

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Posgrados**

**Estudio comparativo in vitro de la efectividad del sistema HBW Ultrasonic Ring y la irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de barrillo dentinario colocado artificialmente en irregularidades simuladas dentro de conductos radiculares instrumentados, a través de microfotografía**

**Proyecto de investigación y desarrollo**

**Víctor Mauricio Vega Correa**

**Dra. Johanna Monar Coloma  
Director de Trabajo de Titulación**

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

Quito, 04 de diciembre de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE POSGRADOS

**HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Estudio comparativo in vitro de la efectividad del sistema HBW  
Ultrasonic Ring y la irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de  
barrillo dentinario colocado artificialmente en irregularidades simuladas  
dentro de conductos radiculares instrumentados, a través de  
microfotografía**

**Víctor Mauricio Vega Correa**

Firmas

Dra. Johanna Monar Coloma

Directora 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, 04 de diciembre 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.

Nombre del estudiante: Víctor Mauricio Vega Correa

Código de estudiante: 00203318

C. I.: 1721935763

Lugar, Fecha: Quito, 04 de diciembre de 2020

### 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>.

## DEDICATORIA

A Dios por concederme la salud y una vida muy bendecida, a mis padres por su sacrificio, confianza y apoyo incondicional, permitiéndome seguir mis sueños, a mi hermana por ser mi amiga, por sus consejos y ser el respaldo en mis proyectos, a mi esposa a quien agradezco infinitamente el haber estado a mi lado durante todo el postgrado, cuyo amor, paciencia y apoyo me permitió a alcanzar este objetivo, a mi pequeña hija Dome la alegría de mi hogar, quien me impulsa día a día a ser una mejor persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad San Francisco de Quito y a cada uno de sus docentes cuya amistad, conocimientos y experiencia me permitió crecer en el ámbito personal y profesional.

A mi directora de trabajo de titulación Dra. Johann Monar por guiarme con dedicación y compromiso durante toda la investigación.

Al Dr. Edgar Pantoja por su colaboración en la obtención de imágenes a través de microfotografía en esta investigación.

Al Ing. Galo Izquierdo por su participación en el análisis estadístico y procesamiento de datos.

## RESUMEN

La presente investigación comparó la efectividad de la irrigación ultrasónica dual del Anillo HBW (HBW, México) y la irrigación ultrasónica pasiva de IrriS (VDW Dental, Munich, Germany) en la remoción de barrillo dentinario colocados artificialmente en irregularidades simuladas dentro de conductos radiculares instrumentados. El estudio se realizó en 25 premolares uniradiculares extraídos por motivos ortodónticos. Se instrumentaron los conductos con técnica recíproca Reciproc Blue (VDW Dental, Munich Germany). Cada diente se dividió longitudinalmente en dos mitades, en una de ellas se creó un surco estandarizado de 4 mm de largo, 0,2 mm de ancho y 0,5 mm de profundidad entre 2 a 6 mm del ápice, se rellenó el surco con barrillo dentinario, mezclando polvo de dentina con NaOCl al 5,25%. Se volvió a ensamblar cada diente y se los distribuyó en 3 grupos de manera aleatoria: Grupo 1: irrigación ultrasónica pasiva PUI (n = 10), grupo 2 irrigación ultrasónica dual DUI (n = 10) en los cuales se irrigó 9 ml de NaOCl al 5,25% y se activó por 60s distribuidos en tres tiempos, de 3ml de irrigación y 20s de activación en cada uno; hubo un grupo control (n = 5) en el cual no se realizó ninguna irrigación. Se separaron las raíces y se obtuvieron imágenes del surco después de la activación del irrigante, usando una cámara Nikon d3300 (Nikon, Tokio, Japan), las imágenes se almacenaron en formato JPG. La cantidad de barrillo dentinario remanente en los surcos se evaluó utilizando un sistema de puntuación de 0 a 3, calificada por 3 endodoncistas expertos docentes de la USFQ; cuanto mayor fue la puntuación, mayor cantidad de barrillo dentinario fue observado. Los datos se analizaron mediante la prueba de Shapiro-Wilks, Chi cuadrado y U de Mann-Whitney. La efectividad en la remoción de barrillo dentinario de cada sistema se comparó en 3 categorías de acuerdo a los puntajes obtenidos: puntaje de 0 a 1 excelente puntaje 2 regular y puntaje 3 malo. los resultados demostraron una excelente remoción del barrillo dentinario del 60% y 70% en el sistema DUI y en el PUI respectivamente, mientras que una remoción regular del 40% y 30% respectivamente; ninguno de los dos grupos tuvo la puntuación Mala, sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas mediante la prueba U de Mann-Whitney con un nivel de significancia del 0.05. Por lo tanto, se pudo concluir que la irrigación ultrasónica dual fue igual de efectiva que la irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de barrillo dentinario.

**Palabras claves:** barrillo dentinario, Irrigación ultrasónica pasiva, irrigación ultrasónica Dual, IrriS, anillo ultrasónico HBW.

## ABSTRACT

The aim of the current study was to compare the effectiveness of smear layer removal between HBW Ring (HBW, Mexico) dual ultrasonic irrigation system (DUI) and IrriS (VDW Dental, Munich Germany) passive ultrasonic irrigation system (PUI) on simulated irregularities inside instrumented root canals. Twenty-five single-rooted extracted human premolars were instrumented with Reciproc Blue R50 files (VDW Dental, Munich Germany). Then, each tooth was longitudinally sectioned into two halves. In one of these halves, a groove was created at 2-6 mm from the apex. Groove measurements were: 4 mm long, 0.2 mm wide, and 0.5 mm deep. Each groove was filled with dentin smear layer, which was prepared by mixing 5.25% NaOCl and remnants of dentin. Every tooth was reassembled again and randomly allocated into 3 groups: in group 1, passive ultrasonic irrigation PUI (n = 10) was performed; in group 2, dual ultrasonic irrigation DUI (n = 10) was carried out with 9 ml of 5.25% NaOCl. It was activated for 60 seconds on three different cycles (3 ml of irrigant and 20 seconds each cycle). In the control group (n = 5), no irrigation was done. The roots were split and thereafter, images of the groove after irrigant activation were obtained with the aid of a Nikon d3300 camera (Nikon, Tokyo, Japan). Images were stored in JPG format. The amount of smear layer remaining in the grooves was assessed by 3 experienced endodontists through a scoring scale from 0 to 3. The higher score represented the greatest amount of smear layer observed. Data was analyzed using Shapiro-Wilks, Chi-square, and Mann-Whitney U test. The effectiveness of smear layer removal from each system was compared in 3 categories according to the scores obtained: score from 0 to 1, excellent; score 2, average and score 3, poor. Results showed an excellent removal of smear layer (60% and 70% in the DUI system and in the PUI system respectively), while an average removal was observed in 40% of the samples in the DUI system, and 30% in the PUI system. Neither of the two groups had a poor score, however, no statistically significant differences were shown by the Mann-Whitney U test  $\alpha$  0.05. In conclusion, dual ultrasonic irrigation was as effective as passive ultrasonic irrigation for smear layer removal.

*Key words:* smear layer, passive ultrasonic irrigation, dual ultrasonic irrigation, IrriS, HBW ultrasonic Ring.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	5
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT .....	8
TABLA DE CONTENIDO .....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
INDICE DE GRÁFICOS .....	14
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
1.1 Justificación .....	16
1.2 Objetivos .....	18
1.2.1 Objetivo general. ....	18
1.2.2 Objetivo específico. ....	18
1.3 Hipótesis.....	18
1.3.1 Hipótesis nula. ....	18
1.3.2 Hipótesis alterna.....	19
<b>2 REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
2.1 Complejo dentino- pulpar .....	20
2.1.1 Dentina. ....	20
2.1.1.1 Composición.....	21
2.1.2 Pulpa.....	21
2.1.2.1 Funciones de la Pulpa.....	22
2.2 Patologías pulpares .....	23
2.2.1 Pulpa Normal. ....	23
2.2.2 Pulpitis reversible. ....	23
2.2.3 Pulpitis irreversible sintomática. ....	23
2.2.4 Pulpitis irreversible asintomática. ....	24
2.2.5 Necrosis pulpar.....	24
2.2.6 Previamente tratado. ....	25
2.2.7 Previamente iniciado el tratamiento.....	25
2.3 Endodoncia.....	25
2.3.1 Procedimientos endodónticos.....	26
2.3.1.1 Acceso endodóntico.....	26
2.3.1.2 Preparación del conducto radicular. ....	27
2.3.1.2.1 Etapas de la preparación del conducto radicular. ....	28
2.3.1.3 Obturación del conducto radicular. ....	29
2.4 Barrillo dentinario .....	29

2.4.1	Importancia de la remoción del barrillo dentinario. ....	29
2.4.2	Remoción química del barrillo dentinario. ....	30
2.4.2.1	Objetivos de la irrigación. ....	31
2.4.2.2	Propiedades de una solución irrigadora ideal. ....	31
2.4.2.3	Hipoclorito de Sodio. ....	32
2.4.2.3.1	Historia. ....	32
2.4.2.3.2	Mecanismo de acción. ....	32
2.4.2.4	Acido etilendiaminotetraacético EDTA. ....	34
2.4.2.4.1	Mecanismo de acción. ....	35
2.4.3	Remoción ultrasónica de barrillo dentinario. ....	36
2.4.3.1	Mecanismo para producir ultrasonido. ....	36
2.4.3.1.1	Frecuencia e intensidad. ....	36
2.4.3.1.2	Transmisión acústica. ....	37
2.4.3.1.3	Cavitación y micro transmisión cavitacional. ....	38
2.4.3.2	Irrigación ultrasónica (UI). ....	39
2.4.3.3	Irrigación ultrasónica pasiva (PUI). ....	40
2.4.3.4	Irrigación ultrasónica dual (DUI). ....	41
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>43</b>
3.1	Tipo de estudio. ....	43
3.2	Muestra .....	43
3.2.1	Criterios de inclusión. ....	43
3.2.2	Criterios de exclusión. ....	44
3.3	Lista de Materiales .....	44
3.4	Recolección de la muestra. ....	46
3.5	Estandarización de la muestra .....	47
3.6	Instrumentación de los grupos. ....	48
3.7	Separación de las raíces en dos mitades .....	49
3.8	Instrumentación compensatoria .....	51
3.9	Preparación y estandarización de la grieta .....	52
3.10	Colocación de dentina en la grieta .....	54
3.11	Re ensamblaje final .....	56
3.12	Grupos experimentales .....	57
3.13	Activación ultrasónica del irrigante .....	57
3.14	Fotografías. ....	60
3.15	Análisis descriptivo .....	62
3.16	Evaluación de imágenes .....	62
3.17	Análisis estadístico .....	63
3.18	Resultados .....	63
3.18.1	Pruebas de Normalidad .....	63
3.18.1.1	Diagrama de Caja .....	63
3.18.1.2	Densidad de los datos .....	64
3.18.1.3	Prueba de Shapiro-Wilks .....	64
3.18.2	Pruebas no paramétricas .....	65
3.18.2.1	Prueba Chi-cuadrado. ....	67
3.18.2.2	Prueba U de Mann Whitney. ....	68
<b>4</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>70</b>
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>77</b>
<b>6</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>79</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>83</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1: PRUEBA ESTADÍSTICA SHAPIRO-WILK.....	64
TABLA 2: RESPUESTAS OBTENIDAS POR LOS EXPERTOS.....	65
TABLA 3: PRUEBA ESTADISTICA CHI- CUADRADO .....	67
TABLA 4: PORCENTAJE DE RESPUESTAS OBTENIDAS POR LOS EXPERTOS.....	68
TABLA 5: PRUEBA ESTADÍSTICA U DE MANN-WHITNEY .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PREMOLARES UNIRADICULARES EXTRAÍDOS POR MOTIVOS ORTODÓNTICOS .....	46
FIGURA 2. LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE EXTERNA DE LA RAÍZ, MEDIANTE UNA PUNTA ULTRASÓNICA PERIODONTAL .....	47
FIGURA 3. ESTANDARIZACIÓN DE LA LONGITUD RADICULAR .....	47
FIGURA 4. CORTE TRANSVERSAL DE LA CORONA CLÍNICA EN CORTADOR DE PRECISIÓN .....	48
FIGURA 5. DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO .....	48
FIGURA 6. INSTRUMENTACIÓN DEL CONDUCTO .....	49
FIGURA 7. LÍNEA DE REFERENCIA PARA EL CORTE LONGITUDINAL DE LA RAÍZ.....	50
FIGURA 8. SEPARACIÓN DE LA RAÍZ MEDIANTE CORTADORA DE PRECISIÓN.....	50
FIGURA 9. RE ENSAMBLAJE DE LA RAÍZ CON RESINA FLUIDA.....	51
FIGURA 10. INSTRUMENTACIÓN COMPENSATORIA CON RECIPROC R50 .....	52
FIGURA 11. CALIBRACIÓN DEL EXPLORADOR DG16 MODIFICADO PARA LA CREACIÓN DE LAS GRIETAS.....	52
FIGURA 12. CREACIÓN DE LA GRIETA ESTANDARIZADA CON EXPLORADOR DG16 Y ANILLO HBW CERRADO .....	53
FIGURA 13. GRIETA ESTANDARIZADA EN TERCIO APICAL .....	53
FIGURA 14. OBTENCIÓN DE DENTINA EN POLVO MEDIANTE PULVERIZADO CON FRESA DE CARBOURUNDUM ROSA PARA MICROMOTOR .....	54
FIGURA 15. PREPARACIÓN DEL BARRILLO DENTINARIO UTILIZANDO NAOCL AL 5.25% Y POLVO DE DENTINA .....	55
FIGURA 16. COLOCACIÓN DE BARRILLO DENTINARIO EN LA GRIETA ESTANDARIZADA..	55
FIGURA 17. GRIETA ESTANDARIZADA LLENA DE BARRILLO DENTINARIO.....	56

FIGURA 18. COLOCACIÓN DE CAPA DE PASTA DE CONDENSACIÓN FINA PARA SIMULAR LA PRESENCIA DE LIGAMENTO PERIODONTAL ALREDEDOR DE LA RAÍZ .....	56
FIGURA 19. RECUBRIMIENTO DE LA RAÍZ CON PASTA DE CONDENSACIÓN PESADA A MANERA DE BLOQUE .....	57
FIGURA 20. PUNTA ULTRASÓNICA IRRS (VDW, MUNICH, GERMANY) .....	58
FIGURA 21. IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA CON IRRIS (VDW, MUNICH, GERMANY) .....	58
FIGURA 22. ANILLO HBW ABIERTO (HBW, MÉXICO) .....	59
FIGURA 23. ANILLO HBW ABIERTO (HBW, MÉXICO) ACOPLADO A VÁSTAGO DE LIMA MANUAL 10 (DENTSPLY, TULSA, USA).....	59
FIGURA 24. IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA DUAL DEL ANILLO HBW .....	60
FIGURA 25. SEPARACIÓN FINAL DE LAS RAÍCES .....	61
FIGURA 26. OBTENCIÓN DE IMÁGENES CON CÁMARA NIKON D3300.....	61
FIGURA 27. PUNTUACIÓN PARA LAS MUESTRAS OBSERVADAS .....	62
FIGURA 28. PUNTUACIÓN EXCELENTE (0-1) CON EL MÉTODO DUI.....	66
FIGURA 29. PUNTUACIÓN EXCELENTE (0-1) CON EL MÉTODO PUI .....	66
FIGURA 30. PUNTUACIÓN MALA EN GRUPO CONTROL .....	66

**INDICE DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 1: DIAGRAMA DE CAJA DE LOS MÉTODOS APLICADOS Y LA CALIFICACIÓN DE LOS EXPERTOS.....	63
GRÁFICO 2: DISTRIBUCION DE LOS DATOS.....	64
GRÁFICO 3: FRECUENCIAS OBSERVADAS POR NIVELES DE LIMPIEZA Y MÉTODO APLICADO .....	67
GRÁFICO 4: GRÁFICO DE INDEPENDENCIA .....	68

# 1 INTRODUCCIÓN

El tratamiento endodóntico comprende una serie de procedimientos químicos y mecánicos enfocados en obtener una óptima limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, evitando la formación de procesos inflamatorios e infecciosos producto de la colonización bacteriana en los tejidos periradiculares, los cuales al no ser tratados adecuadamente concluirían irremediablemente en la pérdida de la pieza dentaria, ventajosamente la endodoncia es una especialidad que evoluciona constantemente, los avances científicos en este campo han conseguido mejorar el pronóstico de piezas dentales que antes estaban destinadas a la exodoncia (Tanalp, 2013).

Una buena técnica y conocimientos adecuados han permitido obtener resultados más predecibles, tanto en casos de pulpas vitales sin contaminación e incluso en casos mas complicados con pulpas necróticas y patología periapical (Cohen, 2011). Sin embargo, para lograr este objetivo es necesario valerse, no solo de técnicas de instrumentación sino también del uso de irrigantes dentro del sistema de conductos radiculares.

Durante la limpieza y desinfección del sistema de conductos surgen inconvenientes indeseables y difíciles de evitar, como es la formación de barrillo dentinario durante la instrumentación, el cual al no ser removido totalmente con una técnica de irrigación convencional impide una adecuada desinfección y compromete la adaptación de los materiales de obturación (Kamaci, Aydin, & Erdilek, 2018). Sin embargo, gracias a la

introducción de nuevas tecnologías e instrumental específico se ha logrado reducir al mínimo este inconveniente (Tanalp, 2013).

El barrillo dentinario sumado a los restos de tejido necrótico contaminado tiene un alto potencial de irritación en los tejidos periapicales. Este fenómeno puede desencadenar reagudizaciones “flare ups” y dolor postoperatorio severo como reacción inflamatoria (Hossein , 2017). Además, retraso en la curación o el fracaso del tratamiento (Ng, 2008).

Recientemente se introdujo en el mercado el anillo ultrasónico HBW elaborado en acero inoxidable “316” y patentado por el Dr. Heriberto Bujanda Wong, el cual permite la instrumentación ultrasónica dual que consiste en instrumentación e irrigación ultrasónica de manera simultánea, el concepto promete ser una verdadera revolución, ya que según su inventor logra una óptima limpieza al favorece el movimiento del irrigante a través de la compleja red del sistema de conductos radiculares y remueve el barrillo dentinario incluso sin la utilización de sustancias adicionales como el ácido etilendiaminotetraacético EDTA.

## **1.1 Justificación**

La irrigación es una parte esencial del tratamiento endodóntico, ya que permite la limpieza, desinfección y remoción del barrillo dentinario producto de la instrumentación, el barrillo dentinario está compuesto por sustancias orgánicas e inorgánicas, incluidos fragmentos de procesos odontoblásticos, microorganismos,

subproductos bacterianos y materiales necróticos; éste a su vez si no es removido adecuadamente impide la entrada del irrigante a los túbulos dentinarios, además de comprometer la adaptación de los materiales de obturación (Kamaci, Aydin, & Erdilek, 2018)

El uso del hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), un agente quelante, se ha recomendado para su eliminación eficiente. Estos irrigantes deben ponerse en contacto directo con toda la pared del conducto para una acción efectiva. Durante la irrigación con aguja convencional, el intercambio de irrigante no se efectúa de manera satisfactoria y la formación de burbujas en la zona apical “vapor lock” podría afectar la eficacia de desbridamiento de los irrigantes (De Moor, 2010). Es por eso que a lo largo del tiempo se han propuesto diferentes técnicas y dispositivos de administración de irrigante para aumentar el flujo y la distribución de las soluciones dentro del sistema de conductos radiculares.

El aporte científico de la presente investigación radica en comparar la efectividad del reciente invento del Dr. Heriberto Bujanda Wong, el anillo HBW o irrigación ultrasónica dual (DUI) con la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) en la remoción del barrillo dentinario. La irrigación ultrasónica dual es un método nuevo, sin evidencia científica disponible, sin embargo, cada vez son más los profesionales en Endodoncia que discuten y aseguran sus beneficios clínicos en foros online y redes sociales.

Por otro lado, el beneficio clínico del resultado de esta investigación pretende proveer información actualizada a los especialistas en Endodoncia sobre nuevas técnicas

de irrigación que al demostrarse más efectivas que las conocidas en la actualidad, podrían brindar a los pacientes resultados más previsibles, pronósticos más favorables en los tratamientos y por consecuencia mejorar la salud de la población.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general.**

- Comparar in vitro la efectividad de la irrigación ultrasónica dual del sistema HBW y la irrigación ultrasónica pasiva del sistema IRRI S en la remoción de barrillo dentinario colocado artificialmente en irregularidades simuladas dentro de conductos radiculares instrumentados, a través de microfotografía.

### **1.2.2 Objetivo específico.**

- Determinar qué tipo de sistema de irrigación ofrece una mayor remoción del barrillo dentinario colocado artificialmente en irregularidades simuladas dentro de conductos radiculares instrumentados.

## **1.3 Hipótesis**

### **1.3.1 Hipótesis nula.**

$$\mu \text{ PUI} = \mu \text{ DUI}$$

No habrá diferencias estadísticamente significativas entre las medias de remoción de barrillo dentinario del grupo irrigación ultrasónica pasiva (PUI) e irrigación ultrasónica dual (DUI).

### 1.3.2 Hipótesis alterna.

$$\mu \text{ PUI} \neq \mu \text{ DUI}$$

Si habrá diferencias estadísticamente significativas entre las medias de remoción de barrillo dentinario del grupo irrigación ultrasónica pasiva (PUI) e irrigación ultrasónica dual (DUI).

## 2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1 Complejo dentino- pulpar

El complejo dentino-pulpar, es considerado cómo en una verdadera unidad estructural formada por la pulpa y la dentina, dos tejidos con un mismo origen embriológico pero muy diferentes en composición y estructura; ambos dependen el uno del otro para su correcto funcionamiento, cualquier alteración fisiológica o patológica en su estructura, altera sus funciones, comprometiendo de manera irreversible la vitalidad del órgano dentario (Canalda , 2014).

Por una parte los odontoblastos que son las células principales del tejido pulpar, son los responsables de la formación de la dentina, influyendo en la cantidad y calidad de la misma; la dentina a su vez constituye un elemento de protección indispensable que junto con el esmalte forman una barrera de protección para la pulpa dental, esta dinámica perfectamente diseñada hace que cualquier cambio en la dentina pueda afectar a los componentes pulpares y del mismo modo, alteraciones a nivel pulpar influyen directamente en la estructura dentinal (Cohen, 2011).

#### 2.1.1 Dentina.

La dentina es un tejido mineralizado intermedio que constituye el mayor volumen de la estructura dentaria; en la porción coronal está recubierta por esmalte mientras que en la raíz una capa superficial de cemento la recubre en casi toda su extensión. Su espesor varía dependiendo del órgano dentario y de su localización; pero como norma general oscila entre uno y tres milímetros, sin embargo, esto puede variar por ciertos

cambios fisiológicos o patológicos que se dan durante toda la vida del individuo (Goldberg M. , 2011).

Presenta una coloración blanco amarillenta, la cual depende de factores como la edad, grado de mineralización, estado pulpar, así como ciertos pigmentos. Comparada con el esmalte posee una menor translucidez, dureza y radioopacidad, sin embargo, es más elástica y permeable. Estas últimas características tienen la propiedad de atenuar las fuerzas masticatorias, protegiendo al esmalte de posibles fracturas (Cohen, 2011).

#### **2.1.1.1 Composición.**

La dentina está compuesta en su mayor porcentaje por materia inorgánica 70%, dentro de la cual su principal componente son cristales de hidroxiapatita; en el 30% restante se distribuye, 18% en materia orgánica (colágeno tipo I) y proteínas; finalmente, el 12% es agua (Goldberg M. , 2011).

#### **2.1.2 Pulpa.**

La pulpa dental constituye un verdadero núcleo o parte más profunda de un órgano dentario, está formada por un tejido conectivo laxo ricamente vascularizado e innervado; se encuentra contenida dentro de una cavidad llamada cámara pulpar y conducto radicular, los cuales, a lo largo de la vida, van reduciendo su tamaño por la constante aposición de dentina producida por los odontoblastos (Cohen, 2011).

Dentro de la pulpa se puede diferenciar ciertas zonas, cada una con características específicas:

- **Núcleo pulpar:** comprende la parte más central del tejido pulpar, el cual está ricamente vascularizado y con alta concentración celular, similar a la zona rica en células (Goldberg M. , 2014).
- **Zona rica en células:** presenta abundante concentración de células mesenquimáticas indiferenciadas y fibroblastos, además del plexo nervioso de Raschkow, un plexo de fibras nerviosas mielinizadas localizado entre el núcleo pulpar y esta zona (Goldberg M. , 2014).
- **Zona libre de células (zona de Weil):** abundantes capilares y redes nerviosas (Goldberg M. , 2014).
- **Capa odontoblástica:** Es más externa rica en odontoblastos y ubicada junto a la dentina, predentina y dentina madura (Goldberg M. , 2014).

### **2.1.2.1 Funciones de la Pulpa.**

De acuerdo a (Cohen, 2011) las funciones de la pulpa son:

- Formación de dentina a lo largo de la vida del diente.
- Función nutritiva proveyendo de humedad y nutrientes necesarios para los componentes orgánicos de la dentina.
- Función protectora-sensitiva, haciendo que estímulos físicos o mecánicos provocados en la dentina como la temperatura extrema, la presión o un trauma, sean percibidos como dolor.
- Función defensiva o reparadora gracias a los odontoblastos los cuales tienen la capacidad de formar dentina reparativa o terciaria en circunstancias de daño estructural protegiendo a la pulpa de agresiones externas.

- Función formativa a través de las células pulpares las cuales constantemente están produciendo dentina para protección del tejido pulpar subyacente.

## **2.2 Patologías pulpares**

### **2.2.1 Pulpa Normal.**

Se considera una pulpa normal cuando la pieza dentaria examinada tiene ausencia de sintomatología, y responde clínicamente de manera normal a las pruebas de sensibilidad a estímulos térmicos o eléctricos, es decir una respuesta leve y transitoria, que dura no más de uno o dos segundos después de retirar el estímulo. Sin embargo, esto no se relaciona directamente con su estado histológico real. (AAE, 2013).

### **2.2.2 Pulpitis reversible.**

La pulpitis reversible se considera como una enfermedad pulpar transitoria, en la cual, si el factor etiológico es manejado correctamente y en el momento oportuno, la pulpa podría regresar a su estado normal, sin embargo, para determinar esto, se requieren de controles subsecuentes (Cohen, 2011).

Dentro de los signos y síntomas clínicos observables, tenemos dentina expuesta, caries, restauraciones profundas entre otras; sin embargo, no se evidencian cambios radiográficos en los tejidos peri radiculares, por otro lado, el paciente tampoco experimenta síntomas de dolor de manera espontánea (AAE, 2013).

### **2.2.3 Pulpitis irreversible sintomática.**

Dentro de las patologías pulpares, la pulpitis irreversible sintomática se puede considerar como una de las más comunes, pero a la vez la más difícil de diagnosticar,

debido a que en este momento no se evidencian signos radiográficos claros y muchas veces el paciente percibe dolor irradiado en los dientes vecinos (AAE, 2013).

Interpretar los signos y síntoma del paciente es la clave al momento de dar un diagnóstico acertado, en general se caracteriza por presentar dolor espontáneo, persistente, que aumenta con cambios posturales y que no cede con ningún analgésico (AAE, 2013).

Al momento de realizar pruebas de sensibilidad térmicas, la pieza dentaria responde con sensibilidad prologada que no desaparece inmediatamente al retirar el estímulo, mientras que al examen clínico la historia dental, revela, caries profundas, restauraciones extensas, fracturas, traumatismos, entre otros. El tratamiento endodóntico está indicado (Cohen, 2011).

#### **2.2.4 Pulpitis irreversible asintomática.**

Al igual que en la pulpitis irreversible sintomática, el tratamiento endodóntico está indicado, sin embargo, esta difiere en sus síntomas clínicos, ya que generalmente responde a las pruebas de sensibilidad térmica normalmente sin embargo lo que determina el diagnóstico es la historia dental con respecto traumatismos, bruxismo, caries muy profundas con menos de 0.5 a 0.25 mm de dentina remanente que resultaran en exposición pulpar al momento de su remoción (Murray , 2002).

#### **2.2.5 Necrosis pulpar.**

La necrosis pulpar no es más que la muerte de la pulpa, se produce como resultado de una inflamación aguda o crónica, la cual inicia desde coronal extendiéndose hasta la

pulpa apical. Dependiendo de la causa, la necrosis puede o no producir periodontitis apical y signos radiográficos de destrucción ósea, esto está determinado por el grado de infección del tejido, sin embargo, en cualquiera de los casos el tratamiento endodóntico está indicado (Cohen, 2011).

En algunas ocasiones el diagnóstico se puede tornar complicado debido a que algunos dientes pueden no responder a las pruebas de sensibilidad térmica debido a calcificaciones, traumatismos recientes, es por esto la importancia del diagnóstico diferencial entre otras patologías (AAE, 2013).

#### **2.2.6 Previamente tratado.**

Se refiere a una pieza dental tratada endodónticamente, la cual generalmente no presenta sensibilidad a estímulos térmicos o eléctricos; radiográfica y clínicamente se observa en el conducto materiales de obturación sin considerar medicamentos intraconducto (AAE, 2013).

#### **2.2.7 Previamente iniciado el tratamiento.**

Corresponde a una clasificación de patología pulpar en la cual la pieza dentaria ha recibido previamente un tratamiento parcial de la pulpa como por ejemplo una pulpotomía o pulpectomía, no presenta material de obturación definitivo y puede o no responder a las pruebas pulpares de sensibilidad (Cohen, 2011).

### **2.3 Endodoncia**

La Endodoncia o tratamiento Endodóntico es un procedimiento odontológico, el cual está indicado en aquellas piezas dentales que ha sufrido cambios fisiológicos o patológicos con consecuencias irreversibles en su pulpa dental (De Moor, 2010).

Comprende una serie de procedimientos químicos y mecánicos cuya finalidad es convertir el espacio que estuvo ocupado por tejido nervioso inflamado, necrótico y contaminado, en un medio aséptico, sellado herméticamente y saludable para los tejidos periapicales (Tanalp, 2013).

### **2.3.1 Procedimientos endodónticos.**

#### **2.3.1.1 Acceso endodóntico.**

El acceso endodóntico forma parte de un conjunto de procedimientos que inician con la apertura coronaria y la rectificación de las paredes de la cámara pulpar, permitiendo de esta manera la limpieza de la misma y la localización los conductos (Cohen, 2011).

Un acceso bien realizado resulta en una buena iluminación y visibilidad de la cámara pulpar, lo cual a su vez permite conseguir una correcta entrada de los conductos, facilitando su instrumentación; por el contrario, un acceso realizado de forma incorrecta sin respetar los principios básicos determina a menudo el fracaso del tratamiento endodóntico (Goldberg, 2003).

Goldberg (2003) expuso ciertos principios considerados básicos o esenciales al momento de realizar un acceso endodóntico, los cuales son:

- **UBICACIÓN:** en la cara palatina, lingual u oclusal dependiendo de cada pieza
- **FORMA:** la forma debe reflejar la forma de la cavidad pulpar, pero si tiene caries se la debe retirar por completo.

- **TAMAÑO:** tiene que ver con la trepanación, edad del paciente, hay una tendencia actual de hacer los accesos lo más pequeños posibles, pero tiene sus limitaciones por la poca visibilidad, dificultad de instrumentación e irrigación.
- **ANATOMIA:** hace relación con el número de conductos su posición y su curvatura, muchas veces hay curvas supremamente distalizadas en las que es indispensable ampliar un poco la pared mesial; esto se conoce como “forma de conveniencia” y permite que el instrumento ingrese mejor, evitando fracturas.

### ***2.3.1.2 Preparación del conducto radicular.***

Una vez realizado un acceso adecuado, con una cámara pulpar con buena visibilidad, libre de tejido y zonas retentivas, se procede a localizar los conductos seguido de la preparación de sus entradas y el establecimiento una trayectoria trabajo o Glide Path desde su ingreso cervical hasta el límite CDC; obtenido esto se puede decir que el conducto cuenta con las condiciones adecuadas para la preparación del mismo (Canalda , 2014).

La preparación comprende procedimientos químicos y mecánicos destinados a limpiar, conformar y desinfectar el conducto radicular, permitiendo establecer condiciones adecuadas para la obturación (Cohen, 2011). Constituye una de las etapas más importantes dentro de la Endodoncia, y se la realiza con la ayuda de instrumentos endodónticos potenciados por sustancias químicas, de esta manera es posible obtener las condiciones óptimas para obturación (Goldberg, 2003).

### 2.3.1.2.1 *Etapas de la preparación del conducto radicular.*

- **Exploración del conducto radicular**

Es el primer contacto que tiene el profesional con el interior del conducto, el cual condiciona en muchos de los casos el pronóstico y éxito del tratamiento, ya que es en ese momento cuando determinamos el número, la permeabilidad, el calibre, la dirección y el manejo de ciertas dificultades del conducto; las cuales deberán ser resultas en el transcurso del tratamiento para cumplir los objetivos planteados (Canalda, 2014).

- **Conductometría**

Una vez superadas todas las limitaciones durante la exploración, se puede determinar la longitud de trabajo o conductometría mediante un localizador apical y una radiografía; esta medición inicial podrá tener ligeras variaciones durante el tratamiento, dependiendo de los puntos tomados como referencia y la disminución de la curvatura durante la preparación (Goldberg, 2003).

- **Limpieza y Conformación**

La limpieza y conformación tienen por objetivo la remoción del tejido pulpar contenido dentro del conducto radicular mediante la instrumentación manual o rotatoria potenciada por la irrigación intraconducto, obteniendo condiciones morfológicas y dimensionales favorables para que en las etapas finales del tratamiento los irrigantes puedan llegar lo más apicalmente posible disolviendo tejido orgánico restante y removiendo el barrillo dentinario creado durante la preparación (Cohen, 2011).

### **2.3.1.3 Obturación del conducto radicular.**

Preparado e irrigado el conducto adecuadamente, se inicia una fase final, llamada obturación; en la cual los conductos son sellados de manera hermética utilizando materiales biocompatibles inertes con propiedades antisépticas que permitirán un sellado tridimensional estable y que no interfiera con el proceso de reparación tisular (Cohen, 2011).

## **2.4 Barrillo dentinario**

El barrillo dentinario es una capa compuesta principalmente por partículas de matriz de colágeno mineralizado de aproximadamente 0.5-1.5  $\mu\text{m}$ , y de un grosor entre 2-5  $\mu\text{m}$ ; dentro del cual se encuentran inmersos restos de procesos odontoblásticos, tejido pulpar y bacterias. (Violich & Chandler, 2009).

Se produce inevitablemente cuando se corta la dentina mediante métodos manuales o rotatorios durante la preparación del conducto radicular; al tener una composición mineral y orgánica resulta importante el uso de diferentes sustancias irrigadoras que permitan su completa eliminación (Haapasalo, 2013).

Se ha diferenciado dos tipos de barrillo dentinario; el primero se presenta como una capa superficial adherida a las paredes del conducto y mientras que una segunda una capa más profunda se encontró empaquetada a una la profundidad de hasta 40  $\mu\text{m}$  en los túbulos dentinario, esto se relacionó directamente con la acción de corte de los instrumentos endodónticos (Alamoudi, 2019).

### **2.4.1 Importancia de la remoción del barrillo dentinario.**

La eliminación del barrillo dentinario producto de la instrumentación del conducto radicular, sigue siendo un tema de investigación, algunos estudios se han centrado en su eliminación, justificando que la presencia de barrillo dentinario podría estar relacionada con la micro

filtración apical y coronal, penetración bacteriana en los túbulos dentinarios y por último el efecto en la adaptación de materiales de obturación (Haapasalo, 2013).

Las teorías planteadas a lo largo del tiempo que sustentan la necesidad de su eliminación según autores como Violich & Chandler (2010) son:

1. Su espesor y volumen es muy variable ya que gran parte de él está compuesto de agua.
2. En él pueden estar inmersas numerosas bacterias y subproductos bacterianos, que junto al tejido necrótico utilizarían el barrillo dentinario como sustrato para proliferar en la profundidad de los túbulos.
3. El barrillo dentinario puede crear un efecto bloqueante para los desinfectantes limitando o impidiendo su acción.
4. Puede actuar como un aislante o una capa poco adherente entre la pared del conducto y los materiales de obturación, impidiendo que exista un sellado satisfactorio y favoreciendo la micro filtración bacteriana.

#### **2.4.2 Remoción química del barrillo dentinario.**

Dentro de las soluciones químicas utilizadas en Endodoncia, se debe diferenciar dos tipos: una solución de trabajo cuya función es la de limpiar, desinfectar y lubricar el conducto durante la preparación, entre las que destaca el Hipoclorito de Sodio como irrigante de elección en Endodoncia , mientras que otras sustancias denominadas solución de irrigación sirve para remover residuos y la capa de barrillo dentinario creada por la instrumentación como es e caso del EDTA (Violich & Chandler, 2010).

#### **2.4.2.1 *Objetivos de la irrigación.***

Según Cohen (2011) los objetivos de la irrigación son:

- Eliminar partículas de detritos, humectación y lubricación del conducto radicular durante la preparación.
- Desinfectar y eliminar microorganismos patógenos.
- Disolver de restos orgánicos y limpiar áreas inaccesibles durante preparación.
- Eliminar el barrillo dentinario y permeabilizar los túbulos.

#### **2.4.2.2 *Propiedades de una solución irrigadora ideal.***

Según Hargreaves & Berman (2016) las propiedades de un irrigante ideal son:

- Bactericida y fungicida eficaz.
- No ser un irritante para los tejidos periapicales.
- Estabilidad en una solución.
- Prolongar su efecto antimicrobiano.
- No disminuir su actividad en presencia de suero, sangre o proteínas tisulares
- conservar una tensión superficial baja.
- No interferir en la reparación de los tejidos periapicales.
- No causar cambios de coloración en la estructura dental.
- Permitir inactivarlo en un medio de cultivo.
- no generar respuestas inmunes.
- Poder eliminar completamente el barrillo dentinario y poder desinfectar la dentina subyacente y sus túbulos.
- No ser antigénico, tóxico ni carcinógeno.
- No alterar la composición de la dentina.

- No debe interferir en el sellado durante la obturación.
- Ser de aplicación práctica.
- Ser relativamente económico.

### **2.4.2.3 Hipoclorito de Sodio.**

#### *2.4.2.3.1 Historia.*

El hipoclorito de Sodio fue producido por primera vez en 1789 en Francia, como una solución antiséptica de uso hospitalario para desinfectar las heridas durante la primera guerra mundial. Este gran aporte de la época se lo atribuyó a Dakin quien produjo una solución tamponada de hipoclorito de sodio al 0.5% comercializada con el nombre de Eusol o solución de Dakin. Sin embargo, no fue hasta 1919 cuando Coolidge observó su potencial como solución de irrigación intra conducto en Endodoncia (Hargreaves et al. 2016).

Hoy por hoy el hipoclorito de sodio (NaOCl) se ha convertido en la solución de irrigación más utilizada en la práctica endodóntica. Esto se lo atribuye a su excelente capacidad antibacteriana y su poder para disolver el tejido necrótico, tejido pulpar vital, componentes orgánicos de la dentina y biopelículas de manera rápida y efectiva (Mohammadi , 2008).

La solución de NaOCl se usa en general como desinfectante o agente blanqueador. Sin embargo, su uso como irrigante de elección en Endodoncia, se debe a que cumple con la mayoría de las características de un irrigante ideal (Cohen, 2011).

#### *2.4.2.3.2 Mecanismo de acción.*

Al entrar en contacto el hipoclorito de sodio con un tejido se produce una desproteinización de su componente orgánico, liberando nitrógeno, formaldehído y acetaldehído. Los enlaces peptídicos se fragmentan y las proteínas se desintegran; esto hace

que la molécula de los grupos amino (-NH-) ceda el hidrogeno para ser reemplazado por cloraminas formando cloro (-NCl-); de aquí su importancia como agente antimicrobiano intra conducto (Mohammadi , 2008).

Estrela (2002) informó que el hipoclorito de sodio exhibe un equilibrio dinámico produciendo ciertas reacciones:

- **Saponificación:**

Produce una degradación de ácidos grasos, convirtiéndolos en jabón (sales de ácidos grasos y alcohol (Glicerol), esta reacción produce una reducción en la tensión superficial de la solución, lo cual permite un mejor intercambio del irrigante dentro del sistema de conductos radiculares (Estrela, 2002).

- **Neutralización:**

El hipoclorito de sodio forma agua y sal, de esta manera logra neutralizar los aminoácidos restantes, por otro lado, la pérdida de iones hidroxilo ocasiona una reducción significativa del pH (Cohen, 2011).

- **Forma ácido hipocloroso:**

El ácido hipocloroso HClO es un ácido débil que funciona como oxidante fuerte; se produce al poner en contacto materia orgánica con el cloro disuelto en agua. Las moléculas de ácido hipocloroso junto con los iones de hipoclorito tienen la capacidad de producir hidrólisis y degradar los aminoácidos (Mohammadi , 2008).

- **Acción solvente:**

El hipoclorito libera cloro, el cual al combinarse con los grupos aminos (NH) de las proteínas, impide el metabolismo celular; esto se conoce como una reacción de cloraminación cuyo producto final son las cloraminas. Esta reacción hace que el cloro al ser un oxidante fuerte tenga una alta capacidad antibacteriana mediante la inhibición de enzimas esenciales por oxidación de los grupos sulfidrilo (SH) (Hargreaves & Berman, 2016).

- **pH alto:**

El hipoclorito de sodio tiene un pH > 11 esto le confiere una ventaja adicional en su acción antimicrobiana, la cual es similar al hidróxido de Calcio. Su pH elevado altera el metabolismo celular, inhibe la síntesis enzimática y degrada la capa fosfolipídica. Este cambio en el metabolismo genera una alteración en la integridad de la membrana citoplasmática que finaliza en la muerte celular (Mohammadi , 2008).

Como se analizó anteriormente la capacidad del NaOCl para disolver tejidos orgánicos y eliminar bacterias es bastante clara. Sin embargo, se ha descubierto que su capacidad para eliminar la capa de barrillo dentinario de las paredes instrumentadas del conducto radicular es insuficiente. Es por ese motivo que se ha hecho indispensable el uso de soluciones de irrigación con propiedades adicionales; de las cuales la que destaca es el ácido etilendiaminotetraacético por su efectividad en la remoción de barrillo dentinario (Violich & Chandler, 2010)

#### **2.4.2.4 Acido etilendiaminotetraacético EDTA.**

El EDTA ácido etilendiaminotetraacético es un ácido orgánico poliaminocarboxílico cuya fórmula química es  $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$ . Su introducción en Endodoncia la realizó Nygaard-Ostby (1957). Su característica principal y por la cual se justifica su uso en odontología, es su

capacidad de quelar o eliminar la porción mineralizada de la capa de barrillo dentinario (Cohen, 2011).

#### 2.4.2.4.1 *Mecanismo de acción.*

Al entrar en contacto con la dentina secuestra o roba iones metálicos de las moléculas inorgánicas mediante una unión coordinada, el EDTA unido a los iones metálicos permanecen en solución y pueden ser eliminados durante la irrigación del conducto radicular, lo cual se torna muy útil en aquellas situaciones en que es preciso eliminar la dentina o el barrillo dentinario (Dotto, 2020).

Esto se posible ya que la dentina está compuesta en un 70% por materia inorgánica, especialmente por cristales de hidroxiapatita con abundantes iones de calcio, y en menor porcentaje iones metálicos de Cobre, Zinc y Estroncio. Al entrar en contacto el EDTA con la dentina utiliza esta propiedad quelante para captar estos iones favoreciendo su desintegración y eliminación. Por esta razón resulta muy útil su aplicación en Endodoncia, no sólo en la remoción de barrillo dentinario producto de la instrumentación si no que además facilita la preparación biomecánica en ciertos casos de conductos calcificados (Hargreaves et al., 2016)

Según autores como (Segura, 1997) las aplicaciones y ventajas que ofrece el EDTA son:

- Localización de conductos calcificados.
- Facilitar la instrumentación en conductos estrechos o calcificados
- Remoción del barrillo dentinario producto de la instrumentación.
- Potenciar la limpieza mecánica
- Posee acción antibacteriana (limitada)
- Aumenta la penetración de medicamentos intraconducto en el interior de la dentina.
- Favorece la interfaz de adhesión entre la pared dentinaria y el cemento de obturación
- Útil en la remoción y sobrepase de instrumentos separados

Adicionalmente posee acción antibacteriana limitada, al quelar iones metálicos de la envoltura celular bacteriana debitándola y produciendo su muerte (Cohen, 2011).

### **2.4.3 Remoción ultrasónica de barrillo dentinario.**

Hasta hace poco tiempo se había hablado de la existencia de dos técnicas para remover el barrillo dentinario mediante la irrigación ultrasónica: la primera es conocida como irrigación ultrasónica (UI) que combina la instrumentación y la irrigación de manera simultánea, mientras que la otra no utiliza la instrumentación simultánea y toma el nombre de irrigación ultrasónica pasiva (PUI) (Van der Sluis, 2007).

Sin embargo, recientemente se ha introducido un nuevo término llamado Irrigación ultrasónica Dual (DUI), del cual aún no existe información científica disponible, no obstante, su inventor el Dr Heriberto Bujanda Wong ha facilitado ciertas especificaciones de su técnica que se abordarán más adelante (Bujanda, 2017)

#### **2.4.3.1 Mecanismo para producir ultrasonido.**

##### *2.4.3.1.1 Frecuencia e intensidad.*

El principio de funcionamiento básico de un dispositivo ultrasónico es la conversión de energía eléctrica en ondas ultrasónicas las cuales se encuentran en un límite superior al de la audición humana; en odontología la frecuencia que se utiliza es de 25-30 kHz y están generadas por dos mecanismos (Lee, 2004).

- MAGNETOESTRICCIÓN producto de la deformación de un material ferromagnético sometido a un campo magnético

- PIEZOELECTRICIDAD producto del estrés generado en cristales dieléctricos al someterse a un voltaje.

Actualmente el mecanismo de elección en la práctica endodóntica es la piezoelectricidad ya que la generación de calor es mínima y la frecuencia oscilatoria producida es más estable, ésta oscila entre 25-30kHz mientras que la intensidad o flujo de energía se expresa en  $\text{Watt cm}^{-2}$  y se ajusta mediante la configuración de potencia del aparato (De Moor, 2010).

La capacidad de transformar estas ondas ultrasónicas en energía oscilante desde la punta del instrumento hacia el irrigantes está determinada por la frecuencia y la intensidad, sin embargo aún no hay un conocimiento preciso de este mecanismo; en teoría al aumentar la frecuencia se genera una mayor transmisión acústica en el irrigante, pero por otro lado al aumenta la intensidad no se produce un aumento de desplazamiento lineal de la punta oscilante (Van der Sluis, 2007).

#### 2.4.3.1.2 *Transmisión acústica.*

Es el movimiento rápido que experimento un fluido alrededor de la punta ultrasónica (Walmsley 1987) generando una corriente circular o a manera de vórtice, produciendo un patrón oscilante de nodos y antinodos. En Endodoncia este fenómeno toma el nombre de microstreaming acústico o micro transmisión acústica (Van der Sluis, 2007).

La máxima amplitud de desplazamiento se produce en la punta del instrumento, esto genera un flujo del irrigante en dirección coronal del conducto radicular facilitando la eliminación del barrillo dentinario (Ahmad , 1987). Cuando el instrumento no puede vibrar libremente en el conducto radicular, la microcorriente acústica disminuye su intensidad, sin embargo, no se

detendrá por completo. Explicado de otra forma, un mayor microstreaming acústico es inversamente proporcional al área de la superficie del instrumento que toca la pared del conducto radicular (Rödig & Sedghi, 2010).

En conductos curvos se recomienda el uso de instrumentos ultrasónicos oscilantes que puedan pre curvarse, de esta manera la micro corriente acústica será mas potente que con un instrumento poco flexible. Esto se debe a que un instrumento pre curvado genera un patrón de nodos y antinodos como un instrumento recto (De Moor, 2010).

La intensidad del microstreaming acústico está directamente relacionada con la velocidad de transmisión, es decir cuanto más delgado sea el calibre del instrumento oscilante, mayor será la frecuencia y mayor será la amplitud de desplazamiento de la punta del mismo, por lo tanto mayor será la velocidad de transmisión y más potente será la microstreaming acústica (Kamaci, Aydin, & Erdilek, 2018)

Durante la activación ultrasónica pasiva se genera un flujo de corte provocado por la microcorriente acústica, debido a que se generan tensiones a lo largo de la pared del conducto radicular, y es por eso que se logra eliminar el barrillo dentinario y bacterias de las paredes del conducto (Lee, 2004).

#### 2.4.3.1.3 *Cavitación y micro transmisión cavitacional.*

La cavitación es un fenómeno físico que se produce en los fluidos al ser sometido a una fuerza de tensión y alta velocidad, como ocurre con la energía acústica, esto genera la formación impulsiva de burbujas o la distorsión y contracción de las mismas ya existentes dentro de un líquido (Jiang, 2012).

De acuerdo con Roy et al. se producen dos tipos de cavitación durante la irrigación ultrasónica pasiva en los conductos radiculares: cavitación estable y cavitación transitoria. La cavitación estable produce una serie de pulsaciones lineales de burbujas dentro de un campo ultrasónico de baja amplitud mientras que la cavitación transitoria genera una alta energía pulsátil de burbujas de vapor provocando su colapso violento contra las paredes del conducto radicular, esto genera altas presiones internas de gas y temperaturas (Roy & Ahmad , 1994).

La cavitación transitoria únicamente se produce en la irrigación ultrasónica pasiva cuando la punta del instrumento oscilatorio vibra libremente o toca ligeramente la pared del conducto, mientras que en la irrigación ultrasónica al tener un contacto aumentado (intencional) con la pared del canal este fenómeno no ocurre (Jiang, 2012).

#### **2.4.3.2 Irrigación ultrasónica (UI).**

La irrigación ultrasónica (UI) fue introducida por Richman (1957). A diferencia de la (PUI) combina la irrigación ultrasónica e instrumentación de manera simultánea. Sin embargo, con el tiempo se volvió obsoleta en la práctica clínica, ya que la dificultad de controlar el corte, había dado como resultado desviaciones del conducto, formación de cremalleras apicales, transportaciones, perforaciones, desgarres en banda en especial en anatómicas curvas (Van der Sluis, 2007).

Por otro lado, durante la irrigación ultrasónica, se busca intencionalmente poner en contacto el instrumento con la pared del conducto radicular demostrándose una pobre transmisión de energía acústica hacia el irrigante, lo cual resultó en una menor eliminación de barrillo dentinario en comparación con la PUI (Lee, 2004).

### **2.4.3.3 Irrigación ultrasónica pasiva (PUI).**

El concepto de irrigación ultrasónica pasiva fue desarrollado por Weller et al. (1980) con el objetivo de perfeccionar la técnica de irrigación ultrasónica (UI) convencional, sin embargo, el término "pasiva" no describe adecuadamente el proceso ya que en realidad es un método más activo y con mejores resultados; el término únicamente está relacionado con la acción "sin cortes" del instrumento activado ultrasónicamente (Violich & Chandler, 2010).

La Irrigación ultrasónica pasiva utiliza transmisión de energía en forma de ondas ultrasónicas desde una punta del instrumento oscilante hacia el irrigante presente en el conducto radicular, esto a su vez genera dos fenómenos que son la transmisión acústica y la cavitación (Van der Sluis, 2007).

Para que exista una eficaz transmisión de energía es necesario que el conducto este instrumentado hasta un diámetro apical mayor al del instrumento ultrasónico oscilante, con el fin de que éste pueda moverse libremente dentro del conducto, potenciando el movimiento del irrigante a través de la compleja red del sistema de conductos (Hargreaves & Berman, 2016).

Como hallazgo adicional se encontró que al usar la irrigación ultrasónica pasiva se reduce al mínimo el riesgo de crear formas aberrantes dentro del conducto radicular, ya que el instrumento ultrasónico oscilante no contacta directamente con las paredes del conducto, además se demostró que a mayor calibre del mismo menor será el movimiento del irrigante (Van der Sluis, 2007).

Hasta el momento no hay información detallada disponible sobre la influencia del tiempo de irrigación, el volumen del irrigante, la profundidad de penetración del instrumento y las propiedades de forma y material del instrumento.

#### **2.4.3.4 Irrigación ultrasónica dual (DUI).**

La irrigación ultrasónica dual es un método relativamente nuevo, patentado por el Dr. Heriberto Bujanda Wong a través de su creación “el anillo HBW”. Sin embargo, hasta el momento no existe evidencia científica disponible que explique perfectamente su funcionamiento y corrobore sus resultados. Pese a ello cada vez son más los profesionales en endodoncia que discuten y aseguran sus beneficios clínicos en foros online y redes sociales (Bujanda, 2017).

Estructuralmente este invento consiste en una punta ultrasónica de acero inoxidable en forma de vástago de aproximadamente 3.5cm de longitud, en cuyo extremo final costa de un anillo semiabierto con un diámetro de 3mm, el cual permite insertar una lima manual de cualquier calibre, para ser activada mediante un aparato piezoeléctrico (Bujanda, 2017).

En términos generales este nuevo método es una variación de lo que se conoce como Irrigación Ultrasónica (IU) convencional con la gran ventaja de mantener la sensibilidad táctil de una lima manual al momento de preparar el conducto, y de esta manera reducir o evitar los inconvenientes de la técnica original (Bujanda, 2017).

Actualmente son pocos los profesionales que dominan esta técnica satisfactoriamente ya que requiere de una alta curva de aprendizaje, por otro lado el anillo HBW no se comercializa de manera abierta al público, sino que el profesional interesado en el método debe solicitar o inscribirse a una capacitación previa y poder utilizar y adquirir este producto, estos talleres son dictados exclusivamente por el Dr. Heriberto y su hijo el Dr. André Bujanda (Bujanda, 2017).

Dominada la técnica el anillo HBW resulta muy útil, no solo en la irrigación ultrasónica, sino que en múltiples aplicaciones clínicas como en resolver perforaciones, escalones, obstrucciones de conductos, retiro de instrumentos separados, calcificaciones entre otras (Bujanda, 2017).

## **3 METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo de estudio**

El estudio fue de tipo, experimental in vitro, comparativo, descriptivo. Fue de tipo experimental in vitro ya que el investigador manipuló las variables para simular una situación real, como la activación del irrigante dentro el conducto radicular. Se realizó en premolares humanos extraídos, motivo por el cual fue considerado un estudio In vitro. Fue descriptivo porque describió los resultados encontrados en cada una de las muestras y comparativo porque se comparó la efectividad de cada método de irrigación en la remoción de barrillo dentinario.

### **3.2 Muestra**

La muestra del estudio estuvo conformada por 25 premolares superiores e inferiores unirradiculares extraídos por motivos ortodónticos, los mismos que se distribuyeron en tres grupos experimentales de acuerdo con el sistema de activación del irrigante de la siguiente manera: Grupo 1 (PUI) Irrigación ultrasónica pasiva y Grupo 2 (DUI) irrigación ultrasónica Dual HBW, contaron con 10 piezas dentales cada uno, mientras que en el Grupo 3 (control) estuvo constituido por 5 piezas dentales y no se realizó ningún tipo de irrigación.

#### **3.2.1 Criterios de inclusión.**

- Premolares unirradiculares
- Premolares con raíces rectas o curvatura radicular menor de 5 grados según la clasificación de Schneider.

- Premolares con ápice cerrado
- Premolares extraídos únicamente por motivo ortodóntico.
- Premolares cuya longitud desde la unión amelocementaria- ápice sea mínimo 16mm
- Premolares sin caries

### **3.2.2 Criterios de exclusión.**

- Premolares birradiculares o uniradulares con más de un conducto.
- Premolares con ápice abierto o reabsorción radicular
- Premolares con tratamiento endodóntico previo
- Premolares con curvatura radicular mayor a 5 grados según la clasificación de Schneider.
- Premolares con caries

### **3.3 Lista de Materiales**

- Pieza de mano de Alta velocidad (NSK)
- Ultrasonido Varios 350 (NSK)
- Motor endodóntico X Smart Plus (Dentsply Maillefer)
- Lámpara LED de fotocurado (Woodpecker)
- Explorador DG16 (Dentsply Maillefer)
- Conos de papel #50 (Dentsply Maillefer)
- Fresa de grano fino tronco cónica (Jota)
- Fresa de Carborundum rosa para micromotor (MTI)
- Gutaperchero de titanio (Hu-Friedy)
- Loleta de vidrio (ángelus)

- Pasta de condensación fina (Coltene)
- Pasta de condensación pesada (Coltene)
- Limas K 10 (Dentsply Maillefer)
- Limas Reciproc Blue R25, R40, R50 (VDW)
- Lima WaveOne Gold Glider (Dentsply Maillefer)
- Puntas de irrigación IrriS (VDW)
- Anillo abierto (HBW)
- Anillo cerrado (HBW)
- Agujas de irrigación NaviTip calibre 29G (Ultradent)
- Regla milimetrada (PH)
- Jeringas 10ml (Nipro)
- Punta ultrasónica periodontal (DTE)
- Lápiz HB (STAEDTLER)
- Godiva (Kerr)
- Cámara d3300 (Nikon)
- Lente macro NIKKOR Nikon 105mm f2.8 con tubo extensor (Nikon)
- Cortadora de precisión (Buehler IsoMet 1000)
- Calibrador de metales (AWAN)
- Jeringa de Resina fluída (3M)
- Capsula de MTA vacía (Angelus)
- Hipoclorito de sodio al 5,25% (Clorox)
- Suero fisiológico (Eufar)

### 3.4 Recolección de la muestra

La muestra fue obtenida a través de donación de piezas dentarias extraídas por motivos ortodónticos, mediante un consentimiento informado a los donantes y gracias a la colaboración de un consultorio odontológico durante el período de enero a diciembre del 2019.



**Figura 1. Premolares uniradiculares extraídos por motivos ortodónticos**  
Fuente: Mauricio Vega

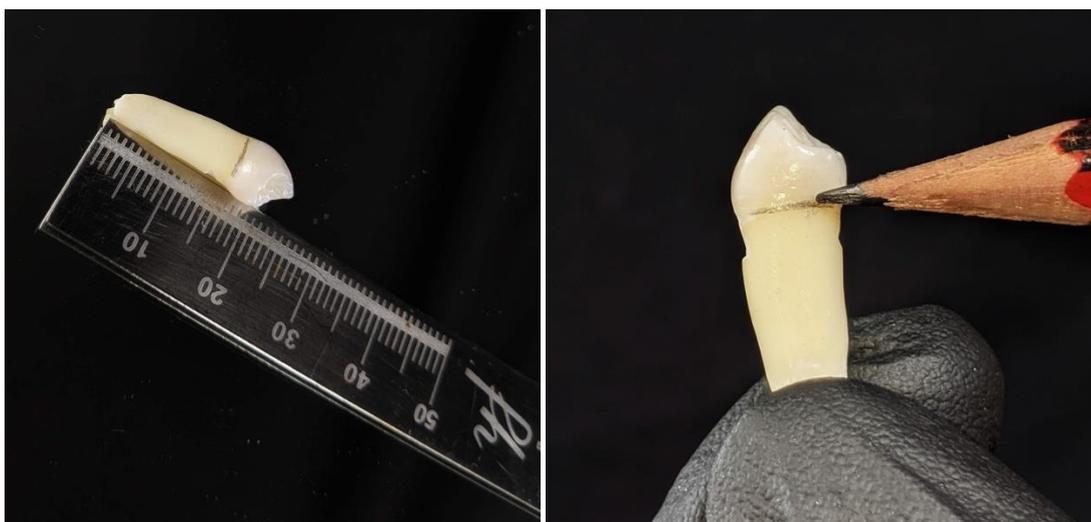
Cada pieza dentaria, fue sometida a un proceso de limpieza de la superficie externa de la raíz, mediante una punta ultrasónica periodontal con el objetivo de retirar cualquier resto de tejido adherido antes de su almacenamiento en suero fisiológico al (0,9%) a 5 grados centígrados para su preservación hasta el momento de su uso.



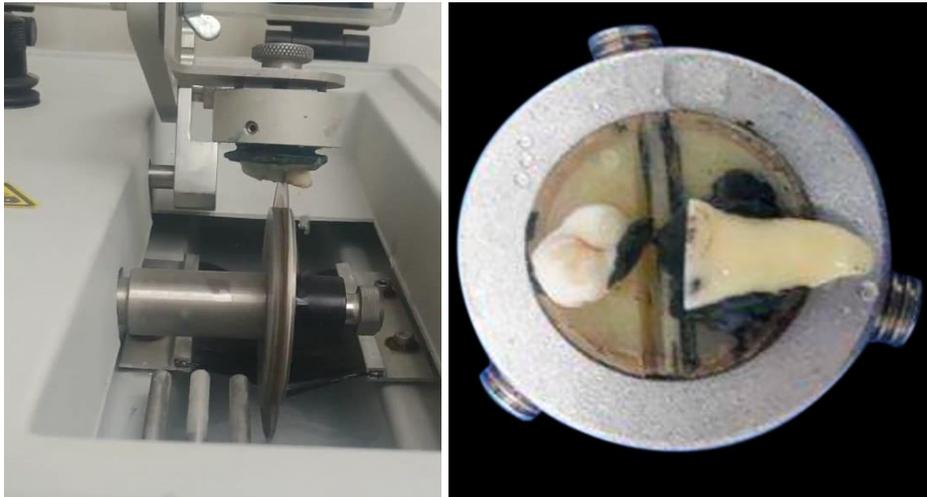
**Figura 2. Limpieza de la superficie externa de la raíz, mediante una punta ultrasónica periodontal**  
Fuente: Mauricio Vega

### 3.5 Estandarización de la muestra

Para la estandarización de la muestra, cada pieza dentaria fue medida 16mm desde el ápex hasta la porción coronaria, donde se trazó una señal con lápiz HB en sentido transversal al eje longitudinal de la pieza. Posteriormente se realizó un corte transversal de la corona clínica en la marca realizada con el lápiz, mediante una cortadora de precisión.



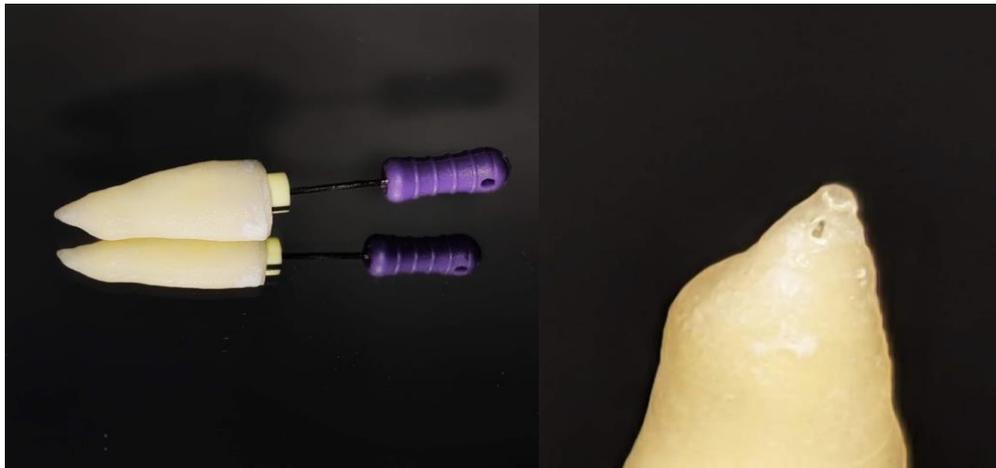
**Figura 3. Estandarización de la longitud radicular**  
Fuente: Mauricio Vega



**Figura 4. Corte transversal de la corona clínica en cortador de precisión**  
Fuente: Mauricio Vega

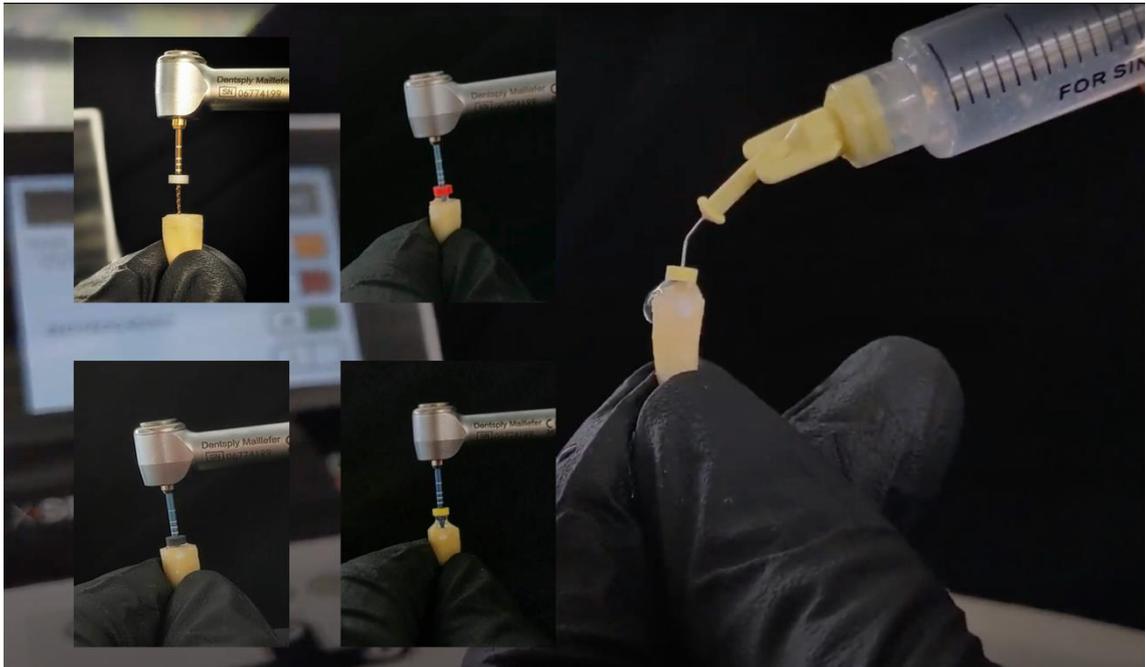
### 3.6 Instrumentación de los grupos

Se insertó una lima K 10 en el conducto hasta observar la punta del instrumento a través del foramen apical, a partir de esa medida se restó 1 mm para determinar la longitud real de trabajo.



**Figura 5. Determinación de la longitud de trabajo**  
Fuente: Mauricio Vega

Con una jeringa de 5 mL con NaOCl al 5.25% y una aguja NaviTip calibre 29Ga se irrigó el conducto, luego se instrumentó con una lima WaveOne Gold Glider para preparar el glidepath. Seguido de las limas de preparación R25, R40 y R50 en secuencia, irrigando por cada instrumento 5mL de NaOCl al 5.25%.



**Figura 6. Instrumentación del conducto**

Fuente: Mauricio Vega

Durante la instrumentación se utilizó 20mL de Hipoclorito de sodio al 5.25% como irrigante distribuido entre los 4 instrumentos utilizados. Este proceso se repitió en cada una de las muestras y se obtuvo un diámetro final 0.50 con un taper 0.05.

### **3.7 Separación de las raíces en dos mitades**

Una vez que todas las piezas dentarias fueron instrumentadas, se trazó con un lápiz y una regla, la línea de referencia sobre eje longitudinal de la raíz, desde coronal hasta la salida del foramen apical como guía para realizar el corte.



**Figura 7. Línea de referencia para el corte longitudinal de la raíz**

Fuente: Mauricio Vega

Nuevamente cada muestra fue montada en los soportes de la cortadora de precisión y fijada con godiva caliente, luego cuidadosamente se realizó un corte a lo largo de esta línea, dividiendo longitudinalmente cada muestra en dos mitades.

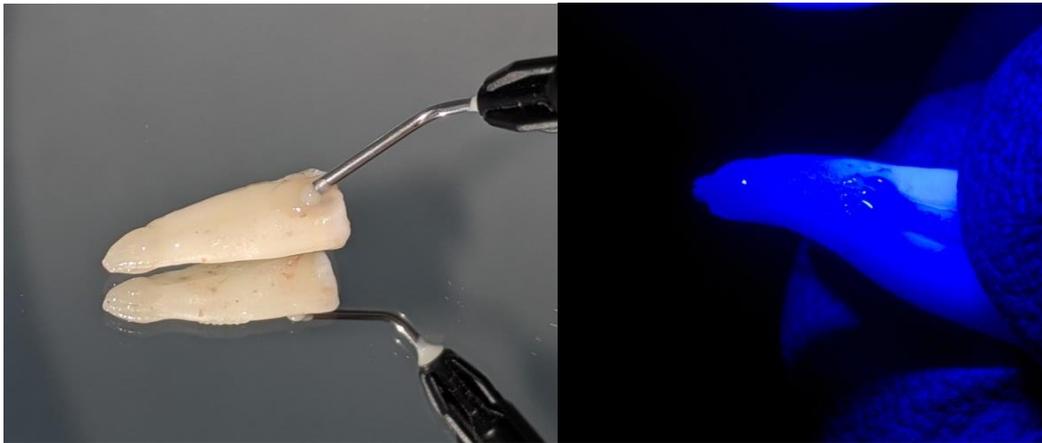


**Figura 8. Separación de la raíz mediante cortadora de precisión**

Fuente: Mauricio Vega

### 3.8 Instrumentación compensatoria

Para esto se re ensambló cada uno de los dientes divididos anteriormente, alineando cuidadosamente ambas mitades; se colocó resina fluída externamente en las zonas de las uniones y se fotocuró por 40 segundos.



**Figura 9. Re ensamblaje de la raíz con resina fluída**  
Fuente: Mauricio Vega

El conducto se llenó nuevamente con NaOCl al 5.25% y se realizó una instrumentación compensatoria con la lima R50, para recuperar la diferencia de diámetro perdido al momento del corte; finalmente se realizó una irrigación final del conducto con 5mL de NaOCl 5.25%, se secó el conducto con conos de papel número 50 y se dividió nuevamente el diente en dos mitades retirando la resina fluída mediante una ligera fuerza de palanca entre las uniones con un gutaperchero.

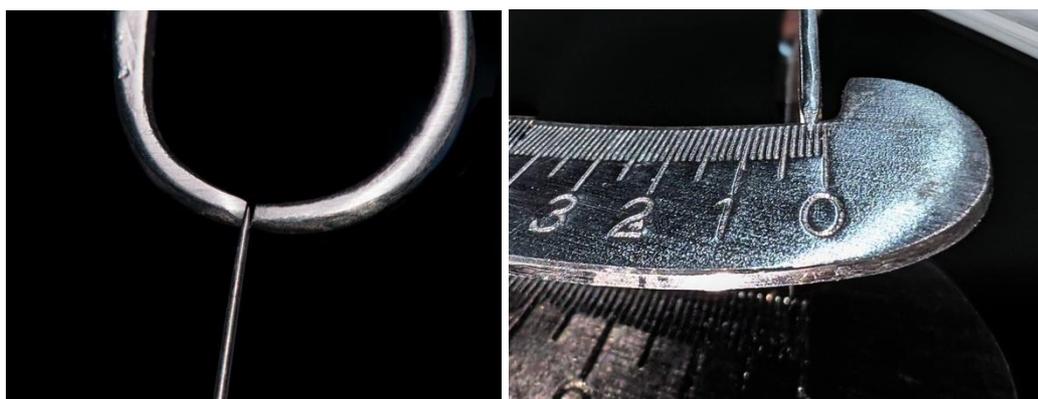


**Figura 10. Instrumentación compensatoria con Reciproc R50**  
Fuente: Mauricio Vega

### 3.9 Preparación y estandarización de la grieta

Con las dos mitades del diente libres, se escogió una de ellas para crear una grieta de 4mm de longitud, 0.2mm de ancho y 0.5mm de profundidad ubicada en el tercio apical entre 2 a 6 mm del foramen.

Para esto se modificó la punta de un explorador DG16 puliendo el metal con una fresa de grano fino troncocónica y midiendo con un calibrador de metales hasta obtener las dimensiones deseadas.



**Figura 11. Calibración del explorador DG16 modificado para la creación de las grietas**  
Fuente: Mauricio Vega

Una vez preparado el instrumento con las dimensiones requeridas, se utilizó el anillo HBW cerrado y el explorador modificado para crear la grieta con mucho cuidado de la siguiente manera. Se marcó en el diente dos puntos de referencia medidos con una regla endodónica entre 2 a 6 mm del foramen apical con un lápiz punta fina, con el ultrasonido en modo E3 se activó la punta del explorador el cual desgastó la dentina dando la forma de una grieta estandarizada.



**Figura 12. Creación de la grieta estandarizada con explorador DG16 y anillo HBW cerrado**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo



**Figura 13. Grieta estandarizada en tercio apical**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

### 3.10 Colocación de barrillo dentinario en la grieta

El polvo de dentina, fue obtenido de 1 diente que no entró en el estudio por presentar defectos al momento de realizar el corte. Con una fresa de carbourundum rosa para micromotor, se pulverizó su tejido dentinario, el polvo producido fue recolectado sobre una loseta y almacenado en una pequeña cápsula plástica hasta el momento de su uso.



**Figura 14. Obtención de dentina en polvo mediante pulverizado con fresa de carbourundum rosa para micromotor**

Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

Sobre una loseta de vidrio se mezcló el polvo de dentina con hipoclorito de sodio al 5.25% hasta obtener una consistencia húmeda similar a la arena, la mezcla se realizó aproximadamente 5 minutos antes de su uso.



**Figura 15. Preparación del barrillo dentinario utilizando NaOCl al 5.25% y polvo de dentina**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

Posteriormente con ayuda de un explorador endodóntico DG16 se tomó una pequeña cantidad de la mezcla en la punta y fue llevada hasta cada una de las grietas, luego mediante un cono de papel #50 se compactó ligeramente la mezcla de dentina y se repitió el procedimiento en cada una de las grietas de toda la muestra.



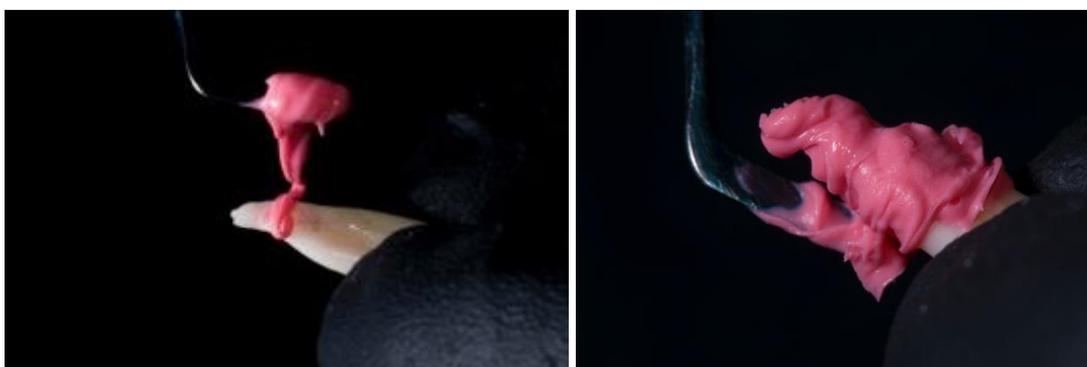
**Figura 16. Colocación de barrillo dentinario en la grieta estandarizada**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo



**Figura 17. Grieta estandarizada llena de barrillo dentinario**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

### **3.11 Re ensamblaje final**

Una vez colocado el barrillo dentinario en cada una de las grietas de toda la muestra, se procedió a re ensamblar las mitades de cada diente, de la misma forma que se explicó anteriormente, sin embargo, después de foto curar la resina fluída, se cubrió la raíz con una capa de siliconade condensación fina para simular la presencia de ligamento periodontal, finalmente se preparó silicona de condensación pesada a manera de un bloque alrededor del diente para dar una mayor estabilidad.



**Figura 18. Colocación de capa de pasta de condensación fina para simular la presencia de ligamento periodontal alrededor de la raíz**

Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo



**Figura 19. Recubrimiento de la raíz con pasta de condensación pesada a manera de bloque**

Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

### 3.12 Grupos experimentales

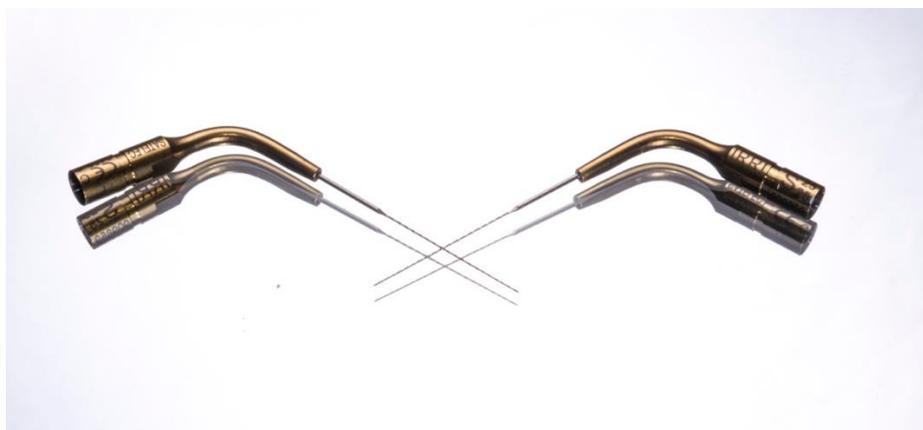
Cada pieza dentaria fue distribuida de manera aleatoria en tres grupos de acuerdo al método de activación del irrigante de la siguiente manera:

Grupos Experimentales	Tamaño	Método de activación	Tiempo de activación	Sustancias
Grupo 1 (IUP)	n=10	Irrigación ultrasónica pasiva	60 segundos	NaOCl / suero fisiológico
Grupo 2 (IUD)	n=10	Irrigación ultrasónica dual	60 segundos	NaOCl / suero fisiológico
Grupo 3 (control)	n=5	Ninguno	Ninguno	Ninguna

### 3.13 Activación ultrasónica del irrigante

En el Grupo 1 (n=10) Irrigación ultrasónica pasiva (PUI) se utilizó una punta ultrasónica IrriS, activada mediante un dispositivo Varios 350 en modo E2 a una frecuencia de 30kHz aproximadamente, cada conducto se irrigó y activó en 3 tiempos de la siguiente manera:

Se cargó una jeringa con 9mL de hipoclorito de sodio al 5.25%, usando una aguja irrigación Navitip calibre 29G colocada a 3mm menos de la longitud de trabajo, se irrigó 3mL de la solución y se retiró la aguja, luego se activó el irrigante con una punta ultrasónica Irris colocada a 1mm de la longitud de trabajo por 20s, se repitió el procedimiento 3 veces, sumando un total de 60s, finalmente el conducto recibió una irrigación final de 3mL de suero fisiológico.



**Figura 20. Punta ultrasónica Irris (VDW, Munich, Germany)**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo



**Figura 21. Irrigación ultrasónica pasiva con Irris (VDW, Munich, Germany)**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

En el Grupo 2 (n=10) Irrigación ultrasónica dual (DUI), se utilizó una lima K 10 activada por el anillo HBW abierto, mediante un dispositivo Varios 350 en modo E2 a una frecuencia de 30kHz aproximadamente, siguiendo el mismo procedimiento del grupo 1.



**Figura 22. Anillo HBW abierto (HBW, México)**

Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo



**Figura 23. Anillo HBW abierto (HBW, México) acoplado a vástago de lima manual 10 (Dentsply, Tulsa, USA)**

Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo



**Figura 24. Irrigación ultrasónica Dual del anillo HBW**

Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

En el Grupo 3 (n=5) grupo control no se realizó ningún procedimiento de irrigación.

Para evitar variaciones durante la experimentación todos los procedimientos fueron realizados por el mismo operador para estandarizar las variables no controlables.

### **3.14 Fotografías**

Concluida la irrigación final, cada muestra fue separada en dos mitades nuevamente, las mitades con grieta artificial fueron fotografiadas con una cámara Nikon d3300 con lente macro NIKKOR Nikon 105mm f2.8 + tubo extensor 28mm y parámetros ISO 100, diafragma f/29, velocidad de obturación 1/160, Iluminación flash viltrox IY610N II potencia ¼ con rebotadores tipo bounce diffuser.



**Figura 25. Separación final de las raíces**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

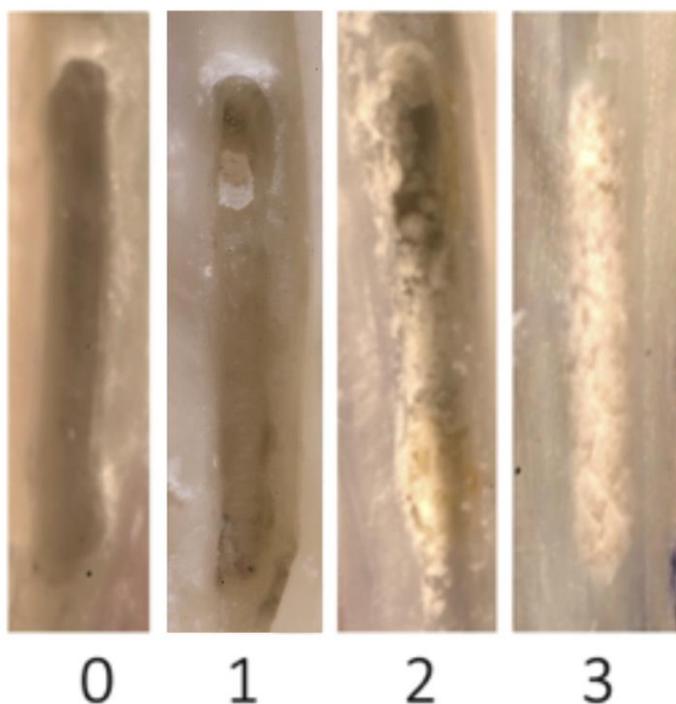


**Figura 26. Obtención de imágenes con cámara Nikon d3300**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

### 3.15 Análisis descriptivo

Los datos se obtuvieron a través de un análisis fotográfico realizado por 3 especialistas en Endodoncia docentes de la Universidad San Francisco de Quito, los cuales, sin conocer el método de irrigación utilizado en cada grupo, calificaron con un puntaje la cantidad de barrillo dentinario observado dentro de la grieta artificial en las imágenes post irrigación

### 3.16 Evaluación de imágenes



**Figura 27. Puntuación para las muestras observadas**

Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

- Puntaje 0: Grieta libre de barrillo dentinario
- Puntaje 1: Barrillo dentinario en menos de la mitad de la grieta.
- Puntaje 2: Barrillo dentinario en la mitad o mas de la mitad de la grieta
- Puntaje 3: Grieta llena de barrillo dentinario

### 3.17 Análisis estadístico

La diferencia en las puntuaciones de barrillo dentinario entre grupos experimentales se analizó a través de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney con un nivel de significación  $p = .05$

### 3.18 Resultados

#### 3.18.1 Pruebas de Normalidad

##### 3.18.1.1 Diagrama de Caja

Se realizó un diagrama de caja, puesto que la variable de estudio es cuantitativa y está en escala ordinal.

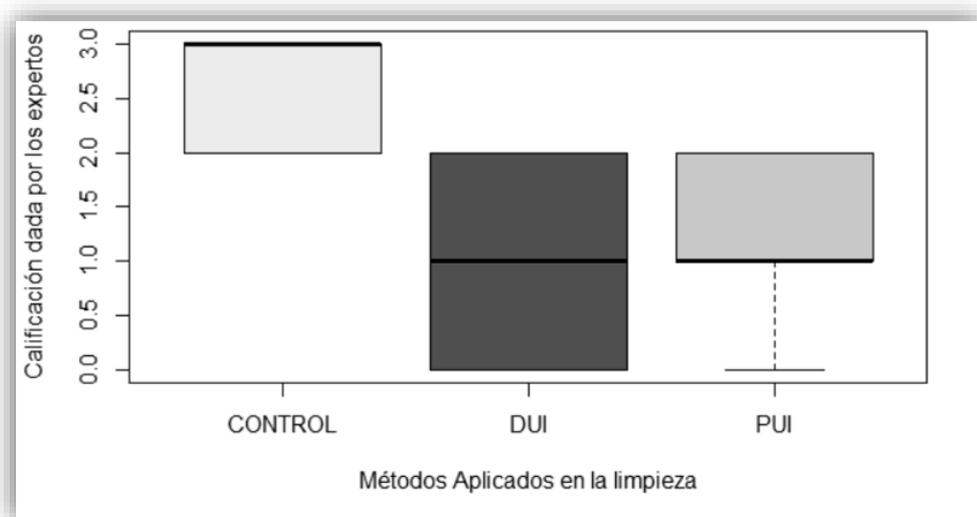
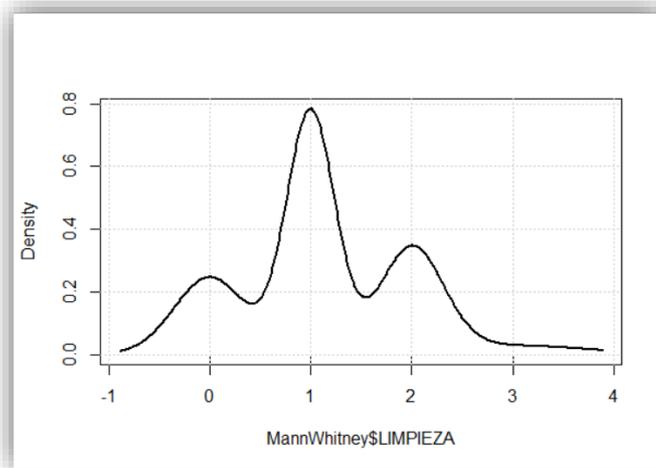


Gráfico 1: Diagrama de caja de los métodos aplicados y la calificación de los expertos  
Fuente: Ing. Galo Izquierdo

### 3.18.1.2 Densidad de los datos

Los datos no se asemejan a la forma de una campana de Gauss con distribución normal.



**Gráfico 2: Distribución de los datos**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo

### 3.18.1.3 Prueba de Shapiro-Wilks

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilks para corroborar lo observado en el diagrama de caja, encontrándose un P-VALUE menor a 0,001 con lo que se pudo concluir que los datos no son normales al rechazar la hipótesis nula de normalidad.

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.85885, **p-value = 5.615e-06** 0.0000561

**Tabla 1: Prueba estadística Shapiro-Wilk**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo

Mediante el diagrama de cajas, el gráfico de la densidad se pudo demostrar visualmente que los datos no presentan normalidad, lo cual fue comprobado estadísticamente a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Por lo tanto, para el análisis de la información fue necesario utilizar pruebas no paramétricas.

### 3.18.2 Pruebas no paramétricas

Los datos fueron obtenidos mediante 25 imágenes, las cuales fueron analizadas por tres expertos especialistas en Endodoncia de la USFQ para dar un puntaje según la cantidad de barrillo dentinario observado.

La efectividad en la remoción de barrillo dentinario de cada sistema se comparó en 3 categorías de acuerdo a los puntajes obtenidos: Puntaje de 0 a 1 EXCELENTE; puntaje 2 REGULAR y puntaje 3 MALO.; dado que explican de mejor manera el nivel de la variable de estudio.

En la siguiente tabla se muestran las respuestas obtenidas por los expertos al observar las imágenes.

MÉTODOS	EXCELENTE	REGULAR	MALO	TOTAL
CONTROL	0	2	3	5
DUI	6	4	0	10
PUI	7	3	0	10

**Tabla 2: Respuestas obtenidas por los expertos**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo



**Figura 28. Puntuación Excelente (0-1) con el método DUI**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

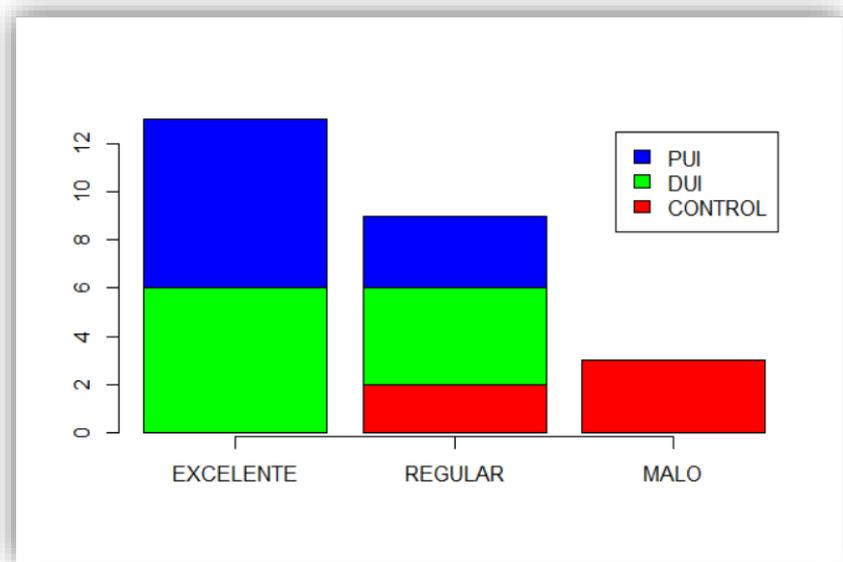


**Figura 29. Puntuación Excelente (0-1) con el método PUI**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo



**Figura 30. Puntuación Mala en grupo control**  
Fuente: Dr. Edgar Pantoja – Fotógrafo

Se realizó un gráfico para mostrar en forma descriptiva las frecuencias observadas por niveles de limpieza y método aplicado.



**Gráfico 3: Frecuencias observadas por niveles de limpieza y método aplicado**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo

### 3.18.2.1 Prueba Chi-cuadrado

Se realizó la prueba de independencia Chi-cuadrado para verificar si es que existe relación entre los métodos y el nivel de limpieza, el resultado del p-value fue 0.003498, lo que significa que existe una dependencia entre las calificaciones dadas por los expertos y los métodos aplicados.

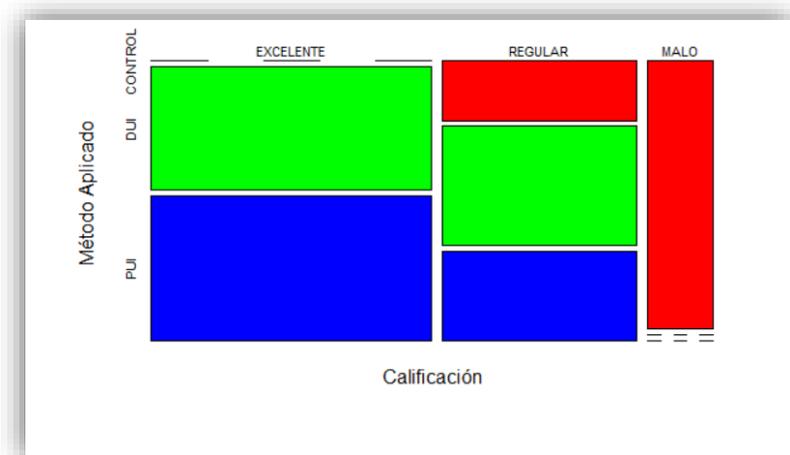
Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000 replicates)  
 data: cuadro  
 X-squared = 15.513, df = NA, **p-value = 0.003498**

**Tabla 3: Prueba estadística Chi- cuadrado**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo

Se realizó un gráfico tipo mosaico en el que se observa los resultados de la tabla de contingencia en forma de áreas, donde el color azul son los resultados obtenidos por el

método PUI, el color verde representa al método DUI y el color rojo representa a la muestra control.



**Gráfico 4: Gráfico de independencia**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo

Se puede observar que los porcentajes obtenidos tanto para los métodos PUI y DUI no tienen resultados malos mientras que, en la muestra de control, ninguna imagen fue clasificada con limpieza EXCELENTE, y entre ambos métodos existe una pequeña diferencia en porcentaje en la calificación excelente la cual es mayor para el método PUI.

MÉTODOS	EXCELENTE	REGULAR	MALO
CONTROL	0%	40%	60%
DUI	60%	40%	0%
PUI	70%	30%	0%

**Tabla 4: Porcentaje de respuestas obtenidas por los expertos**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo

### 3.18.2.2 Prueba U de Mann Whitney

En virtud de lo observado en la prueba de independencia se realizó una prueba para estudiar si alguno de los dos métodos generó mejor remoción del barrillo dentinario, para lo cual se utilizó la prueba **U de Mann Whitney** de manera que se verifique si la mediana de uno de los métodos de limpieza es mayor que la mediana del otro método.

Hipótesis Nula: La mediana del método PUI es = la mediana del método DUI.

Hipótesis Alternativa: La mediana del método PUI es  $\neq$  que la mediana del método DUI.

El p-value obtenido fue **0.3518** mayor a 0.05 lo cual significa que no existe una diferencia estadísticamente significativa que permita rechazar la hipótesis nula de que el método PUI genere mejor grado de limpieza que con el método DUI.

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: LIMPIEZA by METODO

W = 425.5, **p-value = 0.3518**

alternative hypothesis: true location shift is less than 0

**Tabla 5: Prueba estadística U de Mann-Whitney**

Fuente: Ing. Galo Izquierdo

## 4 Discusión

Para que un tratamiento de Endodoncia sea considerado exitoso debe cumplir con ciertos principios como una adecuada instrumentación, irrigación y obturación del sistema de conductos radiculares. Cada uno de ellos se complementa y se relaciona, sin embargo, la irrigación juega un papel central durante y después de la instrumentación, permite la erradicación de microorganismos patógenos evitando una reinfección, disuelve tejidos pulpares, remueve barrillo dentinario, además por su mecanismo de lavado evita la acumulación de tejido duro y blando en la porción apical disminuyendo la posibilidad de extrusión de material infectado en el área periapical. (Haapasalo , 2010).

La irrigación como requisito básico debe favorecer a la remoción del barrillo dentinario, ya que esta capa generada durante la instrumentación, alberga numerosas bacterias y subproductos que junto al tejido necrótico lo utilizan como sustrato para proliferar en la profundidad de los túbulos. Además, crea un efecto bloqueante para los desinfectantes, limitando o impidiendo su acción, actúa como un aislante o una capa poco adherente entre la pared del conducto y los materiales de obturación, impidiendo que exista un sellado satisfactorio y favoreciendo la micro filtración bacteriana (Violich & Chandler, 2010).

Durante muchos años la irrigación convencional con jeringa y aguja denominada “presión apical positiva” fue aceptada y utilizada como método único, sin embargo con

el paso del tiempo y muchas investigaciones se comprobó que este método tenía una limitada entrega de la solución irrigante a canales accesorios o túbulos dentinarios, que no iba mas allá de la punta de la aguja, además de la formación de burbujas en la zona apical, las cuales no permitían una adecuada desinfección y remoción de los tejidos contaminados (De Moor, 2010).

Por consiguiente, las investigaciones futuras se centraron en la invención de distintos dispositivos de administración del irrigante que permitieran aumentar el flujo y la distribución de las soluciones dentro del sistema de conductos radiculares, y fue así que comenzaron a comercializarse dispositivos de activación sónicos, ultrasónicos, de presión negativa, laser, limas rotatorias especiales; siendo los sistemas ultrasónicos los más aceptados y utilizados en la actualidad, por sus resultados clínicos y gran cantidad de estudios que sustentan su utilización (Căpută , Retsas , Kuijk , & Chávez de Paz, 2019).

Autores como Leoni compararon la capacidad de remoción de barrillo dentinario utilizando la irrigación convencional con jeringa y la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) y sus resultados demostraron que pese a que en ambos grupos se observó reducción de barrillo dentinario, el grupo PUI tuvo una reducción de barrillo dentinario estadísticamente significativa del 94.1% mientras que en la irrigación convencional con jeringa fue del 45.7% ( $P < 0.05$ ) ( Leoni, 2016).

Así mismo Kamaci, Aydin, & Erdilek demostraron que la PUI es capaz de remover significativamente mayor cantidad de barrillo dentinario en comparación con la

irrigación convencional y además no encontró diferencias estadísticamente significativas entre PUI y los sistemas de irrigación laser (Kamaci, Aydin, & Erdilek, 2018).

Otros como Pladisai, destacaron el efecto favorable de la PUI en el pronóstico de la periodontitis apical, mientras que Curtis & Sedgley afirmaron que la utilización de este método permite la eliminación significativa de restos de tejido pulpar y bacterias en el conducto radicular (Pladisai , Ampornaramveth , & Chivatxaranukul , 2016); ( Curtis & Sedgley , 2012).

Por tanto, tomando como referencia al PUI como gold estándar en cuanto a sistemas de irrigación, esta investigación tuvo como propósito comparar la remoción de barrillo dentinario colocado artificialmente en irregularidades simuladas dentro de conductos radiculares instrumentados, utilizando la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) frente a la irrigación ultrasónica dual (DUI) del sistema HBW, denominada así por su creador el Dr Heriberto Bujanda Wong.

El sistema HBW es un invento reciente, cuyo mecanismo permite la activación ultrasónica de una lima manual, mediante un acople en forma de vástago y en cuyo extremo se encuentra un anillo semi abierto. Este anillo semi abierto se lo utiliza para enganchar el vástago de una lima manual; la combinación de ambos instrumentos crean un sistema dual, capaz de transmitir energía ultrasónica en el interior del conducto radicular, teniendo como principales ventajas su versatilidad de funciones en instrumentación, activación del irrigante, solución de escalones, retiro de instrumentos, bajar con mayor facilidad los conductos calcificados entre otras; así mismo su bajo costo

en comparación con puntas ultrasónicas específicas y ofrecer al profesional un control táctil en todo momento (Bujanda, 2017).

Sin embargo, todas estas bondades del sistema HBW deberán ser estudiadas y analizadas científicamente, comparándolas con otros instrumentos para fines semejantes, ya que al ser un instrumento nuevo no se ha encontrado publicaciones del mismo en las diferentes áreas descritas. Lo que sí queda claro es que este es un instrumento versátil que apoya a varias fases del tratamiento de endodoncia.

En el presente año, Galvan-Pacheco en colaboración con el Dr. Bujanda-Wong, publicaron un estudio que evaluó la capacidad del anillo HBW y la irrigación ultrasónica pasiva en la eliminación de biopelículas de *Enterococcus faecalis*. Sus resultados revelaron que el anillo ultrasónico HBW promovió una mayor reducción de la carga bacteriana mediante el recuento de unidades formadoras de colonias y la microscopía electrónica de barrido en comparación con la irrigación convencional ( $P < 0,05$ ) y una reducción similar en comparación con la irrigación ultrasónica pasiva ( $P > 0,05$ ) (Galvan-Pacheco, Vitales-Noyola, González-Amaro, & Bujanda-Wong, 2020).

Sin embargo, todavía no existe literatura disponible que sustente su utilización como método efectivo para la remoción de barrillo dentinario, no obstante, su inventor e innumerables profesionales en Endodoncia ya lo están utilizando en su práctica clínica y cada día son más quienes discuten y aseguran sus beneficios en foros en línea y redes sociales mediante la presentación de casos clínicos y resultados favorables con sus pacientes. Por esta razón esta investigación creyó interesante comprobar si la capacidad

del sistema HBW en la remoción de barrillo dentinario era superior o igual que la irrigación ultrasónica pasiva.

Para lo cual, se desarrolló una metodología basada en el modelo experimental de Lee, con ciertas modificaciones (Lee, 2004). La cual consistió en la creación de una grieta artificial estandarizada en la superficie del conducto radicular instrumentado, simulando extensiones inaccesibles en el tercio apical, la misma que fue rellenada en su totalidad con una mezcla de dentina e hipoclorito de sodio al 5,25%, luego cada grupo de estudio recibió un protocolo de irrigación mediante PUI y DUI; finalmente se obtuvieron imágenes a través de microfotografía de alta resolución para comparar ambos sistemas.

Se decidió utilizar el modelo experimental de Lee con microfotografías en lugar de la observación de túbulos dentinarios a través del microscopio electrónico de barrido (SEM), debido a que estudios actuales como el de Căpută encontraron ciertas fallas metodológicas en este modelo que afectan la objetividad de los resultados (Căpută , Retsas , Kuijk , & Chávez de Paz, 2019).

Se menciona que el modelo experimental que utiliza el SEM para evaluar la remoción de barrillo dentinario basado en puntajes o por conteo de túbulos, no cuenta con una metodología de carácter longitudinal, es decir, no es posible conocer las condiciones de la dentina antes de realizar el procedimiento de irrigación (De-Deus, 2011).

Así mismo Gulabivala afirmó que al trabajar con grandes aumentos con el SEM el área de dentina seleccionada es insignificante con respecto al área total del conducto.

Además los operadores del microscopio tienden a seleccionar áreas de dentina libres de barrillo dentinario en lugar de las áreas cubiertas; por otro lado, menciona también que las áreas de dentina esclerótica que se forman como un proceso fisiológico normal en el diente, son fácilmente consideradas como áreas cubiertas con barrillo dentinario ya que se observan muy similares (Gulabivala , 2005).

Aunque las grietas artificiales utilizadas en esta investigación, no representaron exactamente las condiciones clínicas reales, este modelo tuvo la ventaja que permitió la estandarización de las muestras y una evaluación de tipo longitudinal durante el experimento, es decir se pudo visualizar las condiciones antes y después de la irrigación, comparando la efectividad de ambos sistemas en condiciones similares.

A diferencia de Lee y De Moor que crearon las grietas con espaciadores modificados de forma manual, en este estudio se utilizó el anillo HBW "Cerrado" para activar con ultrasonido un explorador DG16 modificado y crear grietas estandarizadas en cada una de las muestras. Se eligieron premolares uniradiculares por poseer conductos amplios y ovalados, lo cual facilitó la bisección de la raíz en dos mitades iguales en sentido mesio-distal (Lee, 2004); (De Moor, 2010).

El análisis de datos en esta investigación, se realizó mediante 25 imágenes obtenidas a través de microfotografía correspondientes a los grupos PUI (n=10); DUI (n=10) y un grupo control (n=5) en el que no se realizó ningún tipo de irrigación. La efectividad en la remoción de barrillo dentinario de cada sistema se comparó en 3 categorías de acuerdo

a los puntajes obtenidos: Puntaje de 0 a 1 EXCELENTE; puntaje 2 REGULAR y puntaje 3 MALO.; dado a que explican de mejor manera el nivel de la variable de estudio.

Se encontró una remoción excelente del 60% y 70% en el sistema DUI y en el PUI respectivamente, mientras que una remoción regular del 40% y 30% respectivamente; ninguno de los dos grupos tuvo la puntuación mala, sin embargo, la capacidad de remoción de barrillo dentinario entre ambos métodos no hubo diferencias estadísticamente significativas mediante la prueba U de Mann-Whitney con un valor P de **0.3518** y un nivel de significancia del 0.05. Por lo que se pudo concluir que la irrigación ultrasónica dual fue igual de efectiva que la irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de barrillo dentinario.

La capacidad similar en la remoción de barrillo dentinario encontrada en los dos sistemas, se relacionaría ya que comparten los mismos principios del ultrasonido como son la transmisión acústica la cual genera una corriente circular del irrigante a manera de vórtice, produciendo un patrón oscilante de nodos y antinodos alrededor del instrumento y la cavitación un fenómeno de formación de burbujas que implosionan contra las paredes del conducto favoreciendo la remoción de la capa de barrillo dentinario.

## 5 Conclusiones

- Este estudio encontró que la efectividad en la remoción del barrillo dentinario colocado artificialmente en irregularidades simuladas dentro de conductos radiculares instrumentados, a través de microfotografía, fue del 60% cuando se utilizó como método la irrigación ultrasónica dual del sistema HBW mientras que con el método PUI fue del 70%.
- No se encontró diferencias estadísticamente significativas que determinen que tipo de sistema de irrigación ofrece una mayor remoción del barrillo dentinario colocado artificialmente en irregularidades simuladas dentro de conductos radiculares instrumentados.

## 6 Recomendaciones

- Se recomienda para futuras investigaciones desarrollar un diseño metodológico que combine el modelo experimental de Lee con la obtención de imágenes a través del microscopio electrónico de barrido SEM, esto permitiría una observación de tipo longitudinal antes y después de la irrigación con la posibilidad de obtener imágenes con grandes aumentos de la superficie dentinaria.
- Además, sería recomendable evaluar el comportamiento del sistema HBW en cuanto a transportación de conductos ya que, al utilizar una lima manual con capacidad de corte, podría favorecer a que se produzca este fenómeno durante la activación del irrigante.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Tanalp, J. (2013). Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *International Endodontic Journal*, 211-221.
- Cohen, S. (2011). *Vías de la Pulpa*. Barcelona : ELSEVIER.
- Kamacı, A., Aydın, B., & Erdilek, N. (2018). The effect of ultrasonically activated irrigation and laser based root canal irrigation methods on debris removal. *The International Journal of Artificial Organs*, 41(2), 71-75.
- Hosseini, L. (2017). An In vitro Comparison of Apically Extruded Debris Using Reciproc, ProTaper Universal, Neolix and Hyflex in Curved Canals. *Iranian Endodontic Journal*, 307-311.
- Ng, Y. (2008). The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (Rinsendo) determined by removal of a collagen “bio-molecular film” from an ex vivo model. *International Endodontic Journal*, 602-608.
- De Moor, R. (2010). Efficacy of Ultrasonic versus Laser-activated Irrigation to Remove Artificially Placed Dentin Debris Plugs. *Journal of Endodontics*, 1580-1583.
- Canalda, C. (2014). *Endodoncia: Técnicas Clínicas y Bases Científicas* (3ra Edición ed.). Barcelona: Elsevier Masson.
- Goldberg, M. (2011). Dentin: structure, composition and mineralization. . *Frontiers in bioscience (Elite edition)*, 711-735.
- Goldberg, M. (2014). *The Dental Pulp: Biology, Pathology, and Regenerative Therapies*. Paris, France: Springer.

- AAE. (2013). AAE Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. *Journal of Endodontics*, 1634.
- Murray , P. (2002). Analysis of pulpal reactions to restorative procedures, materials, pulp capping, and future therapies. *Crit Rev Oral Biol Med.* , 13(6), 509-520.
- Goldberg, F. (2003). *Endodoncia Técnica y Fundamentos*. Madrid, España: Panamericana .
- Violich, D., & Chandler, N. (2009). The smear layer in endodontics – a review. *International Endodontic Journal*,, 43(2), 2-15.
- Haapasalo, M. (2013). Irrigation: beyond the smear layer. 35-53.
- Alamoudi, R. (2019). The smear layer in endodontic: To keep or remove – an updated overview. *Saudi Endodontic Journal*, 71-81.
- Violich, D., & Chandler, N. (2010). The smear layer in endodontics – a review. *International Endodontic Journal*, 43, 2-15.
- Mohammadi , Z. (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J*, 329-341.
- Estrela, C. (2002). Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 113-117.
- Hargreaves, K., & Berman, L. (2016). *Cohen's Pathways of the Pulp*. Missouri: ELSEVIER.
- Dotto, L. (2020). Effect of Root Canal Irrigants on the Mechanical Properties of Endodontically Treated Teeth: A Scoping Review. *JOE*, 1-9.
- Segura, J. (1997). El ácido etilen diamino tetraacético (EDTA) y su uso en endodoncia. *ENDODONCIA*, 15(2), 90-97.
- Van der Sluis, L. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40, 415–426.

- Bujanda, H. (08 de 07 de 2017). HBW ultrasonic Ring: Innovación en instrumentación Ultrasonica. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Lee, S. (2004). The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal* , 607-612.
- Ahmad , M. (1987). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *Journal of Endodontics* , 14, 490-499.
- Rödig, T., & Sedghi, M. (2010). Efficacy of syringe irrigation, RinsEndoÒ and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *International Endodontic Journal*, 581-590.
- Jiang, L.-M. (2012). Comparison of the Cleaning Efficacy of Different Final Irrigation Techniques. *J Endod*, 838-841.
- Roy , R., & Ahmad , M. (1994). Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. . *International Endodontic Journal*, 197-207.
- Căpută , P., Retsas , A., Kuijk , L., & Chávez de Paz, L. (Jan de 2019). Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. *J Endod.*, 45(1), 31-44.
- Galvan-Pacheco, J., Viales-Noyola, M., González-Amaro, A., & Bujanda-Wong, H. (2020). Evaluation of in vitro biofilm elimination of *Enterococcus faecalis* using a continuous ultrasonic irrigation device. *Journal of Oral Science*, 415-419.
- Pladisai , P., Ampornaramveth , R., & Chivatxaranukul , P. (2016). Effectiveness of Different Disinfection Protocols on the Reduction of Bacteria in *Enterococcus faecalis* Biofilm in Teeth with Large Root Canals. *J Endod* , 42, 460–464.

- Curtis , T., & Sedgley , C. (2012). Comparison of a continuous ultrasonic irrigation device and conventional needle irrigation in the removal of root canal debris. *J Endod*, 38, 1261–4.
- De-Deus, G. (2011). Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 531-543.
- Gulabivala , K. (2005). Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endo Top*, 103-122.
- Haapasalo , M. (Apr de 2010). Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am*, 54(2), 291-312.
- Leoni, G. (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.* , 1-9.

## 8 ANEXOS

### CÓDIGO UTILIZADO EN RSTUDIO

```

library(MASS)
names(Metodo_1)
View(Metodo_1)
Metodo_1
boxplot(Metodo_1$LIMPIEZA~Metodo_1$METODOS,
        xlab = "Métodos Aplicados en la limpieza",
        ylab = "Calificación dada por los expertos",
        main = "Diagrama de Caja de los métodos aplicados
y la calificación de los expertos",
        col = c("yellow", "deeppink", "cyan"))

Metodo_1$LIMPIEZA = factor(Metodo_1$LIMPIEZA, levels =
c("EXCELENTE","REGULAR","MALO"))
cuadro<- table(Metodo_1$METODOS, Metodo_1$LIMPIEZA)
##View(cuadro)
cuadro
levels(cuadro)

chisq.test(cuadro,simulate.p.value=T)
mosaicplot(cuadro, main="Gráfico de independencia",
           xlab = "Calificación", ylab = "Método Aplicado", col=rainbow(3))

barplot(cuadro, legend = rownames(cuadro), beside=F, axis.lty = 1, col=rainbow(3))
wilcox.test(LIMPIEZA ~ METODO , paired = F, mu=0, alternative="g",data =
MannWhitney)
shapiro.test(MannWhitney$LIMPIEZA)
densityPlot(MannWhitney$LIMPIEZA)
Tapply(LIMPIEZA ~ METODO, median, data = MannWhitney)

```

### TABLA DE DATOS

MÉTODOS	PROMEDIO	LIMPIEZA
CONTROL	2	REGULAR
CONTROL	2	REGULAR
CONTROL	3	MALO
CONTROL	3	MALO
CONTROL	3	MALO
PUI	2	REGULAR

PUI	1	EXCELENTE
PUI	1	EXCELENTE
PUI	1	EXCELENTE
PUI	0	EXCELENTE
PUI	1	EXCELENTE
PUI	2	REGULAR
PUI	1	EXCELENTE
PUI	1	EXCELENTE
PUI	2	REGULAR
DUI	0	EXCELENTE
DUI	0	EXCELENTE
DUI	0	EXCELENTE
DUI	1	EXCELENTE
DUI	2	REGULAR
DUI	1	EXCELENTE
DUI	1	EXCELENTE
DUI	2	REGULAR
DUI	2	REGULAR
DUI	2	REGULAR

## CAPTURA EN RSTUDIO

The screenshot displays the RStudio interface with the following R code in the script editor:

```

1 View(Metodo_1)
2 Metodo_1
3 boxplot(Metodo_1$LIMPIEZA~Metodo_1$METODOS,
4          xlab = "Métodos Aplicados en la Limpieza",
5          ylab = "Calificación dada por los expertos",
6          main = "Diagrama de caja de los métodos aplicados
7          y la calificación de los expertos",
8          col = c("yellow", "deeppink", "cyan"))
9
10 Metodo_1$LIMPIEZA = factor(Metodo_1$LIMPIEZA, levels = c("EXCELENTE", "REGULAR", "MALO"))
11
12 cuadro<- table(Metodo_1$METODOS, Metodo_1$LIMPIEZA)
13 #View(cuadro)
14 #View(cuadro)
15 cuadro
16 levels(cuadro)
17
18 chisq.test(cuadro, simulate.p.value=1)
19 mosaicplot(cuadro, main="Gráfico de Independencia",
20            xlab = "Calificación", ylab = "Método Aplicado", col=rainbow(3))
21
22 barplot(cuadro, legend = rownames(cuadro), beside=F, axis.lty = 1, col=rainbow(3))
23 wilcox.test(LIMPIEZA ~ METODO, paired = F, mu=0, alternative="g", data = MannWhitney)
24 shapiro.test(MannWhitney$LIMPIEZA)
25 densityPlot(MannWhitney$LIMPIEZA)
26 Tapply(LIMPIEZA ~ METODO, median, data = MannWhitney)
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

The Environment pane shows the following data objects:

- MannWhitney: 60 obs. of 2 variables
- Metodo\_1: 25 obs. of 3 variables
- cuadro: 'table' int [1:3, 1:3] 0 6 7 2 4 3 3 0 0
- LIMPIEZA: Factor w/ 3 levels "EXCELENTE", "REGULAR", ...: 3 3 3 2...
- LIMPIEZA\_1: Factor w/ 3 levels "EXCELENTE", "REGULAR", ...: 3 3 3 2...
- Limpieza2: Factor w/ 3 levels "EXCELENTE", "REGULAR", ...: 3 3 3 2...

The Files, Plots, Packages, Help, Viewer pane shows a bar chart with the following data:

Calificación	PUI	DUI	CONTROL
EXCELENTE	1	1	0
REGULAR	1	1	1
MALO	0	0	1

## MICROFOTOGRAFÍAS

