

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**



**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE  
LOS CEMENTOS MTA REPAIR HP Y ENDOSEQUENCE BC  
SEALER UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA  
TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

**PRESENTA**

**C.D. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ KING**

**PRESIDENTE**

**DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO**

**SINODAL**

**DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ**

**SINODAL**

**DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ**

**SINODAL**

**DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE**

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE  
LOS CEMENTOS MTA REPAIR HP Y ENDOSEQUENCE BC  
SEALER UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**  
“2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California”

Tijuana, Baja California a 30 de mayo 2022

**AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE LOS CEMENTOS MTA REPAIR HP Y ENDOSEQUENCE BC SEALER UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA.

Propuesto por el C.D. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ KING, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

**ATENTAMENTE**



**DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO  
PRESIDENTE**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA  
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"**

Tijuana, Baja California a 30 de mayo 2022

**AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE LOS CEMENTOS MTA REPAIR HP Y ENDOSEQUENCE BC SEALER UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA.

Propuesto por el C.D. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ KING, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

**ATENTAMENTE**



**DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ  
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**  
“2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California”

Tijuana, Baja California a 30 de mayo 2022

**AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE LOS CEMENTOS MTA REPAIR HP Y ENDOSEQUENCE BC SEALER UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA.

Propuesto por el C.D. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ KING, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

**A T E N T A M E N T E**



**DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ**  
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

**“2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California”**

Tijuana, Baja California a 30 de mayo 2022

**AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE LOS CEMENTOS MTA REPAIR HP Y ENDOSEQUENCE BC SEALER UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA.

Propuesto por el C.D. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ KING, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

**ATENTAMENTE**



**DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE  
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA CAPACIDAD DE  
SELLADO DE LOS CEMENTOS MTA REPAIR HP Y  
ENDOSEQUENCE BC SEALER UTILIZADOS EN  
OBTURACIÓN RETRÓGRADA**

**PRESENTA**

---

**C.D. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ KING**

**PRESIDENTE  
(DIRECTORA DEL PROYECTO)**

---

**DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO**

**SINODALES  
(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)**

---

**DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ  
VELÁZQUEZ**

---

**DRA. ANA GABRIELA CARRILLO  
VÁRGUEZ**

---

**DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE**

Tijuana, Baja California, 06 de junio de 2022

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez coordinadora del programa por haber creído en mí y haberme brindado la oportunidad de pertenecer a uno de los posgrados más importantes y reconocidos del país.

Un agradecimiento profundo y sincero a mi directora de tesis la Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo, por todas sus enseñanzas y apoyo incondicional para alcanzar nuestro objetivo.

A mi co-directora de tesis la Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez por haberme brindado su apoyo absoluto en todo momento así como por su atención, tiempo y compromiso con el proyecto.

A la Ingeniera Elizabeth Leyva Rodríguez miembro activo de la planta docente de la Universidad Autónoma de Baja California por haberme brindado su apoyo desinteresado durante la elaboración de este proyecto.

A mis padres Anna Isabel King Cortes y José Rodríguez Gutiérrez que gracias a su amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años es que he podido llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, todo se lo debo a ustedes.

A mis hermanos por acompañarme en todo este proceso, siempre dándome su apoyo absoluto y por estar presentes en todos los momentos importantes de mi vida.

A mi novia Marlen Amor Wohl la responsable de que haya perseverado para el término de este proyecto, muchas gracias por todo tu apoyo, paciencia, palabras de aliento y muestras de cariño, este logro también es tuyo.

Y a mis compañeros que sin ellos esto no habría sido posible, me llevo lo mejor de cada uno de ustedes, muchísimas gracias.

**AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES**

**Quiero agradecer a las siguientes instituciones:**

A CONACyT por la beca otorgada con el No. CVU: 1082582.

A la Universidad Autónoma de Baja California y al Posgrado en Endodoncia por haberme aceptado ser parte de él y abierto las puertas de su seno científico para poder permitirme formarme como especialista en Endodoncia.

**CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>i</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>I. RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. ENDODONCIA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. TRATAMIENTO ENDODÓNTICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. PERIODONTITIS APICAL .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. INFECCIONES ENDODÓNTICAS.....</b>	<b>4</b>
2.4.1. Infección endodóntica primaria .....	4
2.4.2. Infección endodóntica secundaria .....	5
2.4.3. Infección endodóntica persistente .....	5
2.4.4. Infección extrarradicular.....	6
<b>2.5. RETRATAMIENTO NO QUIRÚRGICO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6. FRACASO ENDODÓNTICO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.7. CIRUGÍA ENDODÓNTICA .....</b>	<b>9</b>
2.7.1. Resección apical.....	9
2.7.2. Preparación apical ultrasónica.....	11
2.7.3. Obturación retrógrada.....	14
<b>2.8. CEMENTOS BIOCERÁMICOS.....</b>	<b>15</b>
2.8.1. Agregado de trióxido mineral (MTA) .....	16
2.8.2. MTA Repair HP (ANGELUS, Londrina, PR, Brazil) .....	17
2.8.3. EndoSequence BC Sealer (BRASSELER USA, Savannah, GA).....	18

<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
<b>IV. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>V. HIPÓTESIS.....</b>	<b>22</b>
5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	22
5.2. HIPÓTESIS NULA (H0).....	22
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1).....	22
<b>VI. OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
6.1. OBJETIVO GENERAL .....	23
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
<b>VII. VARIABLES .....</b>	<b>24</b>
7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	24
7.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	24
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES.....	24
<b>VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
8.1. TIPO DE ESTUDIO.....	25
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO .....	25
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL .....	25
8.4. METODOLOGÍA.....	26
8.4.1. Preparación de las muestras .....	26
8.4.2. Obturación retrógrada.....	31
8.4.3. Evaluación de la eficacia de sellado a través del grado de filtración con azul de metileno al 1%.....	35
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	36
<b>IX. RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
9.1. Análisis por imagen de la longitud de filtración con tinta de azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular.....	37

<b>X. DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>XI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>XII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>XIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resección del extremo de la raíz. ....	10
Figura 2. Preparación de la cavidad en el extremo de la raíz.....	12
Figura 3. Obturación retrógrada. ....	14
Figura 4. Cemento biocerámico MTA Repair HP (ANGELUS, Londrina, PR, Brazil). .....	18
Figura 5. Cemento biocerámico EndoSequence BC Sealer (BRASSELER USA, Savannah, GA).....	19
Figura 6. Decoronación de los órganos dentarios. ....	26
Figura 7. Estandarización de las muestras. ....	27
Figura 8. Longitud de trabajo.....	27
Figura 9. Preparación quimiomecánica del conducto radicular. ....	28
Figura 10. Prueba de cono. ....	28
Figura 11. Obturación del conducto radicular.....	29
Figura 12. Almacenamiento e incubación de las muestras. ....	29
Figura 13. Resección del extremo radicular. ....	30
Figura 14. Resección del extremo radicular finalizada. ....	30
Figura 15. Preparación del extremo radicular.....	31
Figura 16. Obturación retrógrada del extremo radicular. ....	32
Figura 17. Obturación retrógrada finalizada. ....	32

Figura 18. Aplicación de barniz. ....	33
Figura 19. Administración del azul de metileno. ....	34
Figura 20. Eliminación de exceso del azul de metileno. ....	34
Figura 21. Seccionado de las muestras. ....	35
Figura 22. Análisis por imagen. ....	36
Figura 23. Porcentaje de filtración de los cementos biocerámicos EndoSequence BC Sealer y MTA Repair HP utilizados en obturaciones retrógradas. ....	38
Figura 24. Resultados de las pruebas de filtración con tinta de azul de metileno al 1% después de 14 días de incubación. ....	38

**LISTA DE ABREVIATURAS**

**AAE** Asociación Americana de Endodoncistas

**ANOVA** Análisis de la Varianza

**Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** Óxido de bismuto

**Ca<sup>2+</sup>** Ion calcio

**CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>** Aluminato de calcio

**CaCO<sub>3</sub>** Carbonato de calcio

**CaO** Óxido de calcio

**CaSiO<sub>4</sub>** Silicato de calcio

**CaSO<sub>4</sub>** Sulfato de calcio

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>CaWO<sub>4</sub></b>	Tungstato de calcio
<b>EDTA</b>	Ácido etilendiaminotetraacético
<b><i>E. faecalis</i></b>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<b>F3</b>	Instrumento de conformación sistema ProTaper Gold
<b>JPG</b>	Formato de compresión de imágenes
<b>ml</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>MPa</b>	Megapascal
<b>MTA</b>	Agregado de trióxido mineral (por sus siglas en inglés)
<b>NaOCl</b>	Hipoclorito de sodio

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>PCR</b>	Reacción en cadena de la polimerasa
<b>SPSS</b>	Statistical Package for the Social Sciences
<b>μl</b>	Microlitros
<b>3CaOSiO<sub>2</sub></b>	Silicato tricálcico
<b>2CaOSiO<sub>2</sub></b>	Silicato dicálcico
<b>3CaOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Aluminato tricálcico

## I. RESUMEN

**Introducción:** La endodoncia es la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y los tejidos perirradiculares. La cirugía apical es el último recurso disponible para resolver los procesos inflamatorios en la zona periapical después del fracaso de un tratamiento de conductos. Este procedimiento consiste en exponer el ápice del diente involucrado, curetaje de los tejidos periapicales, corte del ápice, preparación ultrasónica del extremo radicular y colocación del material de obturación retrógrada en la preparación radicular para conseguir un sellado hermético del sistema de conductos radiculares.

Para evitar la proliferación de cualquier bacteria, subproducto bacteriano o material tóxico a los tejidos perirradiculares circundantes, el material de obturación radicular ideal debe poseer estabilidad dimensional, minimizar el volumen de la brecha entre la pared dentinal y el material de obturación radicular, y cerrar las microfugas para promover la curación del tejido periapical.

**Objetivo:** Comparar la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos MTA Repair HP y EndoSequence BC Sealer como materiales de obturación retrógrada mediante ensayos *in vitro*.

**Metodología:** 20 órganos dentarios unirradiculares humanos de reciente extracción fueron instrumentados con el sistema de níquel-titanio ProTaper Gold y obturados con conos de gutapercha y cemento sellador AH Plus. Se resecaron las raíces a 3 mm del ápice y se realizó la preparación de los extremos radiculares a 3 mm de profundidad con puntas retrógradas ultrasónicas. Las cavidades de los extremos radiculares fueron obturadas con los cementos objeto de estudio y divididas aleatoriamente en 2 grupos (n=10). La eficacia del sellado apical fue evaluada mediante la técnica de filtración con azul de metileno al 1%, en condiciones fisiológicamente simuladas. El análisis estadístico de los resultados se realizó

mediante el método de Análisis de la varianza (ANOVA) unidireccional con un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

**Resultados:** El análisis estadístico demostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar los porcentajes de filtración de los cementos EndoSequence BC Sealer (76.4%) y MTA Repair HP (61.9%) a un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

**Conclusiones:** Dentro de las limitaciones de este estudio *in vitro*, se puede concluir que no existe una diferencia estadísticamente significativa en la eficacia de sellado entre los cementos de obturación retrógrada EndoSequence BC Sealer y MTA Repair HP; sin embargo a partir de los resultados obtenidos se confirma que MTA Repair HP (formula nueva y mejorada del MTA) tiene una eficacia de sellado apical similar al EndoSequence BC Sealer.

## II. INTRODUCCIÓN

### 2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y los tejidos perirradiculares. Su estudio y práctica abarcan las ciencias básicas y clínicas, incluyendo la biología de la pulpa normal y la etiología, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades y lesiones de la pulpa y las condiciones perirradiculares asociadas (1).

### 2.2. TRATAMIENTO ENDODÓNTICO

El tratamiento endodóntico se dirige principalmente a un objetivo o un conjunto de objetivos específicos: prevenir el desarrollo de la periodontitis perirradicular o, en los casos en que la enfermedad ya está presente, crear las condiciones adecuadas para la curación de tejido perirradicular. La intención es reparar y preservar el diente y el hueso perirradicular asociado (2).

El tratamiento endodóntico ideal comprende diferentes aspectos como, la instrumentación adecuada, preparación biomecánica, limpieza y desinfección, obturación y la restauración final. El tratamiento endodóntico comprende eliminar o reducir la flora microbiana presente en el conducto radicular y evitar con ello su recontaminación. Para lograr esto se requiere un adecuado sellado para disminuir la posibilidad de proliferación bacteriana y aparición de una patología apical (3,4).

### 2.3. PERIODONTITIS APICAL

La periodontitis apical es la secuela de una infección endodóntica y se manifiesta como la respuesta inmune del huésped ante la agresión bacteriana que emana del sistema de conductos radiculares. Se considera un encuentro dinámico entre factores microbianos y defensas del huésped, en la interfase entre la pulpa dental infectada y el ligamento periodontal que da lugar a una inflamación local,

reabsorción de tejido duro, destrucción de otros tejidos periapicales y eventual formación de diversas categorías histopatológicas de periodontitis apical, comúnmente denominadas lesiones periapicales (5).

### **2.4. INFECCIONES ENDODÓNTICAS**

Las infecciones endodónticas pueden clasificarse según su localización anatómica como infecciones intrarradiculares y extrarradiculares. La infección intrarradicular está causada por microorganismos que colonizan el sistema de conductos radiculares y puede a su vez subdividirse en tres categorías según el momento en que los microorganismos ingresaron al sistema de conductos radiculares: primaria, secundaria o persistente (6).

#### **2.4.1. Infección endodóntica primaria**

La infección endodóntica primaria es causada por microorganismos que inicialmente invaden y colonizan el tejido pulpar necrótico (infección inicial o "virgen"). Se produce en dientes no tratados y es la causa de la periodontitis apical primaria, los microorganismos participantes pueden estar implicados en etapas anteriores de la invasión pulpar (normalmente a través de la caries) que culminaron en la inflamación y posterior necrosis, o pueden ser tardíos que aprovecharon las condiciones ambientales del conducto radicular tras la necrosis pulpar (7).

Las infecciones primarias se caracterizan por una comunidad mixta (multiespecie) dominada por bacterias anaerobias. El número de células bacterianas puede variar de  $10^3$  a  $10^8$  por conducto radicular (7).

La microbiota implicada en las infecciones primarias está notablemente dominada por bacterias anaerobias, especialmente especies gramnegativas pertenecientes a los géneros *Fusobacterium*, *Porphyromonas*, *Prevotella* y *Campylobacter*. También se han aislado comúnmente anaerobios grampositivos de los géneros *Peptostreptococcus*, *Eubacterium* y *Pseudoramibacter*, así como estreptococos facultativos o microaerófilos en conductos radiculares principalmente infectados (6).

### **2.4.2. Infección endodóntica secundaria**

La infección endodóntica secundaria es causada por microorganismos no presentes en la infección primaria pero introducidos en el conducto radicular en algún momento posterior a la intervención profesional (es decir, secundaria a la intervención). El momento puede ser durante el tratamiento, entre citas, o incluso después de la obturación del conducto radicular, en cualquier circunstancia, si los microorganismos penetrantes consiguen adaptarse al nuevo entorno, sobreviviendo y prosperando, se establece una infección secundaria. Las especies implicadas pueden ser microorganismos orales o no, dependiendo de la fuente de infección secundaria (7).

### **2.4.3. Infección endodóntica persistente**

La infección endodóntica persistente es causada por microorganismos que eran miembros de una infección primaria o secundaria y que de alguna manera resistieron los procedimientos antimicrobianos intraconductos y fueron capaces de soportar períodos de privación de nutrientes en los conductos tratados (7).

Las infecciones persistentes y secundarias son, en su mayoría, clínicamente indistinguibles. Las excepciones son las complicaciones infecciosas (como un absceso apical) que surgen tras el tratamiento de pulpas vitales no infectadas o los casos en los que la periodontitis apical estaba ausente en el momento del tratamiento, pero presente en la radiografía de seguimiento. Ambas situaciones son ejemplos típicos de infecciones secundarias. Tanto las infecciones persistentes como las secundarias pueden ser responsables de varios problemas clínicos, como la exudación persistente, los síntomas persistentes, las reagudizaciones entre citas y el fracaso del tratamiento endodóntico, caracterizado por una lesión de periodontitis apical posterior al tratamiento (7).

Estudios basados en cultivo demostraron que la microbiota de las infecciones intrarradiculares secundarias o persistentes asociadas con el fracaso del

tratamiento endodóntico, a diferencia de las infecciones primarias, suelen ser por bacterias grampositivas facultativas, siendo *E. faecalis* la especie predominante (6).

Mediante estudios de PCR, en casos de infecciones persistentes se observaron géneros como *Capnocytophaga*, *Cytophaga*, *Dialister*, *Eubacterium*, *Fusobacterium*, *Gemella*, *Mogibacterium*, *Peptostreptococcus*, *Prevotella*, *Propionibacterium*, *Selenomonas*, *Solobacterium*, *Streptococcus*, y *Veillonella* (6).

### 2.4.4. Infección extrarradicular

Las lesiones de periodontitis apical se forman en respuesta a la infección intrarradicular y, en general, constituyen una barrera eficaz contra la propagación de la infección al hueso alveolar y a otras zonas del cuerpo. En la mayoría de las situaciones, las lesiones inflamatorias de la periodontitis apical consiguen evitar que los microorganismos invadan los tejidos perirradiculares. Sin embargo, en algunas circunstancias específicas, los microorganismos pueden superar esta barrera de defensa y establecer una infección extrarradicular (7).

Algunos microorganismos orales tienen la capacidad de superar los mecanismos de defensa del huésped e inducir así una infección extrarradicular. Actualmente se reconoce que algunos microorganismos orales, como las especies de *Actinomyces* y *Propionibacterium propionicus*, pueden estar implicados en infecciones extrarradiculares (8).

La infección extrarradicular se caracteriza por la invasión microbiana de los tejidos perirradiculares inflamados y es una secuela de la infección intrarradicular. Las infecciones extrarradiculares pueden ser dependientes o independientes de la infección intrarradicular (7).

La forma más común de infección extrarradicular es el absceso apical agudo, caracterizado por una inflamación purulenta en los tejidos perirradiculares en respuesta a una salida masiva de bacterias virulentas del conducto radicular. Sin embargo, existen otras formas de infección extrarradicular, que se han discutido como una de las posibles etiologías de la persistencia de las lesiones de

periodontitis apical a pesar de un tratamiento cuidadoso del conducto radicular. Estas condiciones implican el establecimiento de microorganismos en los tejidos perirradiculares, ya sea por adherencia a la superficie radicular externa apical en forma de estructuras de biofilm extrarradicular, o por formación de colonias actinomicóticas cohesivas dentro del cuerpo de la lesión inflamatoria (7).

Dado que los microorganismos establecidos en los tejidos perirradiculares son inaccesibles a los procedimientos de desinfección endodóntica, la infección extrarradicular puede causar el fracaso de la terapia endodóntica (8).

### **2.5. RETRATAMIENTO NO QUIRÚRGICO**

Por definición el retratamiento no quirúrgico es la eliminación del relleno presente, la nueva limpieza y conformación de los conductos, así como la identificación y corrección de la causa del fracaso del tratamiento previo (9).

El retratamiento endodóntico no quirúrgico es un campo muy amplio y puede dividirse en las siguientes categorías: desmontaje coronal, localización de conductos previamente omitidos, eliminación de los materiales de obturación, negociación de bloqueos, sobrepaso de escalones, manejo de transportaciones, reparación de perforaciones, planificación del tratamiento de fracturas y eliminación de postes e instrumentos fracturados. Este tipo de procedimiento tienen un enorme potencial de éxito si se respetan las directrices para la selección de casos y se utilizan las tecnologías más relevantes, los mejores materiales y las técnicas más precisas (10).

Debe ser siempre la primera opción terapéutica para solucionar un fracaso endodóntico; la principal diferencia entre el tratamiento no quirúrgico de la enfermedad endodóntica primaria y el de la enfermedad postratamiento es la necesidad de recuperar el acceso a la zona apical del espacio del conducto radicular en el diente previamente tratado. A continuación, se aplican todos los principios de la terapia endodóntica para la realización del caso de retratamiento (9).

La elección entre el retratamiento no quirúrgico y la cirugía apical se convierte en el centro de la decisión de la mayoría de los casos, los estudios de evaluación de resultados pueden ayudarnos en algo a la hora de tomar la decisión, los índices de curación con retratamiento no quirúrgico publicados oscilan entre el 74 y el 98%, pero en cirugía apical como único tratamiento solo se curan el 59% de los casos. Sin embargo, cuando la cirugía apical va precedida por un retratamiento ortógrado, el índice de curaciones aumenta hasta el 80% (9).

### **2.6. FRACASO ENDODÓNTICO**

El fracaso en el tratamiento endodóntico puede definirse como el tratamiento que no cumplió con el objetivo trazado o le faltó para alcanzar el nivel de deseado como, por ejemplo, en cuanto a la función de los tejidos, la eliminación de la patología, la comodidad o incluso la supervivencia. Desde el punto de vista biológico, el fracaso endodóntico está asociado con el proceso inflamatorio en la estructura de soporte perirradicular del diente (11).

En la literatura endodóntica se han descrito muchas causas del posible “fracaso” del tratamiento endodóntico inicial. Incluyen errores de procedimiento iatrogénicos, como un diseño incorrecto de la cavidad de acceso, conductos no tratados (tanto principales como accesorios), conductos que se limpian y obturan incorrectamente, complicaciones durante la instrumentación (escalones, perforaciones o desprendimiento de instrumentos) y sobre extensión de materiales de obturación, de igual manera se le atribuye la enfermedad postratamiento a una posible filtración coronal así como a una infección persistente en el interior y exterior del conducto y a la formación de quistes radiculares. Estas etiologías pueden ser evidentes en el momento de realizar el diagnóstico o pueden pasar desapercibidas hasta la conclusión del tratamiento. Sin embargo, los factores causales más importantes para el odontólogo son los relacionados con la planificación del tratamiento y la determinación del pronóstico (9).

## 2.7. CIRUGÍA ENDODÓNTICA

La cirugía apical es el último recurso disponible para resolver los procesos inflamatorios en la zona periapical después del fracaso de un tratamiento de conductos. Este procedimiento consiste en exponer el ápice del diente involucrado, curetaje de los tejidos periapicales, corte del ápice, preparación ultrasónica del extremo radicular y colocación del material de obturación retrógrada para sellar la cavidad. Idóneamente, este procedimiento debería remover los irritantes del sistema de conductos radiculares y tejidos periapicales, así como aislar y sellar bacterias inaccesibles por otros medios para permitir la regeneración o reparación de los tejidos (12).

Para evitar la proliferación de cualquier bacteria, subproducto bacteriano o material tóxico a los tejidos perirradiculares circundantes, el material de obturación radicular ideal debe poseer estabilidad dimensional, minimizar el volumen de la brecha entre la pared dentinal y el material de obturación radicular, y cerrar las microfugas para promover la curación del tejido periapical; el resultado de la cirugía periapical ha mejorado directamente con la introducción de formulaciones de material de silicato tricálcico (13).

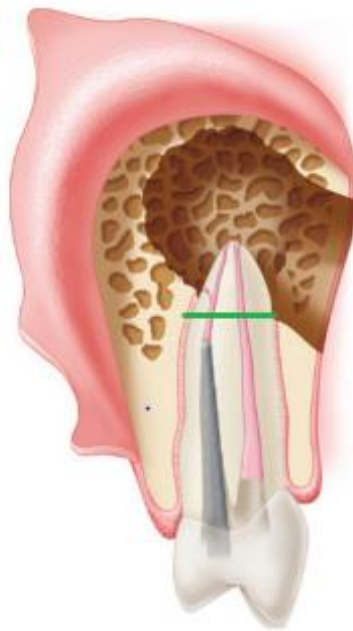
### 2.7.1. Resección apical

Resección apical, también conocida como apicectomía o resección radicular, consiste en la eliminación de la porción apical de la raíz. Dos principios principales dictan la extensión de la resección del extremo de la raíz. En primer lugar, debe eliminarse la causa (o causas) de un proceso de enfermedad en curso; esto incluye la eliminación del tejido enfermo y, en segundo lugar, se debe dejar un espacio adecuado para la inspección y manejo del extremo de la raíz (14).

La anatomía de cada raíz dental es compleja. El cirujano debe conocer la anatomía del tercio apical de la raíz para determinar el alcance de una resección del extremo radicular. Aproximadamente el 75% de los dientes tienen aberraciones del conducto (por ejemplo, conductos accesorios o laterales) en los 3 mm apicales del diente.

Cuando se resecan raíces con más de un conducto principal, puede haber tejido del istmo, para ello debe modificarse la preparación e incluir la zona del istmo (14).

Las técnicas de aumento e iluminación mejoradas han eliminado la necesidad de crear una superficie radicular biselada en la mayoría de los casos. Desde un punto de vista biológico, el ángulo de resección del extremo de la raíz más apropiado es perpendicular al eje largo del diente (Figura 1), desterrando así el biselado de 45-60 grados recomendado cuando se utilizaban los instrumentos rotatorios tradicionales (15).



**Figura 1. Resección del extremo de la raíz.**

***En la figura se muestra la resección perpendicular o casi perpendicular del extremo de la raíz (línea verde), puede lograrse con el uso de instrumentos microquirúrgicos y una mayor magnificación e iluminación. La mayoría de las ramificaciones apicales pueden eliminarse con una resección de 3 mm (14).***

La justificación de una resección perpendicular del extremo de la raíz se basa en varios parámetros anatómicos. En primer lugar, una resección perpendicular a unos 3 mm del ápice anatómico tiene más probabilidades de incluir todas las

ramificaciones apicales en esa región del diente (aproximadamente en un 98 % de ellas, así como un 93% de los conductos laterales) y eliminar así la mayoría de los microorganismos e irritantes residuales; una apicectomía de menos de 3 mm lo más probable es que no elimine todos los conductos laterales y ramificaciones apicales, lo que supone un riesgo de reinfección y de un eventual fracaso. En segundo lugar, a medida que aumenta el ángulo de resección, el número de túbulos dentinarios que se comunican con la región perirradicular y el sistema de conductos radiculares aumenta significativamente; por lo tanto, la probabilidad de que los irritantes del sistema de conductos accedan a los tejidos de cicatrización también aumenta a medida que aumenta el ángulo de resección. En tercer lugar, la extensión de la preparación de la cavidad del extremo radicular más allá de la extensión coronal de la superficie radicular es más sencilla si la resección del extremo radicular es perpendicular al eje largo del diente. Por último, con una resección perpendicular del extremo de la raíz, las fuerzas de tensión ejercidas en la región apical se distribuyen más uniformemente; esto puede reducir la propagación de las fracturas apicales y proporcionar un mejor entorno para la cicatrización apical (14).

### **2.7.2. Preparación apical ultrasónica**

La preparación de la cavidad del extremo de la raíz es un paso crucial en el establecimiento del sellado apical del sistema de conductos radiculares. El objetivo es hacer una cavidad adecuada que tenga las dimensiones suficientes para la colocación de un material de obturación en el extremo de la raíz y, al mismo tiempo, evitar daños innecesarios en las estructuras del extremo de la raíz. La preparación ideal es una cavidad de clase I preparada a lo largo del eje longitudinal del diente a una profundidad de al menos 3 mm y de 1.5 mm de diámetro con paredes retentivas (Figura 2) garantizando con ello el mantenimiento de la morfología del conducto radicular (14).



**Figura 2. Preparación de la cavidad en el extremo de la raíz.**

***En la figura se muestra diagrama de una preparación perpendicular del ápice radicular y una preparación de una cavidad profunda de 3 mm a lo largo del eje de la raíz (14).***

La preparación de la cavidad retrógrada empieza localizando el conducto radicular con una lima corta y eligiendo una punta ultrasónica de acuerdo con el área y el diente que se va a intervenir. La punta ultrasónica se coloca en contacto con la raíz, alineada con el eje longitudinal del diente. Se debe trabajar con irrigación constante con agua destilada estéril, ejerciendo siempre una ligera presión. La irrigación debe llegar a la punta para evitar su recalentamiento. Progresivamente se irá introduciendo y extrayendo la punta ultrasónica del conducto radicular, procurando no variar la posición con respecto al eje largo del diente y evitando que la punta quede trabada para evitar lesionar los tejidos por un aumento brusco de la temperatura; el tiempo de aplicación de las puntas ultrasónicas para preparar una caja de obturación retrógrada correcta suele oscilar entre 30 segundos y 2 minutos (16).

Tradicionalmente, se ha utilizado para este fin una micropieza de mano con una fresa giratoria. Sin embargo, con la llegada de las puntas de ultrasonido diseñadas específicamente para este fin, las preparaciones del extremo de la raíz se realizan

ahora con mayor frecuencia con la técnica de ultrasonido. Cada vez hay más pruebas clínicas que respaldan las ventajas de la preparación ultrasónica de los extremos de las raíces en comparación con la preparación tradicional con fresas, especialmente en la cirugía de molares (14).

Las técnicas de preparación del extremo radicular por ultrasonidos tienen varias ventajas sobre el método de la micropieza manual. Algunas de ellas son: acceso directo al ápice con una mínima osteotomía, preparación de la cavidad retrógrada más consistente, uniforme y profunda que requiere menor biselado de la raíz, el riesgo de perforación se reduce, en parte debido a la mejor manipulación del instrumento, los istmos que aparecen tras la resección apical conectando los conductos principales pueden ser limpiados y conformados fácilmente para su obturación retrógrada. Además que la preparación apical ultrasónica genera una capa de barrillo dentinario significativamente menor en comparación con las fresas solas; la preparación con una fresa produce una capa de barrillo dentinario abundante en todos los niveles de preparación (14,16).

La mayor preocupación de la preparación ultrasónica del extremo de la raíz es la posibilidad de crear fracturas radiculares así como una mayor incidencia de grietas y fisuras en las paredes cavitarias producidas por la vibración ultrasónica (14,16).

Existen diferentes tipos de puntas ultrasónicas para la preparación del extremo de la raíz, incluyendo puntas de diferentes longitudes y diámetros construidas en acero inoxidable. Estas puntas se dejan sin recubrir o se recubren con diamante o nitruro de zirconio. Las puntas con una curvatura de 70 grados o más son más susceptibles de fracturarse bajo carga continua, donde la fractura suele producirse en la curva. El recubrimiento de las puntas de ultrasonidos mejora indudablemente la eficacia del corte en comparación con las puntas de acero inoxidable no recubiertas; esto se traduce en un tiempo significativamente menor para preparar una cavidad en el extremo de la raíz. En las puntas recubiertas, el recubrimiento de diamante parece ser el más agresivo y el que requiere menos tiempo para producir una preparación de la cavidad del extremo de la raíz (14).

### 2.7.3. Obturación retrógrada

Consiste en colocar un material de obturación en la preparación radicular (Figura 3) para conseguir un sellado hermético del sistema de conductos radiculares (15).



**Figura 3. Obturación retrógrada.**

***En la figura se muestra la colocación del material de obturación en la preparación del extremo radicular. Se debe seleccionar un microcondensador el cual se adapte a la preparación del extremo de la raíz (14).***

Un material de obturación ideal, ortógrado o retrógrado, debe sellar las vías de comunicación entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos circundantes. También debe ser no tóxico, no cancerígeno, no genotóxico, biocompatible con los tejidos del huésped, insoluble en los fluidos tisulares y dimensionalmente estable. Además, la presencia de humedad no debe afectar a su capacidad de sellado; debe ser fácil de usar y ser radiopaco para su reconocimiento en las radiografías (17).

Desde el punto de vista clínico, la obturación hermética está directamente relacionada con la fuga bacteriana y, en consecuencia, con la contaminación de los tejidos periapicales. En primer lugar, la fuga bacteriana se reduce significativamente si el material de obturación radicular posee una baja porosidad. La porosidad tiene un efecto directo sobre la permeabilidad de las bacterias y sus productos en los

tejidos periapicales. En segundo lugar, las características de la superficie del material de obturación del extremo de la raíz están relacionadas con su potencial para adherirse al tejido dental circundante. Se desea una alta humectabilidad de los materiales de obturación del extremo de la raíz porque se ha encontrado una correlación positiva con la capacidad de sellado y la penetración del material en los túbulos dentinarios (18).

Anteriormente se han utilizado numerosos materiales como elementos de obturación retrógrada para el sellado apical del sistema de conductos radiculares, incluyendo la amalgama, cementos de óxido de zinc y eugenol (IRM y Super EBA), cementos de poliacrilato, cementos de ionómero de vidrio (Diaket), cavit, resinas entre otros, pero ninguno de estos posee las propiedades para garantizar el éxito del tratamiento. Debido a esta cuestión se han introducido nuevos materiales que poseen las propiedades necesarias para proveer dicho sellado hermético, haciendo referencia a los Biocerámicos (14).

### **2.8. CEMENTOS BIOCERÁMICOS**

De acuerdo al glosario de términos en endodoncia de la Asociación Americana de Endodoncistas (AAE) los biocerámicos se definen como un grupo de materiales cerámicos bioactivos que son biocompatibles por naturaleza (1).

Estos materiales se introdujeron en la endodoncia en la década de 1990, primero como materiales de obturación retrógrada y posteriormente como cementos de reparación radicular, selladores de conductos radiculares y revestimientos para conos de gutapercha. Las ventajas potenciales de los materiales biocerámicos en endodoncia están relacionadas con sus propiedades físico-químicas y biológicas (19).

Idealmente, los biocerámicos deben tener una acción antimicrobiana, capacidad de estimular la formación de una barrera tisular mineralizada (formación de hidroxiapatita y, en última instancia, crear una unión entre la dentina y el material), no ser tóxicos, no contraerse y suelen ser químicamente estables en el entorno

biológico. La actividad antimicrobiana está relacionada con la liberación de iones hidroxilo, aumentando el pH y creando un ambiente desfavorable para que las bacterias sobrevivan. Por otro lado, la formación de una barrera es promovida por la liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  en los tejidos adyacentes. Holland *et al.* demostraron que el MTA estimulaba la deposición de tejido duro y sugirieron que el mecanismo de formación comenzaba con la liberación de iones de calcio del MTA, estas importantes propiedades justifican la necesidad de conocer y comprender la variación del pH y del  $\text{Ca}^{2+}$  liberado por los cementos selladores en solución acuosa (19,20).

### 2.8.1. Agregado de trióxido mineral (MTA)

Tras la introducción de los materiales biocerámicos en la endodoncia clínica, el agregado de trióxido mineral (MTA) ha pasado a ser reconocido como el material de referencia para una gran variedad de situaciones clínicas y es quizás el más cercano al material reparador ideal, debido a sus excelentes propiedades físico-químicas y propiedades biológicas. El MTA fue descrito por primera vez en la literatura dental por Lee *et al.* 1993 (19).

El MTA es un polvo blanco o gris de finas partículas, los principales componentes de este material son el silicato de calcio ( $\text{CaSiO}_4$ ), el óxido de bismuto ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), el sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) y el aluminato de calcio ( $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ). La hidratación del polvo produce un gel coloidal que se solidifica en una estructura dura formada por cristales discretos en una matriz amorfa, los cristales están compuestos de óxido de calcio, y la región amorfa se compone de 33% de calcio, 49% de fosfato, 2% de carbono 3% de cloruro y 6% de sílice. El MTA, al igual que el hidróxido de calcio, induce la formación de puentes dentinarios (20).

Desde su introducción en la década de 1990, el MTA se ha convertido en el material de obturación retrógrada de referencia para su uso en cirugías apicales debido a su capacidad de sellado superior, su biocompatibilidad y su capacidad para inducir la formación de tejido duro. Sin embargo, existen algunos inconvenientes relacionados con el MTA, como un largo tiempo de fraguado y contenido de metales pesados,

además el manejo y manipulación del MTA suelen causar dificultades a los clínicos debido a su consistencia granular, su soltura y su incapacidad para ser transportado y colocado fácilmente. Para superar estos problemas, se han introducido varios cementos de silicato de calcio que se han utilizado ampliamente como materiales de obturación retrógrados (21).

### **2.8.2. MTA Repair HP (ANGELUS, Londrina, PR, Brazil)**

MTA Repair HP es un cemento endodóntico biocerámico reparador, de alta plasticidad, formulado por óxidos minerales en forma de finas partículas hidrofílicas, libre de metales pesados y contaminantes. Se encuentra compuesto (Figura 4) por un polvo a base de silicato tricálcico ( $3\text{CaOSiO}_2$ ); silicato dicálcico ( $2\text{CaOSiO}_2$ ); aluminato tricálcico ( $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ ); óxido de calcio (CaO) y tungstato de calcio ( $\text{CaWO}_4$ ) como agente radiopacificador; y un líquido a base de agua más un plastificante (22).

El fabricante afirma que las indicaciones incluyen casos de perforación radicular (conducto y furca) iatrogénica o por lesión producida por caries, perforación radicular por reabsorción interna, obturación retrógrada, terapia de la pulpa vital (recubrimiento pulpar directo e indirecto y pulpotomía), apicogénesis y apexificación. Posee una vida de útil de 3 años y su almacenamiento de preferencia en un lugar seco y protegido de la luz (22).

Se solidifica al mantenerse en un ambiente húmedo después de la espatulación, tras la hidratación brinda una fácil manipulación e introducción en la cavidad dental, posee un tiempo de fraguado inicial de aproximadamente 15 minutos favoreciendo la conclusión del tratamiento en una sola sesión; en cuanto a su radiopacidad es semejante a la de la gutapercha pero es más radiopaco que la dentina y el hueso lo que permite un excelente control radiográfico ya que se puede observar con mayor facilidad, además esta formulado para evitar que el diente se pigmente esto gracias al radiopacificador utilizado ( $\text{CaWO}_4$ ) (23).

MTA Repair HP posee un pH altamente alcalino (inhóspito para el crecimiento bacteriano), concede la liberación de iones de calcio que permiten la formación de tejido de remineralización, dispone de baja solubilidad, resistencia a la compresión (44.2 MPa aproximadamente) y expansión de fraguado (alta capacidad de sellado marginal que impide la migración de microorganismos y fluidos al interior del conducto radicular. Además presenta excelentes características biológicas como, biocompatibilidad, sellado biológico de perforaciones al inducir la neoformación de cemento (completa curación de los tejidos perirradiculares) e inducción de la formación de barrera dentinaria cuando se aplica sobre exposiciones pulpares (23).



**Figura 4. Cemento biocerámico MTA Repair HP (ANGELUS, Londrina, PR, Brazil).**

*En la figura se muestra presentación comercial del cemento biocerámico MTA Repair HP; incluye 2 capsulas de polvo con 0.085 gramos y 2 frascos de líquido con 0.25 ml c/u (23).*

### **2.8.3. EndoSequence BC Sealer (BRASSELER USA, Savannah, GA)**

EndoSequence BC Sealer es un sellador endodóntico biocerámico premezclado el cual se presenta en una jeringa precargada (Figura 5) y se suministra mediante puntas desechables, puede aplicarse inmediatamente e introducirse directamente en el conducto radicular, lo que hace que su uso sea consistente y eficiente en un

## II. INTRODUCCIÓN

entorno clínico, está compuesto principalmente por óxido de circonio, silicato tricálcico, silicato dicálcico, sílice coloidal, fosfato de calcio monobásico, hidróxido de calcio, agentes de relleno y óxido de circonio como agente radiopacificador (24).

Las principales ventajas de este cemento están relacionadas con sus propiedades físico-químicas y biológicas. EndoSequence BC Sealer posee un pH alcalino, alto contenido de calcio, libera iones de calcio y radiopacidad adecuada. Presenta buenas características biológicas, tales como, biocompatibilidad, capacidad osteogénica y actividad antibacteriana sobre las bacterias que se sabe son resistentes a los procedimientos de desinfección, como el *E. faecalis* (25).

Su tiempo de trabajo puede ser de más de 4 horas a temperatura ambiente. El tiempo de fraguado es de 4 horas, el cual depende de la presencia de humedad en la dentina. La cantidad de humedad necesaria para completar la reacción de fraguado está presente de forma natural en la dentina. Por lo tanto, no es necesario añadir humedad en el conducto radicular antes de colocar el material. Sin embargo, en conductos radiculares muy secos, el tiempo de fraguado puede ser de más de 10 horas (26).



**Figura 5. Cemento biocerámico EndoSequence BC Sealer (BRASSELER USA, Savannah, GA).**

**En la figura se muestra presentación comercial del cemento biocerámico EndoSequence BC Sealer en una jeringa precargada con 2 gramos de material (26).**

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el tratamiento endodóntico quirúrgico, no sólo es esencial la eliminación quirúrgica del conducto radicular infectado, sino también la prevención de la propagación de cualquier bacteria restante, subproducto bacteriano o material tóxico del sistema de conductos radiculares a los tejidos periapicales. Por lo tanto, el sellado hermético entre el material de obturación retrógrada y la pared del conducto radicular es un factor importante que puede afectar el resultado del tratamiento. Para evitar dicha proliferación, la obturación retrógrada permitirá, minimizar el volumen de la brecha entre la pared dentinal y el material de obturación radicular, y cerrar las microfugas para promover la curación del tejido periapical.

El presente trabajo de investigación plantea evaluar aquel material que selle de una forma más hermética el sistema de conductos radiculares evitando con ello su reinfección. Por lo que nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué material entre MTA Repair HP (ANGELUS, Londrina, PR, Brazil) y EndoSequence BC Sealer (BRASSELER, USA, Savannah, GA) será el que proporcione una mejor capacidad de sellado en la obturación retrógrada?

## IV. JUSTIFICACIÓN

La cirugía periapical es el procedimiento quirúrgico para la eliminación de una lesión periapical, conservando el diente causal. Este procedimiento tiene como objetivo evitar la filtración de microorganismos y sus subproductos al interior de los tejidos perirradiculares a través de un sellado hermético y tridimensional mediante la colocación de un material de obturación retrograda. A la fecha existen en el mercado una gran variedad de materiales biocerámicos para la obturación retrógrada cuyas casas comerciales aseguran poseer las características físicas idóneas para proporcionar un sellado hermético, sin embargo, en muchos de los casos no existen estudios que respalden dicha información.

El presente estudio nos permitirá comparar la eficacia de sellado de los cementos biocerámicos MTA Repair HP y EndoSequence BC Sealer empleados como materiales de obturación retrógrada a través de la evaluación *in vitro* del grado de filtración con azul de metileno al 1%.

## **V. HIPÓTESIS**

### **5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La caracterización planteada en este trabajo de investigación nos permitirá identificar diferencias -si las hay- en la capacidad de sellado del tercio apical radicular de los cementos de obturación retrógrada MTA Repair HP y EndoSequence BC Sealer.

### **5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)**

No existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) al comparar la capacidad de sellado del tercio apical radicular de los cementos objeto de estudio.

### **5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)**

Existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) al comparar la capacidad de sellado del tercio apical radicular de los cementos objeto de estudio.

## **VI. OBJETIVOS**

### **6.1. OBJETIVO GENERAL**

Comparar la capacidad de sellado de los cementos MTA Repair HP y EndoSequence BC Sealer como materiales de obturación retrógrada a través del grado de filtración con azul de metileno al 1% en órganos dentarios extraídos.

### **6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Realizar tratamiento de conductos a 20 órganos dentarios.
2. Realizar resección apical y retropreparación a los órganos dentarios con tratamiento de conductos.
3. Realizar obturación retrógrada con los materiales objeto de estudio a los órganos dentarios tratados endodónticamente.
4. Evaluar la eficacia de sellado de los materiales objeto de estudio a través del grado de filtración con azul de metileno al 1%.
5. Realizar análisis estadístico de los resultados obtenidos.

## VII. VARIABLES

### 7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tipo de cemento (EndoSequence BC Sealer y MTA Repair HP).

### 7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Grado de filtración del azul de metileno al 1%.

### 7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Los diferentes cementos para la obturación retrógrada se evaluaron mediante un ensayo *in vitro*. 20 órganos dentarios extraídos fueron tratados endodónticamente, se realizó una resección apical de 3 mm y una preparación de la cavidad retrógrada con puntas ultrasónicas; después las cavidades fueron obturadas con los cementos objeto de estudio. A continuación fueron inmersas en azul de metileno al 1% e incubadas en condiciones fisiológicas simuladas durante 14 días. Por último fueron seccionadas longitudinalmente para evaluar el porcentaje de filtración apical, esto por medio de fotografías que fueron analizadas a través del programa ImageJ. Los resultados obtenidos se analizaron empleando el Método de Análisis de la Varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés).

## VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental

### 8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

20 órganos dentarios unirradiculares humanos de reciente extracción divididos en 2 grupos (n=10)

**Grupo 1:** Órganos dentarios con obturación retrógrada utilizando el cemento EndoSequence BC Sealer.

**Grupo 2:** Órganos dentarios con obturación retrógrada utilizando el cemento MTA Repair HP.

### 8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Se emplearon 20 premolares mandibulares unirradiculares humanos de reciente extracción. Para el tratamiento de conductos se emplearon 20 limas manuales K #10 (Sybron Endo, Kerr), el Endo motor E-Connect Pro (Eighteeth) y el sistema rotatorio ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Ballaige, Suiza) para la preparación y conformación biomecánica de los conductos, el ultrasonido 370 Varios (NSK) para la activación de los irrigantes, NaOCl al 5.25%, EDTA al 17% y solución salina al 0.9%; para la obturación de los conductos se utilizaron puntas de papel absorbente (Hygenic; Coltene/Whaledent AG, Altstatten, Suiza), conos de gutapercha Protaper Gold F3 (Dentsply Maillefer, Ballaige, Suiza) y cemento sellador AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemania). LC Block-Out Resin (Ultradent, Products, Inc., South Jordan, UT) para asegurar el sellado en el tercio cervical y evitar el riesgo de contaminación, cámara de calor y secado BINDER (BINDER GmbH, Tuttlingen, Germany) para permitir el fraguado completo de los diferentes tipos de cementos, puntas retrógradas ultrasónicas P1 (Helse Ultrasonic, Ocoee, FL; USA) para la

retropreparación del extremo radicular, los cementos EndoSequence BC Sealer (BRASSELER USA, Savannah, GA) y MTA Repair HP (ANGELUS, Londrina, PR, Brazil) para la obturación retrógrada, porta amalgama (Henry Schein, Inc., USA) y micropluggers (B&L Biotech) para la compactación del material de obturación retrógrada, azul de metileno al 1% como medio de contraste, disco de diamante de baja velocidad para el seccionado de las muestras y cámara digital NIKON (Melville, NY; USA) D7100 y lente macro NIKON de 105 mm para el análisis de las muestras.

#### 8.4. METODOLOGÍA

##### 8.4.1. Preparación de las muestras

Los órganos dentarios fueron desinfectados por inmersión en hipoclorito de sodio al 5.25% durante 6 horas, y almacenados en solución salina estéril hasta su uso. Para la preparación de las muestras, los órganos dentarios fueron decoronados en la unión cemento-esmalte utilizando un disco de diamante de baja velocidad (Figura 6), estandarizando cada una de las muestras a 14 mm de longitud (Figura 7).



**Figura 6. Decoronación de los órganos dentarios.**

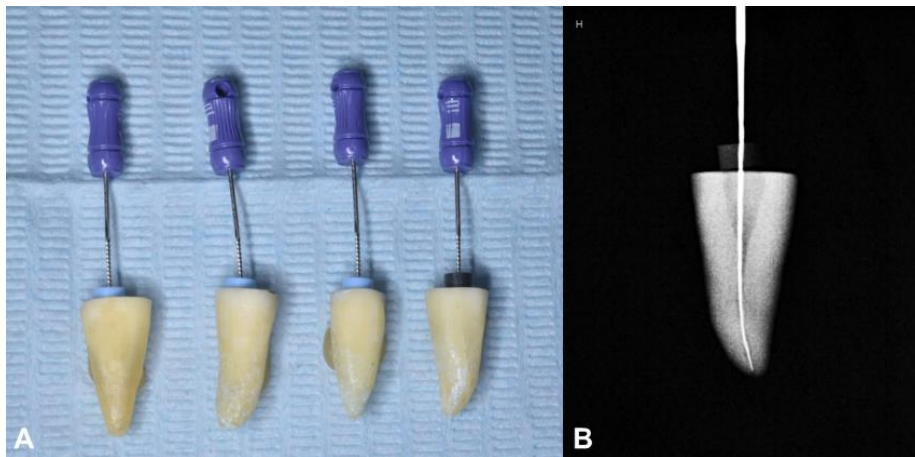
***En la figura se muestra (A) Línea de corte en la unión cemento-esmalte. (B) Decoronación del órgano dentario utilizando disco de diamante de baja velocidad.***



**Figura 7. Estandarización de las muestras.**

*En la figura se muestra la estandarización de las muestras a 14 mm de longitud.*

Para el tratamiento de conductos la longitud de trabajo se determinó a 0.5 mm por debajo del foramen apical utilizando una Lima K #10, se tomaron radiografías periapicales digitales para su confirmación (Figura 8). Se seleccionó la técnica de *crowd down* para instrumentar todos los conductos con el sistema rotatorio de níquel-titanio ProTaper Gold hasta un tamaño apical maestro de 30/.09 (F3). Entre cada uno de los instrumentos se irrigó con NaOCl al 5.25% (Figura 9).



**Figura 8. Longitud de trabajo.**

*En la figura se muestra (A) Órganos dentarios decoronados con limas K #10 para la determinación de la longitud de trabajo. (B) Imagen radiográfica de confirmación.*

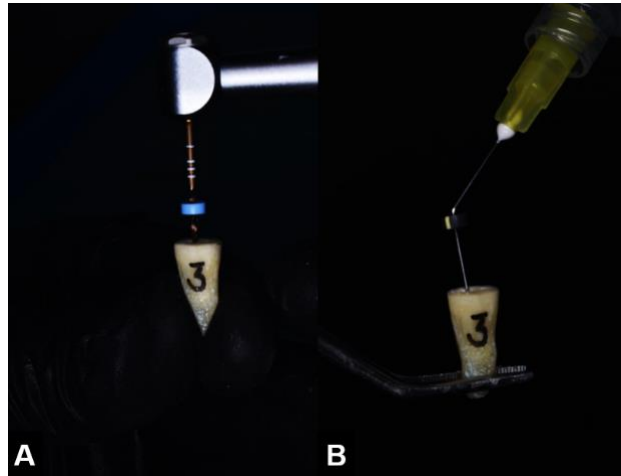


Figura 9. Preparación quimiomecánica del conducto radicular.

*En la figura se muestra (A) Preparación del conducto radicular utilizando el sistema ProTaper Gold mediante el instrumento de conformación F3. (B) Irrigación del conducto radicular con NaOCl al 5.25%.*

Tras la irrigación final con EDTA al 17%, se secaron todos los conductos con puntas de papel absorbente, se obturaron con conos de gutapercha ProTaper Gold F3 (Figura 10) y cemento sellador AH Plus mediante la técnica de condensación lateral utilizando espaciador endodóntico D11T (Figura 11).

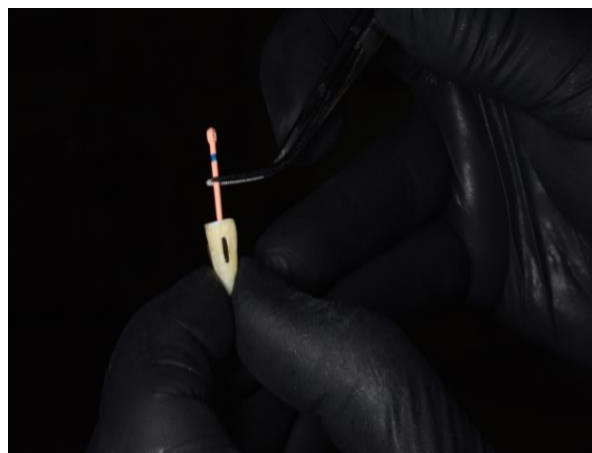
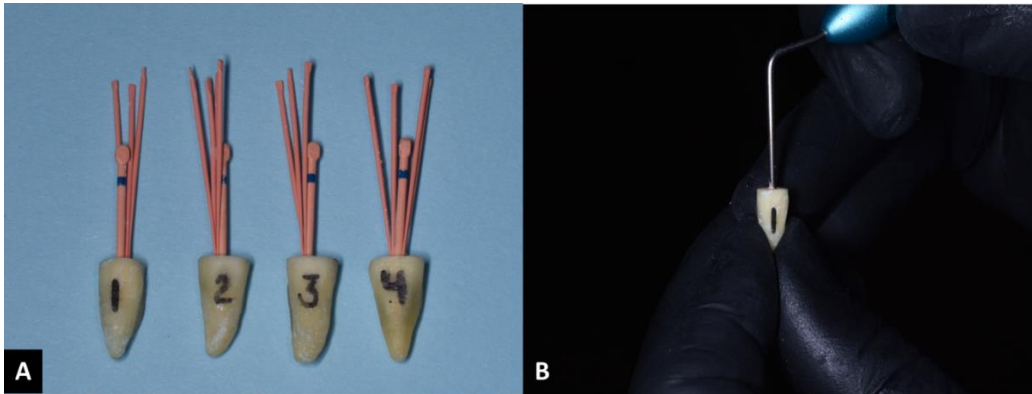


Figura 10. Prueba de cono.

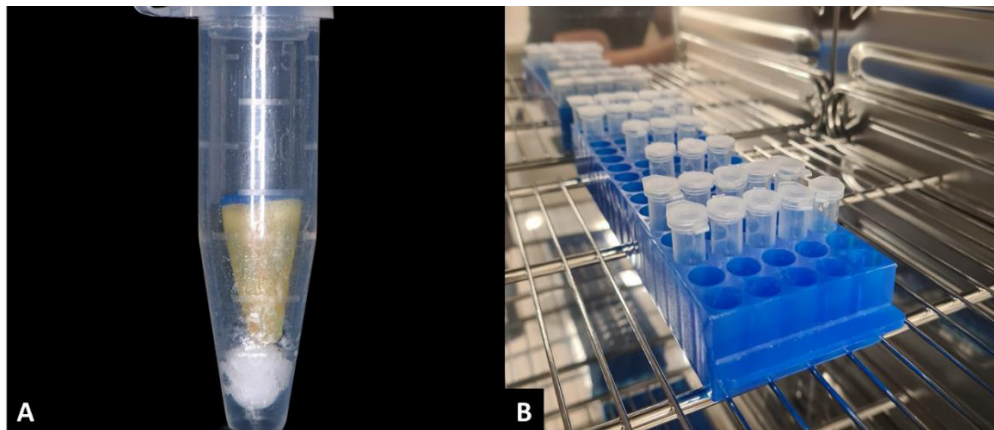
*En la figura se muestra prueba de cono de gutapercha ProTaper Gold F3.*



**Figura 11. Obturación del conducto radicular.**

***En la figura se muestra (A) Obturación del conducto radicular mediante técnica de condensación lateral. (B) Compactación del material de obturación.***

Se colocó LC Block Out-Resin en la parte más cervical para asegurar el sellado y evitar el riesgo de contaminación así como una torunda de algodón húmeda en la porción apical para mimetizar condiciones normales. Todas las muestras fueron almacenadas en tubos Eppendorf de 1.5 ml dentro de una cámara de calor y secado BINDER a 37 °C y una humedad relativa del 100% durante 7 días para permitir el fraguado completo del cemento sellador (Figura 12),



**Figura 12. Almacenamiento e incubación de las muestras.**

***En la figura se muestra (A) Órgano dentario almacenado en tubo Eppendorf. (B) Almacenamiento de todas las muestras dentro de una cámara de calor.***

Para la retropreparación de las muestras, los extremos de las raíces se resecaron a 3 mm del ápice a 90° con respecto al eje longitudinal (Figura 14), utilizando una fresa de diamante troncocónica (Figura 14).



Figura 13. Resección del extremo radicular.

*En la figura se muestra (A) Línea de corte a 3 mm del ápice. (B) Resección del ápice a 90° con respecto al eje longitudinal utilizando fresa de diamante troncocónica.*

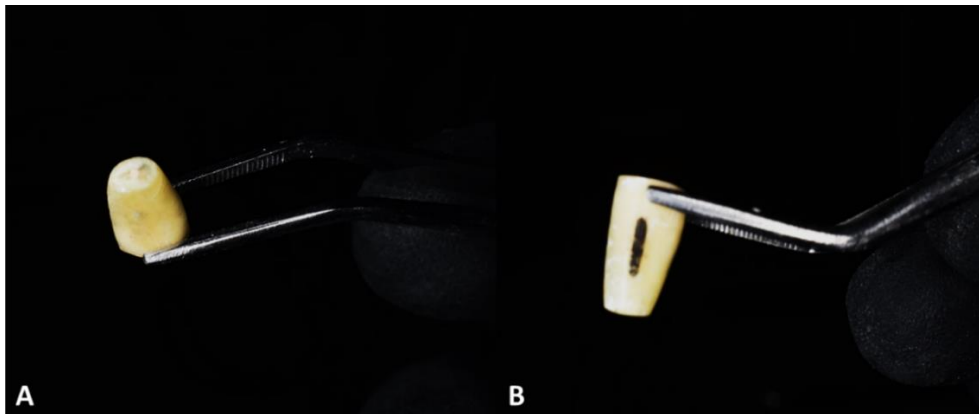
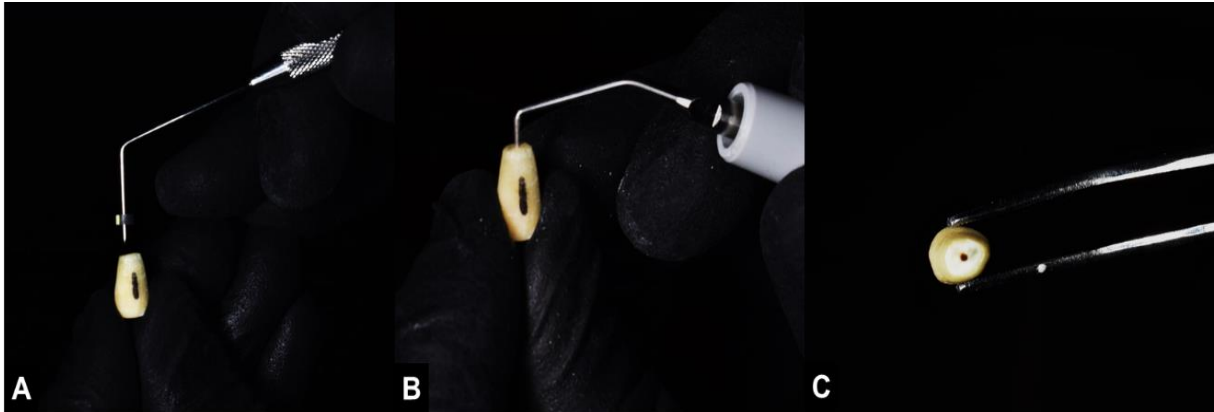


Figura 14. Resección del extremo radicular finalizada.

*En la figura se muestra (A) Zona de resección apical. (B) Resección apical desde una vista frontal.*

La preparación del extremo radicular se realizó a 3 mm de profundidad con puntas retrógradas ultrasónicas (Figura 15). Para estandarizar la longitud y el tamaño de

las retropreparaciones, se procuró introducir las puntas a 3 mm en los conductos y mantener el tamaño de la preparación igual que al de los micropluggers apicales rectos, que se utilizan habitualmente en las microcirugías endodónticas.



**Figura 15. Preparación del extremo radicular.**

*En la figura se muestra (A) Estandarización de la preparación del extremo radicular a 3 mm de profundidad. (B) Punta retrógrada ultrasónica activada. (C) Preparación del extremo radicular finalizada.*

A continuación, se asignaron aleatoriamente los órganos dentarios en 2 grupos (n=10):

**Grupo 1:** Órganos dentarios con obturación retrógrada utilizando el cemento EndoSequence BC Sealer y **Grupo 2:** Órganos dentarios con obturación retrógrada utilizando el cemento MTA Repair HP.

#### **8.4.2. Obturación retrógrada**

Para la obturación retrógrada, los cementos MTA Repair HP y EndoSequence BC Sealer fueron preparados de acuerdo con las instrucciones del fabricante y colocados en el interior del conducto mediante un porta amalgama para distribuir uniformemente el material, el cual fue empaquetado en incrementos utilizando un microplugger (Figura 16). Tras el procedimiento de la obturación retrógrada, se tomaron radiografías periapicales de todas las muestras para garantizar la calidad

de la obturación. Todas las muestras fueron almacenadas de igual manera a 37 °C y a una humedad relativa del 100% durante 7 días (Figura 17).

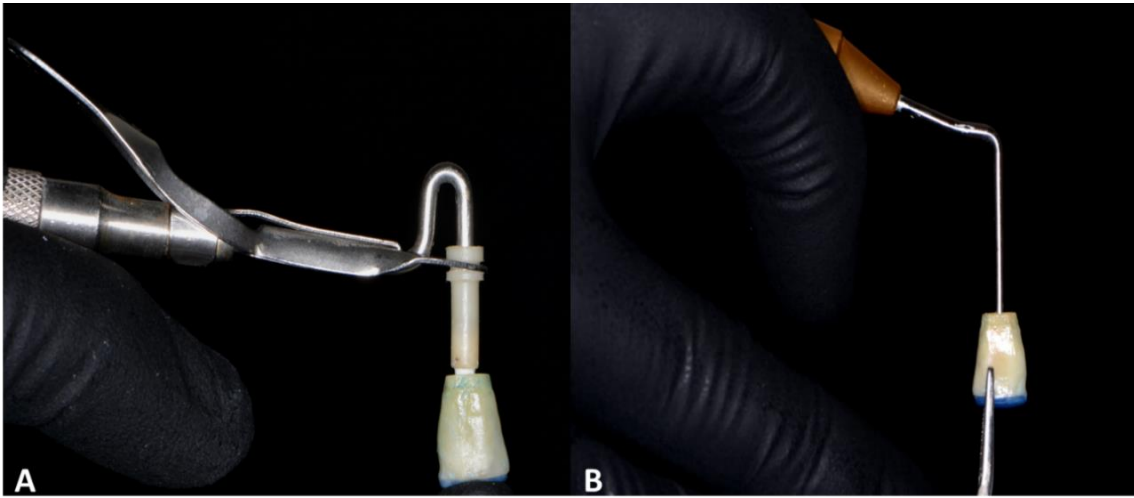


Figura 16. Obturación retrógrada del extremo radicular.

*En la figura se muestra (A) Colocación del material de obturación retrógrada al interior del conducto. (B) Empaquetamiento del material de obturación retrógrada.*

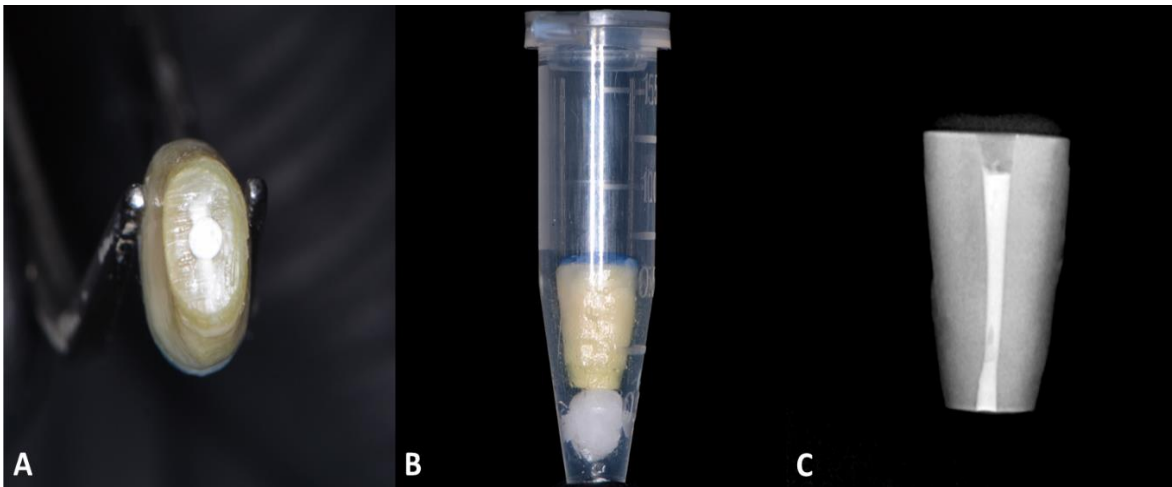
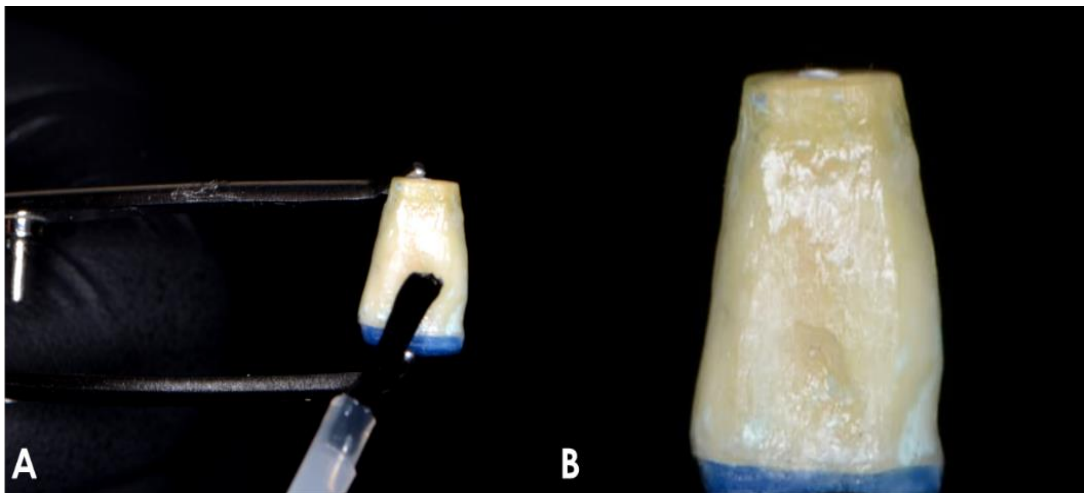


Figura 17. Obturación retrógrada finalizada.

*En la figura se muestra (A) Resultado final de la obturación retrógrada del extremo radicular. (B) Almacenamiento del órgano dentario. (C) Radiografía de control y calidad de la obturación retrógrada.*

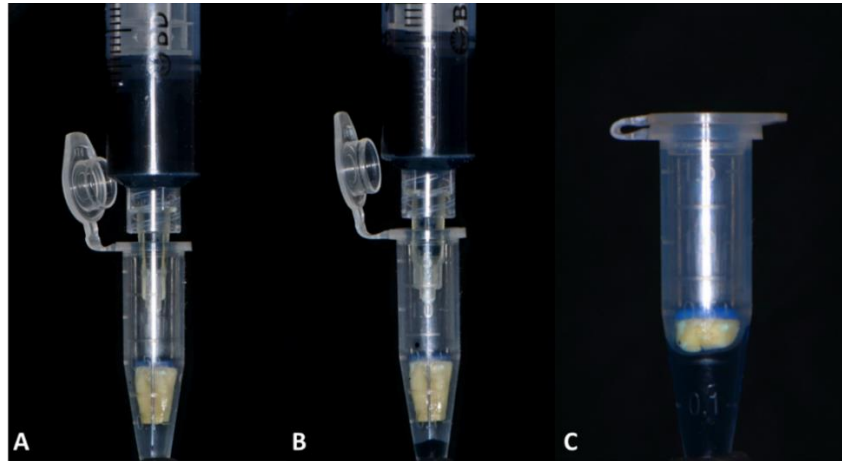
## VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

Posteriormente cada una de las muestras fue impermeabilizada con barniz de uñas transparente hasta tener un grosor de 3 capas en toda la superficie excepto los 2 mm más apicales (Figura 18) con el objetivo de limitar la cantidad de penetración de azul de metileno hacia zonas no requeridas; para la administración del azul de metileno al 1% fue necesario una jeringa con aguja de salida lateral con el fin de controlar la cantidad a depositar. Se colocaron aproximadamente 500  $\mu$ l en cada una de las muestras hasta cubrir  $\frac{3}{4}$  partes de la longitud del órgano dentario (Figura 19), incubándolas durante un periodo de 14 días.



**Figura 18. Aplicación de barniz.**

***En la figura se muestra (A) Primer capa de barniz en la superficie del órgano dentario. (B) Aspecto final de la superficie del órgano dentario posterior a 3 capas de barniz.***



**Figura 19. Administración del azul de metileno.**

*En la figura se muestra (A) Jeringa y aguja de ventana lateral para la colocación del azul de metileno. (B) Inicio de la colocación del azul de metileno (C) Finalización de la colocación del azul de metileno.*

Se eliminó el exceso de azul de metileno del interior de los tubos Eppendorf por medio de aspiración negativa y posteriormente se emplearon gasas estériles para eliminar el exceso de azul de metileno de la superficie de los órganos dentarios (Figura 20).



**Figura 20. Eliminación de exceso del azul de metileno.**

*En la figura se muestra el resultado final de la eliminación y limpieza del exceso de azul de metileno.*

#### 8.4.3. Evaluación de la eficacia de sellado a través del grado de filtración con azul de metileno al 1%.

Todas las muestras fueron seccionadas longitudinalmente en dirección buco-lingual utilizando un disco de diamante de baja velocidad sobre micromotor sin irrigación para evitar modificar el grado de filtración del medio de contraste, a continuación se impregnó ENDO ICE sobre la superficie de los órganos dentarios para mantener la línea de corte y evitar con ello el desalojo del material de obturación retrógrada, por último fue aplicada una fuerza de palanca con una espátula de cemento sobre la línea de corte para completar el seccionado de las muestras (Figura 21).

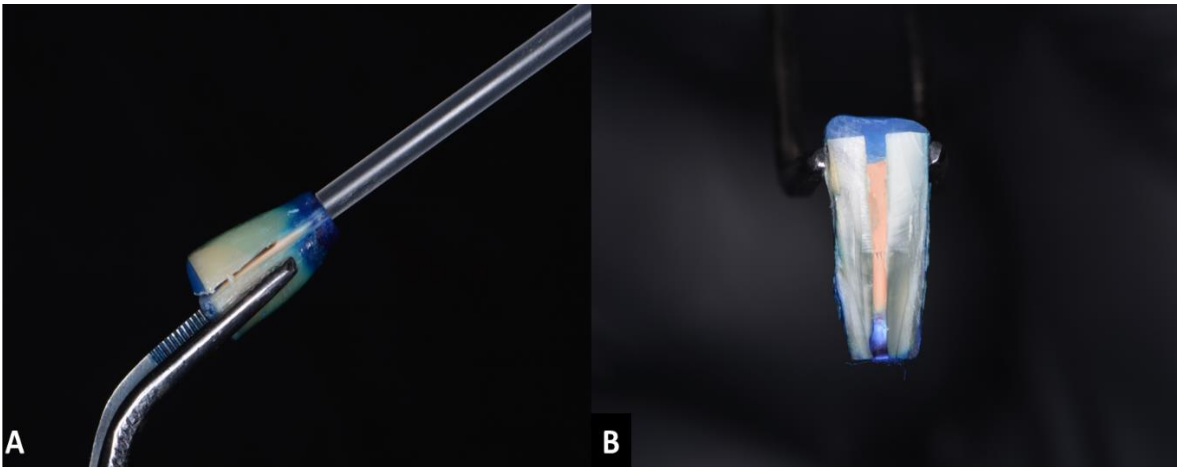
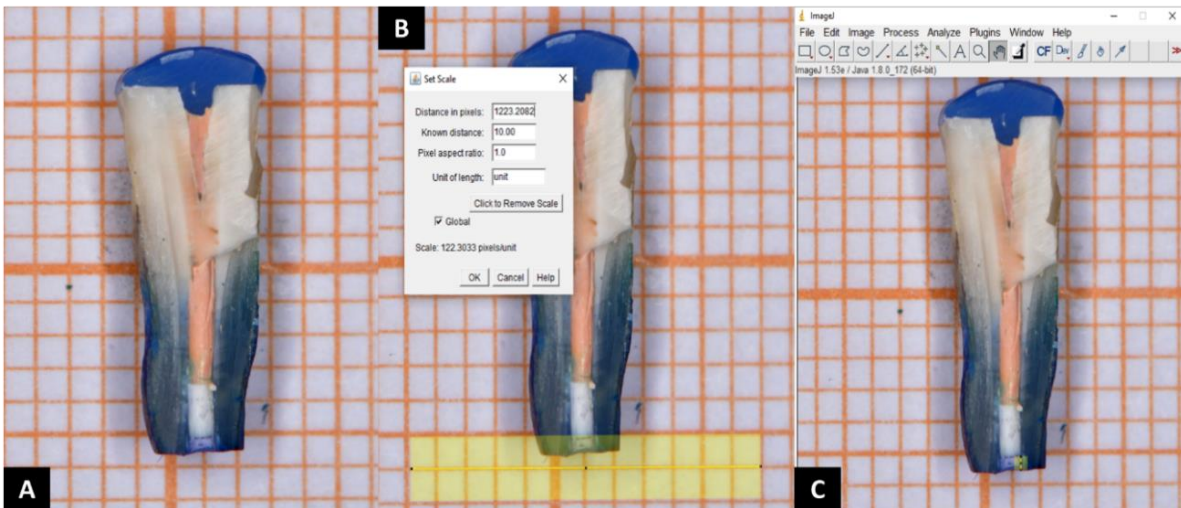


Figura 21. Seccionado de las muestras.

*En la figura se muestra (A) Línea de corte longitudinal en sentido buco-lingual y aplicación de ENDO ICE para el seccionado de la muestra. (B) Resultado final del seccionado de la muestra.*

Para el análisis de las muestras, estas fueron colocadas de manera centrada sobre una hoja milimétrica y fotografiadas con una cámara digital y lente macro NIKON, dichas imágenes fueron importadas al programa ImageJ como archivos JPG para mantener la calidad de la imagen. La herramienta de medición fue calibrada con ayuda de la cuadrícula de la hoja milimétrica (10 mm) previo al trazado y medición de las líneas de los segmentos de filtración.

Primeramente se trazó una línea para realizar la medición de la longitud total del material de obturación retrógrada tanto del lado izquierdo como del lado derecho002C posteriormente se trazó una segunda línea para medir el grado de filtración del medio contraste tanto del lado izquierdo como del lado derecho desde el ápice hasta el último punto de filtración a lo largo del conducto radicular (Figura 22), dicho procedimiento fue repetido en cada una de las muestras de ambos grupos hasta obtener los resultados del porcentaje de filtración (27).



**Figura 22. Análisis por imagen.**

***En la figura se muestra (A) Imagen en formato JPG. (B) Establecimiento de la escala con respecto a la hoja milimétrica. (C) Medición de la filtración del azul de metileno.***

### **8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó el Método de Análisis de la Varianza unidireccional (ANOVA, por sus siglas en inglés) por medio del software IBM SPSS Statistics 28.0, para determinar las diferencias estadísticas entre los grupos experimentales a un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

## IX. RESULTADOS

### 9.1. Análisis por imagen de la longitud de filtración con tinta de azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular.

La eficacia del sellado apical se determinó después de 14 días de incubación de las muestras en azul de metileno al 1% en condiciones fisiológicas, posteriormente cada una de las muestras fue seccionada longitudinalmente y evaluada a través de imágenes fotográficas las cuales fueron analizadas mediante el programa ImageJ para evaluar el porcentaje de filtración, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 23 y Figura 24.

En la Figura 23 se muestra el porcentaje de filtración de cada uno de los cementos de obturación retrógrada siendo 76.4% para EndoSequence BC Sealer y 61.9% para MTA Repair HP, mientras que en la Figura 24 se muestran los resultados del porcentaje de filtración de cada una de las muestras, así como el promedio de ambos cementos. El análisis estadístico de los resultados demostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa a un nivel de significación de  $p < 0.05$  al comparar los porcentajes de filtración de dichos cementos objeto de estudio. Con base en lo anterior, se confirma la hipótesis nula ( $H_0$ ) de este estudio.

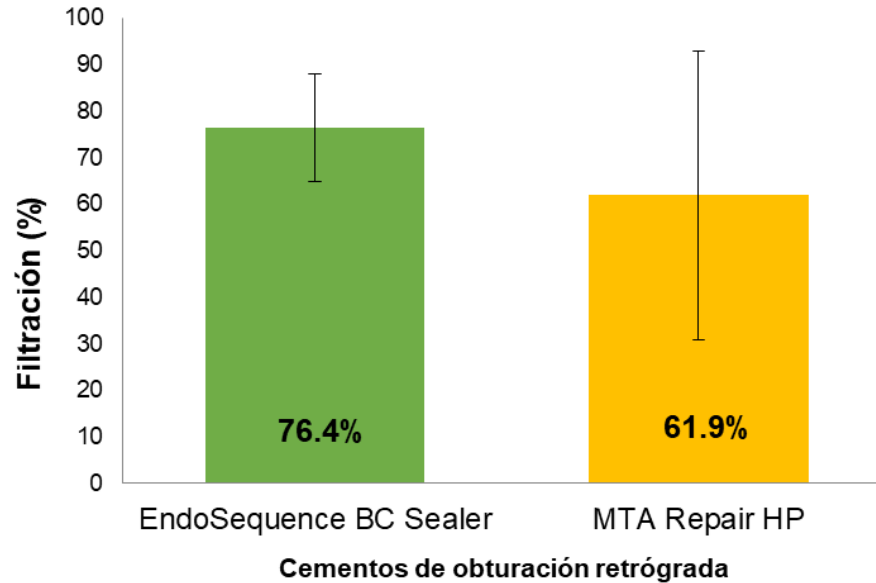


Figura 23. Porcentaje de filtración de los cementos biocerámicos EndoSequence BC Sealer y MTA Repair HP utilizados en obturaciones retrógradas.

*En la figura se muestra grafica de resultados sobre el porcentaje de filtración donde las columnas representan el promedio y las líneas verticales representan la desviación estándar.*

Grupo EndoSequence BC Sealer	Filtración (%)	Grupo MTA Repair HP	Filtración (%)
Muestra 1	80.46	Muestra 1	91.06
Muestra 2	51.21	Muestra 2	31.04
Muestra 3	87.94	Muestra 3	70.59
Muestra 4	90.94	Muestra 4	69.50
Muestra 5	80.62	Muestra 5	23.74
Muestra 6	70.06	Muestra 6	87.68
Muestra 7	66.22	Muestra 7	95.49
Muestra 8	77.62	Muestra 8	70.10
Muestra 9	80.59	Muestra 9	4.80
Muestra 10	78.53	Muestra 10	75.11
<b>Promedio:</b>	<b>76.4%</b>	<b>Promedio:</b>	<b>61.9%</b>

Figura 24. Resultados de las pruebas de filtración con tinta de azul de metileno al 1% después de 14 días de incubación.

## X. DISCUSIÓN

En los casos en que el proceso de curación de los tejidos perirradiculares no se produce después del tratamiento endodóntico convencional o es imposible el retratamiento, es necesario implementar la cirugía endodóntica con el fin de eliminar el ápice de la raíz y las lesiones apicales que son la fuente de la infección (28).

El objetivo del presente estudio fue comparar la capacidad de sellado de dos cementos biocerámicos en obturación retrógrada EndoSequence BC Sealer y MTA Repair HP mediante la medición de la filtración del azul de metileno al 1%.

El objetivo principal de la resección apical es realizar un sellado hermético entre la porción apical del conducto radicular y el tejido periapical mediante la obturación retrógrada del extremo radicular. En las técnicas convencionales la resección se realiza en un ángulo de 45 o 30 grados, mientras que en las técnicas modernas se recomienda de 0 a 10 grados, lo que reduce el número de túbulos dentinarios expuestos disminuyendo considerablemente el riesgo de filtración (29,30).

A pesar de las críticas, las pruebas de microfiltración con colorantes siguen siendo la mejor prueba para evaluar la adaptación y la capacidad de sellado ya que se afirma que los colorantes son más sencillos, baratos, seguros y fáciles de manejar que los radioisótopos. El uso de colorantes es uno de los métodos más antiguos y comunes para estudiar las microfugas. Se ha utilizado una gran variedad de colorantes; entre ellos, la tinta china, solución de eritrosina B, solución acuosa de fucsina, solución fluorescente, soluciones de azul de metileno entre otras (30).

En un estudio *in vitro* se comparó la capacidad de sellado del extremo radicular de cuatro materiales de obturación retrógrada diferentes, donde se demostró que el material con menor grado de microfiltración fue el MTA Repair HP, esto debido a que al principio el sellado es mecánico, pero con el tiempo, debido a la diseminación de sus partículas, se produce una unión química aumentando considerablemente su capacidad de sellado (31).

En otro estudio *in vitro* se evaluó la microfiltración apical de los cementos biocerámicos en obturación retrógrada MTA Repair HP y Biodentine, esto por medio de la técnica de filtración con azul de metileno al 1% y evaluados a través de análisis por imagen. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los cementos objeto de estudio (32).

En un estudio *in vitro* se comparó la capacidad de sellado apical entre EndoSequence BC Sealer y el cemento sellador AH Plus, donde se demostró que el cemento biocerámico EndoSequence BC Sealer tiene una mejor adaptación y una mayor penetración en los túbulos dentinarios que el AH Plus, especialmente en el tercio apical de los conductos radiculares siendo notablemente mayor la resistencia a la filtración (33).

Los resultados del análisis por imagen de la longitud de filtración del azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular obtenidos en este estudio *in vitro* no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre EndoSequence BC Sealer y MTA Repair HP; sin embargo demostraron que el cemento MTA Repair HP presenta una capacidad de sellado apical similar a la exhibida por el cemento EndoSequence BC Sealer, el cual ha sido utilizado en los últimos años como el material de elección para la obturación retrógrada.

## XI. CONCLUSIONES

Se llevaron a cabo las pruebas *in vitro* para evaluar la capacidad de sellado apical de los cementos biocerámicos EndoSequence BC Sealer y MTA Repair HP por medio de la prueba de filtración con azul de metileno al 1%. Las conclusiones se enlistan a continuación:

1. Los resultados del porcentaje de filtración con azul de metileno al 1% demostraron que no existe una diferencia estadísticamente significativa en la eficacia de sellado entre los cementos de obturación retrógrada EndoSequence BC Sealer (76.4%) y MTA Repair HP (61.9%)
2. Con base en lo anterior, se confirma la Hipótesis nula (H0) de este proyecto.

## **XII. RECOMENDACIONES**

Como trabajo a futuro se recomienda:

1. Complementar el estudio empleando como método de evaluación la microscopía electrónica de barrido con el objetivo de medir la interfase dentina-material de obturación retrógrada.
2. Ampliar el tamaño de la muestra para realizar un análisis estadístico más a fondo y de ser posible detectar si existe algún tipo de diferencia estadísticamente significativa.

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. AAE special committee of full-time educators. Glossary of Endodontic Terms 2016. Gloss Endod Terms. 2015;9:43.
2. Gutmann J, Fan B. Chapter 06: Cleaning and Shaping the Root Canal System. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. Cohen's Pathways of the Pulp. 11th edition. Elsevier Mosby; 2016. p. 209–79.
3. Ingle JI. Ingle's Endodontics 6. USA: PMPH; 2008. 1588 p. 22.
4. Torabinejad M, Walton R. Endodontics: Principles and Practice. Elsevier Health Sciences; 2009. p. 496.
5. Nair PNR. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. Crit Rev Oral Biol Med. 2004;15(6):348–81.
6. Siqueira JF, Rôças IN. Exploiting molecular methods to explore endodontic infections: Part 2 - Redefining the endodontic microbiota. J Endod. 2005;31(7):488–98.
7. Siqueira J, Rôças I. Chapter 14: Microbiology of Endodontics Infections. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. Cohen's Pathways of the Pulp. 11th edition. Elsevier Mosby; 2016. p. 599–629.
8. Siqueira JF. Endodontic infections: Concepts, paradigms, and perspectives. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94(3):281–93.
9. Roda RS, Gettleman BH. Chapter 8: Nonsurgical Retreatment. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. Cohen's Pathways of the Pulp. 11th edition. Elsevier Mosby; 2016. p. 324–86.
10. Ruddle CJ. Nonsurgical Retreatment. J Endod. 2004;30(12):827–45.
11. Bergenholtz G, Spångberg L. Controversies in endodontics. Crit Rev Oral Biol

- Med. 2004;15(2):99–114.
12. Hofmann Salcedo ME, Carrillo Vázquez AG, García Briones JC, Magaña Mancillas DY, Zamora Ibarra SR, Gaitán Cepeda LA. Curetaje apical y obturación retrógrada sin apicectomía. Presentación de un caso clínico. *Rev Odontológica Mex* [Internet]. 2015;19(1):48–50. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1870-199X\(14\)71373-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1870-199X(14)71373-4)
  13. Kim SY, Kim HC, Shin SJ, Kim E. Comparison of Gap Volume after Retrofilling Using 4 Different Filling Materials: Evaluation by Micro-computed Tomography. *J Endod* [Internet]. 2017;44(4):635–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.11.009>
  14. Johnson BR, Fayad MI. Chapter 09: Periradicular Surgery. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. *Cohen's Pathways of the Pulp*. 11th edition. Elsevier Mosby; 2016. p. 387–446.
  15. Rodríguez R, Torres D, Gutiérrez JL. Puesta al día en cirugía endodóntica. *Revista SECIB*. 2008;1–15.
  16. Gay Escoda C. Capítulo 24: Cirugía Periapical. In: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editors. *Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas*. 3ra edición. ELSEVIER MASSON; 2014. p. 309–36.
  17. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *J Endod* [Internet]. 2010;36(1):16–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.006>
  18. Biočanin V, Antonijević Đ, Poštić S, Ilić D, Vuković Z, Milić M, et al. Marginal Gaps between 2 Calcium Silicate and Glass Ionomer Cements and Apical Root Dentin. *J Endod*. 2018;44(5):816–21.
  19. Zhejun W. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Top*. 2015;32(1):3–30.

20. Santos AD, Moraes JCS, Araújo EB, Yukimitu K, Valério Filho W V. Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement. *Int Endod J*. 2005;38(7):443–7.
21. Jung J, Kim S, Kim E, Shin SJ. Volume of Voids in Retrograde Filling: Comparison between Calcium Silicate Cement Alone and Combined with a Calcium Silicate–based Sealer. *J Endod [Internet]*. 2019;46(1):1–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.10.015>
22. Guimarães BM, Prati C, Duarte MAH, Bramante CM, Gandolfi MG. Physicochemical properties of calcium silicate-based formulations MTA repair HP and MTA vitalcem. *J Appl Oral Sci*. 2018;26:1–8.
23. MTA Repair HP [Internet]. [cited 2021 Oct 7]. Available from: [https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/1607290603\\_MTA-REPAIR-HP-Bula-ONLINE.pdf](https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/1607290603_MTA-REPAIR-HP-Bula-ONLINE.pdf)
24. Candeiro GTDM, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2012;38(6):842–5.
25. Candeiro GTM, Moura-Netto C, D’Almeida-Couto RS, Azambuja-Júnior N, Marques MM, Cai S, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J*. 2015;49(9):858–64.
26. EndoSequence BC Sealer [Internet]. [cited 2021 Sep 3]. Available from: [http://brasselerusa.com/wp-content/files/IFU-0018\\_Brasseler\\_USA\\_ES\\_BC\\_Sealer\\_IFU\\_REV\\_B.pdf](http://brasselerusa.com/wp-content/files/IFU-0018_Brasseler_USA_ES_BC_Sealer_IFU_REV_B.pdf)
27. Jimenez Victoria AP. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL SELLADO APICAL DE LOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS PARA OBTURACIÓN RETRÓGRADA EDGEBIOCERAMIC RETROFILL, NEOPUTTY Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL: ESTUDIO IN VITRO.

Universidad Autonoma de Baja California; 2021.

28. Radeva E, Uzunov T, Kosturkov D. Microleakage Associated With Retrograde Filling After Root End Resection (in vitro study). *J IMAB - Annu Proceeding (Scientific Pap.* 2014;20(3):578–83.
29. Kim S, Kratchman S. Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: A Review. *J Endod.* 2006;32(7):601–23.
30. Erkut S, Tanyel RC, Keklikoğlu N, Yildirim S, Katiboğlu AB. A comparative microleakage study of retrograd filling materials. *Turkish J Med Sci.* 2006;36(2):113–20.
31. Anurag J, Ponnappa KC, Pankaj Y, Yogesh R, Nikhil R, Priyayanka G, et al. Comparison of the root end sealing ability of four different retrograde filling materials in teeth with root apices resected at different angles an in vitro study. *J Clin Diagnostic Res.* 2016;10(1):14–7.
32. Parimala Y, Kumar S, Prasad D, Kumar S, Krishna V, Babu C. A Comparitive Evaluation of Apical Microleakage of Two Retrograde Filling Materials “A Stereo Microscopic Study.” *Saudi J Oral Dent Res.* 2020;05(02):106–10.
33. Asawaworarit W, Pinyosopon T, Kijsamanmith K. Comparison of apical sealing ability of bioceramic sealer and epoxy resin-based sealer using the fluid filtration technique and scanning electron microscopy. *J Dent Sci [Internet].* 2020;15(2):186–92. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2019.09.010>