

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

Estudio comparativo in vitro de la remoción de barrillo dentinario en tercio apical de conductos radiculares entre irrigación ultrasónica pasiva y limas XP Endo Finisher en diferentes tiempos de activación del irrigante

Nancy Patricia Guamán Gualán

**Dra. Martha Elena Gallegos Intriago
Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Especialista en Endodoncia

Quito, 08 de mayo de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Estudio comparativo in vitro de la remoción de barrillo dentinario en tercio apical de conductos radiculares entre irrigación ultrasónica pasiva y limas XP Endo Finisher en diferentes tiempos de activación del irrigante

Nancy Patricia Guamán Gualán

Firmas

Dra. Martha Gallegos Intriago
Director del Trabajo de Titulación

Dr. José Maldonado
Director del Programa de Endodoncia

Dra. Paulina Aliaga
Decana de la Facultad de Odontología

Hugo Burgos, PHD
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, 08 de mayo de 2020

© Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante -----

Nombre: Nancy Patricia Guamán Gualán

Código de estudiante: 00203343

C.I. 1104974439

Fecha: Quito, 08 de mayo de 2020

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi querida familia que con su amor incondicional me apoyaron en todo momento, siempre incentivándome a seguir adelante y motivándome constantemente. Gracias por enseñarme que todas las cosas hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr los objetivos de la vida.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero a la Universidad San Francisco de Quito por haberme aceptado ser parte de ella y a mis estimados maestros que con sus conocimientos científicos y experiencia me permitieron crecer profesionalmente.

A mi Director de trabajo de titulación Dra. Martha Gallegos por su colaboración y la paciencia para guiarme de la mejor manera durante todo el proceso investigativo.

De igual manera a la Ing. Karla Vizuite por su ayuda en el proceso de experimentación y al Ing. Galo Izquierdo en la realización del análisis estadístico, gracias a ellos se pudo concluir la presente investigación.

RESUMEN

La irrigación juega un papel importante en el éxito del tratamiento de endodoncia porque contribuye en la remoción del barrillo dentinario. Sin embargo, la complejidad de la anatomía interna del sistema de conductos radiculares dificulta realizar una limpieza correcta, por lo que exige el uso de sistemas de activación para garantizar la desinfección principalmente a nivel del tercio apical y de esa forma evitar el fracaso del tratamiento.

El propósito del estudio fue comparar de manera in vitro la efectividad de las limas XP Endo Finisher e irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical en diferentes tiempos de activación del irrigante, 2 y 3 minutos. El estudio se realizó en 30 premolares unirradiculares, se dividieron en 4 grupos experimentales de acuerdo con el sistema y el tiempo de activación del irrigante y un grupo control. Se obtuvieron fotografías de la observación bajo el microscopio electrónico de barrido y se cuantificaron los túbulos dentinarios abiertos.

Los datos se analizaron usando el test de Anderson Darling y un modelo ANOVA unifactorial y se mostró que las limas XP endo Finisher e irrigación ultrasónica pasiva durante 3 minutos proporcionó mejor remoción de barrillo dentinario que durante 2 minutos de activación. No obstante ninguno de los sistemas eliminó por completo el barrillo dentinario del tercio apical, de manera que es importante el uso de soluciones irrigantes y sistemas de activación para así asegurar una mejor limpieza del conducto y por ende un tratamiento endodóntico exitoso.

Palabras claves: Irrigación, Barrillo dentinario, Irrigación ultrasónica pasiva, Lima XP-Endo Finisher.

ABSTRACT

Irrigation plays an important role in the success of endodontic treatment because it contributes to the removal of the smear layer. However, the complexity of the internal anatomy of the root canal system makes it difficult to clean correctly, therefore it requires the use of activation systems to guarantee disinfection mainly at the apical third and thus avoid treatment failure.

The purpose of this study was to compare in vitro the effectiveness of the XP Endo Finisher files and passive ultrasonic irrigation in the removal of smear layer at the apical third level at different activation times of the irrigant, 2 and 3 minutes. The study was carried out on 30 single-root premolars, divided into four experimental groups according to the system and activation time of the irrigant and a control group. Photographs of the observation were obtained under a scanning electron microscope and open dentinal tubules were quantified.

The data were analyzed using the Anderson Darling test and a single-factor ANOVA model and it was shown that the XP endo Finisher files and passive ultrasonic irrigation for 3 minutes provided better smear layer removal than for 2 minutes of activation. However, none of the systems completely eliminated the smear layer from the apical third, so the use of irrigating solutions and activation systems is important to ensure better cleaning of the canal and therefore a successful endodontic treatment.

Key words: Irrigation, Smear Layer, Passive Ultrasonic Irrigation, XP-Endo Finisher File.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Tabla de contenido.....	8
Índice de figuras.....	12
Índice de tablas.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Justificación.....	17
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 Hipótesis.....	19
1.3.1 Hipótesis nula.....	19
1.3.2 Hipótesis alternativa.....	19
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	20
2.1 Complejo dentino pulpar.....	20
2.1.1 Pulpa dental.....	20
2.1.2 Dentina.....	20
2.1.3 Túbulos dentinarios.....	21
2.2 Barrillo dentinario.....	21
2.2.1 Importancia de la remoción de barrillo dentinario.....	22
2.2.2 Métodos para la remoción de barrillo dentinario.....	22
2.2.2.1 Remoción química.....	22

2.3 Irrigación.....	23
2.3.1 Soluciones irrigantes.....	24
2.3.1.1 Hipoclorito de sodio.....	24
2.3.1.1.1 Propiedades.....	24
2.3.1.1.2 Concentraciones de uso en endodoncia.....	25
2.3.1.2 Ácido etilendiaminotetraacético.....	26
2.3.1.2.1 Propiedades.....	27
2.3.1.2.2 Mecanismo de acción.....	27
2.3.2 Efectos de los irrigantes sobre la estructura dentaria.....	28
2.3.2.1 Desmineralización.....	28
2.3.2.2 Cambios en la resistencia a la tracción, flexión y módulo de elasticidad de la dentina del conducto radicular.....	28
2.3.2.3 Cambios en la permeabilidad de la dentina.....	28
2.3.3 Reacciones adversas de las soluciones irrigantes.....	29
2.3.3.1 Citotoxicidad.....	29
2.4 Técnicas de irrigación.....	30
2.4.1 Irrigación de presión positiva.....	30
2.4.2 Irrigación dinámica manual.....	31
2.4.3 Irrigación sónica.....	31
2.4.3.1 Efecto de la irrigación sónica.....	32
2.4.4 Irrigación ultrasónica.....	34
2.4.4.1 Tipos de irrigación ultrasónica.....	34
2.4.4.1.1 Irrigación ultrasónica continua.....	34
2.4.4.1.2 Irrigación ultrasónica pasiva o intermitente.....	34
2.4.4.2 Puntas de irrigación ultrasónica.....	35

2.4.5	Sistema de irrigación de presión negativa. EndoVac.....	36
2.5	Limas XP endo Finisher.....	36
2.5.1	Efecto de memoria de forma.....	37
3.	METODOLOGÍA.....	38
3.1	Tipo de estudio.....	38
3.2	Población y muestra.....	38
3.2.1	Población.....	38
3.2.2	Muestra.....	38
3.2.2.1	Criterios de inclusión.....	39
3.2.2.2	Criterios de exclusión.....	39
3.3	Grupos de estudio.....	39
3.4	Materiales.....	40
3.5	Procedimiento.....	41
3.5.1	Preparación de las muestras.....	41
3.5.2	División de los grupos.....	44
3.5.3	Manejo experimental de las muestras.....	45
3.5.4	Manejo de datos.....	49
3.5.5	Análisis de datos.....	49
4.	RESULTADOS.....	50
4.1	Análisis paramétrico de los datos.....	50
4.2	Análisis no paramétrico de los datos.....	53
4.3	Discusión.....	55
5.	CONCLUSIONES.....	60

6. RECOMENDACIONES.....	61
7. REFERENCIAS.....	62
8. ANEXOS.....	66
Anexo 1: Cuantificación de túbulos dentinarios.....	66
Anexo 2: Tabla de recolección de datos.....	68
Anexo 3: Fotografías de las muestras bajo el microscopio electrónico de barrido.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	
Representación gráfica de microcorriente acústica alrededor de la lima.....	34
Figura 2	
Instrumentos ultrasónicos.....	36
Figura 3	
Recolección de la muestra.....	38
Figura 4	
Limpieza de los dientes con cureta periodontal.....	41
Figura 5	
Radiografía periapical de las muestras.....	41
Figura 6	
Medición de la longitud radicular.....	42
Figura 7	
Corte coronal con disco de diamante.....	42
Figura 8	
Patentización.....	42
Figura 9	
Instrumentación de conducto.....	43
Figura 10	
Irrigación con aguja NaviTip.....	43
Figura 11	
Activación del irrigante.....	45
Figura 12	
Corte longitudinal de la raíz.....	46
Figura 13	
Medición de 5 mm en apical para el análisis microscópico.....	46
Figura 14	
Almacenamiento de muestras.....	47
Figura 15	
Evaporizador de oro.....	47

Figura 16	
Recubrimiento con oro.....	48
Figura 17	
Microscopio electrónico de barrido.....	48
Figura 18	
Prueba de normalidad bajo el test de Anderson Darling.....	51
Figura 19	
Diagrama de cajas para verificar la simetría en los datos.....	51
Figura 20	
Diferencias de las medias bajo la prueba de comparaciones en parejas de Fisher.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	
Parámetros de evaluación.....	49
Tabla 2	
Análisis de varianza (ANOVA).....	52
Tabla 3	
Comparaciones en parejas de Fisher.....	52
Tabla 4	
Prueba de chi cuadrado.....	54

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de endodoncia tiene como finalidad limpiar y conformar el conducto radicular para su posterior obturación y así lograr el restablecimiento de la salud de los tejidos periapicales. Para alcanzar este objetivo es importante eliminar la capa de barrillo dentinario que se forma durante la preparación biomecánica, dicha capa está constituida por material orgánico e inorgánico que incluye remanentes de dentina, tejido pulpar y bacterias (Sanabria, 2017).

La presencia de barrillo dentinario en las paredes del conducto impide tanto que la medicación intraconducto como soluciones irrigantes penetre eficazmente en los túbulos dentinarios y en áreas irregulares, y por otro lado, no permite una adaptación adecuada de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular. Sin embargo, la remoción de estos residuos representa un reto especialmente en el tercio apical debido a la complejidad de la anatomía interna del conducto (Andrabi, 2013) (Haapasalo, 2014).

La remoción de barrillo dentinario del interior de los conductos radiculares se consigue gracias a soluciones irrigantes que contribuyen en la desinfección de los mismos, estos agentes irrigantes no solo actúan a nivel del conducto principal sino también permiten la limpieza de conductos laterales y accesorios y zonas en donde los instrumentos no tienen acceso (Canalda, 2014).

Entre las soluciones irrigantes más usadas durante la terapia endodóntica cabe destacar el hipoclorito de sodio, solución salina, clorhexidina y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). El hipoclorito de sodio es el irrigante más utilizado en endodoncia, y su uso

alternado con EDTA ha demostrado mayor efectividad en la remoción de barrillo dentinario (Cohen, 2011) (Andrabi, 2013).

La irrigación manual es la técnica más utilizada y se realiza con una jeringa y aguja de salida lateral; además existen sistemas para activar el irrigante y lograr una mayor remoción de barrillo especialmente en el tercio apical, estos pueden ser sistemas de activación sónico o ultrasónico y recientemente también se está utilizando las limas XP Endo Finisher, las mismas que han sido fabricadas con estos fines (Karade, 2017) (Bao, 2016).

La irrigación ultrasónica pasiva consiste en el uso de una lima activada por ultrasonido, estas limas no son cortantes, por ende no hay riesgo de desarrollar defectos en el interior del conducto. Esta técnica se ha considerado como una de las mejores en la eliminación de barrillo dentinario ya que favorece mayor penetración del irrigante en áreas inaccesibles del conducto radicular (Saber, 2011).

Por otro lado están las limas XP Endo Finisher que se usan también para la activación del irrigante luego de la instrumentación del conducto. Son limas de Níquel - Titanio y que por su aleación presentan una excelente flexibilidad adaptándose así a la morfología del conducto e incluso pueden alcanzar zonas irregulares donde las limas convencionales no ejercen su acción (Sanabria, 2017).

Considerando la importancia de la limpieza del sistema de conductos radiculares para el éxito de la terapia endodóntica, el presente trabajo investigativo tiene como objetivo comparar de manera in vitro la efectividad de las limas XP Endo Finisher e irrigación

ultrasónica pasiva en la remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical en diferentes tiempos de activación del irrigante mediante microscopía electrónica de barrido.

1.1 Justificación

El éxito de la terapia endodóntica radica en la remoción adecuada de barrillo dentinario del sistema de conductos radiculares, ya que al permanecer en el interior de los mismos puede desencadenar una inflamación periapical o un retraso en el proceso de reparación por el contenido de bacterias, las mismas que van a proliferar e invadir tejidos y penetrar más profundamente en los túbulos dentinarios, además puede dificultar el ingreso de soluciones irrigantes en los túbulos dentinarios o actuar como barrera entre los materiales de obturación y la pared del conducto de manera que no permite obtener un excelente sellado (Haapasalo, 2014) (Mancini, 2013).

Por otro lado la complejidad de la anatomía interna del sistema de conductos dificulta realizar una limpieza correcta, por lo que exige el uso de soluciones irrigantes y sistemas de activación como el ultrasonido o limas XP Endo Finisher que contribuyen en la desinfección del conducto radicular principalmente a nivel del tercio apical y de esa forma evitar el fracaso del tratamiento (Sanabria, 2017).

Estudios han demostrado que activando el irrigante se obtiene mejores resultados en cuanto a la remoción de barrillo dentinario en el tercio apical en comparación con la irrigación convencional o manual (Virdee, 2017).

Con los resultados obtenidos de la presente investigación se pretende dar a conocer qué técnica de activación del irrigante proporciona una mejor remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

- Comparar de manera in vitro la efectividad de las limas XP Endo Finisher e irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical en diferentes tiempos de activación del irrigante mediante microscopía electrónica de barrido.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Evaluar la remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical activando el irrigante con limas XP Endo Finisher durante 2 minutos.
- Evaluar la remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical activando el irrigante con limas XP Endo Finisher durante 3 minutos
- Evaluar la remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical usando activación ultrasónica pasiva durante 2 minutos
- Evaluar la remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical usando activación ultrasónica pasiva durante 3 minutos.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis nula.

La remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical es igual usando limas XP Endo Finisher e irrigación ultrasónica pasiva en 2 y 3 minutos de activación.

1.3.2 Hipótesis alternativa.

La remoción de barrillo dentinario a nivel de tercio apical es diferente usando limas XP Endo Finisher e irrigación ultrasónica pasiva en 2 y 3 minutos de activación.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Complejo dentino pulpar

Se conoce como complejo dentino pulpar al conjunto de la dentina y la pulpa, pues ambos tejidos forman una estructura única y comparten un componente esencial que son los odontoblastos. Funcionalmente se ayudan entre sí, por un lado la pulpa contribuye en la vitalidad de la dentina y gracias a los odontoblastos hay formación de dentina que protege a la pulpa de algún agente externo. Por lo tanto cualquier alteración en el tejido dentinario tendrá repercusiones sobre el tejido pulpar mientras que una alteración pulpar puede afectar la formación de dentina (Cohen, 2011) (Gómez, 2002).

2.1.1 Pulpa dental.

“La pulpa es un tejido conjuntivo laxo muy vascularizado e innervado”, contiene elementos celulares como fibroblastos, macrófagos, linfocitos, fibras de colágeno, vasos sanguíneos, vasos linfáticos y nervios. Además están presente los odontoblastos, células con capacidad de producir dentina y gracias a este tejido la pulpa se mantiene protegida de cualquier tipo de agresión. La pulpa cumple funciones sensitiva, nutritiva, formativa, defensiva y de reparación (Goldberg, 2002) (Andrabi, 2014) (Gómez, 2002)

2.1.2 Dentina.

La dentina es un tejido mineralizado con capacidad indefinida de formar nuevo tejido como un mecanismo de defensa ante alguna agresión; está compuesto de matriz inorgánica, hidroxiapatita en un 70 %; matriz orgánica 20 %, principalmente proteínas con predominio de colágeno tipo I y contiene también agua en un 10%. A nivel de la

corona está rodeada de esmalte y en la raíz de cemento. La dentina es bastante permeable gracias a la presencia de túbulos dentinarios que están atravesando todo su espesor que permiten el paso de diferentes sustancias (Cohen, 2011) (Gómez, 2002).

2.1.3 Túbulos dentinarios.

Los túbulos dentinarios son estructuras que cruzan todo el espesor de la dentina y van desde el límite amelodentinario o cementodentinario hasta la pulpa, tienen forma de cono, cuyo diámetro depende de la dentina peritubular formada siendo nula a nivel de la pulpa, es así que el mayor diámetro es hacia el tejido pulpar. A nivel de la corona recorren en forma de “S” y en la zona apical son rectos (Cohen, 2011).

Una característica principal es que albergan la prolongación odontoblástica que en sí es una extensión del citoplasma de células odontoblásticas, el espacio que queda entre la prolongación y la pared tubular está ocupada por el fluido dentinario, fibras nerviosas amielínicas, fibras de colágeno y cristales de hidroxiapatita. Este espacio permite que el fluido dentinario mantenga nutrida a la dentina y de la misma manera transportar estímulos desde el exterior hacia la pulpa (Cohen, 2011) (Canalda, 2014) (Gómez, 2002).

2.2 Barrillo dentinario

Según McComb y Smith en 1975 definieron al barrillo dentinario como una laminilla que se adhiere a la pared del conducto y se forma al momento de la instrumentación del mismo, está compuesta de partículas de dentina, restos de tejido pulpar, microorganismos y restos de procesos odontoblásticos. Tiene un espesor de 1 a 2 μm aproximadamente y también puede penetrar hacia el interior de los túbulos dentinarios hasta una profundidad de 40 μm . (Castagna, 2013) (Andrabi, 2014) (Violich, 2010).

2.2.1 Importancia de la remoción del barrillo dentinario.

El barrillo dentinario se forma inevitablemente durante la preparación mecánica del conducto; sin embargo, debe ser eliminado del conducto radicular por las siguientes razones:

- El barrillo dentinario actúa como una represa de bacterias que va a permitir el crecimiento y proliferación de las mismas haciendo más susceptible a la invasión de tejidos adyacentes y extensión a las profundidades de los túbulos dentinarios (Violich, 2010).
- Al estar ocluyendo los túbulos dentinarios va a dificultar que las soluciones irrigantes cumplan sus funciones de desinfección y limpieza (Sanabria, 2017).
- Impide el sellado tridimensional del conducto al afectar la adhesión de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular y como consecuencia de ello aumenta el riesgo de microfiltración y posterior fracaso en el tratamiento endodóntico (Violich, 2010) (Sanabria, 2017).

Por lo tanto la remoción del barrillo dentinario es de gran importancia para garantizar el éxito en la terapia endodóntica, dicha remoción se consigue con una preparación química del conducto que consiste en usar soluciones irrigantes que contribuyen en la desinfección del sistema de conductos radiculares (Goldberg, 2002).

2.2.2 Métodos para la remoción de barrillo dentinario.

2.2.2.1 Remoción química.

El hipoclorito de sodio en combinación con un agente quelante como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) han constituido los irrigantes de elección para la desinfección de los conductos radiculares. Se puede asegurar una mejor remoción de barrillo dentinario a nivel de los tercios medio y cervical del conducto por su mayor

diámetro que permite el mayor flujo de la solución irrigante; mientras que en el tercio apical no se puede predecir su remoción por tratarse de una zona bastante estrecha y la misma anatomía compleja que dificulta el contacto de la solución irrigante con la superficie del conducto radicular (Andrabi, 2014).

Varios son los factores que pueden influir en la eficacia de las soluciones irrigantes en la remoción del barrillo dentinario como la lima maestra apical, el tamaño y diseño de la aguja de irrigación, el volumen del irrigante y el tiempo utilizado para la irrigación (Van der Sluis, 2006).

2.3 Irrigación

La irrigación es uno de los procedimientos más importantes durante la preparación del conducto radicular, consiste en hacer fluir soluciones a lo largo del conducto logrando así una limpieza y desinfección de las paredes del conducto principal, de conductos laterales y accesorios y zonas irregulares en la que los instrumentos no tienen acceso, evitando de esta forma la extrusión de partículas residuales hacia los tejidos periapicales (Haapasalo, 2014) (Duque, 2016).

La irrigación tiene como objetivos principales:

1. Limpiar el conducto radicular al disolver el tejido pulpar y eliminar el barrillo dentinario.
2. Permeabilizar los túbulos dentinarios y conductos accesorios al remover residuos que están obstruyendo la entrada de los mismos.
3. Garantizar la destrucción de bacterias y sus productos.
4. Actuar como lubricante, para facilitar el deslizamiento del instrumento dentro del conducto radicular (Canalda, 2014)

2.3.1 Soluciones irrigantes.

En el mercado se puede encontrar varios tipos de soluciones destinados para la irrigación de conductos, sin embargo hasta la actualidad no existe una solución que se pueda considerar como un irrigante ideal capaz de eliminar por sí solo los detritos creados durante la preparación mecánica, de manera que para alcanzar este objetivo es necesario la combinación entre dos o más soluciones irrigantes (Canalda, 2014) (Karade, 2017).

2.3.1.1 Hipoclorito de sodio.

El hipoclorito de sodio es el irrigante más usado en la terapia endodóntica por sus propiedades que se acercan mucho a las que debe tener un irrigante ideal. Una de ellas es su alta actividad antimicrobiana que incluso puede tener efecto sobre especies como Enterococos, Actinomices y Cándida y su capacidad para disolver materia orgánica como el tejido pulpar, no obstante el efecto sobre la matriz inorgánica es nulo, por sí solo no puede eliminar el barrillo dentinario por lo que se requiere el uso combinado con un agente quelante para asegurar la limpieza y desinfección. Se utiliza a concentraciones de 0,5% a 5,25%, siendo más efectivo a mayor concentración y el que se utiliza actualmente durante el tratamiento, aunque el riesgo de toxicidad es superior cuando contacta con los tejidos periapicales (Cohen, 2011) (Canalda, 2014) (Cecchin, 2015).

2.3.1.1.1 Propiedades.

- Su baja tensión superficial permite fluir la solución y alcanzar las superficies radiculares inaccesibles para los instrumentos.
- Acción bactericida, al contactar con el tejido pulpar libera cloro, el cual afecta a las funciones vitales de la bacteria conllevando a muerte celular.
- Acción humectante de la dentina para facilitar el corte del mismo durante la instrumentación.

- El pH de 11.8 neutraliza la acidez del medio dificultando la colonización bacteriana. .
- Excelente capacidad disolutiva de tejido pulpar.
- No tiene efectos indeseables al usarlo dentro del conducto, excepto al alcanzar el periápice.
- Ejerce una acción rápida de limpieza, por su tensión superficial baja puede alcanzar conductos laterales o accesorios, túbulos dentinarios e istmos y estudios han demostrado que elevando la temperatura de 22°C a 45°C mejora tanto su capacidad antibacteriana y de disolución tisular (Leonardo, 2005) (Haapasalo, 2014) (Iandolo, 2019).

2.3.1.1.2 *Concentraciones de uso en endodoncia.*

El hipoclorito de sodio al 0.5 % y 1% disuelve solamente tejido vital, mientras que concentraciones superiores la disolución tisular es mejor ya que disuelve tanto tejido vital y necrótico. Igualmente los estudios han reportado que las concentraciones superiores a 2.5% tienen mejor eficacia y es la solución que debe ser usada durante la preparación mecánica incluso durante 1 o 2 minutos una vez finalizado tal procedimiento (Canalda, 2014) (Haapasalo, 2014).

De acuerdo a su concentración, las soluciones de hipoclorito de sodio pueden denominarse de la siguiente manera:

- Solución del hipoclorito de sodio al 0.5% (Líquido de Dakin)
- Solución del hipoclorito de sodio al 1% (Solución de Milton)
- Solución del hipoclorito de sodio al 2.5% (Licor de Labarraque)

- Solución del hipoclorito de sodio al 4 - 6.5% (Soda clorada doblemente concentrada)
- Solución del hipoclorito de sodio al 5.25% (Preparación oficial) (Leonardo, 2005).

2.3.1.2 *Ácido etilendiaminotetracético.*

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es usado en endodoncia como un agente para causar desmineralización de la dentina, ejerce su acción al quelar o disminuir la concentración de iones de calcio de la dentina, es por ello que se puede usar tanto para la limpieza del conducto como también para permeabilizar conductos calcificados o estrechos (Cohen, 2011).

El EDTA complementa la acción del hipoclorito de sodio, no se recomienda como solución única de irrigación, los estudios recalcan evitar su uso durante la instrumentación debido a que inactiva la acción del cloro, que es el agente desinfectante del hipoclorito; más bien se debe usar en la irrigación final para eliminar el barrillo dentinario. El uso combinado de estas dos soluciones favorecen una desinfección superior del conducto, ya que por un lado el EDTA deja abierto los túbulos dentinarios y conductos accesorios para luego el hipoclorito de sodio ejercer ahí su acción antiséptica (Cohen, 2011).

Tienen un pH neutro de 7,3 y posee los siguientes componentes (Leonardo, 2005):

- Hidróxido de sodio 9,25 ml
- Sal disódica de EDTA 17,0 g
- Agua destilada 100 ml

2.3.1.2.1 *Propiedades.*

- Disolución de tejido inorgánico por su capacidad de desmineralizar la dentina.
- Rápida acción: Con un tiempo de exposición de 1 minuto ya se puede observar un ligero efecto desmineralizante, por lo que recomiendan que una aplicación de 3 minutos es suficiente para alcanzar resultados positivos.
- Bactericida: Este efecto es gracias al uso alternado con el hipoclorito de sodio que facilitan la remoción de barrillo dentinario y a la vez permite que los microorganismos alojados en los túbulos dentinarios queden expuestos a la acción antimicrobiana del irrigante.
- Baja tensión superficial, permite mayor penetración en los túbulos dentinarios logrando una mejor limpieza del sistema de conductos.
- Baja toxicidad: Causa una leve inflamación al contactar con tejidos periapicales.
- Fácil manipulación (Castro, 2015).

2.3.1.2.2 *Mecanismo de acción.*

La desmineralización de la dentina se produce por la interacción entre la dentina y el EDTA, pues estas soluciones presentan radicales libres en sus extremos que se adhieren a un complejo molecular que en este caso es la dentina y toma de ella los iones de calcio sobre el cual ejerce su acción (Castro, 2015).

El proceso de desmineralización va de la mano con la solubilidad de la dentina, dado que tiene una solubilidad baja y al estar expuesto a un medio líquido intenta mantener un estado de equilibrio al disolver el calcio y el fosfato presente en la hidroxiapatita obteniéndose a su vez una solución saturada de iones, el cual causa reblandecimiento de la dentina (Castro, 2015).

2.3.2 Efectos de los irrigantes sobre la estructura dentaria.

2.3.2.1 *Desmineralización.*

Las soluciones irrigantes reducen la concentración de iones fosfato y calcio de la dentina y por ende causan una disminución en la microdureza y solubilidad dentinaria; influyendo de manera negativa en la adhesión y sellado de los materiales de obturación (Handa, 2013).

Se han observados cambios morfológicos en la pared de la dentina radicular que van desde una superficie lisa con orificios de túbulos dentinarios regulares hasta una superficie rugosa con orificios de túbulos dentinarios irregulares de mayor tamaño, debido a la desmineralización del componente inorgánico y la disolución del componente orgánico de la dentina (Handa, 2013).

2.3.2.2 *Cambios en la resistencia a la tracción, flexión y módulo de elasticidad de la dentina del conducto radicular.*

Las soluciones irrigantes pueden afectar las propiedades físicas y mecánicas de la dentina, causando disminución de la microdureza, resistencia a la flexión y a la tracción y el módulo de elasticidad, de tal manera que la dentina sea más susceptible a la fractura (Handa, 2013).

2.3.2.3 *Cambios en la permeabilidad de la dentina.*

La permeabilidad de la dentina depende del tamaño de la luz del túbulo dentinario que obviamente luego de la instrumentación será de mayor tamaño y obedece también a la remoción de la capa residual, debido a que éste bloquea la entrada de los túbulos y así

disminuye la permeabilidad y de la misma manera interfiere en el proceso de desinfección (Gudiño, 2013).

2.3.3 Reacciones adversas de las soluciones irrigantes.

2.3.3.1 Citotoxicidad.

Las soluciones irrigantes a más de tener un efecto antimicrobiano también poseen cierto grado de toxicidad. No obstante, durante la terapia endodóntica existe el riesgo de extrusión hacia los tejidos periapicales y con ello ocasionar alguna complicación periapical o un retraso en la cicatrización (Handa, 2013).

Una de las soluciones irrigantes que debemos tener mucho cuidado durante su uso es el hipoclorito de sodio, ya que al extruirse accidentalmente hacia los tejidos periapicales o estructuras anatómicas como el seno maxilar, los efectos serán graves, como edema, parestesia, dolor intenso, sensación de ardor, sangrado profuso del conducto, enfisema, hematoma, equimosis, necrosis de la zona o hasta una obstrucción de las vías respiratorias (Farook, 2014).

Entre los factores de riesgo para una extrusión apical de hipoclorito, podemos citar:

1. Perforación iatrogénica durante el acceso cameral a nivel del piso de la cámara pulpar o durante la instrumentación ocasionando una perforación radicular.
2. Técnica inadecuada de irrigación, al introducir la aguja muy cerca al ápice o cuando la punta de la aguja de irrigación quede atrapada o ajustada en el interior del conducto.
3. Ápice inmaduro
4. Fractura radicular
5. Pérdida de longitud de trabajo.

6. Reabsorciones radiculares
7. Posición anatómica del diente en relación al hueso alveolar, cuando el ápice está cubierto de hueso delgado o solo tejido blando, una cantidad pequeña de solución puede desencadenar síntomas (Farook, 2014).

La severidad de las reacciones está relacionada directamente con la concentración del hipoclorito de sodio, mientras mayor sea la concentración, mayor será la severidad de los efectos (Farook, 2014).

2.4 Técnicas de irrigación

Actualmente muchos estudios han demostrado la superioridad en la eliminación de barrillo dentinario del sistema de conductos cuando el irrigante es activado o agitado durante el protocolo de irrigación final. Las técnicas de activación pueden ser manuales o mediante un dispositivo como la irrigación sónica, ultrasónica, de presión negativa e instrumentos rotatorios (Nagendrababu, 2018) (Chen, 2014).

2.4.1 Irrigación con presión positiva.

Es la denominada técnica convencional, consiste en usar una jeringa y aguja de diferente calibre para la irrigación de conducto durante el proceso de instrumentación. Se coloca la aguja en el interior del conducto a 3 mm de la longitud de trabajo y con movimientos lentos de entrada y salida se suministra el irrigante. Sin embargo presenta ciertos inconvenientes, por un lado la posibilidad de alcanzar el tercio apical es muy limitado, pues estudios indican que el irrigante no fluye más allá de 1.5 mm de la punta de la aguja y la probabilidad de extruir al periápice es alto y por otro lado la formación de una burbuja de aire en la zona apical conocida como vapor lock es inevitable y que difícilmente es

removida con esta técnica y por lo tanto impide una desinfección correcta en esta zona (Andrabi, 2013).

Chen et al., reporta que el diseño de la aguja influye en la velocidad del irrigante dentro del conducto, es así que las agujas abiertas de extremo recto fluyen a mayor velocidad y pueden extenderse 1,5 mm más allá de la punta, mientras que las agujas cerradas de salida lateral fluyen en menor velocidad y se extienden 0,5 mm del extremo de la aguja, ésta última es la más recomendada porque ejerce menor presión apical reduciendo el riesgo de extrusión (Chen, 2014).

2.4.2 Irrigación dinámica manual.

Este tipo de irrigación se realiza en un conducto previamente instrumentado, es decir en la fase final de irrigación y se puede usar una lima manual o un cono de gutapercha para agitar el irrigante; se realiza movimientos de entrada y salida de 2 o 3 mm con el fin de crear turbulencia y facilitar la activación del irrigante y el deslizamiento del mismo hacia zonas que han permanecido intactas especialmente el tercio apical (Virdee, 2017).

También es importante considerar la frecuencia de movimientos con el cono de gutapercha o lima, mientras más movimientos se realicen en un tiempo determinado, mayor será la turbulencia generada. Andrabi et al., considera que realizar 100 movimientos por minuto es adecuado para activar la solución irrigante que equivale a una frecuencia de 1.6 Hz (Andrabi, 2013).

2.4.3 Irrigación sónica.

La irrigación sónica difiere de la ultrasónica por su menor velocidad de vibración y frecuencia que generalmente es baja de 1 – 10 kHz, se lleva a cabo mediante la oscilación de puntas de excelente flexibilidad y presentan una gran amplitud de desplazamiento,

mismo que se ejecuta longitudinalmente con respecto al eje de inserción (Virdee, 2017) (Gu, 2009).

Cuando la oscilación es pequeña se considera como un nodo y cuando es alta como un antinodo, en el caso del instrumento sónico al antinodo se encuentra en la punta por lo que hay mayor amplitud de desplazamiento y va disminuyendo de manera progresiva hacia el mango en donde se encuentra el nodo; la oscilación mayor en la punta del instrumento favorece un mejor desbridamiento y limpieza (Gu, 2009).

Los sistemas sónicos tradicionales usaban limas metálicas de conicidad variable que aumentaba con el tamaño de la lima, además solían ser puntiagudas y el riesgo de causar daño a la pared dentinaria era alto. Posteriormente introducen al mercado un nuevo dispositivo sónico, el EndoActivator con características más favorables, pues las puntas son de polímero muy flexible y presenta una superficie suave de manera que no afecta a la pared dentinaria. A pesar de ello tienen como desventaja que son radiolúcidas y aunque sean flexibles puede separarse y en ese caso son difíciles de identificar (Mancini, 2013).

Recientemente la casa comercial VDW lanza al mercado un dispositivo sónico, las puntas EDDY, cuyas vibraciones son de alta frecuencia 6000Hz y se generan por medio de un escalador de aire; son fabricadas a base de poliamida e igualmente son flexibles de manera que no altera la superficie dentinaria. El movimiento oscilatorio es de gran amplitud similar al del ultrasonido y desencadena dos efectos de limpieza: cavitación y transmisión acústica que proporciona mejor limpieza del conducto radicular (Zeng, 2018).

2.4.3.1 Efecto de la irrigación sónica.

La irrigación sónica ha mostrado resultados positivos en la remoción de barrillo dentinario y desinfección del sistema de conductos radiculares. Es así que las puntas del EndoActivator generan 10000 ciclos por minuto, lo que es suficiente para desbridar y

eliminar todo residuo presente en el interior del conducto. Además el tiempo de activación influye positivamente, mientras mayor es el tiempo de activación, mayor es la capacidad de limpieza (Gu, 2009).

2.4.4 Irrigación ultrasónica

Richman en 1957 da a conocer el uso del ultrasonido en el campo de la endodoncia, así que Martin en 1980 desarrolló un dispositivo ultrasónico para uso endodóntico que permitía la preparación y desbridamiento mecánico del conducto radicular (Gu, 2009).

La irrigación ultrasónica consiste en hacer vibrar con ultrasonido una lima de acero inoxidable y agitar la solución irrigante; éstas limas están diseñadas para oscilar a frecuencias extremadamente altas de 25-30 kHz, y presentan un trayecto oscilatorio transversal de 60 a 90 grados con respecto al eje de inserción, al igual que los sistemas sónicos presentan un modelo de nodos y antinodos en toda la longitud del instrumento; los nodos son zonas en donde hay mínima o nula oscilación y antinodos es la parte del instrumento donde se produce mayor oscilación o desplazamiento (Van der Sluis L, 2007) (Gu, 2009).

La acción de limpieza del ultrasonido se fundamenta a través de 2 principios: cavitación y microcorriente acústica. La cavitación es la formación de burbujas que se crean por la vibración del irrigante las mismas que se rompen al colisionar con la pared del conducto; resultado de esto se eleva la temperatura y con ello aumenta la eficacia de la solución irrigante. La microcorriente acústica es el flujo del irrigante impulsado por el efecto vibratorio a lo largo del instrumento ultrasónico durante el cual se forman patrones de oscilación en toda la longitud de la lima, este modelo de vibración forman corrientes en remolino de manera que cualquier material biológico que ingrese en el área de la corriente va a ser sometido a tensiones vibratorias y posteriormente se destruya; estas tensiones

vibratorias se generan en las zonas de mayor desplazamiento que son el extremo de la lima y los antinodos (Souza, 2018).

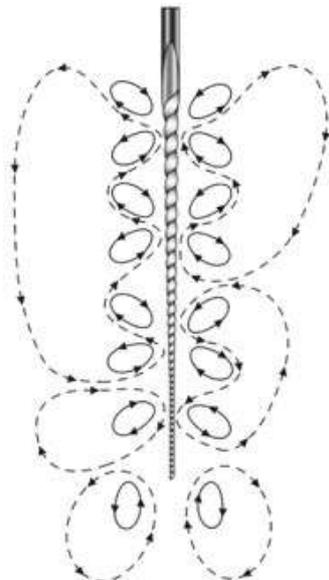


Figura 1. Representación gráfica de microcorriente acústica alrededor de la lima

2.4.4.1 Tipos de irrigación ultrasónica.

2.4.4.1.1 Irrigación ultrasónica continua.

Se realiza simultáneamente irrigación e instrumentación ultrasónica, para la cual se usa una aguja que se activa mediante ultrasonido y al mismo tiempo se administra el irrigante desde un tubo que está conectado a una jeringa que contiene la solución; de modo que el irrigante fluye enérgicamente de forma continua a lo largo del conducto radicular (Souza, 2018).

2.4.4.1.2 Irrigación ultrasónica pasiva o intermitente.

Se realiza luego de la preparación mecánica del conducto, se basa en el uso de una lima de tamaño 15 o 20 que será activada por ultrasonido y por actuar en un conducto amplio ya instrumentado, la lima se desplaza libremente y permite vibrar el irrigante en el interior del conducto (Van der Sluis L, 2007).

Las dos técnicas favorecen la eliminación de barrillo dentinario pero la instrumentación ultrasónica presenta una desventaja como la remoción excesiva de dentina durante la instrumentación, aumentando de este modo el riesgo de perforaciones y creando un conducto de forma irregular. Por esta razón, los estudios recomiendan el uso de ultrasonido luego de haber realizado la preparación y conformación del conducto radicular (Gu, 2009).

2.4.4.2 Puntas de irrigación ultrasónica.

Para la activación del irrigante se han desarrollado instrumentos que van a ser activados mediante ultrasonido y van desde alambres, limas, puntas y agujas. Inicialmente se usaban alambres lisos de acero inoxidable o de níquel titanio con una sección transversal circular. Posteriormente se comercializó las limas K ultrasónicas similares a las manuales usadas para instrumentación, tienen una conicidad del 2% y sección transversal cuadrada, esto hace que las limas tengan un borde muy cortante de manera que afecta la morfología del conducto (Retsas, 2019).

Las agujas ultrasónicas son de acero inoxidable o níquel titanio, están conectadas a una jeringa, que a su vez éste tiene conexión con el dispositivo ultrasónico; están diseñadas para suministrar el irrigante al interior del conducto al tiempo que activa la solución. Finalmente las limas Irrisafe son ampliamente usadas en los últimos tiempos con fines de activación del irrigante, presenta características que previene el corte de dentina como un borde redondeado, un pitch amplio para desplazar hacia coronal los residuos y una punta redondeada que aseguran no causar alteración alguna en el interior del conducto (Retsas, 2019).

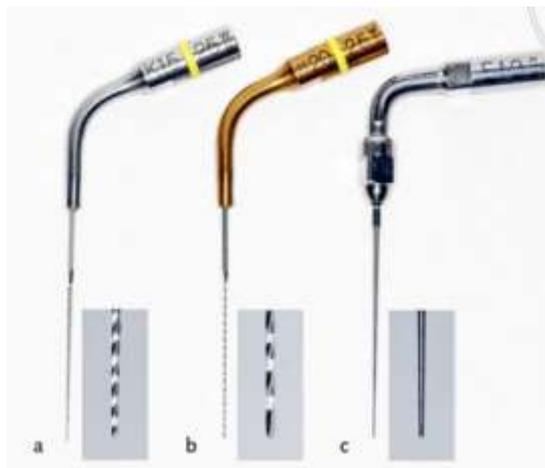


Figura 2. Instrumentos ultrasónicos: a) Lima K, b) Lima Irrisafe, c) Alambre liso

2.4.5 Sistema de irrigación de presión negativa: EndoVac.

El EndoVac es un sistema que se enfoca en drenar la solución irrigante de la zona apical disminuyendo el riesgo de extrusión hacia los tejidos periapicales, tiene la ventaja de suministrar mayor cantidad de irrigante en el interior del conducto por la aplicación continua de la solución y permitir mejor remoción mecánica (Mancini, 2013).

Este sistema consta de una micro cánula o macro cánula que se une a una jeringa que contiene la solución irrigante y a la succión del sillón dental. Las cánulas simultáneamente van a proporcionar y evacuar la solución irrigante; la macro cánula es abierta en su punta y tiene un tamaño de 55 y sirve para drenar la solución irrigante del tercio medio y coronal, mientras que la micro cánula es de tamaño 32 y drena del tercio apical (Gu, 2009).

2.5 Limas XP endo Finisher

Las limas XP Endo Finisher, son limas rotatorias de níquel titanio de forma semicircular, son altamente flexibles y se atribuye al menor diámetro ISO # 25 y a la ausencia de conicidad de manera que pueden ajustarse a la morfología del conducto; además poseen

la capacidad de expandirse hasta 6 mm durante la rotación y así acceder a superficies irregulares. Se usan a una velocidad de 800 rpm posterior a la instrumentación para activar la solución irrigante y eliminar todo residuo intraconducto pero siempre conservando la dentina (Sanabria, 2017) (Zand, 2017).

Se fundamentan en los principios de memoria de forma de la aleación de níquel titanio y gracias a su capacidad de expansión puede actuar en conductos radiculares complejos sean estrechos o con extrema curvatura (Zand, 2017).

2.5.1 Efecto de memoria de forma.

La memoria de forma es la capacidad del instrumento de níquel titanio de recuperar su forma original después de haber sido sometido a una tensión. Las limas XP a temperatura ambiente son rectas y se encuentran en fase martensítica, pero al colocar dentro del conducto y exponerse a la temperatura corporal cambia a la fase austenítica durante la cual el instrumento adopta una forma de cuchara en los últimos 10 mm apicales con una profundidad aproximada de 1,5 mm (Bao, 2016).

Durante la rotación forma una especie de globo que alcanza un diámetro de 3 mm en los últimos 10 mm del instrumento, pero cuando la punta se ajusta en alguna zona estrecha del conducto, el globo se expande a 6 mm. Por lo tanto, cuando el instrumento se desplaza longitudinalmente dentro del conducto, las constricciones y expansiones propias del conducto originarán contracción y expansión de la bombilla, esto permite que el instrumento alcance áreas de difícil acceso y cause turbulencia de la solución irrigante para así eliminar el barrillo dentinario de la zona crítica del conducto que es el tercio apical (Bao, 2016) (Alves, 2016) (Zand, 2017).

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

Este estudio es de tipo experimental, in vitro, comparativo y descriptivo. Es experimental e in vitro porque se realizó en piezas dentales extraídas, los mismos que fueron expuestos a diferentes procedimientos simulando condiciones clínicas. Descriptivo porque se describió paso a paso la técnica para la eliminación de barrillo dentinario y es comparativo porque se comparó dos tiempos de activación del irrigante y dos sistemas usados para remover el barrillo dentinario.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población.

Está constituida por premolares superiores e inferiores que fueron donados por profesionales odontólogos de distintos consultorios odontológicos.

3.2.2 Muestra.

Considerando los criterios de inclusión y exclusión, está constituida por 30 premolares superiores e inferiores unirradiculares.



Figura 3. Recolección de la muestra

3.2.2.1 Criterios de inclusión.

- Premolares unirradiculares
- Piezas dentales con ápice cerrado
- Piezas con conducto único y recto

3.2.2.2 Criterios de exclusión.

- Molares, premolares birradiculares y dientes anteriores
- Dientes con ápice abierto
- Dientes con conductos calcificados o con tratamiento endodóntico previo
- Dientes con reabsorción radicular

3.3 Grupos de estudios

Para el presente estudio se empleó 30 premolares los mismos que se dividieron de manera aleatoria en cuatro grupos experimentales de acuerdo con el sistema y el tiempo de activación final del irrigante y un grupo control.

Grupos de estudio	N	Protocolo
1	7	Hipoclorito de sodio al 5.25% + lima XP Endo Finisher 2 minutos, EDTA 17% + lima XP Endo Finisher 2 minutos.
2	7	Hipoclorito de sodio al 5.25% + lima XP Endo Finisher 3 minutos, EDTA 17% + lima XP Endo Finisher 3 minutos.
3	7	Hipoclorito de sodio al 5.25% + Ultrasonido 2 minutos, EDTA 17% + Ultrasonido 2 minutos
4	7	Hipoclorito de sodio al 5.25% + Ultrasonido 3 minutos, EDTA 17% + Ultrasonido 3 minutos
5 (control)	2	Irrigación convencional: Hipoclorito de sodio al 5,25% + EDTA 17% sin activación

3.4 Materiales

- Micromotor de baja velocidad (NSK)
- Motor endodóntico X Smart Plus (Dentsply Maillefer)
- Limas Wave One Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
- Limas K # 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
- Limas XP Endo Finisher (FKG Dentaire)
- Ultrasonido NSK
- Punta ultrasónica Irrisafe (Satelec)
- Agujas de irrigación NaviTip (Ultradent)
- Puntas capillary (Ultradent)
- Cureta periodontal (American Eagle)
- Sonda periodontal (Carolina del Norte)
- Disco de diamante
- Regla milimetrada (Dentsply Maillefer)
- Jeringa de plástico desechable 3mL Nipro
- Cera rosada
- Hoja de bisturí
- Placa de fósforo
- Microscopio electrónico de barrido (TESCAN modelo MIRA 3)
- Estufa MEMMERT
- Hipoclorito de sodio al 5,25%
- EDTA al 17% (Eufar)
- Suero fisiológico Lira

3.5 Procedimiento

3.5.1 Preparación de las muestras.

Los dientes fueron almacenados en suero fisiológico hasta el momento de su uso. Para iniciar el procedimiento se lavó con agua de grifo cada uno de los dientes y con una cureta periodontal se eliminó cualquier residuo de tejido blando que se encuentre adherido a la superficie radicular.



Figura 4. Limpieza de los dientes con cureta periodontal

Luego se realizó una radiografía periapical con placa de fósforo para corroborar la presencia de conducto único.

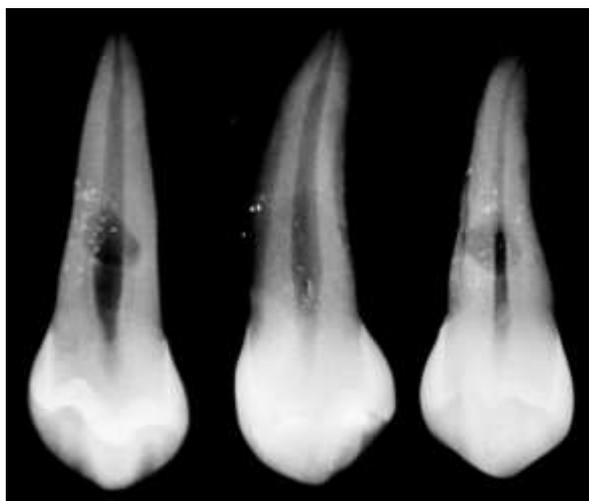


Figura 5. Radiografía periapical de las muestras

Posteriormente con un disco de diamante y micromotor de baja velocidad se cortó la corona por debajo de la unión amelo-cementaria hasta conseguir una longitud radicular de 14 mm.



Figura 6. Medición de la longitud radicular



Figura 7. Corte coronal

Con una lima K # 10 se permeabilizó el conducto hasta observar el instrumento a través del foramen y la longitud de trabajo se determinó restando 1 mm.



Figura 8. Patentización

Para la preparación del conducto se utilizó el motor de endodoncia X Smart Plus y se realizó con limas Wave One Gold primary 025.07 y large 045.05 con movimientos de picoteo hasta alcanzar la longitud de trabajo establecida; los conductos fueron irrigados con 3 mL de hipoclorito de sodio al 5,25 % a 3 mm de la longitud de trabajo con aguja de irrigación NaviTip de salida lateral, la patencia apical se realizó luego de cada instrumento con lima K # 10.



Figura 9. Instrumentación de conducto



Figura 10. Irrigación con aguja NaviTip

3.5.2 División de los grupos.

La muestra se dividió de manera aleatoria en cuatro grupos experimentales y un grupo control de acuerdo con el sistema y el tiempo de activación final del irrigante.

El protocolo de activación final del irrigante fue el siguiente:

- **Grupo 1:** Se irrigó con 2 mL de NaOCl al 5,25% y se activó con limas XP Endo Finisher a 1 mm de longitud de trabajo durante 2 minutos, luego se neutralizó con 2 mL de suero fisiológico y posterior se irrigó con 2 mL de EDTA 17% y se activó por 2 minutos; nuevamente se irrigó con 2 mL de suero fisiológico y 2 mL de NaOCl al 5,25 % activado durante 2 minutos a 1 mm de longitud de trabajo.
- **Grupo 2:** Se irrigó con 2 mL de NaOCl al 5,25% y se activó con limas XP Endo Finisher a 1 mm de longitud de trabajo durante 3 minutos, luego se neutralizó con 2 mL de suero fisiológico y posterior se irrigó con 2 mL de EDTA 17% y se activó por 3 minutos; nuevamente se irrigó con 2 mL de suero fisiológico y 2 mL de NaOCl al 5,25 % activado durante 3 minutos a 1 mm de longitud de trabajo.
- **Grupo 3:** Se irrigó con 2 mL de NaOCl al 5,25% y se activó con punta ultrasónica Irrisafe a 1 mm de longitud de trabajo durante 2 minutos, luego se neutralizó con 2 mL de suero fisiológico y posterior se irrigó con 2 mL de EDTA 17% y se activó por 2 minutos; nuevamente se irrigó con 2 mL de suero fisiológico y 2 mL de NaOCl al 5,25 % activado durante 2 minutos a 1 mm de longitud de trabajo.
- **Grupo 4:** Se irrigó con 2 mL de NaOCl al 5,25% y se activó con punta ultrasónica Irrisafe a longitud de trabajo durante 3 minutos, luego se neutralizó con 2 ml de suero fisiológico y posterior se irrigó con 2 mL de EDTA 17% y se activó por 3 minutos; nuevamente se irrigó con 2 mL de suero fisiológico y 2 mL de NaOCl al 5,25 % activado durante 3 minutos a 1 mm de longitud de trabajo.

- **Grupo 5:** Se irrigó con 2 mL de NaOCl al 5,25%, luego se neutralizó con 2 mL de suero fisiológico y posterior se irrigó con 2 mL de EDTA 17%; nuevamente se irrigó con 2 mL de suero fisiológico y 2 mL de NaOCl al 5,25 % a 3 mm de longitud de trabajo.

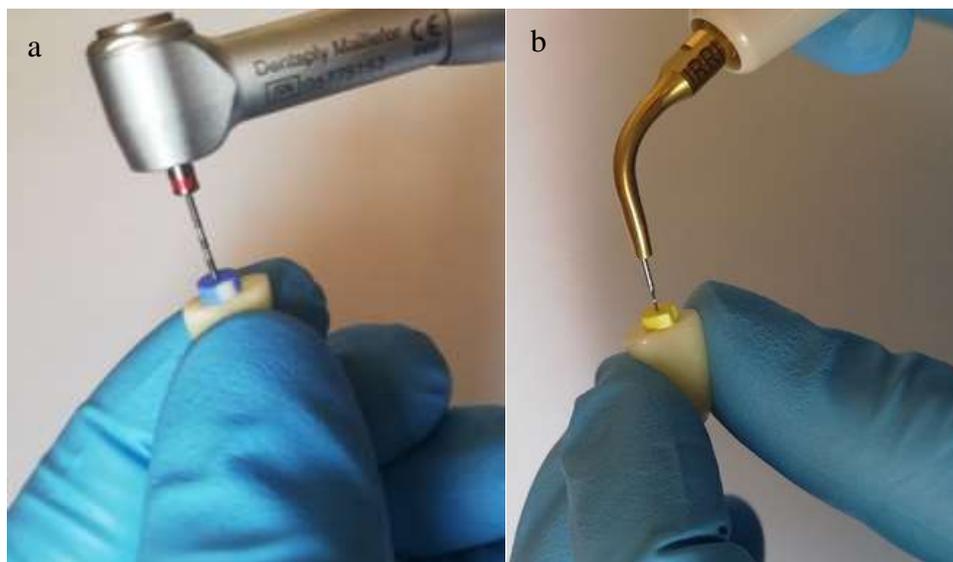


Figura 11. Activación del irrigante. a) Lima XP endo Finisher, b) Punta ultrasónica Irrisafe (Satelec)

3.5.3 Manejo experimental de las muestras

Una vez realizado el protocolo de irrigación final los conductos se secaron con puntas capillary. Seguidamente se colocó cera rosada tanto en la zona apical como coronal de la raíz para evitar la contaminación del conducto con el barrillo dentinario que se forma durante la etapa del corte radicular.

El corte de la raíz consistió en realizar una ranura en sentido longitudinal sobre la superficie vestibular y lingual o palatina con un disco de diamante y micromotor de baja velocidad, dicha ranura fue superficial de manera que no haya comunicación con el conducto para luego con un bisturí fraccionar la raíz.

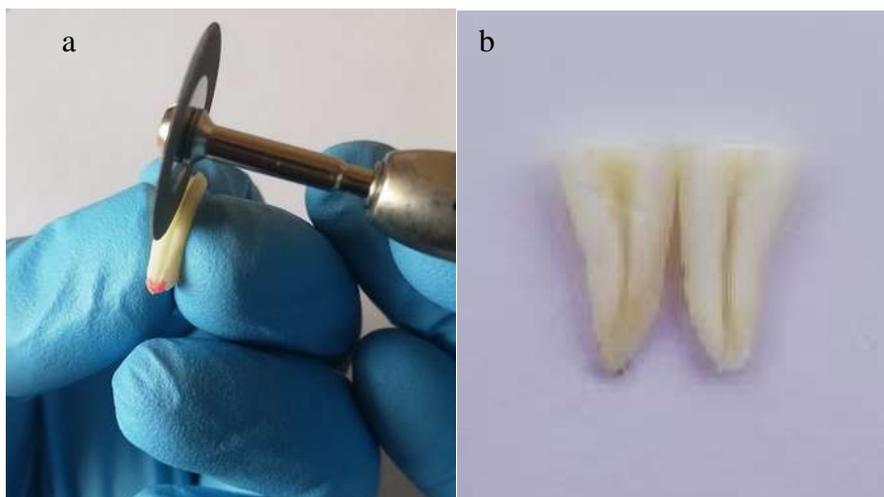


Figura 12. a) Corte longitudinal de la raíz, b) Raíces seccionadas

Se eligió el fragmento radicular que no presente alteración alguna en el tercio apical y con una sonda periodontal se midió los 5 mm apicales, todas estas muestras fueron almacenadas en frascos estériles debidamente rotuladas cada una de ellas para su posterior análisis microscópico. Este procedimiento se efectuó en el departamento de microscopía electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).



Figura 13. Medición de 5 mm en apical para el análisis microscópico



Figura 14. Almacenamiento de muestras en envases rotulados

Paso siguiente se secó cada una de las muestras en una estufa MEMMERT durante 48 horas a 50°C. Posteriormente se recubrió con una lámina de oro, para este fin se usó un evaporizador de oro Sputter Coating Quorum Q105R por 90 segundos, produciendo una capa de un espesor aproximado de 20 nm.



Figura 15. Evaporizador de oro



Figura 16. Recubrimiento con oro

A continuación se observó en el microscopio electrónico de barrido marca TESCAN bajo la dirección de la Ing. Karla Vizuite, Técnico del Laboratorio de Caracterización de Nanomateriales de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), dicho procedimiento se realizó a una magnificación de 3000 X y se obtuvo fotografías de cada una de las muestras para la recolección y análisis de datos.



Figura 17. Microscopio electrónico de barrido

3.5.4 Manejo de datos

En cada una de las imágenes obtenidas del análisis microscópico se cuantificaron los túbulos dentinarios abiertos, posteriormente estas imágenes fueron evaluadas por tres observadores especialistas en endodoncia de la Universidad San Francisco de Quito, quienes desconocían el grupo al que pertenecían cada una de las fotografías y registraron una calificación tomando como referencia la metodología realizada por Kuah, et al 2009, quien evaluó la presencia de barrillo dentinario en una escala de 0 a 2 (Kuah, 2009).

0	Todos los túbulos dentinarios están abiertos, no hay presencia de barrillo dentinario.
1	Algunos túbulos dentinarios están abiertos, con barrillo dentinario cubriendo la entrada de algunos túbulos dentinarios.
2	Todos los túbulos dentinarios están cubiertos de barrillo dentinario

Tabla 1: Parámetros de evaluación

El puntaje señalado por cada observador fue registrado en una tabla de recolección de datos, para posteriormente someterse al análisis estadístico.

3.5.5 Análisis de datos.

Todo el análisis estadístico se realizó con la ayuda del software Minitab 19.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis paramétrico de los datos

Se realiza a partir del conteo de túbulos dentinarios y busca determinar si existe o no alguna diferencia en la remoción de barrillo dentinario con respecto a los diferentes protocolos de irrigación final variando el tiempo de activación del irrigante, dado que el estudio tiene cuatro grupos experimentales y se está examinando un factor que es el barrillo dentinario el modelo estadístico a usar es un modelo ANOVA unifactorial:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

X_{ij} representa el número de túbulos dentinarios abiertos en las muestras con cada protocolo de irrigación.

μ es la media global de túbulos dentinarios abiertos

α_i representa el efecto del factor

ε_{ij} corresponde al error o residuos

La hipótesis nula en este análisis es que todas las medias son iguales, es decir que el número de túbulos dentinarios abiertos en los cuatro grupos son iguales, mientras que la hipótesis alternativa afirma que existe al menos en algún grupo un resultado de remoción de barrillo dentinario distinto.

En notación estadística esto se traduce en:

- $H_0: \mu_{\text{Grupo 1}} = \mu_{\text{Grupo 2}} = \mu_{\text{Grupo 3}} = \mu_{\text{Grupo 4}}$
- $H_a: \text{Por lo menos 1 } \mu \text{ es diferente}$

Para poder realizar este modelo es necesario verificar si los supuestos de normalidad en los datos se cumplen, para lo cual existen varias pruebas donde la hipótesis nula acepta que los datos están normalmente y para ello existen distintos tipos de test. Bajo el test de

Anderson Darling se demuestra que las muestras tienen un comportamiento normal como se detalla en las figuras 18 y 19.

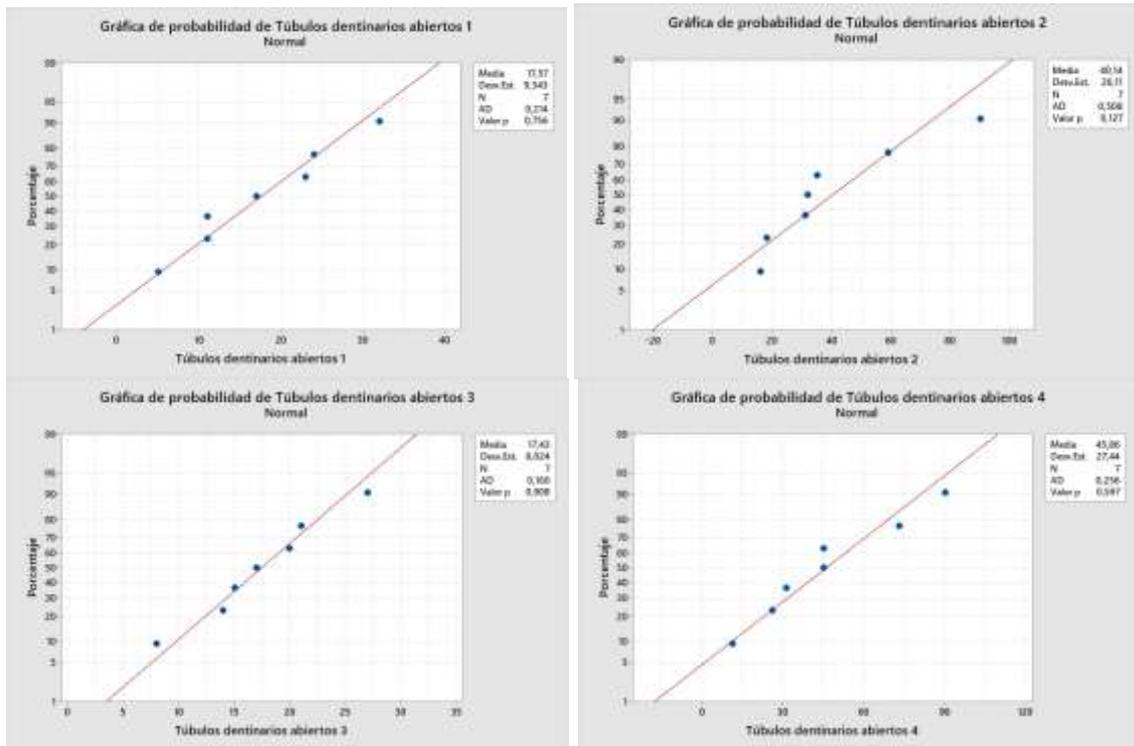


Figura 18. Prueba de normalidad bajo el test de Anderson Darling.

Elaboración: Ing. Galo Izquierdo

Los diagramas de caja muestran simetría en los datos de los grupos 1, 3 y 4.

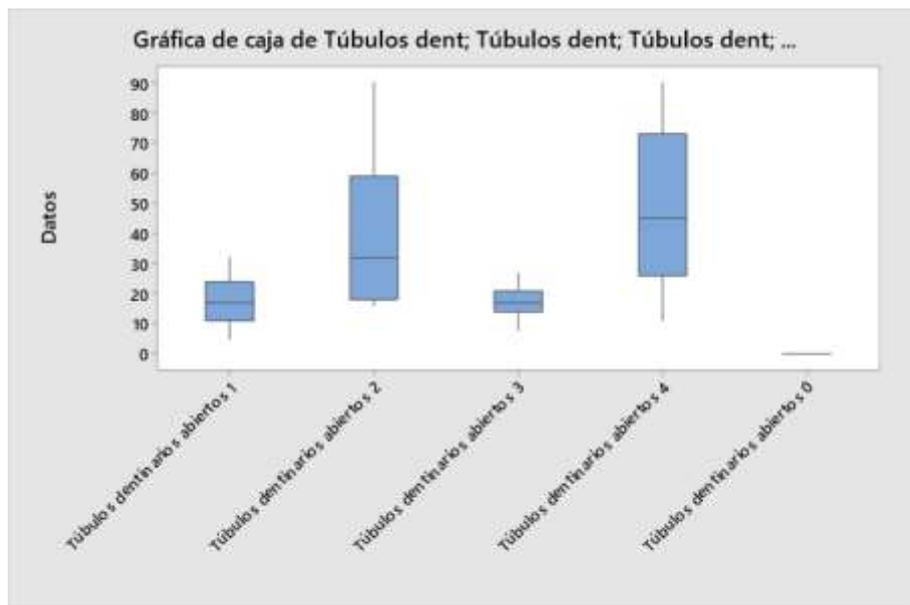


Figura 19. Diagrama de caja para verificar la simetría en los datos

Elaboración: Ing. Galo Izquierdo

Los resultados de la corrida de los datos bajo el modelo ANOVA son:

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento (s)	3	4666	1555,4	3,99	0,019
Error	24	9349	389,5		
Total	27	14015			

Tabla 2. Análisis de varianza

Elaboración: Ing. Galo Izquierdo

El valor $-p$ 0,019 del modelo indica que es menor al nivel de confianza de 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que en al menos uno de los protocolos de irrigación final produce un resultado distinto.

Para determinar cuales grupos son distintos, se procedió a realizar la prueba de comparaciones con pareja, para lo cual se usó las comparaciones de Fisher obteniendo los siguientes resultados:

Tratamiento (s)	N	Media	Agrupación
4	7	45,9	A
2	7	40,14	A
1	7	17,57	B
3	7	17,43	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 3. Comparaciones en parejas de Fisher.

Elaboración: Ing. Galo Izquierdo

Por el test de comparación de Fisher se puede ver que se clasifican en dos grupos: el primer grupo A corresponde a un tiempo de activación de 3 minutos donde el que tiene más túbulos dentinarios abiertos es el grupo 4 que pertenece a la irrigación ultrasónica pasiva, seguido por el grupo 2 concerniente a las limas XP endo Finisher y en el segundo grupo B están los protocolos con un tiempo de activación de 2 minutos.

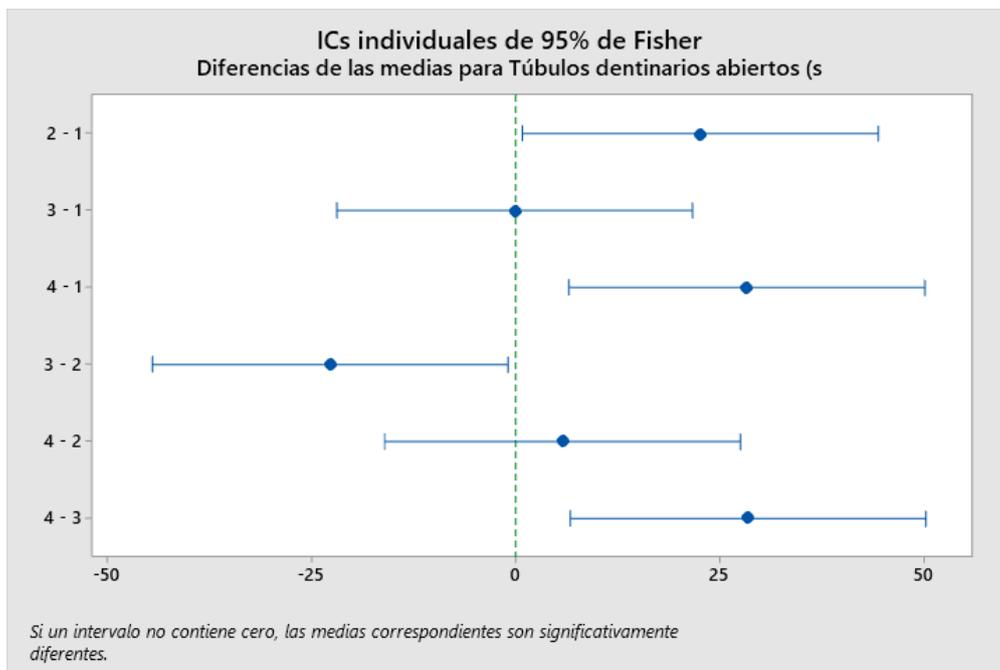


Figura 20. Diferencias de las medias bajo la prueba de comparaciones en parejas de Fisher

Elaboración: Ing. Galo Izquierdo

Para determinar si las diferencias entre los túbulos dentinarios abiertos comparando 2 grupos, podemos ver que entre los grupos 1-2, 4-1, 3-2, y 4-3 existen diferencias al 95% de confiabilidad, es decir el número de túbulos dentinarios abiertos no son iguales en estas parejas; mientras que en los grupos 3-1 y 4-2 no hay diferencias estadísticamente significativas, esto significa que el tiempo de activación si marca una diferencia en el número de túbulos dentinarios abiertos mas no en el sistema de activación.

4.2 Análisis no paramétrico de los datos

Se realiza a partir de la observación simple de las imágenes, dado que puede resultar un tanto subjetiva no solo porque dependa de cada observador sino también porque algunas

imágenes podrían ser menos claras unas de otras, se decidió realizar una prueba de tipo no paramétrica con el objetivo de determinar si existe una relación entre la escala y el protocolo de irrigación final.

La prueba de independencia plantea como hipótesis nula que las variables son independientes entre sí, es decir que entre los procesos realizados con sus distintas variaciones de tiempo y la escala señalada por los observadores no están relacionadas entre sí, mientras que la hipótesis alternativa muestra que existe una dependencia entre el protocolo de irrigación final en sus diferentes tiempos de activación y la clasificación dada por los observadores, esto significaría que de algún modo el tratamiento aplicado y el resultado de la clasificación del barrillo dentinario están relacionadas.

Se realizó la prueba de chi cuadrado para evaluar si existe o no la independencia de variables. La siguiente tabla muestra el estadístico obtenido para la tabla cruzada entre los resultados obtenidos y los resultados esperados incluyendo el valor – p de la prueba.

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	22,400	8	0,004
Relación de verosimilitud	21,246	8	0,007

Tabla 4. Prueba de chi-cuadrado

Elaboración: Ing. Galo Izquierdo

El valor-p obtenido fue de 0,004 lo cual significa que se debe rechazar la hipótesis nula, lo que conlleva a decir que si existe una relación entre los protocolos de irrigación final en sus diferentes tiempo de activación y la escala en la que los observadores clasificaron a cada una de las imágenes mostradas, lo cual ratifica los resultados obtenidos del análisis paramétrico realizado.

Es importante recalcar que los resultados de las pruebas paramétricas son más confiables que las pruebas no paramétricas.

4.3 Discusión

Boutsioukis et al. (2010) y Chen et al. (2014) manifiestan la importancia de la irrigación de conductos durante la instrumentación para asegurar la remoción de barrillo dentinario, siendo la más usada la irrigación de presión positiva; así lo confirma De Deus et al. (2014) quienes evaluaron el volumen de barrillo dentinario acumulado en el interior del conducto después de la preparación biomecánica y concluyeron que la irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25% más EDTA al 17% reduce a 11% el volumen de barrillo acumulado frente al 34% en los casos en donde no incluyeron la irrigación; no obstante, existe la incertidumbre de su eficacia a nivel de tercio apical; por lo tanto para garantizar una mejor limpieza en dicha zona actualmente se dispone de distintos sistemas de activación del irrigante como son irrigación ultrasónica pasiva, irrigación de presión negativa y limas rotatorias, todos encaminados a proporcionar un mejor flujo del irrigante hacia el tercio apical (Boutsioukis, 2010) (Chen, 2014) (De Deus, 2014).

Linhares de Castro et al. (2016) explican la importancia de irrigar el conducto con hipoclorito de sodio y EDTA, en donde demuestran que los dos grupos de estudios irrigados únicamente con hipoclorito de sodio muestran los valores más altos de presencia de barrillo dentinario, a pesar de que en uno de los grupos se activó con ultrasonido. De la misma manera Sanabria et al. (2017) concuerdan con los resultados mencionados anteriormente, quienes manifiestan que la irrigación únicamente con hipoclorito de sodio y la activación durante 1 minuto con ultrasonido o lima XP endo Finisher reporta niveles altos de barrillo dentinario tanto en tercio medio y apical (Linhares de Castro, 2016) (Sanabria, 2017).

Igualmente Schmidt et al. (2015) evaluaron el efecto de la activación ultrasónica del irrigante y aclaran que activar únicamente el hipoclorito de sodio o solamente el EDTA no mostró mayor eficacia en la remoción de barrillo dentinario en comparación con la irrigación convencional, de modo que activar las dos soluciones favorecen una limpieza más eficiente, al igual que Zand et al. (2017) coinciden con este último enunciado, si bien ellos también mencionan que activar únicamente el EDTA por 1 minuto la remoción de barrillo dentinario es igual al activar las dos soluciones (Schmidt, 2015) (Zand, 2017).

En el presente estudio se evaluó la efectividad de dos sistemas de activación de irrigante (lima XP endo Finisher y ultrasonido) en la remoción de barrillo dentinario a nivel del tercio apical en dos diferentes tiempos de activación obteniendo ventaja la activación durante 3 minutos sin encontrar diferencia estadística entre ambos sistemas, aunque presentó una mejor remoción la irrigación ultrasónica pasiva.

En cuanto al tiempo de activación del irrigante Linhares de Castro et al. (2016) señalan que activar el hipoclorito de sodio y el EDTA por un tiempo de 20 o 60 segundos la remoción de barrillo dentinario es semejante en ambos tiempos, datos que no concuerdan con el estudio de Passarinho et al. (2006) quienes comparan 3 tiempos de activación ultrasónica 1, 3 y 5 minutos y mostraron menor cantidad de barrillo en tercio apical con 5 minutos de activación; igualmente en el presente estudio se pudo evidenciar que el tiempo de activación del irrigante influye de manera positiva en la remoción de barrillo dentinario, obteniendo mejor limpieza durante 3 minutos de activación sea con ultrasonido o lima XP endo Finisher en comparación a los 2 minutos de activación (Linhares de Castro, 2016) (Passarinho, 2006).

Al referirse a los sistemas de activación Andrabi et al. (2014) resaltan la efectividad de la irrigación ultrasónica pasiva durante 1 minuto y la irrigación dinámica manual en la limpieza de conductos especialmente en el tercio apical, al comparar con la irrigación convencional, del mismo modo que en el presente estudio la irrigación ultrasónica pasiva durante 3 minutos de activación demostró la superioridad sobre el mismo sistema durante 2 minutos y sobre la lima XP endo Finisher durante 3 y 2 minutos; esto puede atribuirse a la transmisión acústica y al efecto de cavitación que genera la lima activada ultrasónicamente, definiendo como transmisión acústica al movimiento circular del fluido alrededor de la lima en vibración, mientras que la cavitación es la formación de burbujas y colapso de las mismas en un medio líquido (Andrabi, 2014).

Por otro lado Karade et al. (2017) manifiestan que la irrigación ultrasónica pasiva, irrigación sónica y el sistema de irrigación de presión negativa EndoVac no proporcionan una remoción eficiente del tercio apical, aunque el sistema EndoVac mostró mejor eliminación de residuos en comparación a los otros dos sistemas, la superioridad de este sistema se presume a su enfoque de presión negativa apical que expulsa el irrigante por las paredes del conducto hacia el ápice, creando turbulencia en el extremo de la microcánula; mientras que Silva et al. (2018) manifiestan que todos los sistemas de activación de la solución irrigante promueven el mismo nivel de limpieza a nivel de istmos de conductos mesiales de molares inferiores al comparar con la irrigación ultrasónica pasiva, EndoVac y lima autoajustable (self-adjusting file); de la misma manera en nuestro estudio la remoción de barrillo dentinario fue semejante entre ambos sistemas aunque la limpieza en el tercio apical no sea completa (Karade, 2017) (Silva, 2018).

Según Urban et al. (2017) demuestran que el sistema de activación sónico EDDY e irrigación ultrasónica favorecen una limpieza del sistema de conductos de forma similar en comparación con el sistema EndoActivator, esto se debe a que el EndoActivator posee una baja velocidad de transmisión del irrigante siendo 167 Hz comparado al sistema sónico de 6000 Hz (Urban, 2017).

Bao et al. (2016) compararon la efectividad de las limas XP endo Finisher y la irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de biofilm de la zona apical del conducto con activación continua de 90 segundos y por ciclos de activación, 3 ciclos de 30 segundos cada uno y demostraron que la lima XP endo Finisher por ciclos de activación elimina mejor el biofilm, seguido por la irrigación ultrasónica pasiva por ciclos, mientras que en el estudio actual la activación con éstas limas no superaron a la irrigación ultrasónica pasiva, esto puede atribuirse a que la activación del irrigante se realizó de manera continua (Bao, 2016).

Sanabria et al. (2017) realizaron un estudio similar al nuestro y manifiestan que el uso de éstas limas produjo mayor remoción de barrillo dentinario en relación a la irrigación ultrasónica pasiva; en contraposición al estudio la lima XP endo Finisher no mostró mayor eficacia sobre la irrigación ultrasónica pasiva, la diferencia puede asignarse a la profundidad de inserción de la lima, dado que en el estudio de Sanabria lo realiza a longitud de trabajo mientras que en el nuestro se realizó a 1 mm de longitud de trabajo. Sin embargo, sí proporcionaron una adecuada remoción en el tercio apical y esto se debe a la excelente flexibilidad y a la capacidad de expansión durante la rotación (Sanabria, 2017).

Por el contrario Leoni et al. (2016) encontraron que no hay diferencia estadística entre la irrigación ultrasónica y lima XP endo Finisher en la eliminación de barrillo dentinario a nivel de istmos de raíces mesiales de molares inferiores. De la misma manera De-Deus et al. (2018) reportaron que ambos sistemas proporcionan un nivel de limpieza semejante durante un tiempo de activación de 1 minuto si bien ninguno de los dos sistemas remueven completamente el barrillo dentinario. Por esta razón es fundamental realizar otros estudios para valorar la reducción de barrillo dentinario que incluyan anatomía compleja, volumen, sistema de administración del irrigante y profundidad de inserción de la aguja de irrigación, punta ultrasónica o lima rotatoria (Leoni, 2016) (De-Deus, 2018).

Con todo estos hallazgos podemos concluir que no existe un método y solución irrigante que elimine por completo el barrillo dentinario del interior del conducto, en especial a nivel del tercio apical, de manera que es importante el uso combinado de soluciones irrigantes y sistemas de activación para así asegurar una mejor limpieza del conducto y por ende un tratamiento endodóntico exitoso.

5. CONCLUSIONES

- Al comparar mediante microscopio electrónico de barrido la efectividad de irrigación ultrasónica pasiva y limas XP endo Finisher en dos tiempos de activación se concluye que la irrigación ultrasónica pasiva durante 3 minutos de activación remueve mejor el barrillo dentinario del tercio apical.
- La diferencia estadística entre los grupos de irrigación ultrasónica pasiva y limas XP endo Finisher durante 3 minutos de activación no es significativa.
- La remoción de barrillo dentinario en tercio apical con lima XP endo Finisher durante 3 minutos (40,14) fue bastante mejor que durante 2 minutos de activación (17,57).
- La remoción de barrillo dentinario en tercio apical con irrigación ultrasónica pasiva durante 3 minutos fue superior (45,9) en comparación a los 2 minutos de activación (17,43).

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los profesionales considerar a los sistemas de activación como un instrumento esencial del tratamiento de endodoncia, para garantizar una limpieza eficiente del sistema de conductos radiculares en especial a nivel de tercio apical.
- Realizar una investigación similar al presente estudio pero en donde se incluya anatomía compleja para evaluar la efectividad de las limas XP endo Finisher, debido a que en los estudios que comparan con ultrasonido éstas limas proporcionan mejor limpieza, datos que no concordaron con el estudio.
- Sería importante realizar estudios sobre extrusión apical del irrigante, ya que es uno de los riesgos que trae consigo la irrigación, comparando los dos sistemas usados en el estudio actual y considerando la profundidad de inserción del instrumento.

7. REFERENCIAS

- Alves, F. e. (2016). Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *Journal of Endodontic*, 42(7).
- Andrabi, S. e. (2013). Effect of manual dynamic activation on smear layer removal efficacy of ethylenediaminetetraacetic acid and SmearClear: An in vitro scanning electron microscopic study. *Australian Endodontic Journal*, 39.
- Andrabi, S. e. (2014). Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 5.
- Bao, P. e. (2016). In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. *Journal of Endodontic*.
- Boutsioukis, C. e. (2010). Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model. *Journal of Endodontic*, 36(5).
- Canalda, C. (2014). *Endodoncia. Técnicas Clínicas y Bases Científicas* (Tercera ed.). Barcelona , España: MASSON,S.A.
- Castagna, F. e. (2013). Effect of Passive Ultrasonic Instrumentation as a Final Irrigation Protocol on Debris and Smear Layer Removal—A SEM Analysis. *Microscopy Research and Technique*.
- Castro, S. (Julio de 2015). Evaluación con microscopía electrónica en la remoción de barrillo dentinario post- instrumentación endodóntica; utilizando hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% e hipoclorito de sodio al 5,25% + EDTA con irrigación ultrasónica: Estudio in vitr. *Universidad Internacional del Ecuador. Tesis presentada previa a la obtención del título de Odontólogo*.
- Cecchin, D. e. (2015). Evaluation of antimicrobial effectiveness and dentine mechanical properties after use of chemical and natural auxiliary irrigants. *Journal of Dentistry*, 43(6).
- Chen, J. e. (2014). Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: A computational fluid dynamics analysis. *Australian Endodontic Journal*.
- Cohen, S. (2011). *Vías de la Pulpa* (Décima ed.). Barcelona, España: Elsevier S.L.
- De Deus, G. e. (2014). Assessing Accumulated Hard-tissue Debris Using Micro-computed Tomography and Free Software for Image Processing and Analysis. *Journal of Endodontic*, 40(2).

- De-Deus, G. 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*.
- Duque, J. e. (2016). Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *Journal of Endodontic*.
- Farook, S. e. (Diciembre de 2014). Guidelines for management of sodium hypochlorite extrusion injuries. *British Dental Journal*, 217(12).
- Goldberg, F. (2002). *Endodoncia. Técnicas y Fundamentos*. (Primera ed.). Buenos Aires , Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Gómez, M. &. (2002). *Histología y embriología bucodental* (Segunda ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Gu, L. e. (2009). Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *Journal of Endodontic*, 35(6).
- Gudiño, C. (2013). Estudio experimental comparativo in vitro de la eliminación del barrillo dentinario en el tercio apical entre Qmix y EDTA 17% con activación ultrasónica pasiva. *Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Especialista en Endodoncia. USFQ*. Quito.
- Haapasalo, M. e. (2014). Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 216(6).
- Handa, A. y. (Septiembre de 2013). Influence of Root Canal Irrigants on Dental Tissues: A Review of Literature. *Indian Journal of Dental Sciences*, 5(3).
- Iandolo, A. e. (2019). Evaluation of the actual chlorine concentration and the required time for pulp dissolution using different sodium hypochlorite irrigating solutions. *Journal of Conservative Dentistry*, 22.
- Karade, P. e. (2017). Efficiency of Different Endodontic Irrigation and Activation Systems in Removal of the Smear Layer: A Scanning Electron Microscopy Study. *Iranian Endodontic Journal*, 12(4).
- Kuah, H. e. (2009). The Effect of EDTA with and without Ultrasonics on Removal of the Smear Layer. *Journal of Endodontic*, 35(3).
- Leonardo, M. (2005). *Endodoncia. Tratamiento de conductos radiculares. Principios técnicos y biológicos*. (Vol. 1). Sao Paulo - Brasil: Artes Médicas.
- Leoni, G. e. (2016). 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*.

- Linhares de Castro, F. e. (2016). Effect of time and ultrasonic activation on ethylenediaminetetraacetic acid on smear layer removal of the root canal. *Microscopy Research and Technique*, 1 - 7.
- Mancini, M. e. (2013). Smear Layer Removal and Canal Cleanliness Using Different Irrigation Systems (EndoActivator, EndoVac, and Passive Ultrasonic Irrigation): Field Emission Scanning Electron Microscopic Evaluation in an In Vitro Study. *Journal of Endodontic*, 39(11).
- Nagendrababu, V. e. (2018). Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clinical Oral Investigations*.
- Passarinho, J. e. (2006). In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Australian Endodontic Journal*, 32.
- Retsas, A. y. (2019). An update on ultrasonic irrigant activation. *ENDO EPT*, 13(2).
- Saber, S. e. (2011). Efficacy of Different Final Irrigation Activation Techniques on Smear Layer Removal. *Journal of Endodontic*, 37(9).
- Sanabria, D. e. (2017). Comparison of the XP-Endo Finisher File System and Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) on Smear Layer Removal after Root Canal Instrumentation Effectiveness of Two Irrigation Methods on Smear Layer Removal. *Journal of Dentistry and Oral Health*, 4, 2.
- Schmidt, T. e. (2015). Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *Journal of Endodontic*, 41(8).
- Silva, E. e. (Mayo de 2018). Micro-CT evaluation of different final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root of mandibular molars. *Clinical Oral Investigations*.
- Souza, C. e. (2018). Efficacy of passive ultrasonic irrigation, continuous ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation device in penetration into main and simulated lateral canals. *Journal of Conservative Dentistry*.
- Urban, K. y. (2017). Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigations*.
- Van der Sluis L, e. a. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40.
- Van der Sluis, L. e. (2006). The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 39(6).
- Violich, D. y. (2010). The smear layer in endodontics – a review. *International Endodontic Journal*, 43.

- Virdee, S. e. (2017). Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*.
- Zand, V. e. (2017). Smear layer removal evaluation of different protocol of Bio Race file and XP-endo Finisher file in corporation with EDTA 17% and NaOCl. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(11).
- Zeng, C. e. (2018). Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *Journal of Dentistry*.

8. ANEXOS

ANEXO 1: Cuantificación de los túbulos dentinarios

Grupo 1

# de diente	Túbulos dentinarios abiertos
1	17
2	11
3	23
4	11
5	32
6	24
7	5

Grupo 2

# de diente	Túbulos dentinarios abiertos
1	35
2	31
3	16
4	32
5	59
6	18
7	90

Grupo 3

# de diente	Túbulos dentinarios abiertos
1	21
2	17
3	14
4	27
5	20
6	15
7	8

Grupo 4

# de diente	Túbulos dentinarios abiertos
1	26
2	45
3	11
4	45
5	73
6	31
7	90

Grupo control

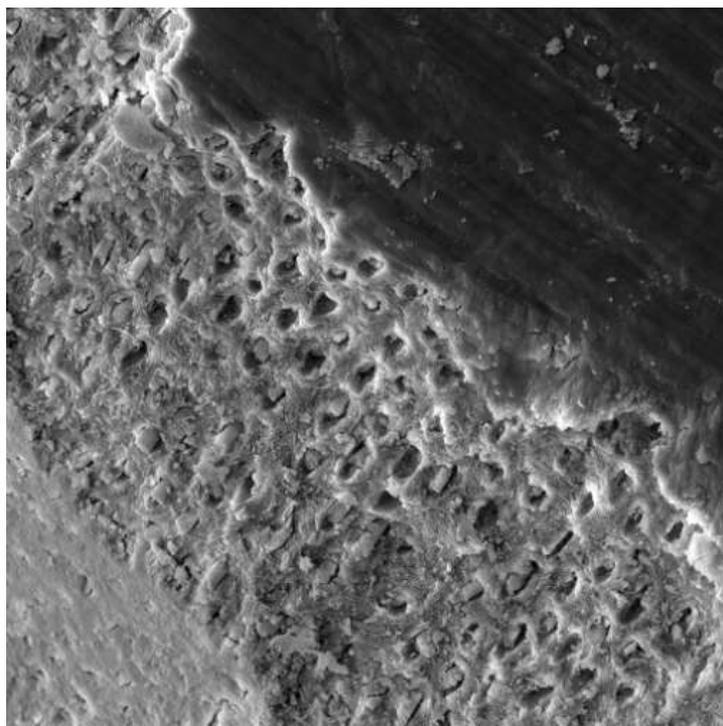
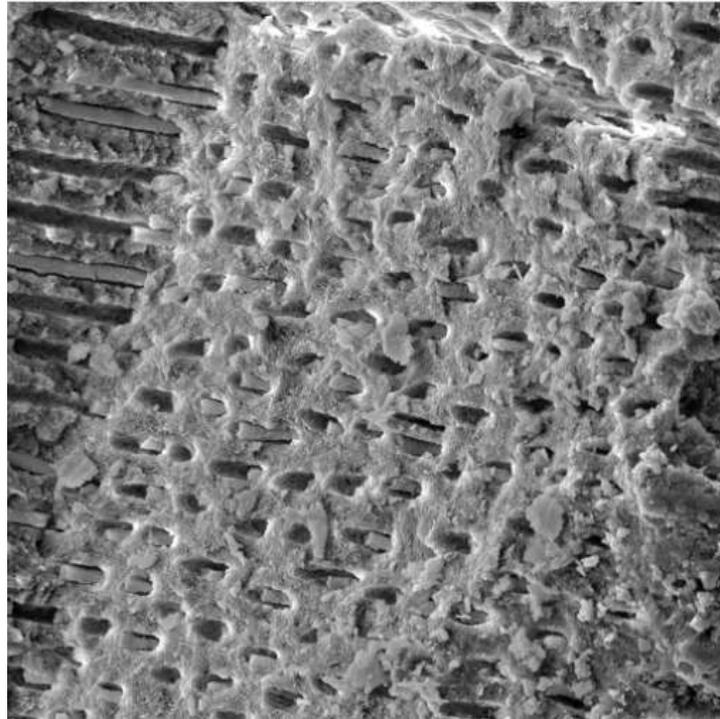
# de diente	Túbulos dentinarios abiertos
1	0
2	0

ANEXO 2: Tabla de recolección de datos

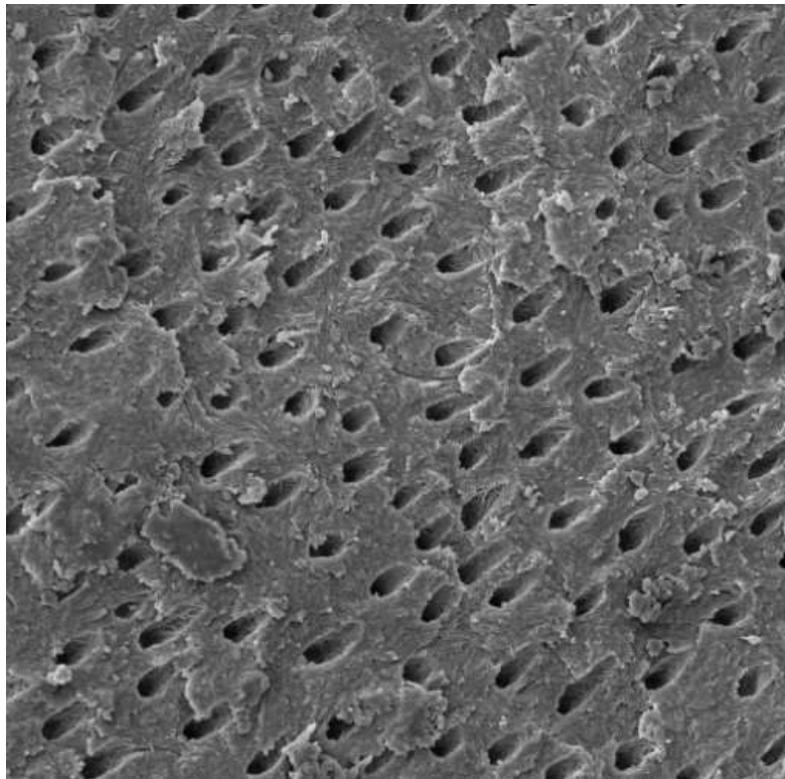
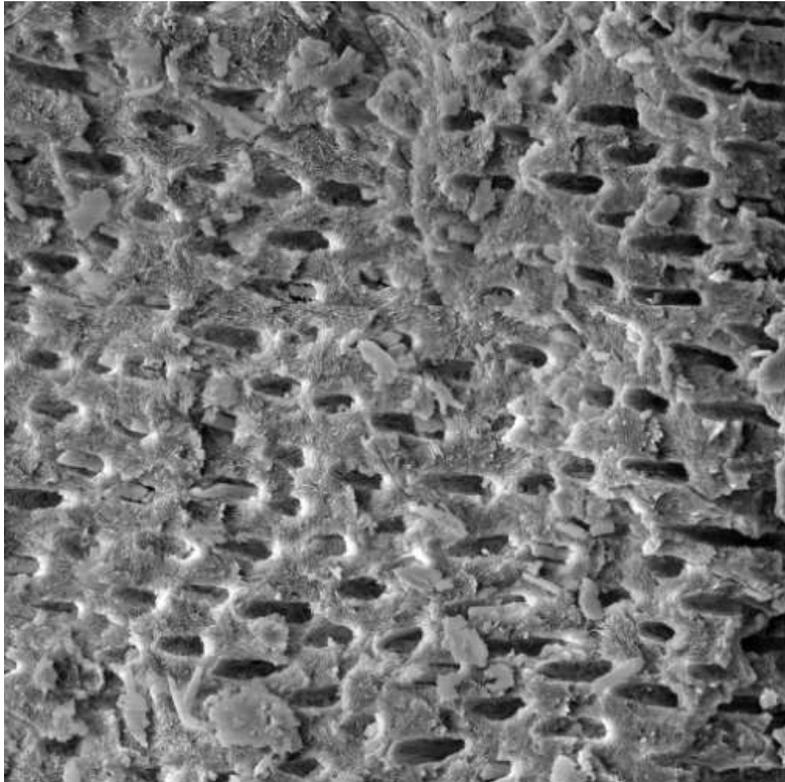
		Escala		
Grupo de estudio	# de diente	Observador 1	Observador 2	Observador 3
Grupo 1	1	0	1	0
	2	1	1	2
	3	0	1	1
	4	1	2	1
	5	0	1	0
	6	0	2	0
	7	1	1	2
Grupo 2	1	2	2	2
	2	0	1	0
	3	1	1	0
	4	1	1	1
	5	0	0	0
	6	2	1	1
	7	0	0	0
Grupo 3	1	2	1	1
	2	2	1	1
	3	2	2	2
	4	1	0	0
	5	1	0	0
	6	2	1	1
	7	1	0	1
Grupo 4	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	2	1	2
	4	1	0	0
	5	1	0	0
	6	1	0	1
	7	0	0	0
Grupo 5	1	2	2	2
	2	2	2	1

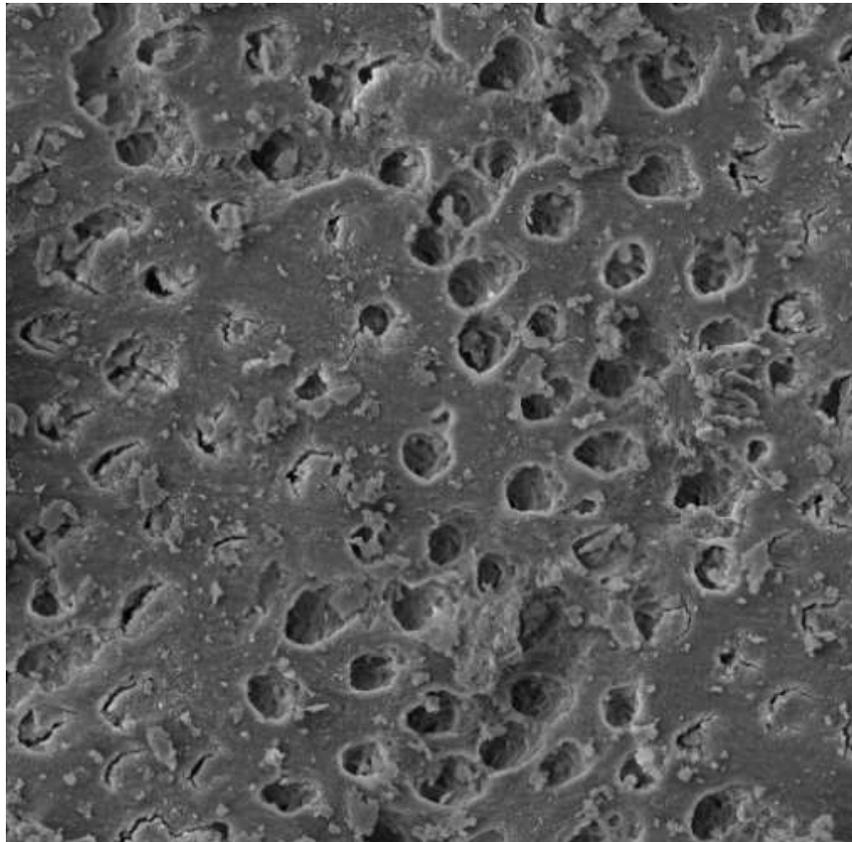
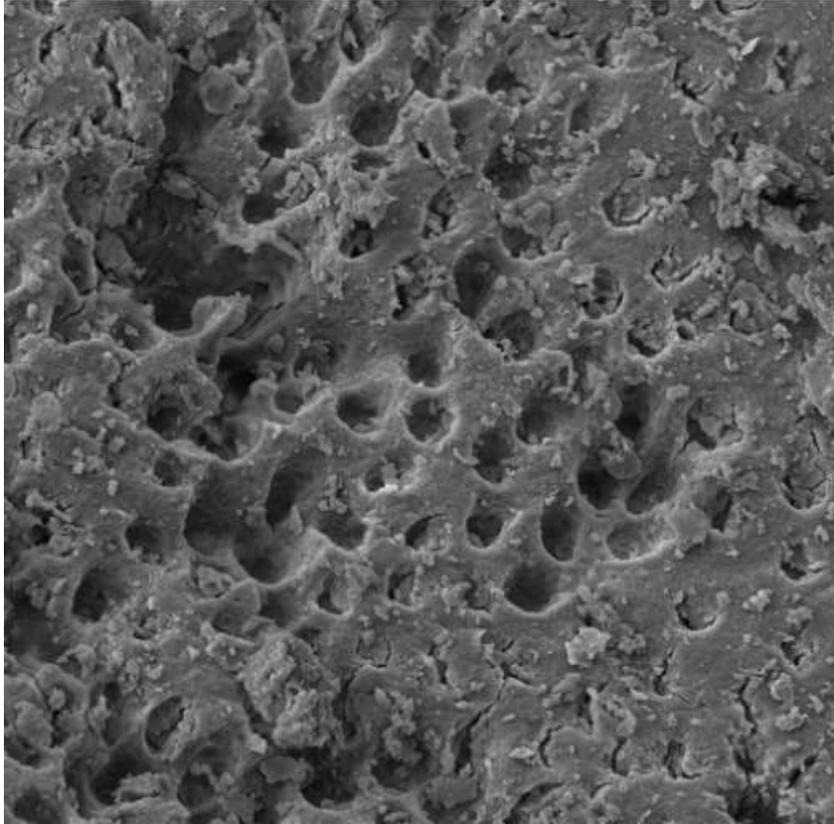
ANEXO 3: Fotografías de las muestras bajo el microscopio electrónico de barrido

Grupo 1: Lima XP endo Finisher, 2 minutos

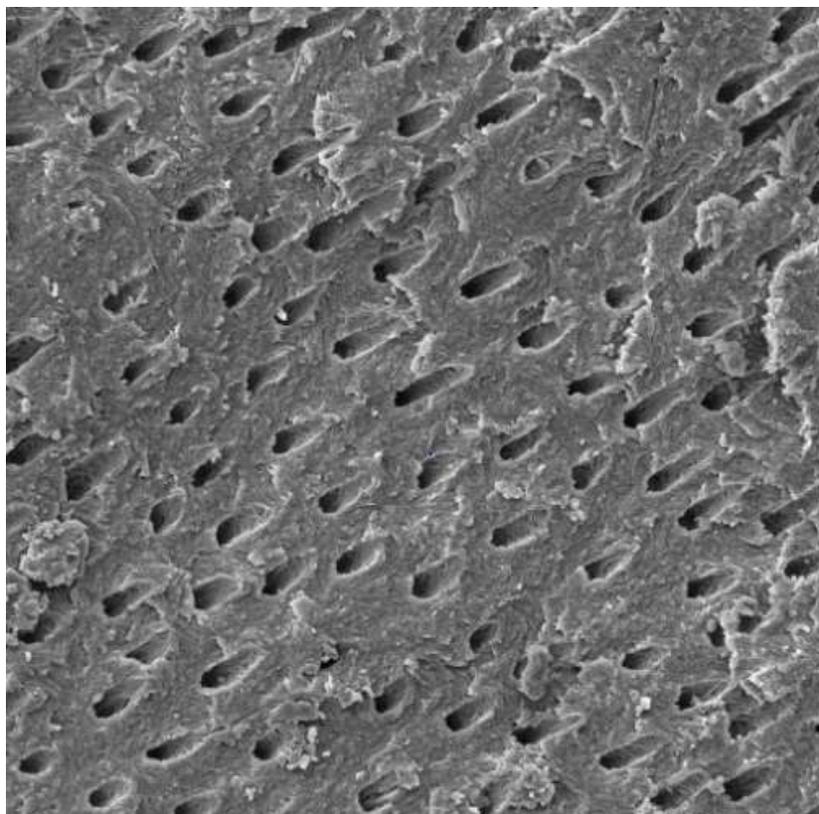
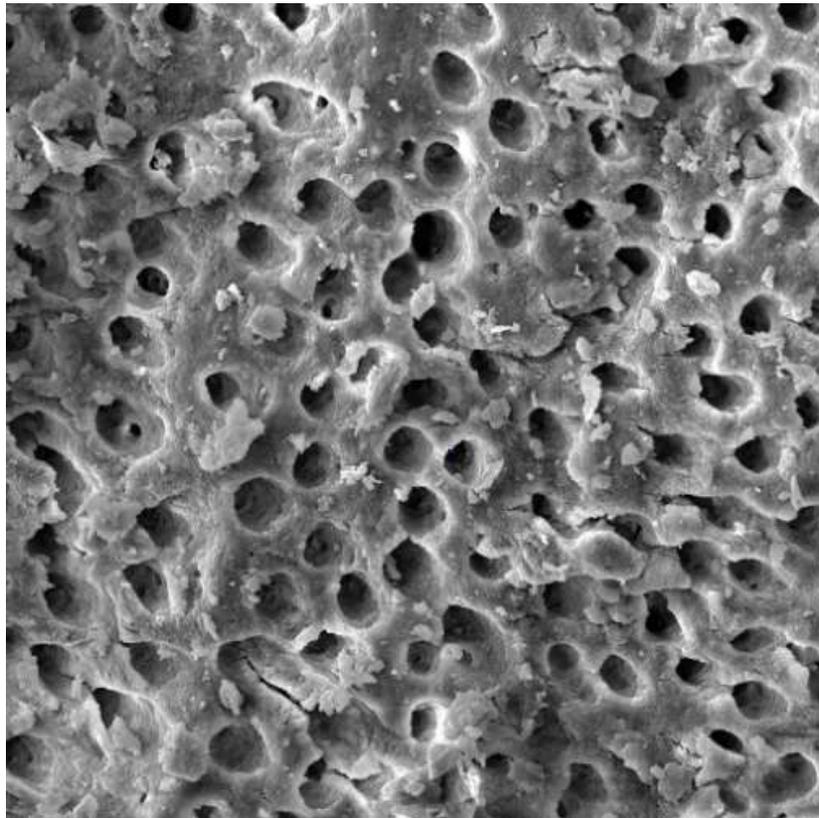


Grupo 2: Lima XP endo Finisher, 3 minutos

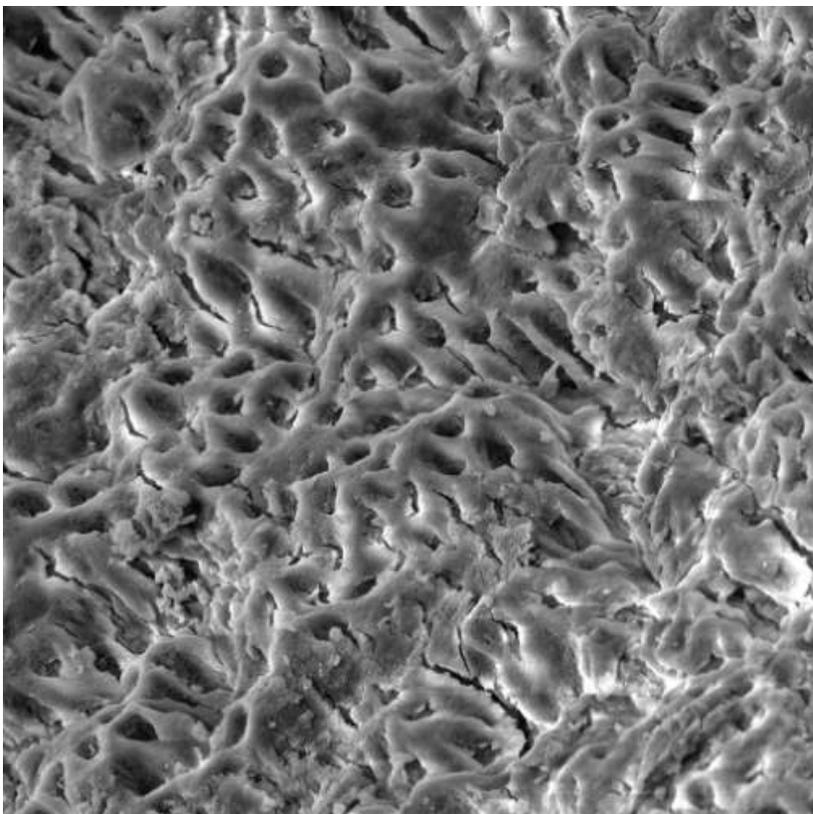
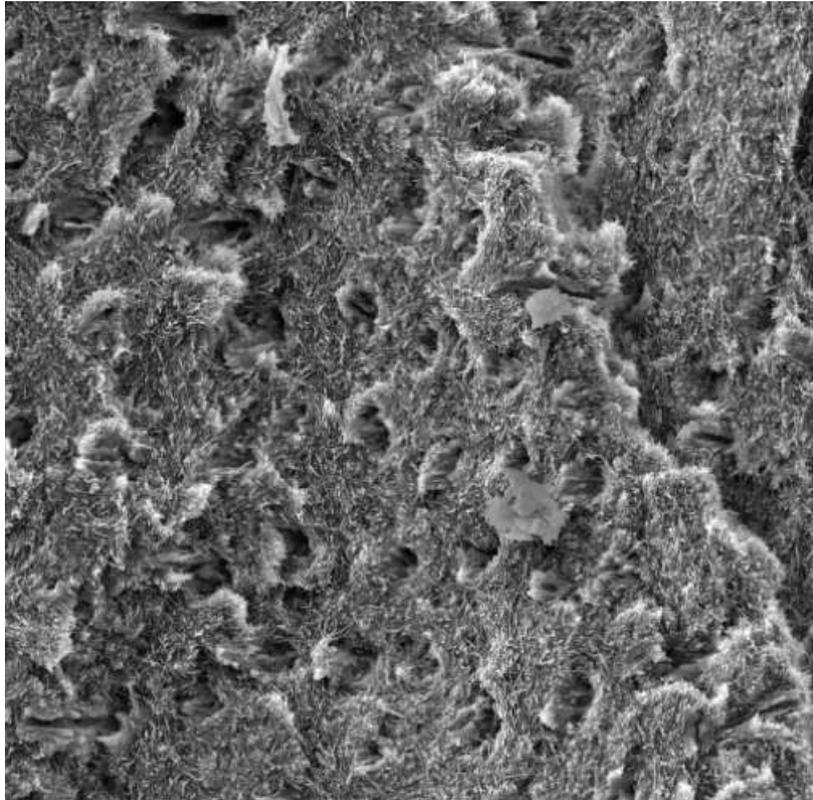


Grupo 3: Irrigación ultrasónica pasiva, 2 minutos

Grupo 4: Irrigación ultrasónica pasiva, 3 minutos



Grupo control



ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.