010).

Neves, et al., (2014) evaluaron el sistema SAF para la desinfección de conductos con periodontitis apical, encontraron que al utilizarlo durante 4 min con irrigación

concomitante de NaOCl al 2.5%, se presentaba una disminución de los recuentos bacterianos, sin embargo, casi la mitad de los dientes evaluados aún tenían bacterias detectables por medios moleculares, por lo que era necesario realizar protocolos adicionales de irrigación.

Cuando se evaluó su capacidad para eliminar la capa de lodillo dentinario Haapasalo, et al. (2012), demostraron mediante estudios con Micro CT que no presentaba diferencias significativas en relación con el protocolo de irrigación convencional, sin embargo, Metzger, et al. (2010) observaron que, al utilizar hipoclorito de sodio, seguido de EDTA al 17% los conductos se encontraban libres de escombros y casi completamente libres de la capa de frotis.

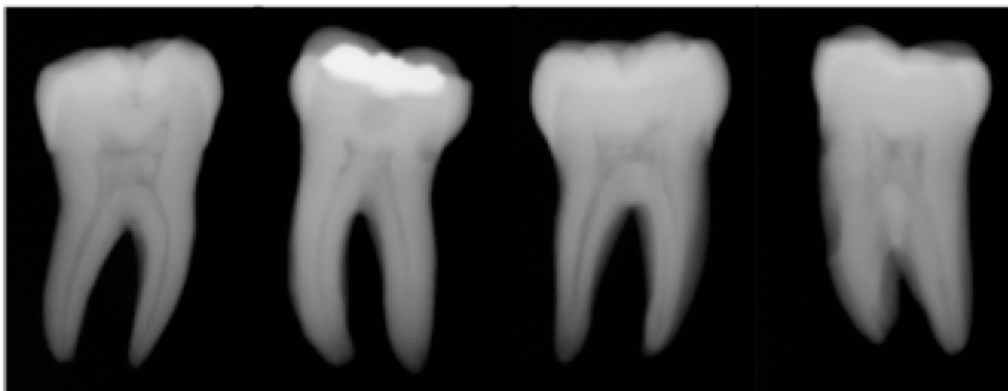
## MATERIAL Y MÉTODOS

### A. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se realizó un estudio experimental in vitro utilizando 32 raíces mesiales de molares inferiores extraídos, las muestras seleccionadas debían contar con la raíz mesial y distal divergentes. Los molares fueron fotografiados individualmente (ver Fotogr. I) y se les tomó una radiografía inicial con el radiovisiografo Planmeca Pro Sensor para registrar la anatomía de los conductos y observar que estuvieran permeables (ver Fotogr. II).



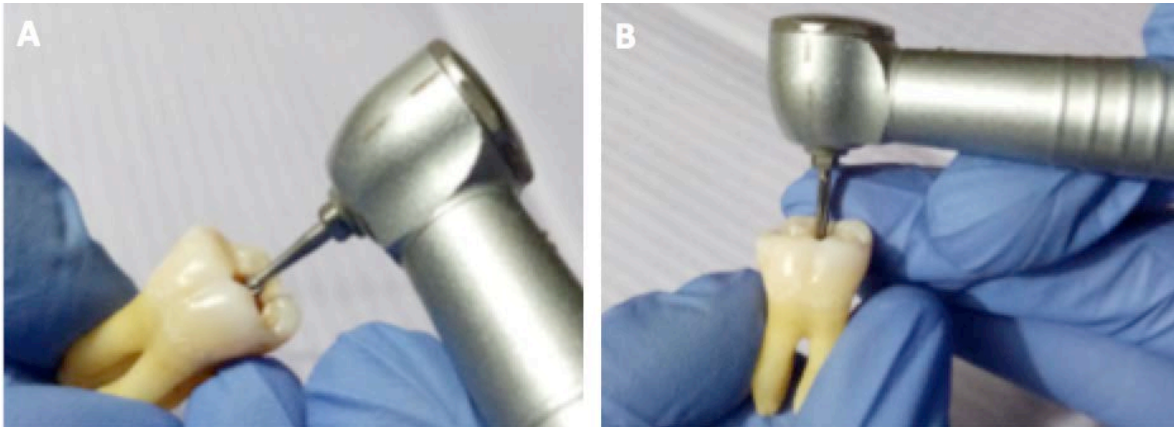
**Fotografía I.** Ejemplo de las muestras seleccionadas: Fotografía de molares inferiores con raíz mesial y distal divergentes.



**Fotografía II.** Radiografía inicial de muestras seleccionadas con radiovisiografo Planmeca Pro Sensor.

## B. PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Se realizaron los accesos con una fresa SSW® FG-6 (ver Fotogr.III-A) y se rectificaron con Endo Z de la marca Densply® (ver F Fotogr.III-B).



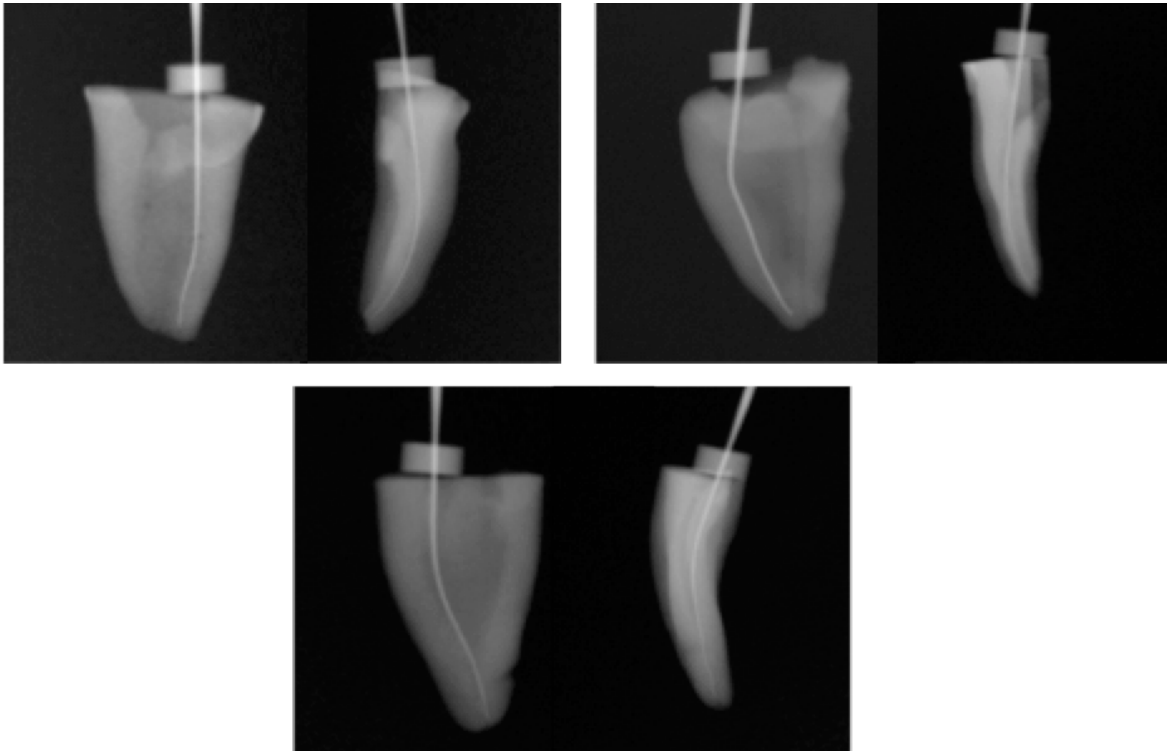
**Fotografía III.** A. Acceso con fresa SSW® FG-6, B. Rectificación con Endo Z de la marca Densply.

Con un disco de carburo a baja velocidad se separaron las raíces mesiales y distales (ver Fotogr.IV-A), conservando únicamente la raíz mesial. Posteriormente se midió la raíz con un vernier de apical hacia cervical y se realizó una marca a los 15 mm (ver Fotogr.IV-B), se realizó el corte con el disco de carburo sobre esta línea, dejando una longitud estandar en todas las muestras (ver Fotogr.IV-C).



**Fotografía IV.** A. División de la raíz mesial y distal con disco de carburo, B. Registro de longitud de 15 mm, C. Corte a nivel cervical de raíz mesial.

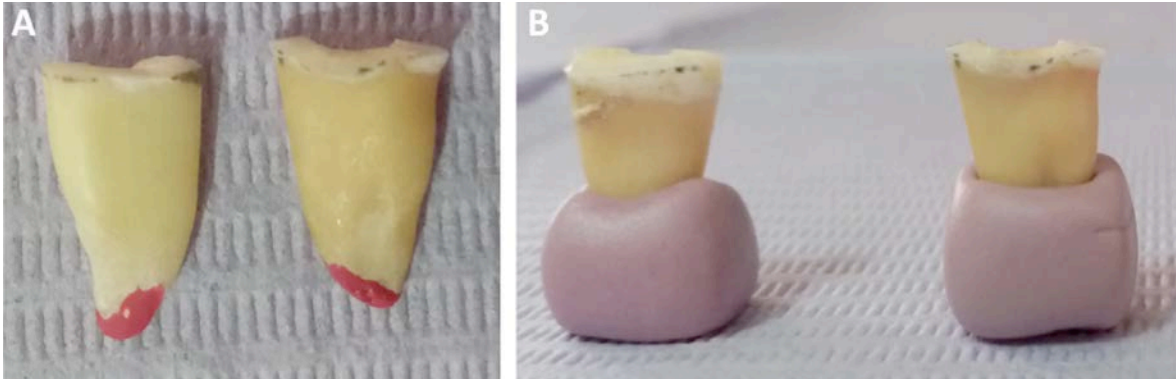
Con una lima ISO 15 tipo K de Densply® se ubicó la longitud de trabajo, observando la salida de la lima por el ápice radicular y retornando dentro del conducto 1 mm, se tomó una imagen con el radiovisiografo Planmeca Pro Sensor, en sentido vetinbulo-lingual y mesio-distal como método de comprobación (ver Fotogr.V).



**Fotografía V.** Ejemplo de radiografía longitud de trabajo con radiovisiografo Planmeca Pro Sensor, imagen en sentido mesio-lingual y distal o mesial de tres muestras.

El ápice de las raíces fue sellado con barniz de uñas (ver Fotogr. VI-A) para evitar la salida de detritus o irrigante a través de este, las raíces fueron montadas en una base de silicón pesado para facilitar su manipulación (ver Fotogr. VI-B).





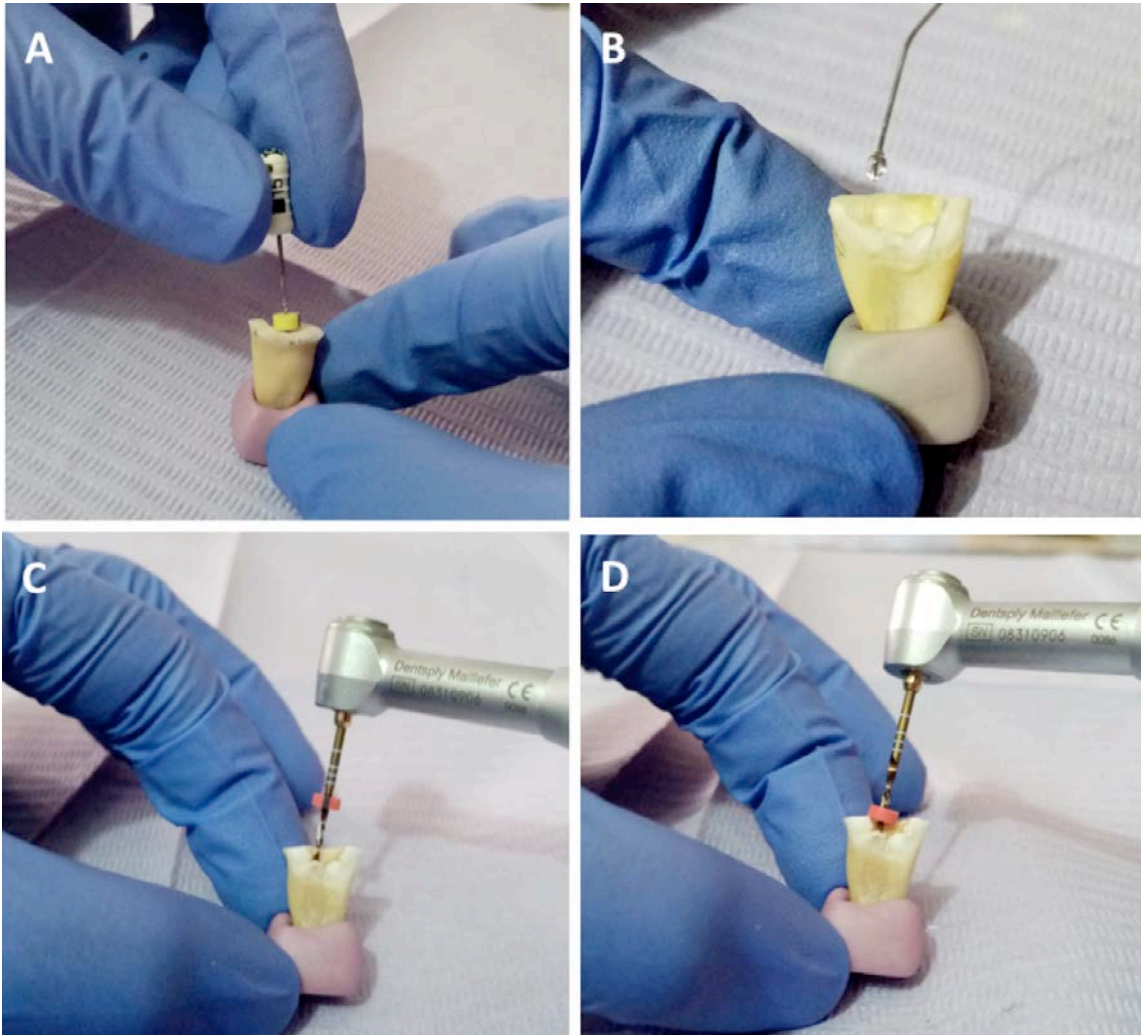
**Fotografía VI.** A. Ápices sellados con barniz, B. Base de silicón pesado.

### **C. PROTOCOLO DE INSTRUMENTACIÓN**

Las muestras fueron instrumentadas con el sistema Wave One Gold de Dentsply® utilizando el motor X-Smart Plus de Dentsply® para su activación y 5 ml de hipoclorito de sodio al 5.25% como irrigante mediante una jeringa de 5 ml y una aguja Endo-Eze® de ULTRADENT tamaño 27ga.

La secuencia de conformación se inició utilizando una lima ISO 15 tipo K Dentsply® (ver Fig.VII-A), la cual se utilizó cada vez que el instrumento rotatorio se retiraba del conducto para asegurar la permeabilidad del mismo y evitar obliteraciones. En la conformación se utilizó la lima PRIMARY 25/.07 del sistema Wave One Gold de Dentsply® realizando movimientos de entrada y salida con ligera presión hacia apical recargándose en las paredes hasta llegar a longitud de trabajo (ver Fotogr. VII-C y D).

Se mantuvo una irrigación constante utilizando 5 ml de hipoclorito de sodio al 5.25%, solo a nivel de la entrada de los conductos para favorecer la acumulación de detritus pero permitir el desplazamiento del instrumento (ver Fotogr.VII-B). Finalmente se irrigó con 5 ml de solución fisiológica para prevenir los efectos prolongados de la solución de NaOCl a nivel de la entrada del conducto.



**Fotografía VII.** Secuencia de instrumentación. A. Permeabilidad del conducto con lima ISO 15 K, B. Irrigación con NaCl al 5.25% en la entrada del conducto. C y D. Conformación con lima PRIMARY 25/.07 del sistema Wave One Gold de Dentsply.

#### **D. ASIGNACIÓN POR GRUPOS**

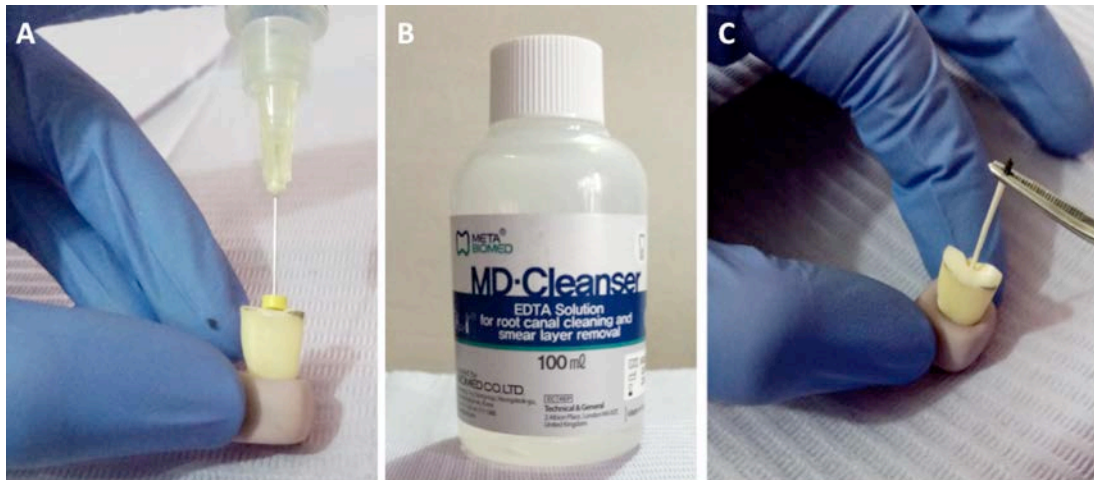
Las raíces fueron divididos en cuatro grupos de manera aleatorizada para recibir distintos protocolos de irrigación final:

- I. **Control positivo:** Se seleccionaron 2 raíces a las que no se les aplicó protocolo de irrigación final, para observar la acumulación de lodillo dentinario en las

paredes del conducto. Se utilizaron solamente dos muestras para revisar que el protocolo fuera reproducible.

- II. **Control negativo:** Se seleccionaron 10 raíces en este grupo para realizar un protocolo de irrigación convencional. Las muestras fueron irrigadas con 5 ml de EDTA al 17% de META BIOMED (ver Fotogr. VIII-B) con jeringa de 5ml y una aguja Endo-Eze® de ULTRADENT tamaño 27 ga (ver Fotogr. VIII-A), durante 60 segundos, colocando la aguja 1 mm por arriba de la longitud de trabajo, sin realizar activación adicional del irrigante.

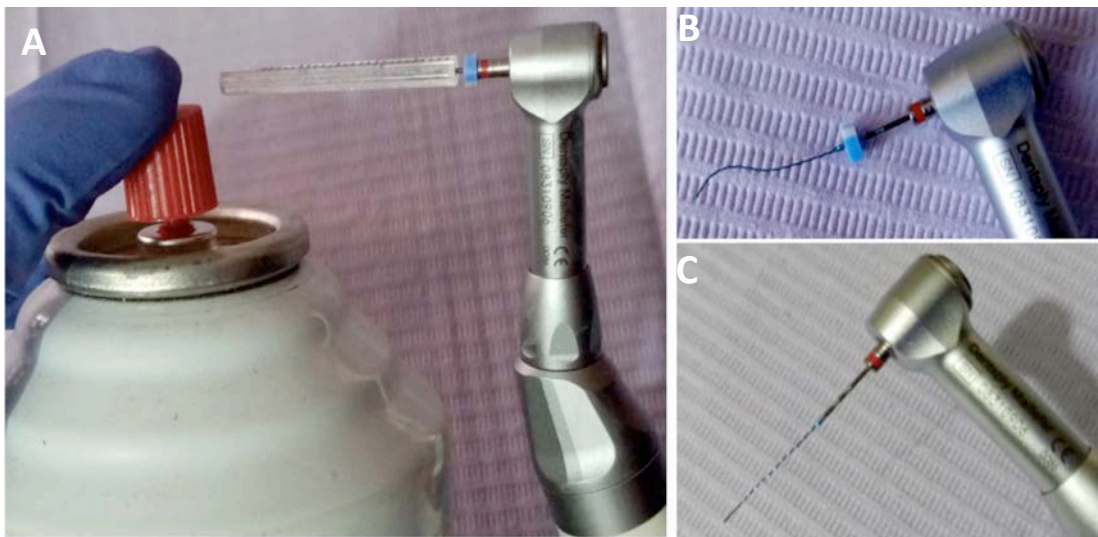
Posteriormente se realizó un lavado con 3 ml de solución salina para prevenir los efectos del EDTA, seguida de una descarga de 1 ml de hipoclorito de sodio al 5.25% y un último lavado con 3 ml de solución salina, colocando la aguja Endo-Eze® de ULTRADENT a 1 mm por arriba de la longitud de trabajo, finalmente se secaron los conductos con puntas de papel estéril (ver Fotogr. VIII-C).



**Fotografía VIII.** Irrigación convencional, A. Irrigación 1 mm por arriba de longitud de trabajo, B. EDTA al 17% de META BIOMED, C. Punta de papel estéril para secar el conducto.

**III. Grupo experimental 1:** Se seleccionaron 10 raíces para ser irrigadas con 5 ml de EDTA al 17% de META BIOMED activado con el sistema XP Endo Finisher durante 60 segundos a una velocidad de 800 rpm y un torque de 1 Ncm con las siguientes indicaciones de acuerdo con el fabricante:

Se colocó la lima XP-Endo Finisher en el contra-ángulo, y se fijó la longitud de trabajo mediante el tubo de plástico milimetrado que la contiene, ajustando el tope de hule. Posteriormente este tubo fue enfriado utilizando el spray Endo ICE de la marca Hygenic (ver Fotogr. IX-A), para mantener la lima recta ya que originalmente la punta presenta una forma en C (ver Fotogr. IX-B). Una vez que la lima se encuentra recta se retira del tubo para introducirla en el conducto (ver Fotogr. IX-C).

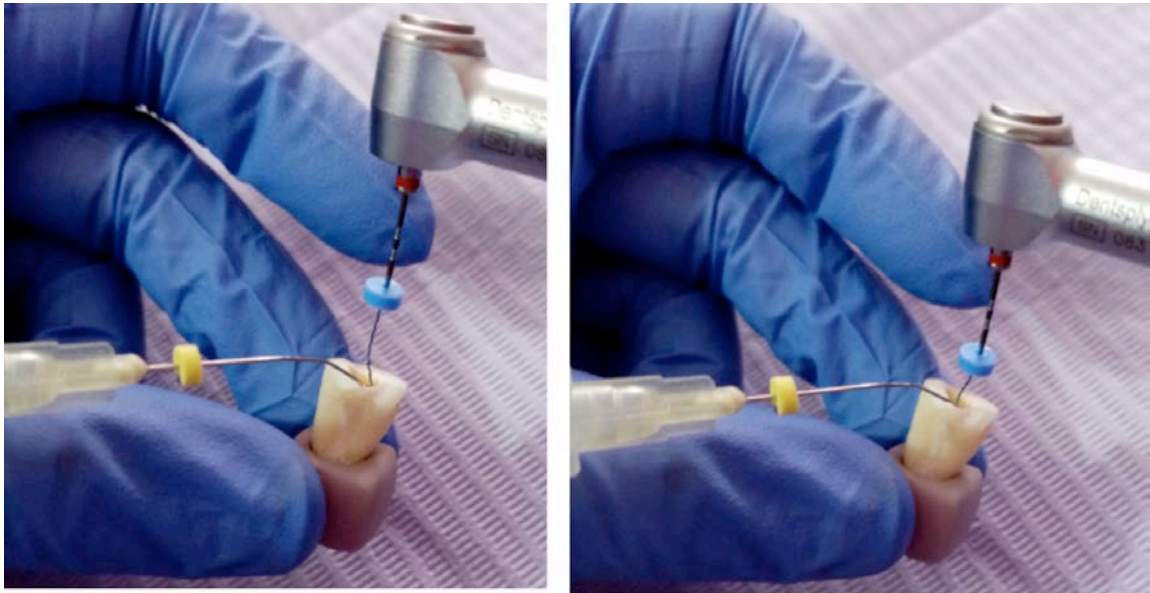


**Fotografía IX.** Preparación de la lima. A. Enfriamiento de la lima con Spray Endo ICE de la marca Hygenic. B. Lima en fase austenita, C. Lima en fase martensita.

Se colocó .5 ml de irrigante dentro del conducto y se insertó la lima dentro del mismo, se inició la rotación realizando movimientos longitudinales con una amplitud de 7-8 mm, de manera suave, recargándose sobre las paredes, se mantuvo la irrigación constante durante 60 segundos con 3.5 ml de EDTA al 17%



(ver Fotogr. X). Al finalizar se retiró la lima XP-endo Finisher del conducto mientras seguía en rotación.

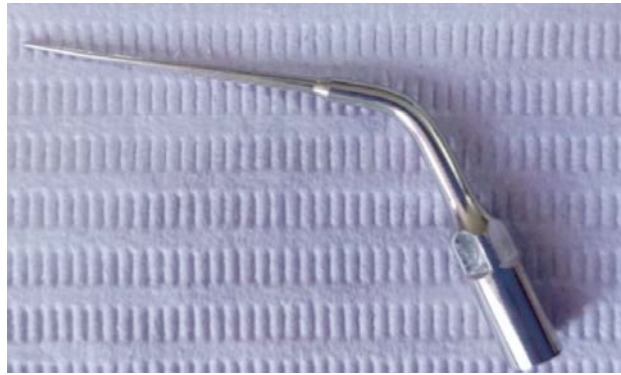


**Fotografía X.** Activación de EDTA al 17% con lima XP-Endo Finisher, movimientos longitudinales con irrigación constante por 60 segundos.

Finalmente se realizó un lavado con 3 ml de solución salina para prevenir los efectos del EDTA, seguido de una descarga de 1 ml de hipoclorito de sodio al 5.25% y un último lavado con 3 ml de solución salina, secando los conductos con puntas de papel estéril.

- IV. Grupo experimental 2:** Se seleccionaron 10 raíces para ser irrigadas con 5 ml de EDTA al 17% activado con ultrasonido DTE-D5, punta modelo E14 (ver Fotogr. XI), utilizando la función Endo nivel de velocidad 3, durante 60 segundos, siguiendo la secuencia propuesta por De-Deus, et. al. (2018):

Se colocó .5ml de irrigante dentro del conducto y se posicionó la punta de ultrasonido 2 mm por arriba de la longitud de trabajo (ver Fotogr. XII), se realizaron 3 ciclos de activación de 20 segundos cada uno y en el intervalo de los mismos se hizo recambio con 1.5 ml de EDTA, completando el uso de 5 ml de EDTA al 17%.



**Fotografía XI.** Punta E14 para ultrasonido

Finalmente se realizó un lavado con 3 ml de solución salina para prevenir los efectos del EDTA, seguida de una descarga de 1 ml de hipoclorito de sodio al 5.25% y un último lavado con 3 ml de solución salina, secando los conductos con puntas de papel estéril.

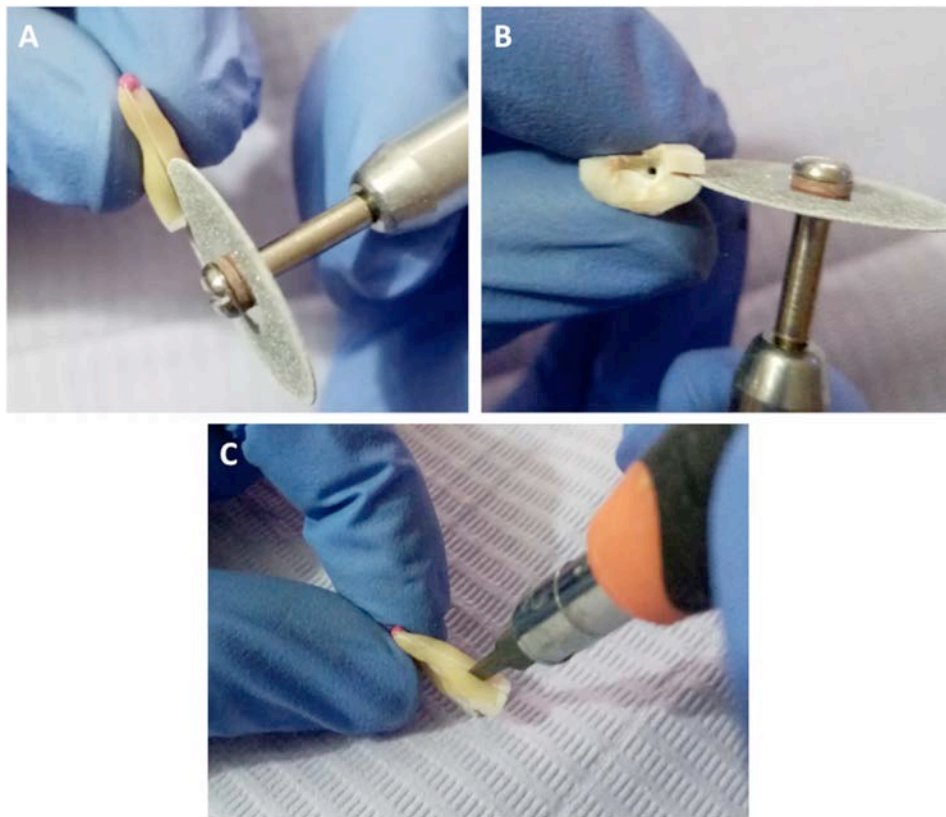


**Fotografía XII.** Activación de EDTA al 17% con punta de ultrasonido, irrigación por intervalos.

## **E. EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS**

Después de recibir los distintos protocolos de irrigación, las muestras fueron separadas longitudinalmente, con un disco de diamante a baja velocidad se realizaron surcos a

través de la superficie vestibular y lingual de la raíz (ver Fotogr.XIII-A) hasta antes de llegar a la zona del conducto (ver Fotogr.XIII-B) para evitar la entrada de frotis derivado del corte, posteriormente se colocó un cincel dentro del surco (ver Fotogr.XIII-C) y se aplicaron pequeños golpes con un mazo para dividir la raíz, conservando la porción radicular con mayor estructura.



**Fotografía XIII.** A. Surcos longitudinales con disco de diamante a través de la superficie vestibular y lingual, B. Surco realizado antes de llegar al conducto, C. Se colocó un cincel dentro del surco para lograr la división.

Posteriormente en la mitad de raíz seleccionada se realizaron dos marcas cada 5 mm a lo largo del conducto instrumentado, para delimitar el tercio cervical, medio y apical, utilizando el microscopio quirúrgico Zumaz OMS 2350 para no invadir el conducto (ver Fotogr..XIV).



**Fotografía XIV.** Raíces divididas longitudinalmente, se marcaron cada 5mm para delimitar tercio cervical, medio y apical.

Las muestras fueron colocadas en contenedores plásticos individualizados, en los cuales se colocó alcohol etílico (71.5 G. L) durante 20 minutos para deshidratarlos y posteriormente se introdujeron en un horno durante 2 horas a 60° para desecar y reducir la interferencia bajo el microscopio. Por último las muestras fueron colocadas con cinta de carbono en bases metálicas (ver Fotogr. XV) y se introdujeron en el microscopio electrónico de barrido.



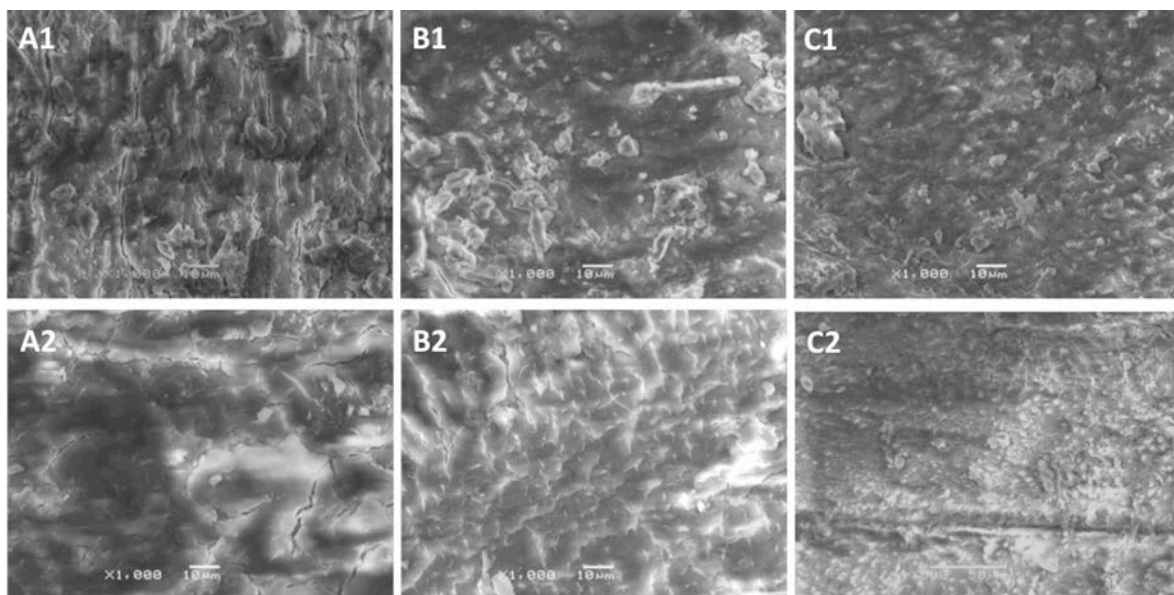
**Fotografía XV.** Muestras sujetas con cinta de carbono



## F. MICROFOTOGRAFÍAS

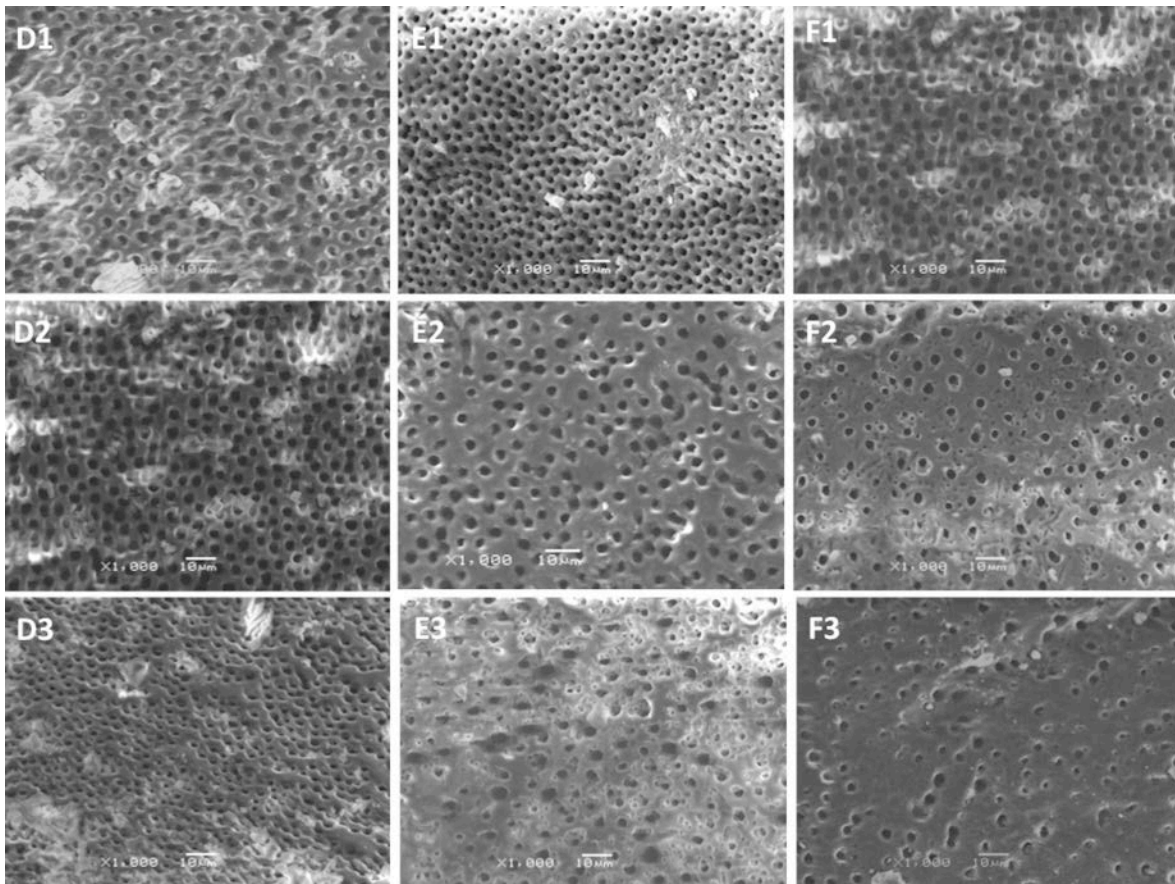
Las microfotografías fueron tomadas por el M. en C. Rafael Emiliano Quintanar Zuñiga técnico encargado de la operación del Microscopio electrónico de barrido de la FES Iztacala, UNAM, ubicado en la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO), se obtuvieron imágenes del tercio cervical, medio y apical para las 32 muestras.

En las microfotografías de las muestras sin protocolo de irrigación final se observó una capa densa de lodillo dentinario sobre la pared del conducto en los tres tercios (ver Fotogr. XVI).



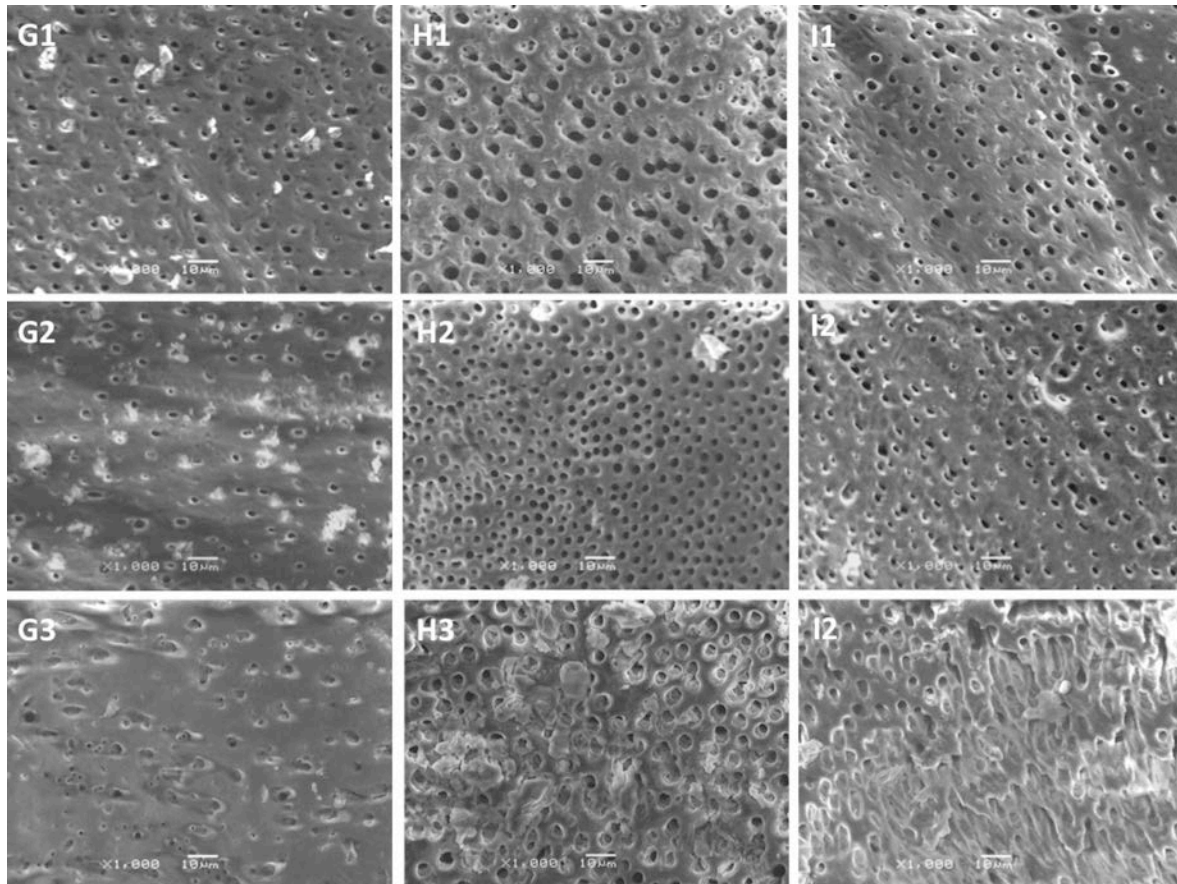
**Fotografía XVI.** Elaboración propia. Grupo sin protocolo de irrigación final. A1 y A2. Tercio cervical, B1 y B2. Tercio medio, C1 y C2. Tercio apical.

Las microfotografías del tercio cervical para el grupo control negativo (irrigación convencional), grupo experimental 1 (activación con XP-Endo Finisher) y grupo experimental 2 (activación con ultrasonido) mostraron de manera generalizada apertura de túbulos dentinarios, a diferencia de los tercios medio y apical, en este tercio se observa una mayor cantidad de túbulos dentinarios (ver Fotogr. XVII).



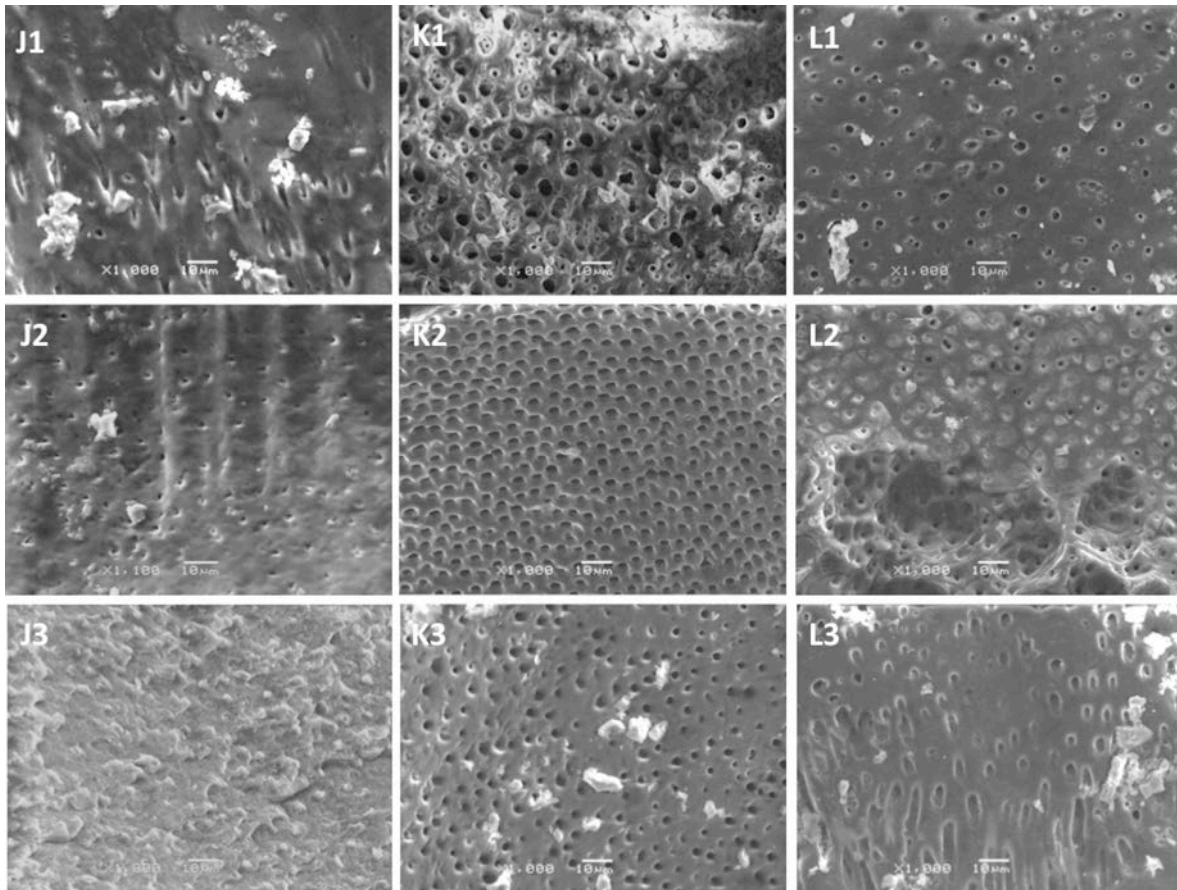
**Fotografía XVII.** Elaboración propia. Microfotografías tercio cervical. D1, D2, D3. Irrigación de EDTA 60s sin activación, E1, E2, E3. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo Finisher, F1, F2, F3. Irrigación de EDTA 60s activación.

En las microfotografías del tercio medio se observa una mayor apertura de los túbulos dentinarios con el sistema XP-Endo Finisher (ver Fotogr. XVIII), en algunas muestras que recibieron la activación de EDTA con ultrasonido se observa la modificación de la pared del conducto (ver Fotogr. XVIII-I3).



**Fotografía XVIII.** Elaboración propia. Microfotografías tercio medio. G1, G2, G3 Irrigación de EDTA 60s sin activación, H1, H2, H3. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo Finisher, I1, I2, I3. Irrigación de EDTA 60s activación ultrasonido.

En el tercio apical las diferencias se vuelven más significativas, las muestras que fueron activadas con sistema XP-Endo Finisher presentan túbulos más abiertos, mientras que en los grupos de irrigación convencional y activación con ultrasonido se observa una mayor cantidad de lodillo dentinario y túbulos obliterados (ver Fotogr. XIX).



**Fotografía XIX.** Elaboración propia. Microfotografías tercio apical. O, P. Irrigación de EDTA 60s sin activación, Q, R. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo Finisher, S, T. Irrigación de EDTA 60s activación ultrasonido.

## G. EVALUACIÓN DE LAS MICROFOTOGRAFÍAS

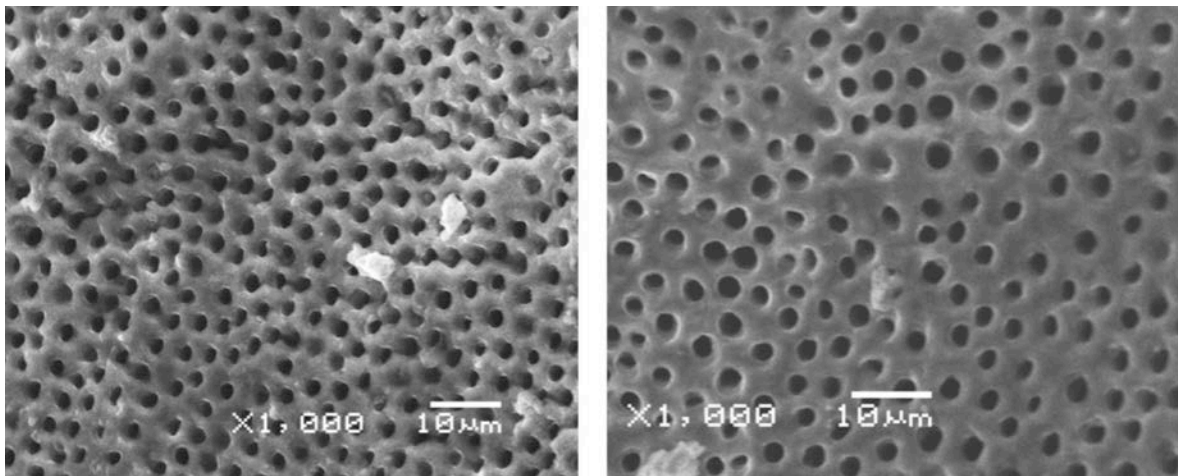
Las microfotografías fueron evaluadas con dos sistemas de puntuación para determinar la presencia o ausencia de la capa de lodillo dentinario en la superficie del conducto radicular en la porción coronal, media y apical de cada raíz.

El primer sistema de puntuación utilizado fue propuesto por Torabinejad, et al., (2003) con los siguientes parámetros:

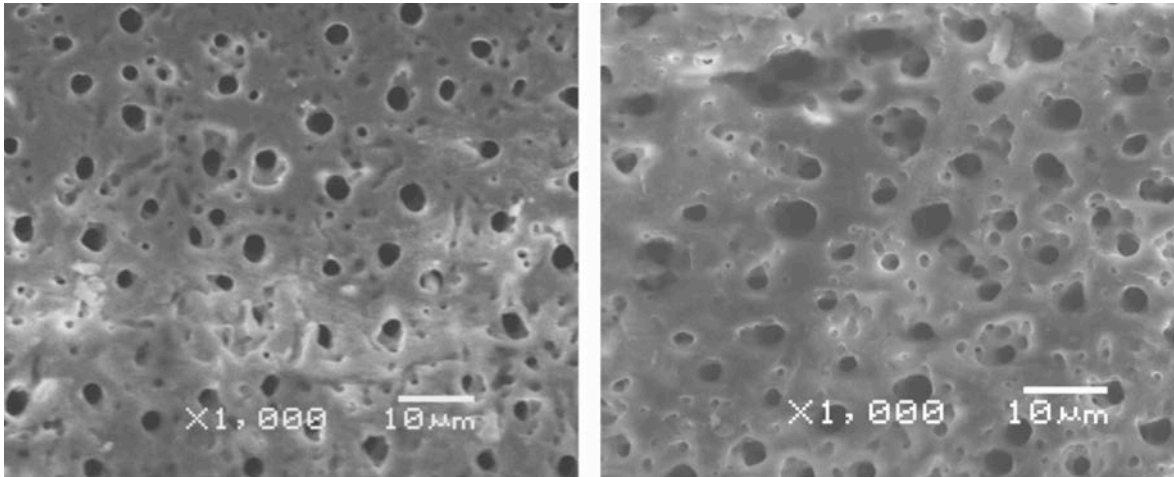
**Puntaje 1 (Sin lodillo dentinario).** No hay presencia de lodillo dentinario en la superficie de los conductos radiculares, todos los túbulos están limpios y abiertos (ver Fotogr. XX).

**Puntaje 2 (Lodillo dentinario moderado).** Sin lodillo dentinario en la superficie del conducto, pero los túbulos dentinarios presentan remanentes de debris (ver Fotogr .XXI).

**Puntaje 3 (Con lodillo dentinario).** El lodillo dentinario cubre la superficie del conducto radicular, así como los túbulos dentinarios (ver Fotogr..XXII).

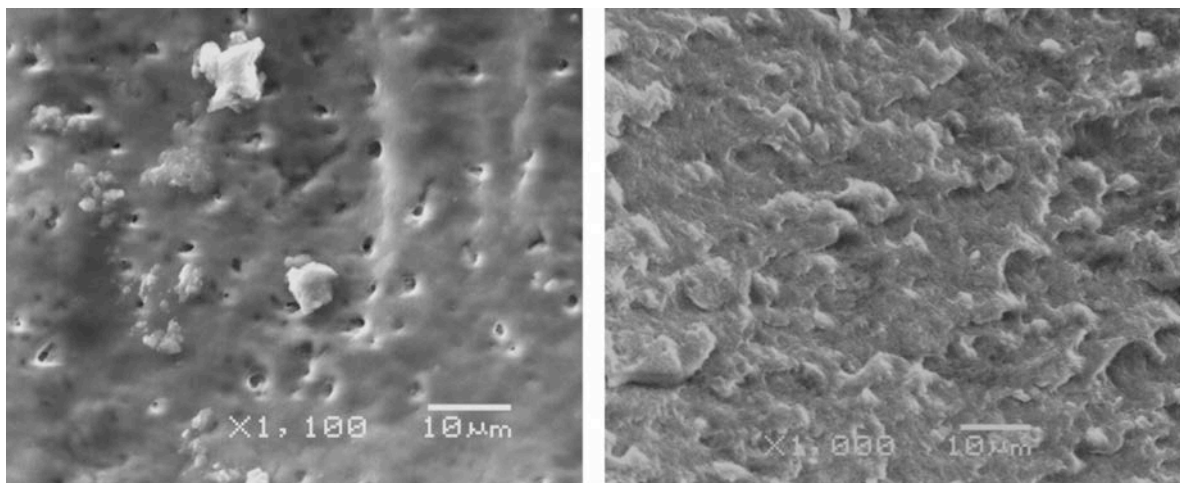


**Fotografía XX.** Elaboración propia. Ejemplo de microfotografías que recibieron puntaje 1 de acuerdo a la escala propuesta por Torabinejad, et al., (2003).



**Fotografía XXI.** Elaboración propia. Ejemplo de microfotografías que recibieron puntaje 2 de acuerdo a la escala propuesta por Torabinejad, et al.,

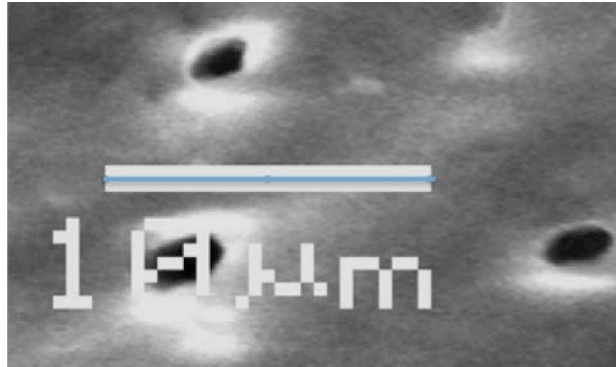
El segundo sistema de puntuación utilizado es una propuesta que se presenta en esta investigación en busca de un método más objetivo para evaluar la presencia de lodillo dentinario, en este caso las microfotografías fueron analizadas con el programa de procesamiento de imagen digital de dominio público ImageJ, que permitió realizar conteo de los túbulos dentinarios abiertos.



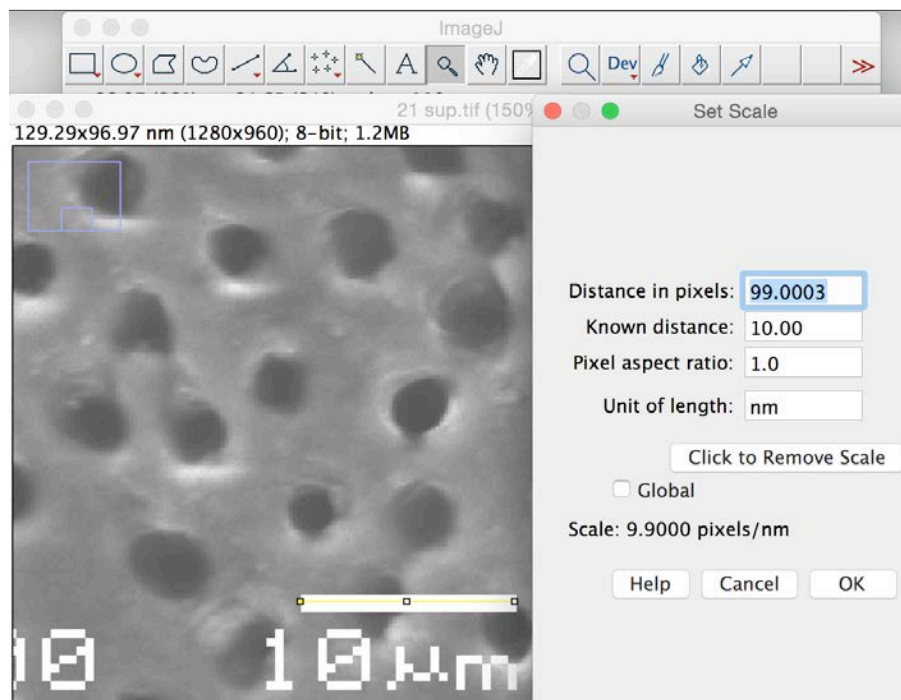
**Fotografía XXII.** Elaboración propia. Ejemplo de microfotografías que recibieron puntaje 3 de acuerdo a la escala propuesta por Torabinejad, et al., (2003).

Se comenzó calibrando las imágenes dentro del programa, tomando como referencia la escala de 10 µm establecida en las microfotografías, para ello se realizó un

acercamiento a la zona de la reglilla para trazar una línea a lo largo de la misma con la función “Línea recta” (ver Fotogr..XXIII), posteriormente se desplegó la herramienta “Análisis” y se estableció la escala, ubicando en el parámetro “distancia conocida” el número 10 y en “unidad de longitud” la abreviatura  $\mu\text{m}$  (ver Fotogr..XXIV).



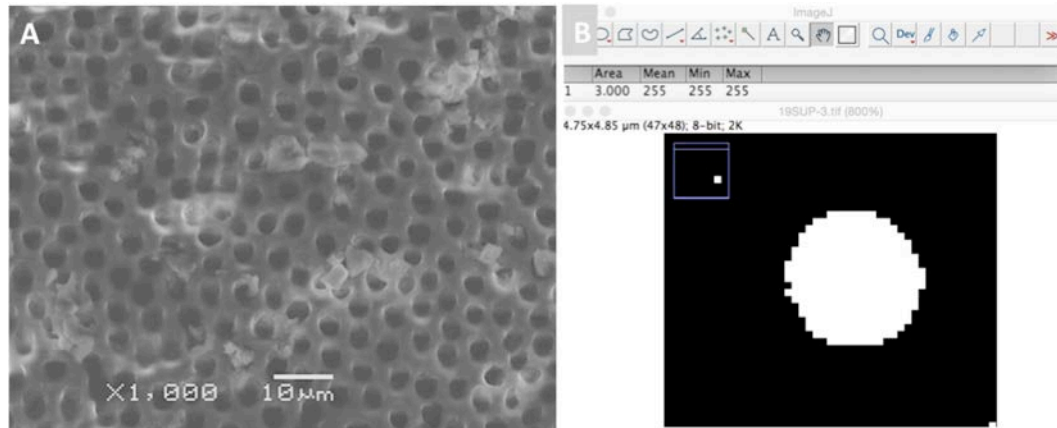
**Fotografía XXIII.** Trazo de reglilla con la función “Línea recta”, programa



**Fotografía XXIV.** Calibrado de imágenes, distancia conocida establecida y unidad de longitud. Programa ImageJ.

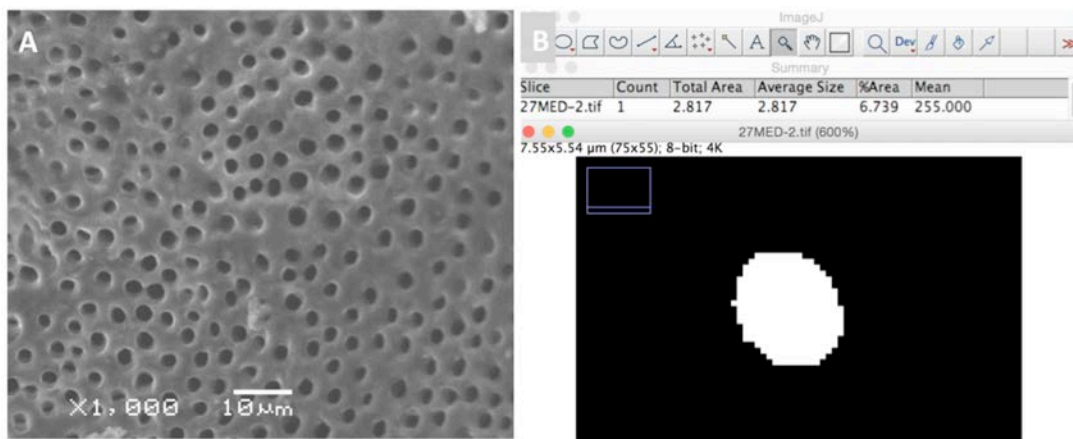


Se seleccionó una imagen representativa para el tercio cervical (ver Fotogr. XXV-A), medio (ver Fotogr. XXVI-A) y apical (ver Fotogr. XXVII-A) dentro de las 96 microfotografías tomadas, estas tres imágenes sirvieron de referencia para determinar el área aproximada de los túbulos en cada tercio.



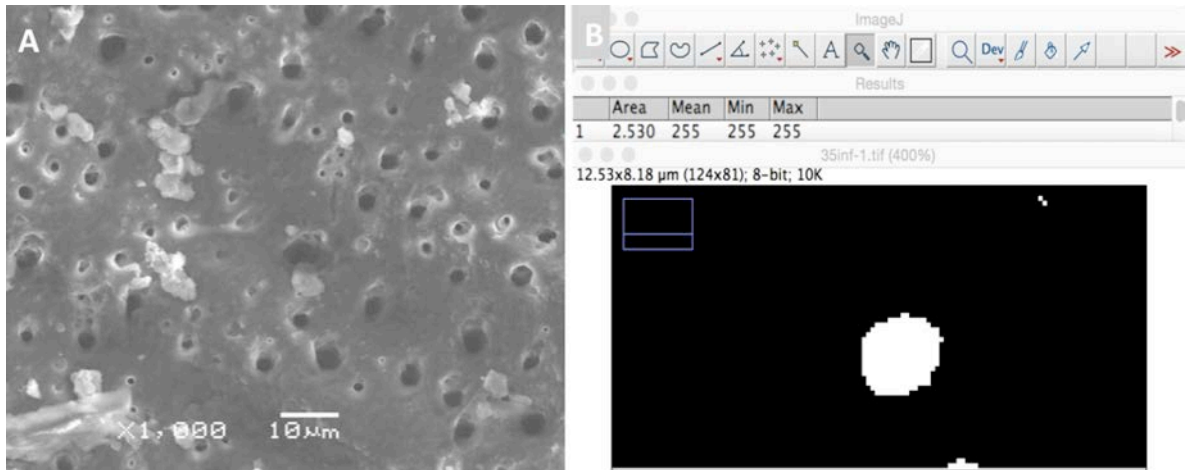
**Fotografía XXV.** A. Elaboración propia, imagen seleccionada para el tercio cervical. B. Acercamiento a un túbulo dentinario, registro de área con la función análisis de partículas.

Con el programa se realizó acercamiento a uno de los túbulos y con la función “análisis de partículas” se determinó el área del mismo, en el tercio cervical se registró una área de 3.0 promedio (ver Fotogr. XXV-B), para el tercio medio 2.81 (ver Fotogr. XXVI-B) y para el tercio apical 2.53 (ver Fotogr. XXVII-B)



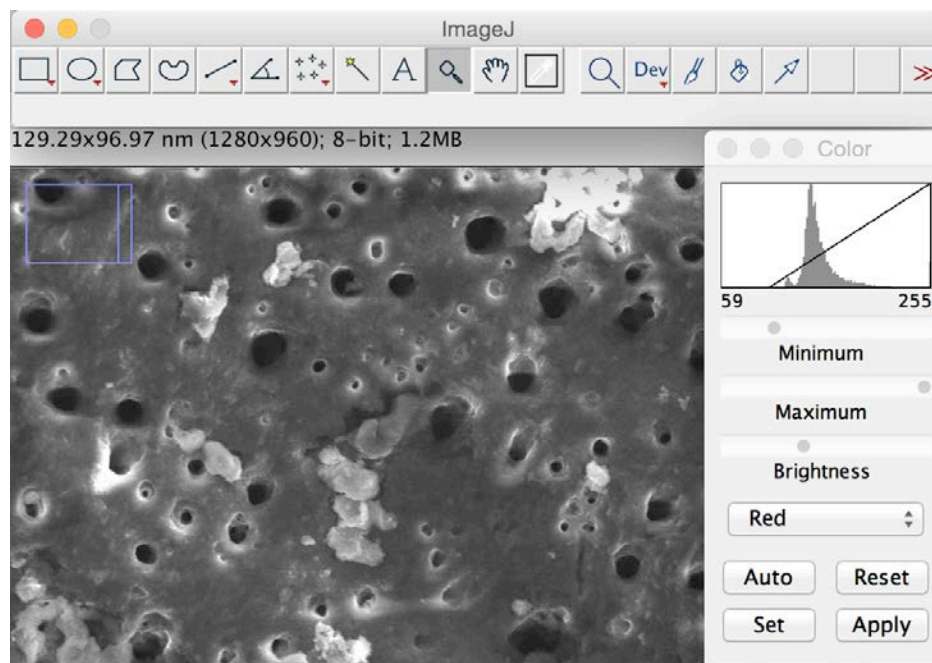
**Fotografía XXVI.** A. Elaboración propia, imagen seleccionada para el tercio medio, B. Acercamiento a un túbulo dentinario, registro de área con la función análisis de partículas.





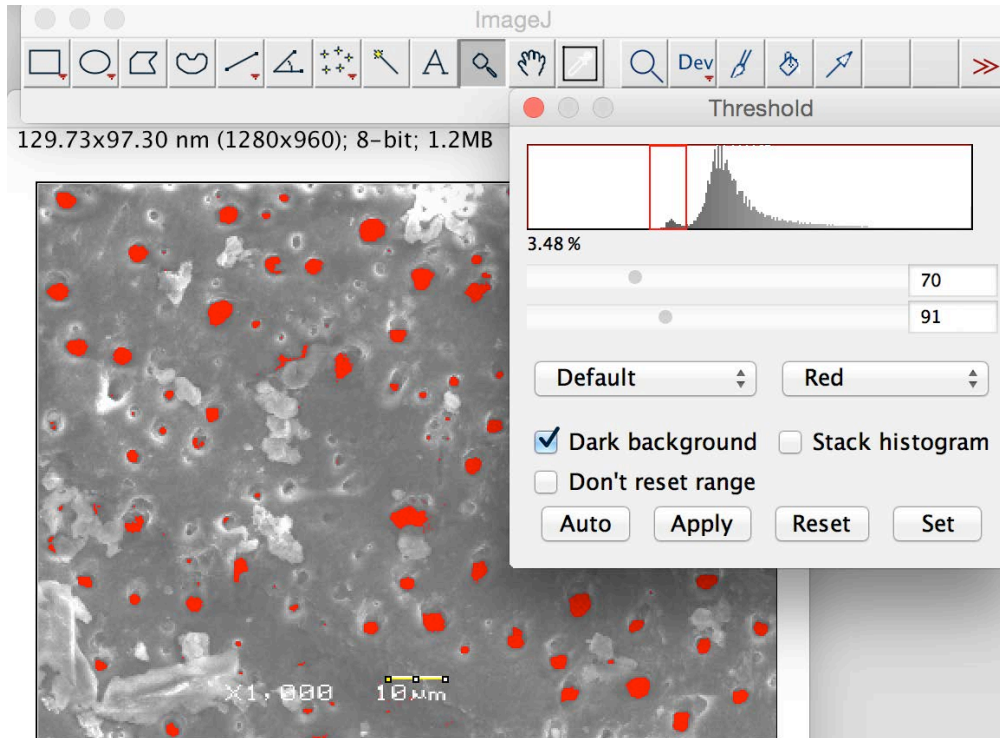
**Fotografía XXVII.** A. Elaborar propia. Imagen seleccionada para el tercio apical, B. Acercamiento a un túbulo dentinario, registro de área con la función análisis de partículas.

Posteriormente para que el programa permita realizar el conteo, cada imagen debe ser contrastada, para ello se desplegando la función “Imagen” y seleccionando la opción “Ajuste”, “Balance de color” y aplicando el elemento “Auto” (ver Fotogr. XXVIII), con la finalidad de tener mayor definición de la imagen y facilitar el conteo.



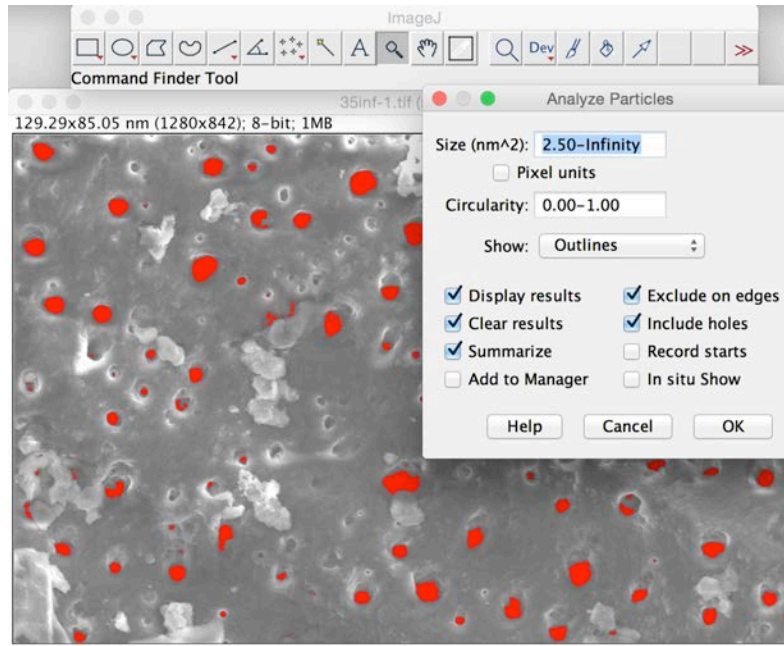
**Fotografía XXVIII.** Contraste de imagen, programa ImageJ.

A continuación se desplegó la herramienta de “Imagen”, se seleccionó la opción “Ajustes”, seguida de la función “Límites” y se desplazaron las barras de porcentaje, hasta lograr que los túbulos se rellenaran por completo (ver Fotogr. XXIX).



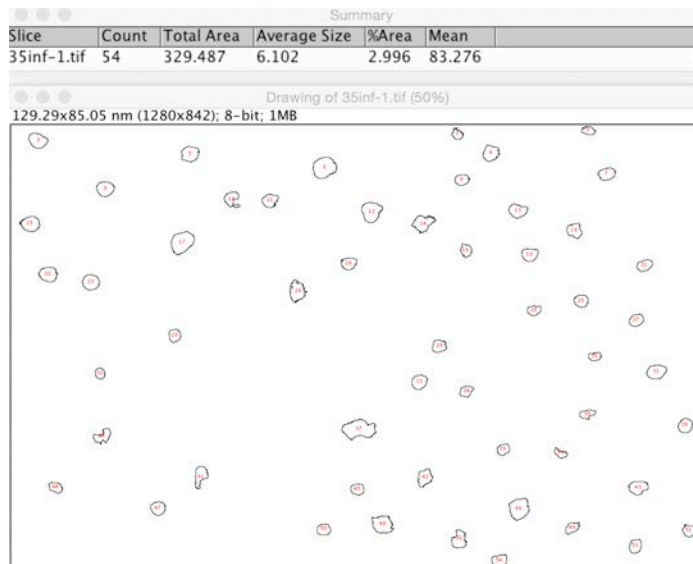
**Fotografía XXIX.** Delimitación de los túbulos con la función “Límites” en este caso los porcentajes de contraste fue de 70 y 90, estos números no son fijos, se modifican según cada imagen, programa ImageJ.

Finalmente se seleccionó la función “Análisis” y la opción “Análisis de partículas”, en el apartado “Medida (nm<sup>2</sup>)” se colocó el promedio de la tres áreas obtenidas en el acercamiento de los túbulos, considerando una media de 2.5 para cada uno de los tercios, este parámetro sirvió como referencia para que el programa contabilizara únicamente los túbulos que tienen una longitud igual o mayor, descartando aquellos de menor tamaño, que indicarían probablemente la presencia de lodillo dentinario en los mismos (ver Fotogr. XXX).



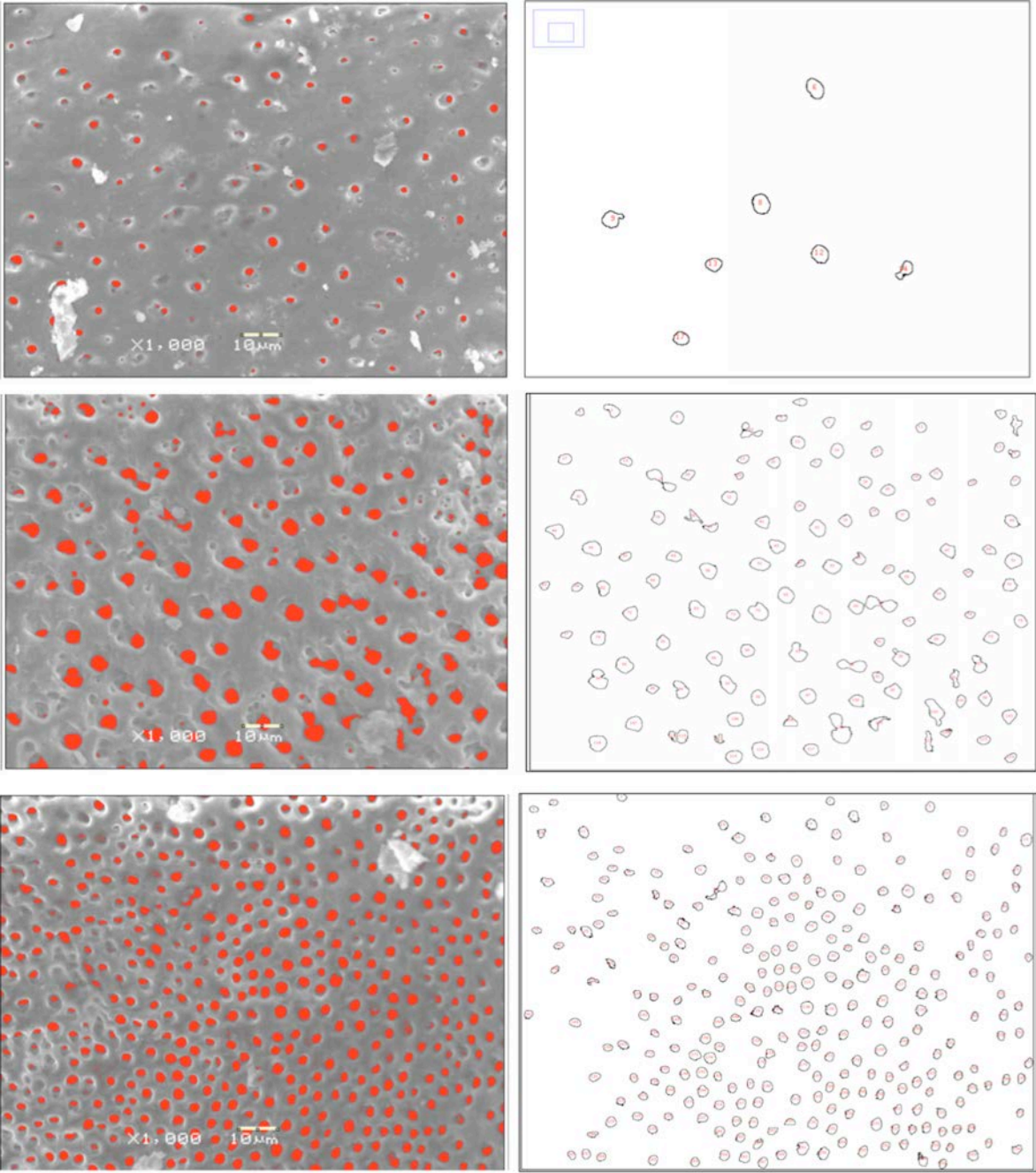
**Fotografía XXX.** Función análisis de partículas, selección de 2.50-infinito para el conteo, programa ImageJ.

Se ejecutó el análisis de partículas y el programa despliega una imagen que muestra el conteo de los túbulos que entraron dentro del parámetro establecido. En una barra adicional se especifican el “Conteo” y el “Área” promedio que tiene cada túbulo, así como el “Área total” que ocupan los túbulos dentro de la imagen (ver Fotogr. XXXI).



**Fotografía XXXI.** Conteo de túbulos, barra de resultados, programa

Este proceso se realizó en cada una de las microfotografías, obteniendo el conteo de túbulos para cada una (ver Fotogr. XXXII).



**Fotografía XXXII.** Ejemplos de conteo de túbulos dentinarios, programa



## RESULTADOS

Las puntuaciones asignadas a las microfotografías con el sistema de Torabinejad, et al., (2003) y con la propuesta de conteo de túbulos que se presentó en esta investigación, fueron tabuladas en hojas de Excel para aplicarles la prueba estadística de ANOVA y la prueba HSD de Tukey que establece si se presentan diferencias significativas entre los grupos.

### ❖ Resultados del total de las muestras

En la escala de Torabinejad cuando se compararon los cuatro grupos, se encontró diferencias significativas ente el grupo sin protocolo de irrigación final y los tres grupos en los que se utilizó la irrigación con EDTA donde se observaron túbulos dentinarios abiertos ( $P < 0.05$ ), a pesar de estos resultados, ninguno de los métodos probados pudo eliminar completamente la capa de frotis (ver Tabla 1, 2).

En esta misma comparación XP-Endo Finisher mostró diferencias significativas en relación a la irrigación convencional de EDTA y a la activación con ultrasonido ( $P < 0.05$ ), mientras que no hubo diferencias significativas entre la irrigación convencional y la activación con ultrasonido ( $P > 0.05$ ).

En la escala propuesta en esta investigación de conteo de túbulos dentinarios, se obtuvo el mismo resultado que con la escala de Torabinejad, al comparar los cuatro grupos, siendo la activación con XP-Endo Finisher la más efectiva en relación a los otros tres grupos (ver Tabla 3, 4).

**Tabla 1.** Análisis de varianza (ANOVA) todas las muestras, escala de Torabinejad.

ANOVA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	32.5413889	3	10.8471296	27.4032749	1.4343E-13	2.68016757
<b>Grupos</b>	47.5	120	0.39583333			

**Tabla 2.** Tukey HSD todas las muestras, escala de Torabinejad.

Prueba Q						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
Sin irrigación final	EDTA	0.11693131	0.94973535	0.00612022	0.41640202	0.84770071
Sin irrigación final	XP-Endo Finisher	1.01693131	1.84973535	3.0975E-14	0.41640202	2.27819565
Sin irrigación final	Ultrasonido	0.25026465	1.08306869	0.00033165	0.41640202	1.05962589
EDTA	XP-Endo Finisher	0.48359798	1.31640202	7.1215E-07	0.41640202	1.43049495
EDTA	Ultrasonido	-0.28306869	0.54973535	0.83802081	0.41640202	0.21192518
XP-Endo Finisher	Ultrasonido	0.35026465	1.18306869	2.7483E-05	0.41640202	1.21856977

**Tabla 3.** Análisis de varianza (ANOVA) todas las muestras, escala propuesta.

ANOVA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	523760.033	3	174586.678	26.141089	5.4491E-13	2.68280941
Dentro de los grupos	774721.133	116	6678.63046			
Total	1298481.17	119	10911.6064			

**Tabla 4.** Tukey HSD todas las muestras, escala propuesta.

Prueba Q						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
Sin irrigación final	EDTA	28.0579078	138.075425	0.00080567	55.0087588	1.01644311
Sin irrigación final	XP-Endo Finisher	130.957908	240.975425	8.9928E-14	55.0087588	2.27557629
Sin irrigación final	Ultrasonido	46.2912412	156.308759	2.8002E-05	55.0087588	1.23955482
EDTA	XP-Endo	47.8912412	157.908759	2.0423E-05	55.0087588	1.25913318

	Finisher					
<b>EDTA</b>	Ultrasonido	-36.775425	73.2420922	0.82330351	55.0087588	0.22311171
<b>XP-Endo Finisher</b>	Ultrasonido	29.6579078	139.675425	0.00061139	55.0087588	1.03602147

### ❖ Resultados tercio cervical

En la escala de Torabinejad para el tercio cervical se presentaron diferencias significativas entre el grupo sin protocolo de irrigación y los tres grupos con protocolo de irrigación ( $P < 0.05$ ). La acción del EDTA resultó ser efectiva en esta zona sin importar el medio de activación.

XP-Endo Finisher mostró diferencias significativas en el tercio cervical en comparación con la irrigación convencional y la activación con ultrasonido ( $P < 0.05$ ), mientras que no hubo diferencias significativas entre activar el EDTA con ultrasonido o irrigarlo con jeringa y aguja endodóntica sin activación ( $P > 0.05$ ) (ver Tabla 5, 6).

Para la escala propuesta de conteo de túbulos dentinarios los resultados fueron iguales a los encontrados con la escala de Torabinejad, XP-Endo Finisher mostró diferencias significativas en comparación a los otros tres grupos ( $P < 0.05$ ), y la activación con ultrasonido no tuvo diferencias significativas respecto a la irrigación convencional ( $P > 0.05$ ) (ver Tabla 7,8).

**Tabla 5.** Análisis de varianza (ANOVA) tercio cervical, escala de Torabinejad.

<b>ANOVA</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	20.46	3	6.82	23.9298246	4.9391E-09	2.8387454
<b>Dentro de los grupos</b>	11.4	40	0.285			
<b>Total</b>	31.86	43	0.74093023			

**Tabla 6.** Tukey HSD tercio cervical, escala de Torabinejad.

Prueba Q						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>inferior</i>	<i>superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
Sin irrigación final	EDTA	0.28978923	1.51021077	0.00167569	0.61021077	1.68585446
Sin irrigación final	XP-Endo Finisher	1.28978923	2.51021077	1.6023E-09	0.61021077	3.55902608
Sin irrigación final	Ultrasonido	0.58978923	1.81021077	2.8695E-05	0.61021077	2.24780595
EDTA	XP-Endo Finisher	0.38978923	1.61021077	0.00044919	0.61021077	1.87317162
EDTA	Ultrasonido	0.31021077	0.91021077	0.55722931	0.61021077	0.56195149
XP-Endo Finisher	Ultrasonido	0.08978923	1.31021077	0.01902435	0.61021077	1.31122014

**Tabla 7.** Análisis de varianza (ANOVA) tercio cervical, escala propuesta.

ANOVA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	343235.42	3	114411.807	21.7230252	1.6471E-08	2.8387454
Dentro de los grupos	210673.8	40	5266.845			
Total	553909.22	43	12881.6098			

**Tabla 8.** Tukey HSD tercio cervical, escala propuesta.

Prueba Q						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
Sin irrigación final	EDTA	82.5468828	248.453117	2.2472E-05	82.9531172	2.28046142
Sin irrigación final	XP-Endo Finisher	160.946883	326.853117	6.7921E-09	82.9531172	3.36075251
Sin irrigación	Ultrasonido	69.6468828	235.553117	8.441E-05	82.9531172	2.10270944



final						
<b>EDTA</b>	XP-Endo Finisher	-4.5531172	161.353117	0.0698515 3	82.9531172	1.08029109
<b>EDTA</b>	Ultrasonido	-70.053117	95.8531172	0.9752733 1	82.9531172	0.17775198
<b>XP-Endo Finisher</b>	Ultrasonido	8.34688278	174.253117	0.0260770 2	82.9531172	1.25804307

### ❖ Resultados tercio medio

Para el tercio medio con la escala de Torabinejad, XP-Endo Finisher mostró diferencias significativas en relación con los otros tres grupos ( $P < 0.05$ ). No se presentaron diferencias al comparar la activación con ultrasonido y la irrigación convencional ( $P > 0.05$ ).

Además con esta escala no se registraron diferencias significativas entre el grupo al que no se le aplicó protocolo de irrigación final y los grupos a los que se les aplicó la irrigación convencional de EDTA y la activación con ultrasonido ( $P > 0.05$ ) (ver Tabla 9,10).

En la escala propuesta de conteo de túbulos dentinarios en el tercio medio se presentaron diferencias significativas entre el grupo sin protocolo de irrigación final y la activación de EDTA con XP-Endo Finisher y ultrasonido ( $P < 0.05$ ), estos dos últimos grupos resultaron efectivos en este tercio para la remoción de la capa de lodillo dentinario.

XP-Endo Finisher también mostró diferencias significativas en relación a la irrigación convencional sin activación ( $P < 0.05$ ), pero no presentó diferencias cuando se comparó con la activación con ultrasonido ( $P > 0.05$ ) (ver Tabla 11,12).

Al contrastar los resultados para el tercio medio obtenidos tanto con la escala de Torabinejad y la escala propuesta de conteo de túbulos dentinarios, se encontró solamente una diferencia importante, para la primera escala si hubo diferencia entre XP-Endo Finisher y ultrasonido, mientras que con la segunda escala las diferencia no

fue significativa, indicando la capacidad de ambos sistemas para retirar la capa de frotis en este tercio.

**Tabla 9.** Análisis de varianza (ANOVA) tercio medio, escala de Torabinejad.

<b>ANOVA</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	9.46	3	3.15333333	8.40888889	0.00018749	2.8387454
<b>Dentro de los grupos</b>	15	40	0.375			
<b>Total</b>	24.46	43	0.56883721			

**Tabla 10.** Tukey HSD tercio medio, escala de Torabinejad.

<b>Prueba Q</b>						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
<b>Sin irrigación final</b>	EDTA	-0.19995976	1.19995976	0.23817371	0.69995976	0.81649658
<b>Sin irrigación final</b>	XP-Endo Finisher	0.60004024	1.99995976	7.2707E-05	0.69995976	2.12289111
<b>Sin irrigación final</b>	Ultrasonido	-0.09995976	1.29995976	0.1156066	0.69995976	0.9797959
<b>EDTA</b>	XP-Endo Finisher	0.10004024	1.49995976	0.01958357	0.69995976	1.30639453
<b>EDTA</b>	Ultrasonido	-0.59995976	0.79995976	0.98062064	0.69995976	0.16329932
<b>XP-Endo Finisher</b>	Ultrasonido	4.0237E-05	1.39995976	0.04995623	0.69995976	1.14309521

**Tabla 11.** Análisis de varianza (ANOVA) tercio medio, escala propuesta.

ANOVA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	203915.3	3	67971.7667	13.7194903	4.0062E-06	2.86626555
<b>Dentro de los grupos</b>	178358.2	36	4954.39444			
<b>Total</b>	382273.5	39	9801.88462			

**Tabla 12.** Tukey HSD tercio medio, escala propuesta.

Prueba Q						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
<b>Sin irrigación final</b>	EDTA	-38.782509	130.782509	0.47076077	84.7825086	0.65352551
<b>Sin irrigación final</b>	XP-Endo Finisher	103.517491	273.082509	4.2768E-06	84.7825086	2.67519245
<b>Sin irrigación final</b>	Ultrasonido	31.9174914	201.482509	0.00374901	84.7825086	1.65796579
<b>EDTA</b>	XP-Endo Finisher 60s	57.5174914	227.082509	0.00036098	84.7825086	2.02166694
<b>EDTA</b>	Ultrasonido	-14.082509	155.482509	0.13029692	84.7825086	1.00444029
<b>XP-Endo Finisher</b>	Ultrasonido	-13.182509	156.382509	0.12308895	84.7825086	1.01722666

### ❖ Resultados tercio apical

En tercio apical con la escala de Torabinejad XP-Endo Finisher fue el único sistema que mostró diferencias significativas en relación a los otros tres grupos ( $P < 0.05$ ). No hubo diferencias entre el grupo control sin protocolo de irrigación final, el grupo de irrigación convencional y la activación con ultrasonido ( $P > 0.05$ ) (ver Tabla 13,14).

Para la escala propuesta de conteo de túbulos dentinarios, los resultados obtenidos en el tercio apical fueron los mismos que con la escala de Torabinejad, siendo XP-Endo Finisher el único sistema que tuvo incidencia significativa sobre la capa de lodillo dentinario en comparación con los otros tres grupos (ver Tabla 15,16).

**Tabla 13.** Análisis de varianza (ANOVA) tercio apical, escala de Torabinejad.

<b>ANOVA</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	8.0025	3	2.6675	10.5643564	3.0054E-05	2.8387454
<b>Dentro de los grupos</b>	10.1	40	0.2525			
<b>Total</b>	18.1025	43	0.42098837			

**Tabla 14.** Tukey HSD tercio apical, escala de Torabinejad.

<b>Prueba Q</b>						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
<b>Sin irrigación final</b>	EDTA	- 0.37436522	0.77436522	0.7871452 5	0.57436522	0.39801488
<b>Sin irrigación final</b>	XP-Endo Finisher	0.52563478	1.67436522	4.4477E-05	0.57436522	2.18908182
<b>Sin irrigación final</b>	Ultrasonido	- 0.37436522	0.77436522	0.7871452 5	0.57436522	0.39801488
<b>EDTA</b>	XP-ENDO FINISHER	0.32563478	1.47436522	0.0008050 2	0.57436522	1.79106694
<b>EDTA</b>	ULTRASONIDO	- 0.57436522	0.57436522	1	0.57436522	0
<b>XP-Endo Finisher</b>	ULTRASONIDO	0.32563478	1.47436522	0.0008050 2	0.57436522	1.79106694

**Tabla 15.** Análisis de varianza (ANOVA) tercio apical, escala propuesta.

<b>ANOVA</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	86179.4	3	28726.46 67	7.3709791	0.00056658	2.8662655
<b>Dentro de los grupos</b>	140300.6	36	3897.238 89			
<b>Total</b>	226480	39	5807.179 49			

**Tabla 16.** Tukey HSD tercio apical, escala propuesta.

<b>Prueba Q</b>						
<i>grupo 1</i>	<i>grupo 2</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Valor p</i>	<i>Medio-crítico</i>	<i>D de Cohen</i>
<b>Sin irrigación final</b>	EDTA	-37.495091	112.895091	0.537862	75.1950905	0.60389695
<b>Sin irrigación final</b>	XP-Endo Finisher	50.5049095	200.895091	0.000381	75.1950905	2.01352378
<b>Sin irrigación final</b>	Ultrasonido	-40.595091	109.795091	0.6065034 3	75.1950905	0.55423964
<b>EDTA</b>	XP-Endo Finisher	12.8049095	163.195091	0.0164456 8	75.1950905	1.40962683
<b>EDTA</b>	Ultrasonido	-72.095091	78.2950905	0.9995006 3	75.1950905	0.04965731
<b>XP-Endo Finisher 60s</b>	Ultrasonido	15.9049095	166.295091	0.0123627 8	75.1950905	1.45928414

## DISCUSIÓN

Diversas investigaciones han demostrado que sin importar el sistema de instrumentación utilizado (Haapasalo, et al., 2012), e independientemente de su diseño y cinemática (Zuolo, et al., 2018), durante la conformación de los conductos se genera una capa de lodillo dentinario que se adhiere a las paredes y oblitera los túbulos dentinarios (Violich y Chandler, 2010), como se observó en las muestras del grupo control sin protocolo de irrigación final.

Esta capa contiene partículas de dentina, restos de tejido pulpar vital o necrótico y bacterias (De-Deus, et al., 2014), que obstaculizan la distribución de medicamentos e irrigantes en el sistema de conductos y dentro de los túbulos dentinarios (Torabinejad, Handysides, Khademi, y Bakland, 2002) e impide la adaptación íntima entre los materiales de obturación y la pared de dentina, proporcionando un espacio para la filtración y proliferación bacteriana (Metzger, et al., 2010, Mader, et al., 1984).

Se han investigado diversos protocolos de irrigación final en busca de eliminar la capa de lodillo dentinario, siendo el EDTA la sustancia quelante más utilizada en odontología para este propósito, ya que es capaz de ablandar químicamente la dentina del conducto radicular, disolver la capa de frotis y aumentar la permeabilidad de los túbulos (Cruz-Filho, et al., 2011). En el presente estudio, el grupo de irrigación convencional con jeringa y aguja endodóntica, presentó diferencias significativas respecto al grupo control sin protocolo de irrigación final, comprobando la capacidad del EDTA para remover la capa de lodillo dentinario.

A pesar de estos resultados la diferencia no fue significativa en el tercio medio y apical lo que podría deberse a que el EDTA necesita mantener contacto directo con la superficie para una acción adecuada (Fraser, 1974) y el riego convencional no es suficiente para distribuir la sustancia a zonas de difícil acceso (Blank-Goncalves, et al. 2011).

Para superar las limitaciones de la irrigación con jeringa y aguja endodóntica se han introducido diferentes dispositivos que mejoran el flujo de las soluciones dentro de los conductos (Elnaghy, et al.,2016). Esta investigación estudió la activación de EDTA con ultrasonido y XP-Endo Finisher para mejorar la eliminación de la capa de lodillo dentinario, ambos sistemas favorecieron la limpieza de las paredes del conducto, obteniendo resultados similares a los de Leoni, et al. (2017), en donde la disminución de frotis se logró sin importar el método de activación del EDTA.

En el análisis por grupos XP-Endo Finisher presentó diferencias significativas en comparación con la irrigación ultrasonica pasiva, resultados que se relacionan con las investigaciones de Mayer, et al., (2002) y Schmidt, et al. (2015), cuyos datos demuestran que la activación con ultrasonido no representa mejores resultados en la eliminación de la capa de lodillo dentinario, por su parte Xin, et al., (2019), describió niveles similares en la remoción de esta capa al comparar ambos sistemas, conclusiones que contrastan con los resultados del presente estudio.

De manera individual la activación por ultrasonido fue más efectiva en el tercio cervical en comparación con los tercios medio y apical, donde los resultados fueron similares al grupo de irrigación convencional, estos hallazgos podrían relacionarse con la anatomía estrecha de la raíz mesial, ya que dificulta el libre movimiento de la punta activadora, que requiere el menor contacto con las paredes del conducto (Wigler, et al., 2017) para maximizar la micro transmisión (Ahmad, et al., 1987).

Lo anterior coincide con otras investigaciones (Koçak, et al.,2017) que cuestionan los beneficios del ultrasonido particularmente en conductos curvos, debido a la baja flexibilidad de los aditamentos que le impide acceder a zonas anatómicas complejas (Ulusoy, et al. 2018) y el alto riesgo que presenta de modificar la forma (Alves, et al., 2016).

Por su parte XP-Endo Finisher resultó en una opción capaz de eliminar la capa de lodillo dentinario en muestras instrumentadas a un diámetro pequeño #25, a pesar de

que otras investigaciones han informado que la eliminación total ocurre solo en conductos que fueron preparados en apical a un diámetro mínimo de #30 (Khademi, et al., 2006).

Particularmente en el tercio apical XP-Endo Finisher fue el único sistema que tuvo incidencia significativa sobre la capa de lodillo dentinario, estos resultados podrían relacionarse con las características de la lima, ya que presenta un núcleo pequeño con ISO 25 de diámetro y conocida cero (Elnaghy, et al., 2016) y una aleación patentada MaxWire que le confieren alta flexibilidad (Amaral, et al., 2013), lo que le permite tener un mejor contacto con la superficie del conducto, sin modificar la forma del mismo (De-Deus, et al., 2018).

Estos hallazgos destacan ya que diversas investigaciones han reportado que a pesar de la instrumentación, en el tercio apical pueden presentarse bacterias remanentes con un alto potencial patógeno, alojadas dentro del sistema de conductos, los túbulos dentinarios y en la capa de frotis, favoreciendo la irritación persistente del tejido periradicular y la alteración en la cicatrización (Siqueira, et al., 2009), por lo que se podría considerar que cualquier método que mejore las condiciones de esta zona podría contribuir ampliamente con el pronóstico del tratamiento.

Los resultados antes expuestos, fueron obtenidos con los dos métodos de puntuación que se emplearon en esta investigación, tanto la escala de Torabinejad, et al., (2003) como la propuesta de conteo de túbulos dentinarios permitieron contrastar los diferentes protocolos de activación del EDTA y determinar la eficacia de cada uno en la eliminación de la capa de lodillo dentinario.

Aunque de manera general los resultados fueron similares para ambos sistemas de puntuación, se encontraron discrepancias en el tercio medio, lo cual podría deberse a que la puntuación de algunas microfotografías con la escala de Torabinejad, et al. (2003) pudo no ser tan precisa, ya que no cumplían por completo con los parámetros establecidos por el autor, dejando al operador la decisión basada en su criterio.



La subjetividad de esta escala de 3 puntajes (Torabinejad, et al.,2003) así como de otras propuesta (Caron, et al., 2010), han sido cuestionadas por algunos autores. Ciocca, et al., (2007) sugiere que los métodos convencionales para evaluar los túbulos dentinarios no pueden considerarse confiables y repetibles, porque el valor asignado, dependerá de la percepción del investigador, creando sesgos en los resultados.

En este sentido diversos estudios, han buscado alternativas para reducir el margen de error, mediante herramientas digitales desarrolladas en sus centros de trabajo en busca de sistematizar la evaluación (Camargo, et al., 2006), (Ciocca, et al., 2007). Esta investigación propone el uso de ImageJ, un programa de procesamiento de imagen digital de dominio público, con el fin de establecer un método más objetivo y accesible para cualquier investigador, basado en un análisis cuantitativo.

Aunque ha sido utilizado en otras investigaciones, para medir la distancia y densidad entre los túbulos dentinarios (Williams, et al., 2015), el enfoque con el que se aplicaron las herramientas del programa en el presente estudio, fue distinto, ya que se delimitaron los túbulos dentinarios y el conteo se realizó basado en el área promedio que debían tener, de este modo se descartaron túbulos de menor área, que probablemente redujeron su diámetro por la presencia de lodillo dentinario en su interior.

Los conteos revelaron un mayor número de túbulos dentinarios en el tercio cervical, mientras que conforme se avanzaba hacia los tercios medio y apical este número se fue reduciendo, resultados que coinciden con otras investigaciones en donde se ha evaluado la cantidad de túbulos dentinarios presentes en cada tercio (Camargo, et al., 2006).

## CONCLUSIÓN

Dentro de las limitaciones del presente estudio, se puede concluir que la activación de EDTA con la lima XP-Endo Finisher parece ser más efectiva en la eliminación de la capa de lodillo dentinario, en comparación con el uso de ultrasonido, particularmente en el tercio apical donde se mostró como el único sistema capaz de tener incidencia significativa, a pesar de la poca instrumentación y las irregularidades de esta área.

Estos resultados se podrían extrapolar a la práctica clínica, considerando las ventajas y desventajas que ofrece el sistema, pero resulta conveniente cuestionar si sería necesario su empleo para cada caso o debería utilizarse de manera selectiva, en casos que presenten periodontitis apical o retratamientos con lesiones persistentes, que requieren una mayor atención del tercio apical.

Debido a que ninguno de los métodos evaluados eliminó por completo la capa de lodillo dentinario, las investigaciones en esta área deben continuar en busca de un protocolo de irrigación final que garantice por completo la desinfección del sistema de conductos.

Aunque inicialmente el objetivo de este estudio era comparar solo los métodos de activación, durante el desarrollo se hizo evidente que la escala de puntuación que planteaban investigaciones previas para determinar la presencia de lodillo dentinario, tenían ciertas limitaciones, por lo que se presentó la propuesta del conteo de túbulos dentinarios como una alternativa a estos métodos basados únicamente en la apreciación del operador y brindar una alternativa más objetiva y sistematizada.

Si bien, es un método que requiere mayor tiempo para procesar las imágenes y una mayor capacitación, podría reducir el sesgo de los otros sistemas, ser reproducible y estar al alcance de cualquier investigador al ser de dominio público, por lo que resultaría indispensable continuar su evaluación en distintos protocolos para determinar su fiabilidad.

Para finalizar es importante destacar el desafío que representó esta investigación en cada uno de sus rubros, desde el procesamiento de las muestras, hasta realizar una propuesta para evaluar la eliminación del lodillo dentinario, fueron áreas de oportunidad que me permitieron indagar, cuestionar, capacitarme y determinar las herramientas a utilizar, quedando claro la necesidad de un constante aprendizaje, que me permita potencializar los conocimientos y capacidades adquiridos durante la especialidad.

## REFERENCIAS

- Ahmad, M., Pitt Ford, T.R., Crum, L.A. (1987) *Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role*. Journal of Endodontics 13, 490–9. doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80016-X.
- Alves, F. R. F., Andrade-Junior, C. V., Marceliano-Alves, M.F., Perz, A., Rocas, I., Versiani, M. A... Siqueira, J.F. (2016). *Adjunctive Steps for Disinfection of the Mandibular Molar Root Canal System: A Correlative Bacteriologic, Micro Computed Tomography, and Cryopulverization Approach*. Journal of Endodontics. 1-6. doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.003.
- Amaral, P., Forner, L., y Llena, C. (2013) *Smear layer removal in canals shaped with reciprocating rotary systems*. Journal of Clinical and Experimental Dentistry 5(5), 227-30. doi: 10.4317/jced.51170.
- Baker, N.A., Eleazer, P.D., Averbach, R.E., Seltzer, S. (1975) Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. Journal of Endodontics 1, 127–35. doi.org/10.1016/S0099-2399(75)80097-5.
- Behrend, G. D., Cutler, C. W., y Gutmann, J.L. (1996). *An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings*. International Endodontic Journal. 29, 99-107. doi.org/10.1111/j.1365-2591.1996.tb01169.x
- Blank-Goncalves L.M., Nabeshima C.K., Martins G.H., y Machado M.E. (2011). *Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems*. Journal of Endodontics. 37(9), 1268–71. doi: 10.1016/j.joen.2011.06.009.
- Camargo, C., Siviero, M., Camargo, S., de Oliveira, S., Carvalho, C., Valera, M. (2006). *Topographical, Diametral, and Quantitative Analysis of Dentin Tubules in the Root Canals of Human and Bovine Teeth*. Journal of Endodóntis 33(4) 422-426. 10.1016/j.joen.2006.12.011.
- Caron, G., Nham, K., Bronnec, F., y Machtou, P. (2010). *Effectiveness of Different Final Irrigant Activation Protocols on Smear Layer Removal in Curved Canals*. Journal of Endodontics, 36(8), 1361–1366. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.037.

- Ciocca, L., Gallina, I., Navacchia, E., Baldissara, P., Scotti, R. (2007). *A new method for quantitative analysis of dentinal tubules*. Computers in Biology and Medicine. 37, 277 – 286. 10.1016/j.combiomed.2006.01.009.
- Cruz-Filho, A.M., Sousa-Neto, M.D., Savioli, R., Silva, R., Vansan, L., y Pecora, J. (2011). *Effect of Chelating Solutions on the Microhardness of Root Canal Lumen Dentin*. Journal of Endodontics. 37(3) 358-362. doi.org/10.1016/j.joen.2010.12.001
- De Castro, F. P. L., Pinheiro, S. L., Duarte, M. A. H., Duque, J. A., Fernandes, S. L., Anchieta, R. B., & da Silveira Bueno, C. E. (2016). *Effect of time and ultrasonic activation on ethylenediaminetetraacetic acid on smear layer removal of the root canal*. Microscopy Research and Technique, 79(11), 1062–1068. doi:10.1002/jemt.22746.
- De-Deus, G., Belladonna, F., Siqueira, A., Perez, R., Carvalho, M., Souza, E.,... Nogueira, E. (2018). *Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals*. Clinical Oral Investigations. doi.org/10.1007/s00784-018-2729-y.
- De-Deus, G., Marins, J., Neves, A., Reis, C., Fidel, S., Versiani, M. A.,...Paciornik, S. (2014). *Assessing Accumulated Hard-tissue Debris Using Micro-computed Tomography and Free Software for Image Processing and Analysis*. Journal 40(2) 271-276. doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.025.
- De-Deus, G., Reis, C., Fidel, S., Fidel, R., Paciornik, S. (2007) *Dentin demineralization when subjected to BioPure MTAD: a longitudinal and quantitative assessment*. Journal of Endodontics. 33, 1364–1368. DOI: 10.1016/j.joen.2007.07.009.
- Elnaghy, A., Mandorah, A., y Elsaka, S. E. (2016). *Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study*. Odontology. 1-6. DOI 10.1007/s10266-016-0251-8.
- Fraser, J.G. (1974) *Chelating agents: their softening effect on root canal dentin*. Oral Surgery Oral Medicine and Oral Pathology. 37, 803–811. doi.org/10.1016/0030-4220(74)90145-5

- Ferreira, F. B., Ferreira, A.L., Gomes, B.P., y Souza-Filho, F.J. (2004). Resolution of persistent periapical infection by endodontic surgery. *International Endodontic Journal*. 37, 61–69. Doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00753. x.
- Ghoddusi, J., Rohani, A., Rashed, T., Ghaziani, P., Akbari, M. (2007) *An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation*. *Journal of Endodontics*. 33, 173-6. DOI: 10.1016/j.joen.2006.10.006.
- Goldman, L. B., Goldman, M., Kronman, J.H., Lin, P.S. (1981) *The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study*. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 52, 197–204. DOI: 10.1016/0030-4220(81)90319-4.
- Goldman, M., Goldman, L.B., Cavaleri, R., Bogis, J., Lin, P.S. (1982).The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *Journal of Endodontics* 8, 487–92. doi.org/10.1016/S0099-2399(82)80073-3.
- Haapasalo, M., Quian, W., y Shen, Y. (2012). *Irrigation: beyond the smear*. *Endodontic Topics*, 27, 35–53, doi/10.1111/etp.12030.
- Huffaker, S.K., Safavi, K., Spangberg, L.S., Kaufman, B. (2010) Influence of a passive sonic irrigation system on the elimination of bacteria from root canal systems: a clinical study. *Journal of Endodontics*. 36 (8), 1315–18. doi: 10.1016/j.joen.2010.04.024.
- Jain, N., Garg, S, Dhindsa, A., Joshi, S., Khatria, H. (2019) *Impact of 6% citric acid and endoactivator as irrigation adjuncts on obturation quality and pulpectomy outcome in primary teeth*. *Pediatric Dental Journal*. 29, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.pdj.2019.05.002>.
- Leoni, G., Versiani, M., Silva-Sousa, Y., Bruniera, J., Pécora, J., y Sousa-Neto, M. (2017). *Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars*. *International Endodontic Journal*, 50, 398–406. doi:10.1111/iej.12630.
- Khademi, A., Yazdizadeh, M., y Feizianfard, M. (2006). Determination of the Minimum Instrumentation Size for Penetration of Irrigants to the Apical Third of Root Canal

- Systems. *Journal of Endodontics*, 32(5), 417–420. doi:10.1016/j.joen.2005.11.008.
- Koçak, S., Bağcı, N., Çiçek, E., Türker, S. A., Can Sağlam, B., & Koçak, M. M. (2017). *Influence of passive ultrasonic irrigation on the efficiency of various irrigation solutions in removing smear layer: a scanning electron microscope study*. *Microscopy Research and Technique*, 80(5), 537–542. doi:10.1002/jemt.22829.
- Loel, D. A. (1975). *Use of acid cleanser in endodontic therapy*. *The Journal of the American Dental Association*, 90(1), 148–151. doi: 10.14219/jada.archive.1975.0010.
- Lopes, R., Marins, F., Belladonna, F., Souza, E., De-Deus, G., Lopes, R., Silva, E. (2017). *Untouched canal areas and debris accumulation after root canal preparation with rotary and adaptive systems*. *Australian Endodontic Journal*.1-7 doi: 10.1111/aej.12237.
- Lumley, P. J., Walmsley, A. D., Walton, R.E., y Rippin, J.W. (1992) Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *Journal of Endodontics* 18, 616–9. doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81333-6.
- Machado, R., Comparin, D., Donato, E., Back, E.E., Garcia, L., y Alberton, L.R., (2018) Residual smear layer after root canal instrumentation by using Niti, M-Wire and CM-Wire instruments: A scanning electron microscopy analysis. *European Journal of Dentistry*. 12(3), 403-409. Doi: 10.4103 / ejd.ejd\_259\_17.
- Mader, C. L., Baumgartner, J. C., y Peters, D. D. (1984) *Scanning Electron Microscopic Investigation of the Smeared Layer on Root Canal Walls*. *Journal of Endodontics*, 10(10) 477-483. DOI: 10.1016/S0099-2399(84)80204-6.
- Matsuo, T., Shirakami, T., Ozaki, K., Nakanishi, T., Yumoto, H., y Ebisu, S. (2003). *An Immunohistological Study of the Localization of Bacteria Invading Root Pulpal Walls of Teeth with Periapical Lesions*. *Journal of Endodontics*. 29(3) 194-200. doi.org/10.1097/00004770-200303000-00008
- Mayer, B.E., Peters, O.A., y Barbakow, F. (2002). *Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron*

- microscopic study*. International Endodontic Journal, 35:582–9.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00502.x>
- McComb, D., y Smith, D. (1975). *A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures*. Journal of Endodontics, 1(7) 238-242.  
doi:10.1016/s0099-2399(75)80226-3.
- Metzger, Z. (2014). *The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update*. Journal of Conservative Dentistry. 17(5), 401-419. doi: 10.4103/0972-0707.139820.
- Metzger, Z., Teperovich, E., Cohen, R., Zary, R., Paqué, F., y Hulsmann, M. (2010). *The Self-adjusting File (SAF). Part 3: Removal of Debris and Smear Layer—A Scanning Electron Microscope Study*. Journal of endodontics. 36 (4). 697-702.  
doi: 10.1016/j.joen.2009.12.037.
- Meryon, S.D., Tobias, R.S., y Jakeman, K.J. (1987) *Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro*. Journal of Prosthetic Dentistry. 57, 174–9.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(87\)90142-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(87)90142-9).
- Michelich, V. J., Schuster, G. S., y Pashley, D. H. (1980). *Bacterial Penetration of Human Dentin in vitro*. Journal of Dental Research, 59(8), 1398–1403.  
doi:10.1177/00220345800590080701.
- Morgan, L.A., y Baumgartner, J.C. (1997) *Demineralization of resected root-ends with methylene blue dye*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics. 84, 74–8. doi.org/10.1016/S1079-2104(97)90299-7.
- Nair, P.N., Henry, S., Cano, V., y Vera, J. (2005) *Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment*. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology. 99(2), 231–52. doi: 10.1016/j.tripleo.2004.10.005.
- Neelajantan, P., Khan, K., Li, K, Y., Shetty, H., y Xi, W. (2018). *Effectiveness of supplementary irrigant agitation with the Finisher GF Brush on the debridement of oval root canals instrumented with the Gentlefile or nickel titanium rotary instruments*. International Endodontic Journal, 51, 800-807.  
doi:10.1111/iej.12892.



- Neves, M. A., Rocas, I., y Siqueira, J. F. (2014). *Clinical antibacterial effectiveness of the self-adjusting file system*. International Endodontic Journal. 47, 356–365. doi:10.1111/iej.12151.
- Okşan, T., Aktener, B., Sen, B.H., Tezel, H. (1993). *The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study*. International Journal of Endodontics, 26(5):301-5. doi.org/10.1111/j.1365-2591.1993.tb00575.x.
- Paqué, F., Laib, A., Gautschi, H., y Zebnder, M. (2009). *Hard-Tissue Debris Accumulation Analysis by High-Resolution Computed Tomography Scans*. Journal of Endodontic, 35 (7), 1044-1047. doi: 10.1016/j.joen.2009.04.026.
- Park, E. (2013). *Ultrasonics in endodontics*. Endodontic Topic. 29, 125–159. doi.org/10.1111/etp.12044.
- Park, D.S., Torabinejad, M., y Shabahang, S. (2004). *The effect of MTAD on the coronal leakage of obturated root canals*. Journal of Endodontics. 30 (12)890-2. doi.org/10.1097/01.DON.0000132298.01701.D2.
- Pashley, D. H., Michelich, V., y Kehl, T. (1981). Dentin permeability: Effects of smear layer removal. The Journal of Prosthetic Dentistry, 46(5), 531–537. doi:10.1016/0022-3913(81)90243-2.
- Poggio, C., Dagna, A., Chiesa, M., Scribante, A., Beltrami, R., Colombo, M. (2014). Effects of niti rotary and reciprocating instruments on debris and smear layer scores: an SEM evaluation. Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials. 12(3), 256-262. DOI: 10.5301/JABFM.5000161.
- Saleh, I.M., Ruyter, I. E., Haapasolo, M., Ørstavik, D. (2008) *Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer*. International Endodontic Journal 41, 32–40. doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1111/j.1365-2591.2007.01304.x
- Schmidt, T. F., Teixeira, C. S., Felipe, M. C. S., Felipe, W. T., Pashley, D. H., y Bortoluzzi, E. A. (2015). Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. Journal of Endodontics, 41(8), 1359–1363. doi:10.1016/j.joen.2015.03.023.

- Shahravan, A., Haghdoost, A., Adl, A., Rahimi, H., y Shadifar, F. (2007). *Effect of Smear Layer on Sealing Ability of Canal Obturation: A Systematic Review and Meta-analysis*. Journal of Endodontics, 33(2), 96–105. doi: 10.1016/j.joen.2006.10.007.
- Singla, M.G., Garg, A. y Gupta, S. (2010) *MTAD in endodontics: an update review*. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology. 112 (3) 70-76. doi: 10.1016/j.tripleo.2011.02.015.
- Siqueira, J. F., Pérez, A. R., Marceliano-Alves, M. F., Provenzano, J. C., Silva, S. G., Pires, F. R., ... Alves, F. R. F. (2017). *What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy*. International Endodontic Journal, 51(5), 501–508. doi:10.1111/iej.12753.
- Siqueira, J. F., y Rocas, I. (2011). *Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: A quest for predictability*. Australian Endodontic Journal. 37: 92–98. doi: 10.1111/j.1747-4477.2011.00334. x.
- Siqueira, J. F., Rocas, I., Alves, F.R., Silva, M. G. (2009) *Bacteria in the apical root canal of teeth with primary apical periodontitis*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral radiology, and Endodontology. 107(5) 721- 726. doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.01.042.
- Siqueira, J. F., Rocas, I., y Ricucci, D. (2012). *Biofilms in endodontic infection*. Endodontic Topics. 22, 33–49, doi/10.1111/j.1601-1546.2012.00279. x.
- Tidmarsh, B. G. (1978) *Acid-cleansed and resin-sealed root canals*. Journal of Endodontics. 117-121. doi.org/10.1016/S0099-2399(78)80201-5.
- Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A.A., y Bakland, L.K. (2002) *Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review*. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology. 94(6), 658-66. DOI: 10.1067/moe.2002.128962.
- Torabinejad, M., Khademi, A.A., Babagoli, J., Cho, Y., Johnson, W.B., Bozhilov, K., y Shabahang, S. (2003) *A new solution for the removal of the smear layer*. Journal of Endodontics 29, 170–5. doi.org/10.1097/00004770-200303000-00002.

- Ulusoy, O. I., Savur, I.G., Alacam, T., y Celik, B. (2018). The effectiveness of various irrigation protocols on organic tissue removal from simulated internal resorption defects. *International Endodontic Journal*, 51, 1030–1036. doi:10.1111/iej.12919.
- Uygun, A, D., Gündogdu, E.C., Arslan, H., y Ersoy, I. (2016). *Efficacy of XP-endo finisher and TRUShape 3D conforming file compared to conventional and ultrasonic irrigation in removing calcium hydroxide*. *Australian Endodontic Journal*, 43(2), 89–93. doi:10.1111/aej.12176.
- Valencia de Pablo, O., Estevez, R., Péix, M., Heilborn, C., y Cohenca, N. (2010). *Root Anatomy and Canal Configuration of the Permanent Mandibular First Molar: A Systematic Review*. *Journal of Endodontics*. 36(12), 1919-1931.
- Vertucci, F. J. (1984). *Root canal anatomy of the human permanent teeth*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 58(5), 589–599. doi:10.1016/0030-4220(84)90085-9.
- Vieira, A., Siqueira, J., Ricucci, D., y Lopes, W. (2012). *Dentinal Tubule Infection as the Cause of Recurrent Disease and Late Endodontic Treatment Failure: A Case Report*. *Journal of Endodontic*, 38 (2), 250-254. doi: 10.1016/j.joen.2011.10.019.
- Violich, D. R., y Chandler, N. P. (2010) *The smear layer in endodontics – a review*. *International Endodontic Journal*. 43: 2–15. doi:10.1111/j.1365-2591.2009.01627.x.
- Von der Fehr, F.R., y Nygaard, O. B. (1963). *Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine*. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*.16, 199–205. doi.org/10.1016/0030-4220(63)90033-1.
- White, R.R.,Goldman, M., Lin, P.S. (1984) The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*,10, 558–62. doi: 10.1016/S0099-2399(84)80100-4.
- Wigler, R., Dvir, R., Weisman, A., Matalon, S., y Kfir, A. (2017). *Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals*. *International Endodontic Journal*. 50, 700–705. doi:10.1111/iej.12668.

- Williams, S., y Goldman, M.(1985). Penetrability of the smeared layer by a strain of proteus vulgaris. *Journal of Endodontics*, 11(9), 385–388. doi:10.1016/s0099-2399(85)80026-1.
- Williams, C., Yiching, W., Bowers, D. (2015). *ImageJ analysis of dentin tubule distribution in human teeth*. *Tissue and Cell*, 1-6. doi.org/10.1016/j.tice.2015.05.004.
- Xin, Y.A, Yang, J.A, y Song, K.Y. (2019). *In vitro evaluation of the effectiveness of XP-endo Finisher file on smear layer removal after root canal instrumentation*. *West China journal of stomatology*. 48-52. doi: 10.7518/hxkq.2019.01.009.
- Yamada, R.S., Armas, A., Goldman, M., y Lin, P.S. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high-volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of Endodontics* 9, 137–42. DOI: 10.1016/S0099-2399(83)80032-6.
- Zuolo, M. L., Zaia, A. A., Belladonna, F. G., Silva, E. J., Souza, E.M., Versiani, M.A., Lopes, R.T., y De-Deus, G. (2018). Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped Canals. *International Endodontic Journal*, 51, 564–571. doi:10.1111/iej.12810.
- Zupanc, J., Vahdat-Pajou, N, y Schafer. E. (2018). *New thermomechanically treated NiTi alloys – a review*. *International Endodontic Journal*. 51, 1088–1103. doi:10.1111/iej.12924.