



**Universidad  
Europea**

**MÁSTER EN ENDODONCIA AVANZADA**

**REMOCIÓN DEL MATERIAL DE OBTURACIÓN EN RAÍCES MESIALES DE  
MOLARES INFERIORES OBTURADOS CON AH PLUS Y AH PLUS BC  
SEALER**

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

Elisabetta Brescia

**Dirigido por:**

Dr. Gaizka Loroño Goikoetxea

Dr. Antonio Conde Villar

**MADRID 2023**



## Resumen

**Objetivos:** Comparar el volumen de material de obturación residual tras el retratamiento de raíces obturadas con los cementos selladores AH Plus y AH Plus BC Sealer mediante dos técnicas.

**Metodología:** Treinta molares mandibulares fueron instrumentados y divididos en tres grupos: obturación con ola continua de calor utilizando el sellador AH Plus (Grupo 1) o el sellador AH Plus BC Sealer (Grupo 3), y técnica de cono único en frío utilizando el sellador AH Plus BC Sealer (Grupo 2). Se realizó un retratamiento con limas Reciproc R25. Se empleó tomografía microscópica computarizada para realizar escaneos de las muestras una vez realizada la obturación y posteriormente al retratamiento. El porcentaje de material de obturación restante tras el retratamiento se calculó en su totalidad y en los tercios coronal, medio y apical. Los datos se analizaron utilizando la prueba de ANOVA y con corrección post hoc de Bonferroni.

**Resultados:** El porcentaje de remanentes de material de obturación del conducto radicular no fue significativamente afectado por el sellador y la técnica utilizada ( $p > 0,05$ ). El BC Sealer obturado con técnica de cono único en frío mostró mayor cantidad de obturación remanente en el tercio medio del conducto ( $p < 0,05$ ).

**Conclusiones:** Ningún sistema logró una remoción total de los materiales de obturación de los conductos radiculares. No se observó una diferencia significativa en los remanentes de obturación en los conductos radiculares obturados con AH Plus y AH Plus BC Sealer con diferentes técnicas.

**Palabras clave:** *Cemento de silicato de calcio; Cementos biocerámicos; Cemento a base de resina epoxi; Retratamiento; Micro-CT.*



## Abstract

**Objective:** Comparing the volume of residual filling material after retreatment of roots obturated with AH Plus and AH Plus BC Sealer using two techniques.

**Materials and Methods:** Thirty mandibular molars were prepared and separated into three groups: warm vertical compaction using AH Plus sealer (Group 1) and AH Plus BC Sealer (Group 3), and cold single-cone technique using AH Plus BC Sealer (Group 2). The procedure of retreatment was conducted utilizing Reciproc R25 files. Micro-CT was employed to capture scans of the samples post-obturation and post-retreatment. The percentage of filling material that remained after retreatment was calculated for the entire sample as well as for the coronal, middle, and apical thirds. Data were analyzed using ANOVA test with Bonferroni post hoc correction.

**Results:** The percentage of root canal filling remnants was not significantly affected by the sealer and technique used ( $p > 0.05$ ). BC Sealer obturated with the cold The middle third of the canal exhibited a greater quantity of remaining filling material when the single-cone technique was utilized ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** No system was able to completely remove root filling materials from the root canal systems. There was no significant difference observed in the filling remnants in root canals obturated with AH Plus and AH Plus BC Sealer using different techniques.

**Key words:** *Calcium silicate cement; Bioceramic cements; Epoxy resin-based cement; Retreatment; Micro-CT.*



# Índice

Siglas y abreviaturas .....	9
Índice de Tablas .....	11
Índice de Ilustraciones.....	13
Índice de Gráficos .....	15
Introducción.....	17
<i>Materiales de obturación</i> .....	18
Gutapercha.....	18
Cementos.....	20
Cementos a base de resina.....	21
Cementos a base de silicato de calcio .....	22
<i>Técnicas de obturación</i> .....	25
<i>Sistema reciprocante para retratamiento no quirúrgico</i> .....	28
<i>Técnicas de evaluación de retratamiento: Micro – CT, CBCT, microscopía Confocal y microscopía óptica</i> .....	29
Justificación .....	31
Objetivos.....	33
<i>Objetivo primario</i> .....	33
<i>Objetivos secundarios</i> .....	33
Metodología .....	35
<i>Selección de la muestra</i> .....	35
Criterios de inclusión .....	35
Criterios de exclusión .....	35
<i>Preparación y estandarización de las muestras</i> .....	35
<i>División de la muestra en grupos mediante estratificación</i> .....	37
<i>Evaluación con Micro-CT</i> .....	38
<i>Retratamiento de conductos</i> .....	38
<i>Segunda evaluación: Micro-CT</i> .....	39
<i>Análisis estadísticos</i> .....	39
Resultados.....	41
<i>Porcentaje de remanentes de material de obturación del conducto radicular</i> .....	41
<i>Permeabilidad apical y longitud de trabajo</i> .....	43
<i>Tiempo de retratamiento</i> .....	44
Discusión de la metodología .....	45
<i>Selección de la muestra</i> .....	45
<i>Métodos de evaluación</i> .....	46
<i>Técnicas de obturación</i> .....	47

<i>Elección de cementos</i> .....	48
<i>Retratamiento no quirúrgico</i> .....	49
<b>Discusión de resultados</b> .....	<b>51</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>55</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>57</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>67</b>

## Siglas y abreviaturas

<i>Abreviatura</i>	<i>Significado</i>
<b>BC</b>	Biocerámico
<b>CBCT</b>	Tomografía Computarizada de Haz Cónico
<b>GP</b>	Gutapercha
<b>LT</b>	Longitud de trabajo
<b>μCT</b>	Tomografía micro-computarizada
<b>SEM</b>	Microscopio electrónico de barrido
<b>UAI</b>	Irrigación Ultrasónica Asistida



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Requisitos de Grossman para un material idóneo de obturación del conducto radicular (Grossman, 1958).....	21
<b>Tabla 2.</b> Clasificación en función del uso de los cementos biocerámicos .....	23
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de cementos hidráulicos en función de la química (Drukteinis and Camilleri, 2020). .....	24
<b>Tabla 4.</b> Test de ANOVA. Evaluación de la diferencia entre tres técnicas con respecto a % de volumen de sellador remanente.....	41
<b>Tabla 5.</b> Corrección de Bonferroni.....	42
<b>Tabla 6.</b> Tabla de contingencia sobre capacidad de recuperación de la permeabilidad apical. ....	43
<b>Tabla 7.</b> Tabla de contingencia sobre capacidad de restablecer la LT.....	43
<b>Tabla 8.</b> Test de ANOVA. Evaluación de la diferencia entre tres técnicas con respecto al tiempo total del retratamiento. ....	44
<b>Tabla 9.</b> Corrección de Bonferroni.....	44



## Índice de Ilustraciones

<b>Figura 1.</b> Raíces mesiales de primeros molares mandibulares .....	35
<b>Figura 2.</b> Instrumentación rotatoria con limas RaceEvo (FKG Dentaire, Suiza). .....	36
<b>Figura 3.</b> Z-Activator con punta silver (Zarc4endo, Gijón, España). .....	36



## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 1.</b> De tipo Nube con lluvia. Relación estadística entre V [%] y técnica utilizada.....	41
<b>Gráfico 2.</b> De tipo Nube con lluvia. Relación estadística entre V [mm3] remanente en tercio medio y técnica utilizada. ....	42
<b>Gráfico 3.</b> de tipo Nube con lluvia. Relación estadística entre Técnica y T [min] total de retratamiento. ....	44



## Introducción

El tratamiento de conductos radiculares comprende una serie de procedimientos diseñados para preservar o recuperar la salud de los tejidos perirradiculares (Siqueira, 2001). Para conseguir este objetivo, el conducto radicular debe desbridarse siguiendo pasos mecánicos específicos: la conformación, la desinfección del sistema de conductos radiculares y el sellado tridimensional del mismo (Löst, 2006).

Según la literatura disponible, el tratamiento endodóntico tiene una alta predictibilidad, y el éxito del tratamiento primario oscila entre el 86% y el 98% (Kang *et al.*, 2015; Oltra *et al.*, 2017; Al-Dahman and Al-Omari, 2021; Rajda, Mileti and Barši, 2021). La persistencia o aparición de signos y síntomas después del tratamiento primario pueden plantear la necesidad de un retratamiento endodóntico (Martins *et al.*, 2017a), de hecho, la evidencia científica respalda la idea de que la mayoría de los fracasos en la terapia endodóntica son causados por microorganismos involucrados en infecciones tanto intraradiculares como extraradiculares. Las principales causas de fracaso en los tratamientos endodónticos son el control inadecuado de la asepsia y la omisión de conductos; una instrumentación inadecuada; los errores y las complicaciones durante el tratamiento como perforaciones, instrumentos separados, obturaciones sub o sobreextendidas; y microfiltraciones de las restauraciones temporales o definitivas (Siqueira, 2001; Oltra *et al.*, 2017).

Según el Glosario de Terminología Contemporánea para Endodoncia recopilada por la Asociación Americana de Endodoncia (American Association of Endodontists, 2015), el retratamiento puede definirse como sigue:

*“Un procedimiento para eliminar los materiales de relleno del conducto radicular, revisar la forma y obturación de conductos, generalmente realizada porque el tratamiento original parece inadecuado o ha fracasado, o porque el conducto radicular se ha contaminado por una exposición prolongada al entorno oral”.*

En cuanto a los objetivos, no hay diferencia entre el tratamiento inicial y el retratamiento. En ambos casos, las bacterias deben ser eliminadas del sistema de conductos mediante la conformación del conducto, la limpieza del mismo, la obturación y el sellado del espacio endodóntico (Ruddle, 1998). Según un artículo de revisión publicado, la tasa de éxito del retratamiento endodóntico es del 78%, lo que es inferior a la tasa de éxito del tratamiento endodóntico primario anteriormente comunicada (Rajda, Mileti and Barši, 2021). La explicación se puede atribuir al hecho de que el retratamiento

adecuado puede ser un reto y no siempre es posible eliminar por completo la obturación del conducto radicular existente (Figdor, 2002). Un problema potencial es que los restos pueden funcionar como una barrera mecánica entre la solución de irrigación y los microbios que residen en zonas de difícil acceso, como los túbulos dentinarios, los canales laterales y los istmos, lo que podría explicar la menor tasa de éxito del retratamiento endodóntico (Prada *et al.*, 2019). Además, el material residual puede afectar negativamente a la adhesión de la nueva obturación del conducto radicular a la dentina, lo que también puede conducir al fracaso (Siqueira, 2001). Por lo tanto, uno de los objetivos del retratamiento debe ser tratar de eliminar la mayor cantidad de material de relleno posible, para permitir el acceso de los irrigantes y materiales de obturación al sistema de conductos por completo.

## **Materiales de obturación**

La obturación completa y hermética en todas las dimensiones del sistema de conductos radiculares es la última parte fundamental del conjunto de acciones en el tratamiento endodóntico (Vishwanath and Rao, 2019). Anteriormente, los conductos radiculares se rellenaban con amalgama, amianto, bálsamo, bambú, cemento, cobre, láminas de oro, hierro, plomo, cloruro de óxido de zinc, parafina, pastas, yeso de París, resina, caucho, puntas de plata, láminas de estaño, etc. (Prakash *et al.*, no date). De todos estos materiales probados, ninguno cumplía los requisitos de un material de obturación adecuado. La búsqueda de un material óptimo para la obturación del conductos terminó con el descubrimiento de la "gutapercha" (Prakash *et al.*, no date).

Durante un extenso período de tiempo, la gutapercha ha prevalecido como el material preferido y ampliamente utilizado para la obturación de los conductos radiculares en los tratamientos endodónticos, ya que posee numerosas características positivas, tales como su capacidad de ser compatible biológicamente, su estabilidad dimensional, su flexibilidad, su facilidad para colocar y extraer, así como su visibilidad en radiografías (Dilip Belsare *et al.*, 2015).

## **Gutapercha**

La gutapercha (del malayo getah: 'savia' y pertja: 'árbol') se origina a partir de la resina que se extrae del árbol *Isonandra Guta*, que pertenece a la familia Sapotaceae (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2012). La historia de la gutapercha está marcada por su descubrimiento en Malasia, su introducción en la endodoncia en el siglo XIX y su evolución a lo largo de los años. La historia revela que la gutapercha ha sido utilizada para diversos propósitos desde el siglo XVII. Alrededor del año 1656, el científico británico John Tradescant introdujo la gutapercha en el continente europeo y le dio el nombre de "madera de mazer". A partir de ese momento, su uso se expandió rápidamente en la

fabricación de tapones de corcho, instrumentos quirúrgicos, selladores para tuberías, hilos, vestidos e incluso instrumentos musicales, etc. (Vishwanath and Rao, 2019).

Edwin Truman introdujo por primera vez la gutapercha en la odontología como material de obturación provisional. En 1847, Hill desarrolló "Hill's-stopping" un material de restauración, una mezcla de gutapercha blanqueada con carbonato de calcio y cuarzo. Sin embargo, no fue hasta 1867 cuando Bowman utilizó por primera vez la gutapercha para la obturación del conducto radicular (Dilip Belsare *et al.*, 2015). Desde entonces, las investigaciones sobre la gutapercha dental se han centrado principalmente en su compatibilidad con los tejidos vivos y sus propiedades de sellado.

Se ha estudiado que en la gutapercha se producen cambios dimensionales como resultado de la manipulación mecánica y térmica a la que puede estar sometida durante sus diversas aplicaciones clínicas en endodoncia (Schilder *et al.*, 1974). Esta característica se debe al hecho de que la gutapercha es una forma isomérica trans del poliisopreno, que es un tipo de caucho. La gutapercha existe en dos formas cristalinas diferentes, conocidas como  $\alpha$  y  $\beta$  (Goodman, Schilder and Aldrich, 1981; Combe, Cohen and Cummings, 2001).

La gutapercha en estado puro muestra rigidez a temperaturas normales (fase beta), adquiriendo flexibilidad a 25-30 °C, se ablanda a 60 °C y se derrite a 100 °C con una descomposición parcial (fase alfa) (Schilder *et al.*, no date). Es un compuesto hidrocarbonado soluble en cloroformo, eucaliptol, disulfuro de carbono, benceno y xileno. Cuando se expone a la luz y al aire, la gutapercha experimenta una oxidación degradativa, volviéndose quebradiza (Friedman *et al.*, 1977).

Las principales ventajas de la gutapercha en endodoncia incluyen su biocompatibilidad, buena capacidad de sellado, estabilidad a largo plazo, facilidad de manipulación, su facilidad de eliminación con calor y disolventes y su radiopacidad. Sin embargo, también presenta algunas desventajas significativas, como su falta de adherencia a la dentina y la contracción que experimenta al enfriarse (Castellucci, 2021). Actualmente, la gutapercha se considera el material más popular utilizado como núcleo para la obturación de conductos. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, la gutapercha por sí sola no puede sellar completamente el conducto. Por lo tanto, resulta necesario emplear un cemento para completar y ocupar las irregularidades y huecos que se encuentran entre el material utilizado como núcleo de obturación y las paredes del conducto.

## Cementos

Aparte de los materiales sólidos o semisólidos, los materiales utilizados para rellenar el conducto radicular pueden dividirse en selladores, cementos y pastas no endurecedoras, en función de su sistema de aplicación y características de endurecimiento en el conducto radicular (Castellucci, 2021).

Los selladores son cementos autoendurecibles cuando se utilizan junto con un material sólido o semisólido que sirve como cuerpo de la obturación. Las pastas (p.ej. hidróxido de calcio) se usan también para rellenar el conducto, pero, a diferencia de los otros, no endurecen y son fácilmente reabsorbibles. El uso de cementos y pastas, desde un punto de vista biológico, debería abolirse (Yusuf, 1982); desde un punto de vista práctico, sin embargo, esto es imposible, porque con el uso de un material sólido o semisólido solo, quedarían huecos inaceptables entre las paredes del conducto y el material de relleno (Ørstavik, 2005). Por ello, deben elegirse materiales y técnicas que conlleven los menores riesgos posibles para el paciente. Esto implica la elección de cementos - selladores que estén libres de componentes tóxicos y sean lo más inertes posible, además de poseer otras características ideales descritas por Grossman en 1958 (**Tabla 1**) (Grossman, 1958). Por lo tanto, a estos cementos se les confía la tarea de mejorar el sellado proporcionado por el material sólido o semisólido, y no la de rellenar el canal (Ørstavik, 2005).

Los selladores pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- A base de óxido de zinc y eugenol
- A base de hidróxido de calcio
- A base de ionómero de vidrio
- A base de resina
- A base de silicato de calcio
- A base de silicona (Tomson, Polycarpou and Tomson, 2014)

<b>Requisitos de Grossman para un material idóneo de obturación del conducto radicular</b>
Debe sellar herméticamente el conducto radicular.
No debe cambiar de volumen durante el fraguado.
Debe adherirse a la superficie del canal incluso cuando haya una ligera humedad.
Debe ser bien tolerado por el tejido periapical si se extruye más allá del ápice radicular.
Debe tener un buen manejo cuando se mezcla.
Debe introducirse fácilmente en el conducto radicular.
Debe dar al operador tiempo suficiente para realizar cualquier ajuste de la gutapercha o del cono de plata que pueda ser necesario antes del fraguado inicial del cemento.
Debería endurecerse de manera adecuada una vez colocado en el conducto.
No debe causar decoloración en la estructura dental.
Debe tener algún efecto bactericida o bacteriostático.

**Tabla 1.** Requisitos de Grossman para un material idóneo de obturación del conducto radicular (Grossman, 1958).

### **Cementos a base de resina**

Actualmente, los cementos más utilizados para el sellado del conducto radicular son los cementos a base de resina-epoxi (Ørstavik, 2005). Estos selladores se componen de una resina epoxi, que es un polímero termoestable, y un agente endurecedor. Cuando se mezclan estos componentes, se inicia una reacción química que permite que el cemento endurezca y se adhiera tanto a la superficie interna del conducto radicular como a la gutapercha (Castellucci, 2021).

La principal ventaja de los cementos de resina epoxi en endodoncia es su capacidad de proporcionar una unión fuerte y duradera entre la gutapercha y la estructura dental. Esto es esencial para garantizar una buena obturación de los conductos radiculares y prevenir la filtración bacteriana. Además, los cementos de resina epoxi suelen tener una baja solubilidad en agua, lo que contribuye a su estabilidad a largo plazo (Ørstavik, 2005; Parziale, Díaz-Flores García and Freire Mancebo, 2021).

Además, los cementos de resina epoxi exhiben una baja solubilidad en agua y otros fluidos orales. Esta propiedad es esencial para garantizar la estabilidad a largo plazo de la obturación, evitando la disolución o desintegración del material con el tiempo (Parziale, Díaz-Flores García and Freire Mancebo, 2021).

En cuanto al tiempo de fraguado, los cementos de resina epoxi tienen un tiempo de trabajo adecuado, lo que permite al odontólogo manipular y colocar el material antes de que se endurezca por completo. Esto facilita el proceso de aplicación y garantiza una colocación precisa de la gutapercha en los conductos radiculares (Parziale, Díaz-Flores García and Freire Mancebo, 2021).

Por último, estos cementos son radiopacos, lo que significa que son visibles en las radiografías dentales. Esto permite una evaluación y seguimiento precisos del tratamiento endodóntico al facilitar la visualización de la obturación en el conducto radicular (Parziale, Díaz-Flores García and Freire Mancebo, 2021).

### **AH Plus**

AH Plus es el ejemplo por excelencia de este grupo de cementos y, a diferencia de su predecesor, AH 26, no libera formaldehído. Tiene una capacidad de sellado superior, se adhiere a la dentina y es antimicrobiano. Si se extruye en los tejidos periapicales, AH Plus no se reabsorbe fácilmente y puede producir una respuesta inflamatoria; sin embargo, se tolera bien en pocas semanas (Tomson, Polycarpou and Tomson, 2014).

### **Cementos a base de silicato de calcio**

En esta última categoría se incluyen los selladores biocerámicos que se utilizan desde su introducción en 2007 y solamente en los últimos años han empezado a verse como una alternativa útil en endodoncia (Raghavendra S S , Jadhav GR, Gathani KM, 2017; Rajda, Miletic and Barši, 2021). La introducción de materiales hidráulicos modificados a base de silicato cálcico ha cambiado las normas y estrategias de la endodoncia (Drukteinis and Camilleri, 2020). Estos nuevos materiales y las técnicas desarrolladas para su uso en la práctica clínica se han investigado exhaustivamente en estudios *in vitro* e *in vivo* y han mostrado resultados similares o superiores en comparación con los materiales y técnicas convencionales (Drukteinis and Camilleri, 2020). Se han convertido en una alternativa al actual estándar de oro de las obturaciones del conducto radicular (Raghavendra S S, Jadhav GR, Gathani KM, 2017). No obstante, una década después, todavía se sabe muy poco sobre la capacidad de eliminar estos selladores en casos de retratamiento endodóntico no quirúrgico; sólo hay un número limitado de artículos que aportan dicha información (Al-Haddad and Aziz, 2016; Prüllage *et al.*, 2016).

Estos tipos de cementos surgen del interés suscitado por las propiedades hidráulicas del cemento Portland (MTA) (Camilleri, Sorrentino and Damidot, 2013). De hecho, tras haber sido ampliamente investigado en la industria de la construcción, se ha demostrado que éste mejora sus propiedades físicas en presencia de agua (Odler, 1998).

Los cementos hidráulicos disponibles en la práctica clínica ya no son simples mezclas de cemento Portland y del radiopacificador óxido de bismuto, mezclados con agua. Se han producido importantes modificaciones en los materiales, por lo que es necesaria una clasificación. Los cementos hidráulicos pueden clasificarse en función de su uso, como propuesto en la **Tabla 2** (Camilleri, 2020).

Localización	Uso específico
Intra-coronal	Materiales de recubrimiento pulpar
	Cementos endodónticos regenerativos
Intra-radicular	Selladores de conductos radiculares
	Cementos de obturación apical
	Cementos reparadores de perforaciones
Extra-radicular	Materiales de obturación radicular
	Cementos reparadores de perforaciones

**Tabla 2.** Clasificación en función del uso de los cementos biocerámicos

Existe cierta confusión sobre qué materiales pueden clasificarse como biocerámicos: biocerámico es la definición más amplia de todos los cementos hidráulicos de silicato cálcico (Camilleri, 2020). Sin embargo, el primer artículo que menciona los biocerámicos en endodoncia se refiere a BioAggregate (BioCeramix Inc, Vancouver, Canadá), esta terminología se refiere a un nuevo tipo de material a base de silicato tricálcico, lo que indica el cambio en el tipo de cemento y la ausencia de aluminio en su composición (De-Deus *et al.*, 2009; Camilleri, 2020). Podemos concluir que cuando hablamos de materiales biocerámicos nos referimos a una clase específica de materiales endodónticos que se componen principalmente de silicato tricálcico sintético y que no contienen aluminio (Donghui and Shuxin, 2006). Con este propósito, se ha realizado una clasificación más sólida basada en la química (**Tabla 3**) en la cual se describen cinco tipos de cementos hidráulicos de silicato de calcio (Camilleri, 2020).

Tipo	Cemento	Radiopacificador	Aditivos	Agua
1	Cemento Portland	Si / No	No	Si
2	Cemento Portland	Si	Si	Si
3	Cemento Portland	Si	Si	No
4	Silicato tricálcico / dicálcico	Si	Si	Si
5	Silicato tricálcico / dicálcico	Si	Si	No

**Tabla 3.** Clasificación de cementos hidráulicos en función de la química (Drukteinis and Camilleri, 2020).

En cuanto a las interacciones con los tejidos circundantes, podemos clasificar los cementos biocerámicos en:

- Bioinertes, ya que no interactúan con los sistemas biológicos.
- Bioactivos, ya que pueden sufrir interacciones interfaciales con el tejido circundante.
- Biodegradables, solubles o reabsorbibles, porque pueden ser sustituidos o incorporados a los tejidos (Camilleri, 2020; Drukteinis and Camilleri, 2020).

Los biocerámicos endodónticos no son sensibles a la humedad, pero sí a la contaminación sanguínea excesiva (Nekoofar, Stone and Dummer, 2010; Jefferies, 2014); son dimensionalmente estables y se expanden ligeramente al fraguar (Gandolfi *et al.*, 2009). Una vez fraguadas, son duras e insolubles. Gracias a la reacción de hidratación, que forma hidróxido de calcio, y la subsiguiente disociación en iones de calcio e hidroxilo (Richardson, 2008), los biocerámicos desarrollan un pH superior a 12 al fraguar. Durante la fase de fraguado, los materiales desarrollan propiedades antibacterianas, mientras que, cuando están completamente fraguados, son biocompatibles y bioactivos. La bioactividad se desarrolla cuando estos cementos, al entrar en contacto con los fluidos tisulares, liberan hidróxido de calcio, que interactúa con los fosfatos para formar hidroxiapatita (Richardson, 2008; Camilleri, Sorrentino and Damidot, 2013).

Tras la introducción de los selladores endodónticos bioactivos-hidráulicos se ha producido necesariamente un cambio conceptual, pasando de una obturación en la que el papel más importante lo desempeñaba el material sólido o semisólido, a un concepto de obturación basado principalmente en el sellador (Drukteinis and Camilleri, 2020).

En primer lugar, como el sellador bioactivo es altamente hidrófilo, aprovecha la humedad natural de los túbulos dentinarios, a diferencia de la mayoría de los demás selladores cuyo rendimiento se ve afectado por la humedad (Camilleri, 2020; Drukteinis and Camilleri, 2020). Esta propiedad confiere a los selladores bioactivos una ventaja significativa sobre los selladores tradicionales. Los selladores bioactivos no se contraen, sino que se expanden ligeramente, y, como anteriormente mencionado, son insolubles en los fluidos tisulares (Camilleri, 2020). De este modo se evitan los espacios entre el sellador y las paredes dentinarias y entre el sellador y el material sólido o semisólido (GP).

### **AH Plus Bioceramic Sealer**

AH Plus® Bioceramic Sealer es un sellador de conductos radiculares que cumple con la norma ISO 6876. Viene en una jeringa precargada, lo que elimina la necesidad de mezclar previamente, y su adhesión se logra absorbiendo la humedad del entorno del conducto radicular. El sellador puede utilizarse solo o en combinación con conos obturadores de gutapercha, material de gutapercha inyectada o conos maestros “core-carrier”.

### **Técnicas de obturación**

Cuando obturamos el sistema de conductos radicular es importante considerar que existe una discrepancia entre la forma redondeada del material utilizado (GP) y la forma ovalada que se encuentra más comúnmente en los conductos (Yee *et al.*, 1977). Esta discrepancia es probable que pueda generar problemas para obtener un relleno tridimensional del espacio endodóntico, por esta razón, durante los últimos años, se ha intentado perfeccionar la calidad de la obturación, de manera que pudiese disminuirse la filtración intraconducto, causada por la presencia de gaps y malas adaptaciones del material de relleno (Ainley, 1970). Aunque existen muchas técnicas posibles para obturar los conductos, podemos hacer una distinción de las más comúnmente empleadas.

Entre ellas se incluyen:

- Condensación lateral
- Condensación vertical (ola continua)
- Inyección termoplástica
- Termocompactación o compactación termomecánica
- Basada en el vástago
- Cono único.

La técnica de condensación lateral es una de las técnicas más utilizadas para la obturación del conducto radicular en endodoncia (Schafer and Olthoff, 2002; Whitworth, 2005). Consiste en compactar y condensar la gutapercha en el conducto radicular utilizando instrumentos específicos (Schafer and Olthoff, 2002). Después de la limpieza, desinfección y conformación del conducto radicular, se selecciona un cono de gutapercha (cono maestro) que se ajuste correctamente a la preparación apical y que muestre resistencia al ser retirado hacia el ápice (tug back). Una vez que se ha colocado una pequeña cantidad de cemento en el interior del conducto, se introduce el cono maestro de gutapercha en el conducto radicular hasta LT. Luego, se utiliza un instrumento de condensación lateral, espaciador, insertado en el conducto hasta que alcance 1 o 2 mm de la LT, para compactar y condensar la gutapercha contra las paredes del conducto. El conducto se rellena utilizando puntas accesorias de gutapercha, las cuales se compactan con la ayuda del mismo espaciador. El proceso de obturación se considera completo cuando el espaciador ya no se encuentra más allá del tercio coronal del conducto (Yared, Dagher and Machtou, 1997).

La técnica de obturación vertical caliente, originalmente introducida por Schilder en 1967, ha evolucionado en variantes conocidas como técnica de compactación de onda continua (Schilder and Hargreaves, 2006). La técnica permite una mayor adaptación de la gutapercha a las variaciones del conducto radicular, mejorando así el sellado del sistema de conductos (Schilder and Hargreaves, 2006; Camilleri, 2015). El calor ayuda a que la gutapercha fluya y se expanda en los espacios y acceda a las áreas de difícil acceso, lo que facilita la obturación completa (Camilleri, 2015).

Se inserta el cono principal de gutapercha en el conducto radicular hasta la LT adecuada y, mediante un instrumento de compactación caliente, se compacta la gutapercha dentro del conducto durante pocos segundos hasta llegar a 4 mm aproximadamente de la LT. Después de que la porción apical de la gutapercha se haya enfriado, se aplica calor nuevamente durante 1 segundo y luego se procede a separar y retirar el instrumento (Schilder and Hargreaves, 2006; Camilleri, 2015; Drukteinis and Camilleri, 2020). El espacio disponible en la región coronal puede ser ocupado utilizando una técnica de inyección de material termoplástico o mediante la introducción de un cono adicional junto con un sellador de cemento, que se compacta y se calienta mediante la aplicación de calor y presión vertical.

La inyección termoplástica es una técnica relativamente moderna donde se utiliza un material termoplástico que se inyecta en el conducto radicular previamente preparado. Este material, generalmente una resina termoplástica o un material a base de gutapercha termoplástica, se calienta a una temperatura específica hasta que se vuelve maleable y se puede inyectar fácilmente en el conducto mediante la punta de una pistola que alcanza aproximadamente 4 mm de la LT (Johnson and Bond, 1999).

En la técnica de termocompactación se utiliza un instrumento especial llamado condensador o pluggers que tiene una punta cónica o de forma similar a una lima Hedström. El condensador se introduce en el conducto radicular y se utiliza girando en sentido horario para compactar y plastificar la gutapercha. El condensador debe utilizarse junto con un contraángulo y un motor de baja velocidad y alto torque. Estos motores son capaces de generar suficiente calor por fricción al girar el condensador a una velocidad de al menos 8,000 a 15,000 revoluciones por minuto. El calor producido por la fricción del condensador contra la gutapercha hace que esta se vuelva maleable y se plastifique. A medida que el condensador gira y se compacta la gutapercha, esta se va adaptando tridimensionalmente al conducto radicular, llenando los espacios y asegurando un sellado adecuado. Es importante tener en cuenta que la termocompactación con condensador debe realizarse con el motor de baja velocidad girando en sentido horario debido a la forma y diseño del instrumento. Esto permite que el calor se genere de manera adecuada y que la gutapercha se plastifique de manera efectiva (McCullagh, 1997).

La “técnica de obturación con vástago” es un método que utiliza conos de gutapercha pre-montados y termoplásticos. Estos conos tienen un vástago de plástico recubiertos por gutapercha (Valli, Rafeek and Walker, no date; Schafer and Olthoff, 2002). El cono se coloca en un dispositivo de calentamiento específico; el horno se calienta a una temperatura controlada para calentar el vástago plástico del cono y una vez que el vástago está suficientemente caliente y maleable, se retira del horno y se inserta en el conducto radicular (Valli, Rafeek and Walker, no date). El vástago plástico del cono actúa como una guía para la inserción del cono de gutapercha pre-montado en la parte apical del conducto (Valli, Rafeek and Walker, no date).

La técnica de cono único en endodoncia es un método de obturación de conductos radiculares que utiliza un solo cono de gutapercha para sellar y rellenar el espacio del conducto después de la preparación y limpieza adecuada (Camilleri, 2017; Heran *et al.*, 2019). La técnica de cono único ofrece una obturación simple y eficiente del conducto radicular (Silva Almeida *et al.*, 2017). A diferencia de las técnicas de obturación condensada, en la técnica de cono único no se aplica presión longitudinal o lateral en las paredes del conducto pulpar (Heran *et al.*, 2019).

## **Sistema reciprocante para retratamiento no quirúrgico**

Independiente de la técnica de obturación empleada, en situaciones de fracaso en el tratamiento endodóntico, la eliminación de la gutapercha del interior radicular se lleva a cabo principalmente mediante el uso de limas rotatorias. Estas pueden ser accionadas en rotación continua y/o alternante.

El movimiento reciprocante en endodoncia fue introducido por el doctor Yared G., un destacado endodoncista de origen libanés que ha sido reconocido por su contribución al desarrollo de la técnica reciprocante en endodoncia (Yared, 2008).

En 2008, el Dr. Yared publicó un artículo científico en el *Journal of Endodontics* en el cual describió la técnica y los principios del movimiento reciprocante, que implica un movimiento de vaivén en lugar de un giro continuo de las limas endodónticas (Yared, 2008).

En contraste con los sistemas rotatorios convencionales, que giran continuamente en una dirección, los sistemas reciprocantes utilizan un movimiento oscilante o de vaivén, que consiste en una fase de avance en sentido horario seguida de una fase de retroceso en sentido antihorario. Esto permite que la lima se corte en una dirección y luego se retraiga parcialmente antes de continuar con el siguiente ciclo (Zuolo *et al.*, 2013). Esta acción oscilante ayuda a reducir la acumulación de tensiones en la lima y minimiza el riesgo de fractura (Pedullà *et al.*, 2013).

Dentro de los sistemas reciprocantes uno de los más empleados en endodoncia es el sistema Reciproc. Fue desarrollado por VDW (Vereinigte Dentalwerke), y consta de limas endodónticas diseñadas específicamente para este tipo de movimiento.

Las limas Reciproc R25 ofrecen varias ventajas en retratamientos endodónticos. Son parte de un sistema de un solo instrumento, lo que simplifica el proceso al utilizar una sola dirección de rotación. Esto reduce la complejidad y el tiempo requerido para el procedimiento, ya que no se necesitan múltiples limas para preparar el conducto radicular. Están fabricadas con una aleación de níquel-titanio con una alta flexibilidad y resistencia a la fractura, lo que les permite adaptarse a las curvaturas del conducto radicular sin romperse (De-Deus *et al.*, 2010). Además, tienen una buena eficiencia de corte, lo que acelera la eliminación del material de obturación antiguo. Estas limas también reducen el riesgo de transporte radicular y ofrecen mayor seguridad para el paciente al disminuir la posibilidad de errores técnicos y fractura de la lima (Rödig *et al.*, 2014a).

## **Técnicas de evaluación de retratamiento: Micro – CT, CBCT, microscopía Confocal y microscopía óptica**

En la práctica clínica, la completa remoción del material intraconducto es un aspecto crucial para el éxito del tratamiento endodóntico. Si bien es difícil alcanzar la eliminación total de la obturación, resulta fundamental reducir al mínimo posible la cantidad de restos remanentes. En la práctica clínica diaria, la comprobación de la remoción del material intraconducto se realiza típicamente mediante radiografías periapicales (bidimensionales). Sin embargo, es importante tener en cuenta que la anatomía del sistema de conductos radiculares es mucho más compleja de lo que se puede apreciar en las radiografías convencionales (Von Arx, 2005). Para una visualización más precisa y detallada de la anatomía interna, se requiere el uso de dispositivos de alta resolución espacial. Estos equipos avanzados, como la  $\mu$ CT, generan imágenes tridimensionales que reflejan con mayor precisión la morfología del conducto radicular. Específicamente, al utilizar la CBCT y la  $\mu$ CT, es posible obtener imágenes en secciones desde varios planos, lo que permite la creación de representaciones tridimensionales de los dientes (Hammad, Qualtrough and Silikas, 2008).

La  $\mu$ CT proporciona una visualización tridimensional de todo el sistema de conductos radiculares sin necesidad de destruir el diente y pueden analizar subjetivamente los restos de obturación con un sesgo mínimo del operador (Hassanloo *et al.*, 2007; Rossi-Fedele and Ahmed, 2017). Tiene la gran ventaja de producir resoluciones ultra altas y pueden obtenerse secciones muy finas, desafortunadamente, esto implica dosis de radiación extremadamente elevadas que no son compatibles con el organismo humano (Roggendorf *et al.*, 2010). La combinación de  $\mu$ CT, que ofrece imágenes tridimensionales detalladas, junto con software adecuado, permite cuantificar con precisión y visualizar en tres dimensiones áreas de interés dentro del lumen del conducto y la estructura radicular. Estas áreas pueden incluir el volumen de dentina removida durante la limpieza y conformación (Jung, Lommel and Klimek, no date; Hammad, Qualtrough and Silikas, 2008), la presencia de espacios vacíos dentro de las obturaciones radiculares (Hammad, Qualtrough and Silikas, 2008) o los residuos de obturación después del retratamiento (Barletta *et al.*, 2008). En el presente estudio, las imágenes de  $\mu$ CT permitieron una clara distinción entre la dentina, el sellador y la gutapercha, y revelaron de manera precisa los residuos de sellador en la pared del conducto después del retratamiento.

Por otro lado, la CBCT puede utilizarse para evaluar la morfología del conducto radicular de los dientes cuando se utiliza con un campo de visión (FOV) adecuadamente pequeño y un tamaño de vóxel pequeño. A pesar de que su resolución de imagen es inferior comparada con la  $\mu$ CT, este

método de evaluación se puede realizar sobre pacientes, lo que ayuda al clínico en su práctica diaria (Scarfe *et al.*, 2009).

La microscopía Confocal se considera otra técnica útil para evaluar de manera efectiva la extensión de la penetración del sellador y su posterior retratabilidad (Kim *et al.*, 2015). Es una técnica de imagen utilizada en ciencias biológicas y otros campos para obtener imágenes tridimensionales de alta resolución de muestras (White, Amos and Fordham, 1987). En un microscopio confocal, se utiliza un láser para iluminar la muestra y se recopilan los fotones emitidos por la muestra mediante un detector confocal (Chandra, Shankar and Indira, 2012). A diferencia de la microscopía convencional, que captura imágenes en un solo plano focal, la microscopía confocal utiliza un sistema de detección óptica para eliminar la luz no deseada fuera del plano focal deseado (White, Amos and Fordham, 1987). Este método de evaluación permite obtener imágenes nítidas y detalladas en diferentes profundidades de la muestra, lo que facilita la visualización de estructuras internas y la creación de imágenes tridimensionales (White, Amos and Fordham, 1987; Chandra, Shankar and Indira, 2012).

En la literatura se describe también otro método de evaluación del retratamiento en endodoncia: el de la microscopía óptica (Donnermeyer *et al.*, 2018). Se dividen las muestras longitudinalmente en dos mitades y sucesivamente se observan al SEM. La mayor desventaja, es que evidentemente se trata de métodos destructivos, por lo cual, a la hora de analizar los resultados, estos se podrían ver afectados por la alteración causada a los tejidos dentales o a la obturación presente en los conductos (Al-Dahman and Al-Omari, 2021).

## **Justificación**

Las bacterias recién formadas o restablecidas después del tratamiento y obturación del conducto radicular pueden causar inflamación periapical. El objetivo del retratamiento no quirúrgico es eliminar estas bacterias y crear un ambiente propicio para la curación. Para lograr una desinfección química adecuada del conducto radicular, es necesario eliminar el material de obturación presente en el conducto. Los nuevos selladores endodónticos a base de silicato de calcio, que se sabe tienen efecto antibacteriano y buena biocompatibilidad, plantean dudas sobre su remoción en casos de retratamiento. Además estos cementos fraguan formando hidroxiapatita, generando una unión física con la dentina, lo cual hace que la remoción completa del material pueda ser distinta a los cementos de resina.



## **Objetivos**

### **Objetivo primario**

Comparar el volumen de material de obturación residual tras el retratamiento de raíces obturadas con los cementos selladores AH Plus y AH Plus BC Sealer mediante diferentes técnicas.

### **Objetivos secundarios**

Valorar la capacidad de restablecer la longitud de trabajo y obtener permeabilidad apical de los dientes obturados con AH Plus y AH Plus BC Sealer.

Analizar el tiempo de retratamiento de los dientes obturados con AH Plus y AH Plus BC Sealer.



## Metodología

### *Selección de la muestra*

Tras la aprobación del Comité Ético Institucional de la Universidad Europea de Madrid, 30 primeros molares mandibulares humanos permanentes extraídos fueron seleccionados para este estudio.

Los dientes, conservados en timol al 1%, se examinaron con un microscopio óptico (Flexion Basic, CJ-Optik, IPG Dental) para su recopilación.

### Criterios de inclusión

- Raíces mesiales con dos conductos independientes (Vertucci tipo IV) (Vertucci *et al.*, 1984)
- Dientes con longitud  $\leq 17$  mm

### Criterios de exclusión

- Dientes con tratamiento endodóntico
- Dientes calcificados
- Dientes con reabsorciones radiculares
- Dientes fisurados/fracturados



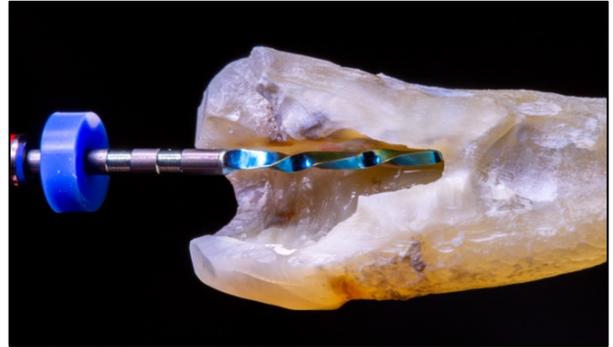
**Figura 1.** Raíces mesiales de primeros molares mandibulares

### *Preparación y estandarización de las muestras*

Los procedimientos de preparación, obturación y remoción del material de obturación se realizaron por el mismo operador y siempre mediante el uso de microscopio óptico (Flexion Basic, CJ-Optik, IPG Dental). Se seleccionaron 30 raíces mesiales de molares mandibulares humanos con curvatura entre 20 y 40 grados. Para que este último fuese determinado con éxito, se utilizaron imágenes de CBCT y se analizaron mediante un software específico (Horos v3.3.1) (Estrela *et al.*, 2008).

Inicialmente, las raíces mesiales de todas las muestras se seccionaron con fresa de diamante FG 6801 (Komet). Se obtuvo una longitud radicular uniforme de 15 mm para todos los dientes.

Los conductos fueron conformados con el sistema Race Evo (FKG Dentaire, Suiza) siguiendo la secuencia propuesta por las instrucciones del fabricante: R1 15.04 y R2 25.04 (1000 rpm; 1,5 N-cm). Se utilizó el dispositivo Rooter X3000 de FKG (FKG Dentaire, Suiza). En cada inserción, se confirmó la permeabilidad utilizando una lima K #10. Se irrigó con 2,5 mL de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,25% entre cada lima con una jeringa Monoject 27G (Tyco/Kendall) a 2 mm de LT; se permeabilizaron con un instrumento K #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) hasta que su punta fue visible en el foramen apical. La LT se determinó como 0,5 mm menos de esta medida.



**Figura 2.** Instrumentación rotatoria con limas RaceEvo (FKG Dentaire, Suiza).

El procedimiento de irrigación final incluyó el uso de 2,5 mL de NaOCl al 5,25%, 1 mL de solución de EDTA 17% y 2,5 mL de NaOCl 5,25%, activando mediante UAI con Z-Activator (Zarc4endo, Gijón, España), a una frecuencia de 45 kHz, utilizando la punta *Z Silver* (**Figura 1**) a 2mm de la LT por 30 segundos cada ciclo de activación.

Después de secar las paredes del canal radicular con puntas de papel 25.04 (Kerr Dental, Suiza), se seleccionaron conos Autofit del 4% (Kerr Endodontics) calibrados a #30.



**Figura 3.** Z-Activator con punta silver (Zarc4endo, Gijón, España).

### ***División de la muestra en grupos mediante estratificación***

Las muestras se distribuyeron en distintos grupos experimentales en función de la técnica de obturación empleada. De los treinta molares, el grupo 1 ( $n=10$ ) se obturó con AH Plus y técnica de ola continua de calor, el grupo 2 ( $n=10$ ) se obturó con AH Plus BC Sealer y técnica de cono único en frío y el grupo 3 ( $n=10$ ) con AH Plus BC Sealer y técnica de ola continua de calor.

**Grupo 1:** AHOC

**Grupo 2:** BCCO

**Grupo 3:** BCOC

Se dividieron las muestras mediante muestreo estratificado en los tres grupos según el grado de curvatura.

### ***Obturación***

Una vez comprobado y calibrado el cono adecuado para cada conducto con una guillotina (Woodpecker), empezamos el proceso de obturación, diferente para cada grupo. Para el primer grupo un cono Autofit 0,4% se recubrió con sellador AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) y se colocó a la longitud adecuada. El conducto radicular se obturó mediante la técnica de ola continua, realizando un downpack inicial para formar un tapón apical de 4 mm y un sucesivo backfill para rellenar los tercios medios y coronales. Utilizamos el Z-Down (Zarc, Madrid, España) a 200° con la punta pequeña (negra) 40/025 aplicando calor durante 4 segundos; compactamos sucesivamente en frío el tapón apical con un plugger fino #1 de punta roja (Buchanan). Para el backfill calentamos a 180° la pistola SuperEndo Beta mini (B&L Biotech, Fairfax, VA, USA) y con la punta 23G inyectamos la gutapercha calentada en un paso, compactándola sucesivamente en frío con un plugger 40.03 (Buchanan) en la entrada de cada conducto. Se verificó mediante radiografías que hubiese una obturación homogénea y a la LT establecida.

En el grupo 2, utilizamos la técnica de cono único en frío. Colocamos la punta (24 G) de la jeringa suministrada por el fabricante, que contiene el cemento biocerámico premezclado, en el interior del conducto. Inyectamos el cemento hasta que sea visible desde la entrada del canal e introducimos el cono de gutapercha Autofit 4% en el conducto hasta LT con ligera presión. Cortamos y retiramos la porción del cono coronal a la entrada del conducto con el Z-Down calentado a 250° y la punta grande (azul) 60.06 del mismo sistema.

Finalmente, obturamos el tercer grupo mediante la técnica de ola continua de calor utilizando cemento biocerámico AH Plus BC Sealer. Realizamos los mismos pasos realizados en el grupo 1, empleando esta vez el cemento biocerámico, inyectado directamente en el interior del conducto.

Todas las cavidades se sellaron con bolas de teflón y material de obturación provisional (Cavit-G, ESPE-Premier, Norristown, PA, USA). A continuación, las muestras se almacenaron en una cámara humidificada (100% de humedad y 37°C) durante 2 semanas para permitir que los selladores fraguaran.

### ***Evaluación con Micro-CT***

Se utilizó  $\mu$ CT (XT-H-160; Nikon, Leuven, Bélgica) para escanear las muestras en los siguientes dos momentos: (1) después de la obturación radicular y (2) después del retratamiento con Reciproc R25. El dispositivo  $\mu$ CT se configuró con los mismos parámetros para cada una de las dos exploraciones: 90 kV, 200  $\mu$ A, filtro de cobre de 0,1 mm de grosor, tamaño de vóxel isotrópico de 15  $\mu$ m.

### ***Retratamiento de conductos***

Para el retratamiento, se utilizó inicialmente un dispositivo ultrasónico con una punta ultrasónica Start-X3 para reblandecer la gutapercha más coronal. Sucesivamente, para eliminar los materiales de obturación de los canales, se instrumentaron los canales mesiales con la lima de retratamiento R25 de Reciproc (VDW, Múnich, Alemania).

El instrumento se desplazó hacia abajo en dirección al ápice mediante un movimiento de inserción y retracción con una amplitud de aproximadamente 3 mm, aplicando una suave presión hacia abajo mientras se realiza un movimiento de cepillado contra las paredes laterales del canal. Tras realizar tres movimientos, el instrumento fue extraído del conducto de manera cuidadosa y se procedió a su limpieza utilizando una gasa empapada en alcohol. Se llevó a cabo la repetición de este procedimiento hasta lograr que el instrumento alcanzara la longitud de trabajo deseada. Todos los procedimientos de retratamiento se realizaron bajo microscopio óptico. No se utilizó disolvente en ninguno de los grupos. En cada intercambio de instrumento, se realizó una irrigación constante de los conductos utilizando 2,5 mL de hipoclorito de sodio al 5,25%.

El retratamiento se consideró completo cuando no quedaban restos de gutapercha/sellador visibles en la superficie de los instrumentos y las paredes del conducto estaban lisas (Barrieshi-Nusair, 2002). Se determinó para cada conducto el tiempo necesario para retratarlo, la capacidad de alcanzar la LT

y la recuperación de la permeabilidad apical. La recuperación de la permeabilidad apical se comprobó utilizando una nueva lima K #10. La permeabilidad se definió como la visualización de la lima desde el ápice anatómico. El tiempo de trabajo necesario para retirar la gutapercha hasta alcanzar la LT original se registró como Tiempo 1. El tiempo necesario para conseguir una retirada satisfactoria de la gutapercha se registró como tiempo 2. El tiempo de trabajo total necesario para completar el procedimiento de retratamiento fue la suma de los tiempos 1 y 2.

### ***Segunda evaluación: Micro-CT***

Se utilizó  $\mu$ CT para escanear las raíces por segunda vez, utilizando los mismos ajustes que para el primer escaneado. Los materiales de obturación residuales se midieron en los tercios coronal, medio y apical. Se calculó el porcentaje de superficie de los materiales residuales utilizando la siguiente ecuación:

$$[\%] \text{ de material residual} = \frac{\text{Volumen de material residual despues del retratamiento}}{\text{Volumen de material de obturacion inicial}} \times 100$$

### ***Análisis estadísticos***

Se apuntaron todos los datos y se sometieron a análisis estadístico mediante el software Jasp (Jasp 0.17.2.1. Apple Silicon). Las evaluaciones se realizaron utilizando la prueba de ANOVA para determinar la diferencia entre variables, cuales el porcentaje [%] de Volumen de sellador remanente y el tiempo de retratamiento. El material de relleno residual medio se expresó como valores porcentuales del material de relleno total, previamente calculados en milímetros cúbicos.

También se realizaron tablas de contingencia para analizar la relación y asociación entre el cemento/técnica utilizada y la capacidad de restablecer tanto la longitud como la permeabilidad apical.

Por último, se midió el tiempo global, expresado en minutos, necesario para considerar la finalización del retratamiento de los conductos mediante un cronometro digital.



## Resultados

Los resultados estadísticos relativos a porcentaje de volumen de material residual, capacidad de restablecer la LT, capacidad de obtener permeabilidad apical y tiempo de retratamiento se describen a continuación.

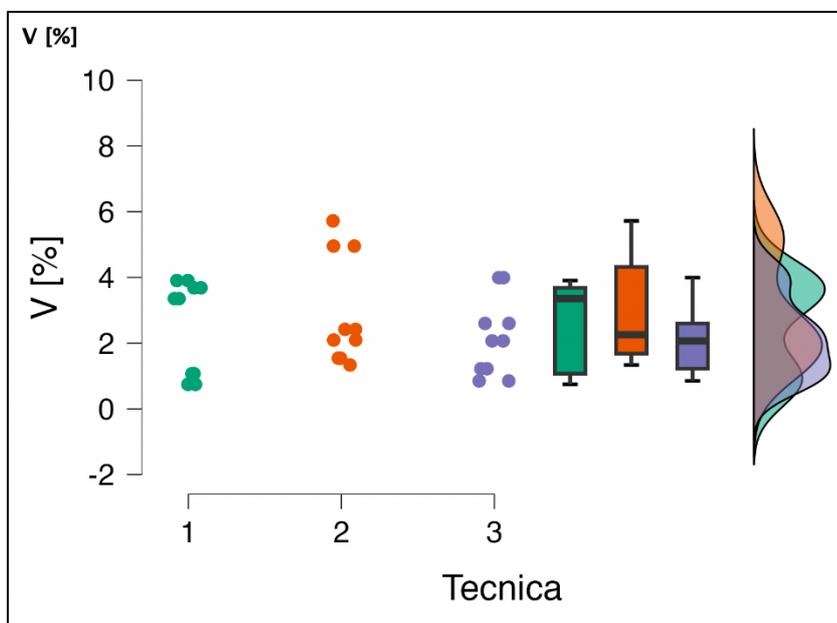
### *Porcentaje de remanentes de material de obturación del conducto radicular*

El análisis estadístico indicó que el porcentaje de remanentes de material de obturación del conducto radicular no fue significativamente afectado por el sellador y la técnica utilizada ( $p > 0,05$ ) (**Tabla 4**).

ANOVA - V [%]					
Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tecnica	2.901	2	1.450	0.712	0.500
Residuals	55.021	27	2.038		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

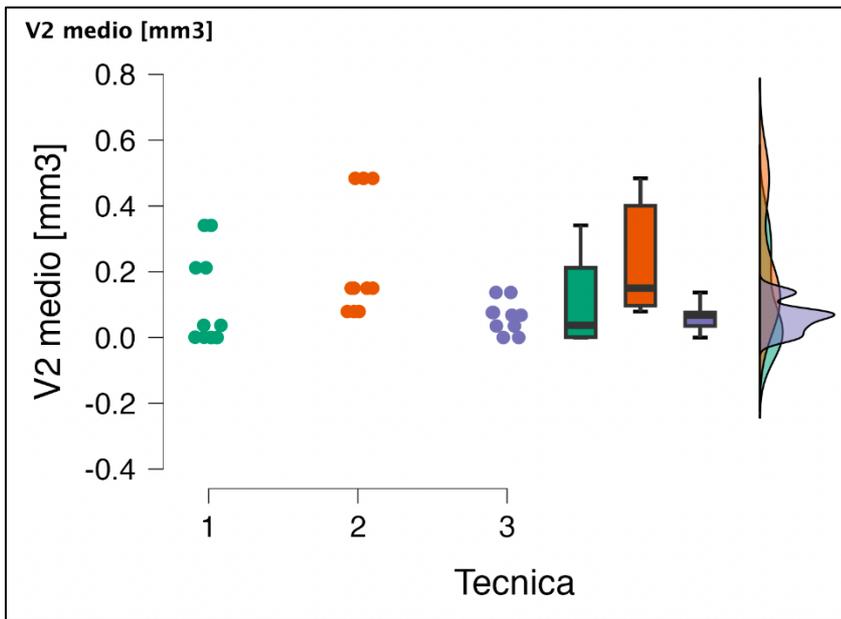
**Tabla 4.** Test de ANOVA. Evaluación de la diferencia entre tres técnicas con respecto a % de volumen de sellador remanente.



**Gráfico 1.** De tipo Nube con lluvia. Relación estadística entre V [%] y técnica utilizada.

En cuanto a la posición radicular, se observó que existía diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

Mediante la corrección de Bonferroni se analizó con más detalle que no hubo diferencia significativa entre las técnicas y cemento sellador en los tercios coronales y apicales ( $p > 0,05$ ). El BC Sealer obturado con técnica de cono único en frío mostró mayor cantidad de obturación remanente en el tercio medio del conducto ( $p < 0,05$ ).



**Gráfico 2.** De tipo Nube con lluvia. Relación estadística entre V [mm3] remanente en tercio medio y técnica utilizada.

Comparaciones Post-hoc - Técnica					
		Diferencia de Medias	ET	t	PBonf
1	2	-0.111	0.060	-1.830	0.235
	3	0.055	0.060	0.909	1.000
2	3	0.166	0.060	2.740	0.032

*Nota.* Valor p ajustado para comparar una familia de 3

**Tabla 5.** Corrección de Bonferroni.

## Permeabilidad apical y longitud de trabajo

La permeabilidad apical se pudo recuperar en el 80% de los casos en el grupo 1 y en el grupo 3 y en 70% en el grupo 2. No se observaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre las tres técnicas utilizadas ( $p > 0,05$ ) (Tabla 6).

Tablas de Contingencia								
Técnica		Permeabilidad		Total				
		No	Si		Valor	gl	p	
1	Recuentos	4.000	16.000	20.000	X <sup>2</sup>	1.154	2	0.562
	% dentro de la fila	20.000%	80.000%	100.000%				
2	Recuentos	6.000	14.000	20.000	N	60		
	% dentro de la fila	30.000%	70.000%	100.000%				
3	Recuentos	4.000	16.000	20.000				
	% dentro de la fila	20.000%	80.000%	100.000%				
Total	Recuentos	14.000	46.000	60.000				
	% dentro de la fila	23.333%	76.667%	100.000%				

**Tabla 6.** Tabla de contingencia sobre capacidad de recuperación de la permeabilidad apical.

Por otro lado, la LT se pudo restablecer en el 90% de los conductos en el grupo 1, en el 80% en el grupo 2 y en el 90% en el grupo 3. Tampoco hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos ( $p > 0,05$ ) (Tabla 7).

Tablas de Contingencia								
Técnica		LT		Total				
		No	Si		Valor	gl	p	
1	Recuentos	2.000	18.000	20.000	X <sup>2</sup>	0.745	2	0.689
	% dentro de la fila	10.000%	90.000%	100.000%				
2	Recuentos	4.000	16.000	20.000	N	60		
	% dentro de la fila	20.000%	80.000%	100.000%				
3	Recuentos	2.000	18.000	20.000				
	% dentro de la fila	10.000%	90.000%	100.000%				
Total	Recuentos	8.000	52.000	60.000				
	% dentro de la fila	13.333%	86.667%	100.000%				

**Tabla 7.** Tabla de contingencia sobre capacidad de restablecer la LT.

### Tiempo de retratamiento

El tiempo de retratamiento total se veía afectado significativamente por la técnica utilizada ( $p < 0,05$ ) (Tabla 8). Los análisis estadísticos mostrados en la Tabla 9 revelaron que los conductos obturados con AH Plus de resina epoxi y técnica termoplástica requerían más tiempo de retratamiento con respecto a los grupos 2 y 3, ambos obturados con cemento de silicato de calcio ( $pB < 0,05$ ). Además, a pesar de que no hubiese diferencia estadísticamente significativa entre los grupos 2 y 3 ( $pB > 0,05$ ), también se pudo observar un incremento en el tiempo cuando se empleó la técnica de ola continua en comparación con la técnica de cono único en frío.

ANOVA - T tot. (min)					
Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tecnica	253.200	2	126.600	9.333	< .001
Residuals	773.200	57	13.565		

Tabla 8. Test de ANOVA. Evaluación de la diferencia entre tres técnicas con respecto al tiempo total del retratamiento.

Comparaciones Post-hoc - Tecnica					
		Diferencia de Medias	ET	t	PBonf
1	2	4.500	1.165	3.864	< .001
	3	4.200	1.165	3.606	0.002
2	3	-0.300	1.165	-0.258	1.000

Tabla 9. Corrección de Bonferroni.

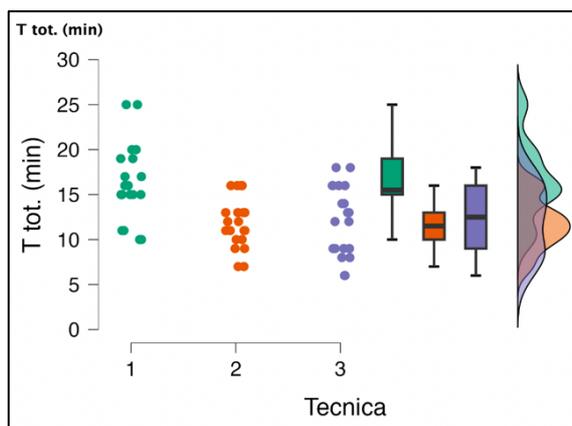


Gráfico 3. de tipo Nube con lluvia. Relación estadística entre Técnica y T [min] total de retratamiento.

## **Discusión de la metodología**

La aparición o persistencia de enfermedad periapical tras el tratamiento de conducto conlleva la necesidad de llevar a cabo el retratamiento endodóntico (Siqueira, 2001). Con el fin de restablecer un entorno propicio para la reparación y la curación, resulta necesario proceder a la remoción del material de obturación radicular presente en el sistema de conductos radiculares (Löst, 2006).

El objetivo principal de este estudio fue comparar el volumen de material de obturación residual tras el retratamiento de raíces obturadas con los cementos selladores AH Plus y AH Plus BC Sealer mediante dos técnicas. Secundariamente, se valoró la capacidad de restablecer la longitud de trabajo y obtener permeabilidad apical, analizando también el tiempo de retratamiento.

### ***Selección de la muestra***

Para la realización de este trabajo hemos optado por raíces mesiales de molares inferiores, ya que suele tener una anatomía interna variable en cuanto a número y forma de conductos. Gracias a sus características, los investigadores pueden simular situaciones clínicas reales y así evaluar la efectividad de diferentes técnicas y materiales durante la fase de obturación y/o retratamiento (Romeiro *et al.*, 2020).

Es importante tener en cuenta que el uso de raíces mesiales de molares inferiores en estudios *in vitro* es una elección común, pero no exclusiva. Efectivamente, la mayoría de esos estudios *in vitro* evaluaron la eficacia del retratamiento utilizando dientes con un solo conducto (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015; Kang *et al.*, 2015; Oltra *et al.*, 2017; Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019; Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021). Los resultados de esos estudios son difíciles de extrapolar al retratamiento clínico de dientes con múltiples raíces. Además, de acuerdo con la literatura, los fracasos en nuestros tratamientos están significativamente relacionados con la presencia de anatomías complejas (Von Arx, 2005).

Algunos autores también utilizaron dientes artificiales de resina (Nguyen *et al.*, 2019). En el presente estudio, se descartó esta posibilidad con el fin de lograr una reproducción más precisa de la realidad clínica, a pesar de que la estandarización de la muestra requiere mayor precisión. Además, se decidió utilizar dientes naturales debido a la presencia de cementos de silicato de calcio en la investigación. De hecho, los selladores biocerámicos reaccionan con la hidroxiapatita, la cual no puede estar presente en dientes artificiales.

## ***Métodos de evaluación***

Una de las opciones terapéuticas cuando el tratamiento primario fracasa es el retratamiento de conductos. Idealmente, se desea la eliminación completa del material de obturación residual, pero rara vez se consigue con cualquier técnica de retratamiento empleada hasta hoy. Esto se ha atribuido a la mayor penetración de los selladores en los túbulos dentinarios, lo que dificulta su completa remoción y también a la incapacidad de los instrumentos para abarcar todas las partes del sistema de conductos radiculares (Aksel *et al.*, 2019; Alsubait *et al.*, 2021). El retratamiento también da lugar a la formación de una capa de barrillo dentinario compuesta por restos y remanentes de gutapercha y sellador.

Con respecto a los métodos de evaluación descritos en la literatura para retratamientos, los utilizados fueron el uso de  $\mu$ CT (Oltra *et al.*, 2017; Aksel *et al.*, 2019; Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019; Kim *et al.*, 2019; Romeiro *et al.*, 2020; Alsubait *et al.*, 2021; Colmenar *et al.*, 2021; Crozeta *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2021; Rajda, Mileti and Barši, 2021), el CBCT (Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021), la microscopía Confocal (Kim *et al.*, 2015) y la microscopía óptica (Donnermeyer *et al.*, 2018).

En este estudio se decidió evaluar las muestras con  $\mu$ CT ya que este método permite un análisis tridimensional preciso y la cuantificación del material de obturación del conducto radicular remanente en diferentes etapas del experimento; esto nos permite un análisis secuencial en la misma muestra (Hammad, Qualtrough and Silikas, 2008).

La  $\mu$ CT ofrece varias ventajas sobre la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en el contexto de los estudios *in vitro* de retratamientos endodónticos: alta resolución espacial (Hammad, Qualtrough and Silikas, 2008), visualización tridimensional completa (Hammad, Qualtrough and Silikas, 2008; Roggendorf *et al.*, 2010) y mayor precisión cuantitativa (Rossi-Fedele and Ahmed, 2017; Almeida *et al.*, 2020; Volponi *et al.*, 2020).

La única desventaja es que tiene dosis de radiación extremadamente elevadas que no son compatibles con el organismo humano, lo que nos obliga a realizar el estudio sobre dientes humanos extraídos. En cambio, la CBCT, a pesar de que pueda utilizarse también para evaluar la morfología del conducto radicular, tiene una resolución de imagen inferior comparada con la  $\mu$ CT (Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021); en cambio, este método de evaluación se puede realizar sobre pacientes, lo que ayuda al clínico en su práctica diaria.

En un estudio también se ha utilizado la microscopía Confocal como método de evaluación (Kim *et al.*, 2015). Efectivamente, esta alternativa se ha establecido como un recurso de gran valor en el ámbito de la investigación, ya que permite realizar evaluaciones sin ocasionar daño a las muestras. Esta característica facilita la posibilidad de volver a examinar las muestras utilizando otros métodos como el SEM y la microscopía óptica (Gharib *et al.*, 2007). La técnica de microscopía confocal ha demostrado su utilidad en diversas áreas de investigación. Se puede utilizar para evaluar la penetración intratubular y analizar áreas específicas del diente y de los materiales intraconducto. También es útil para detectar la presencia de gaps y voids; no obstante, es importante tener en cuenta que esta técnica tiene una limitación, ya que no permite la evaluación de volúmenes completos. Esta es la razón por la cual se decidió descartar esta técnica como método de evaluación (Elliott, 2020).

Varios autores también han utilizado el método de microscopía óptica para el análisis de las muestras seccionadas longitudinalmente (Zuolo *et al.*, 2013; de Souza, 2015; Donnermeyer *et al.*, 2018). Este método, a pesar de que resulta ser más preciso con respecto a las evaluaciones realizadas con radiografías (De Carvalho Maciel and Zaccaro Scelza, 2006), tienen limitaciones específicas. Efectivamente, al ser un procedimiento destructivo, puede causar la pérdida de residuos (Ferreira, Rhodes and Pitt Ford, 2001), lo que puede llevar a una evaluación inexacta.

### ***Técnicas de obturación***

En la literatura se han empleado diversas técnicas para la obturación del sistema de conductos. Dos autores compararon la retratabilidad de un cemento de resina epoxi y de uno de silicato de calcio, ambos obturados con técnica de condensación lateral (Neelakantan, Grotra and Sharma, 2013; Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021).

En la mayoría de los casos, los cementos estudiados, tanto de resina como de silicato de calcio, se utilizaban con la técnica de cono único (Donnermeyer *et al.*, 2018; Aksel *et al.*, 2019; Romeiro *et al.*, 2020; Alsubait *et al.*, 2021; Crozeta *et al.*, 2021; Rajda, Mileti and Barši, 2021). A pesar de que esta metodología permite una buena estandarización del procedimiento, es importante considerar que la inserción de un cono único en frío junto con un cemento de resina no es recomendable (Heran *et al.*, 2019). De hecho, debido a la variación natural y a la forma abstracta del sistema de conductos radiculares, el uso de un solo cono, aunque esté diseñado para adaptarse a la preparación final del conducto, probablemente deje un espacio significativo para el sellador en comparación con una técnica compactada (Viapiana *et al.*, 2016; Heran *et al.*, 2019). Por lo tanto, las propiedades del sellador son aún más cruciales con este método de obturación. Es por esta razón que se ha sugerido

el uso del cono único en combinación con selladores de silicato de calcio hidráulico, ya que estos selladores se adhieren químicamente a la dentina (Viapiana *et al.*, 2016).

Por esta razón, en el presente estudio, hemos optado por utilizar técnicas termoplásticas cuando se empleaba un cemento de resina, con el fin de lograr un mejor sellado tridimensional del conducto radicular y poder representar de forma más consistente la que debería ser la realidad clínica. Este mismo procedimiento fue aplicado por otros autores, que, igual que el presente estudio, no estandarizaron las técnicas de obturación (Kim *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2021).

Con respecto a la técnica de ola continua, asociada al cemento AH Plus BC Sealer, se ha demostrado que los selladores a base de silicato de calcio hidráulico presentan un tiempo de fraguado reducido, mayor fluidez y un aumento del espesor de la película cuando se calientan, lo que teóricamente, en parte, no cumpliría con la norma ISO 6876:2012 (Heran *et al.*, 2019). Sin embargo, este cambio en las propiedades del sellador puede mejorar potencialmente la calidad de la obturación, ya que las normas ISO también respaldan un espesor mínimo de sellador para las técnicas de obturación estándar, donde la obturación está compuesta principalmente de gutapercha y no de sellador (Heran *et al.*, 2019). Razón por la cual se decidió obturar el tercer grupo mediante la técnica de ola continua aplicando calor al cemento de silicato de calcio. El mismo método fue empleado en dos estudios sobre el cemento de resina AH Plus y un cemento de silicato de calcio (Kim *et al.*, 2015; Oltra *et al.*, 2017).

### ***Elección de cementsos***

En los últimos años se ha producido un cambio de paradigma hacia el uso cada vez mayor de selladores biocerámicos en comparación con otros tipos de selladores (Al-Haddad and Aziz, 2016; Prüllage *et al.*, 2016; Zhekov and Stefanova, 2020). La formación de hidroxiapatita en la interfaz entre los selladores de base biocerámica y la dentina radicular puede presentar un desafío durante los procedimientos de retratamiento (Siboni *et al.*, 2017), ya que estos selladores tienen una notable capacidad de penetración en los túbulos dentinarios (Candeiro *et al.*, 2019). En la literatura revisada se ha descrito el uso de diferentes cementsos biocerámicos, entre ellos: EndoSequence BC Sealer (Kim *et al.*, 2015, 2019; Romeiro *et al.*, 2020), Bio Root (Donnermeyer *et al.*, 2018; Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019; Alsubait *et al.*, 2021; Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021), Total Fill BC Sealer (Kim *et al.*, 2019; Rajda, Mileti and Barši, 2021), MTA Fillapex (Donnermeyer *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019), Endo C.P.M. (Donnermeyer *et al.*, 2018) y EndoSeal MTA (Kim *et al.*, 2019).

Según nuestro conocimiento, el presente estudio constituye la primera evaluación de la capacidad de retratamiento del sellador AH Plus BC, habiendo salido al mercado en 2022. Atendiendo a las instrucciones del fabricante, este cemento se distingue de los demás por su rápido tiempo de fraguado, alta resistencia al aclarado y mayor radiopacidad que otros cementos del mercado. Además, todavía no se han hecho estudios sobre la capacidad de retratamiento de este tipo de cemento.

En este estudio, se eligió el sellador AH Plus a base de resina epoxi como estándar de referencia debido a su amplio uso en la mayoría de los estudios para compararlo con los selladores probados (Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021).

### ***Retratamiento no quirúrgico***

Durante el retratamiento endodóntico no quirúrgico, en la literatura se han empleado diversas técnicas para remover el material de obturación del conducto radicular. Las fresas Gates Glidden y los instrumentos manuales se utilizaban comúnmente antes por los clínicos, pero con el advenimiento de las limas de retratamiento de níquel titanio rotatorias y reciprocantes, su uso se ha vuelto menos popular en los últimos tiempos (Kakoura DDS and Pantelidou DDS, PhD, 2018; Mufti and Al-Nazhan, 2021). En la literatura se han utilizado distintos sistemas de retratamiento especialmente diseñados, como las limas de retratamiento ProTaper Universal (Alsubait *et al.*, 2021; Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021), las NeoEndo Retreatment (Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021) y las limas de retratamiento Mtwo (Donnermeyer *et al.*, 2018; Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019). Algunos de los artículos incluidos utilizaron limas rotatorias normales, como la lima rotatoria Profile (Kim *et al.*, 2015, 2019; Oltra *et al.*, 2017), las limas Vortex Blue (Oltra *et al.*, 2017), Reciproc y Reciproc Blue (Donnermeyer *et al.*, 2018; Romeiro *et al.*, 2020; Crozeta *et al.*, 2021; Rajda, Mileti and Barši, 2021), Race (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015), SkyTaper (Donnermeyer *et al.*, 2018), que han demostrado ser eficaces durante los procedimientos de retratamiento.

El movimiento reciprocante se aplica para aumentar la centralización de la preparación y reducir el riesgo de deformación de los conductos (Plotino *et al.*, 2012). Todos estos puntos están relacionados con el alivio de las tensiones de torsión y flexión que se producen durante el movimiento reciprocante (Plotino *et al.*, 2012). Los instrumentos con este movimiento han demostrado la capacidad de mantener el eje original de los conductos curvos durante la preparación (Berutti *et al.*, 2011). El sistema Reciproc ya ha sido evaluado y ha demostrado resultados positivos en procedimientos de retratamiento (De-Deus *et al.*, 2010; Nevares *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2017b; Donnermeyer *et al.*, 2018). Además, según varios estudios (Zuolo *et al.*, 2013), la técnica de instrumentación reciprocante

era más eficaz y rápida para eliminar el material de obturación comparado con la técnica de instrumentación de rotación continua. Por estas numerosas razones, en el presente estudio se eligieron los instrumentos Reciproc para el retratamiento del conducto radicular.

En varios artículos se ha descrito también el uso del cloroformo como disolvente del material de obturación (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015; Oltra *et al.*, 2017; Zhekov and Stefanova, 2020), no obstante, los clínicos deben tener cuidado con el uso de disolventes como el cloroformo debido a su toxicidad y potencial carcinogénico (Vajrabhaya *et al.*, 2004; Dotto *et al.*, 2021). Además, el uso de disolventes crearía una fina capa de gutapercha plastificada adherida a la pared del conducto radicular y sus irregularidades, lo que alargaría el tiempo de la operación y dificultaría el procedimiento de retratamiento (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015).

Por otro lado, se ha comprobado que los disolventes orgánicos no son efectivos para eliminar los selladores de los conductos radiculares (Martos *et al.*, 2006; Garrib and Camilleri, 2020). Por lo tanto, se adoptó un enfoque específico basado en el conocimiento de la composición química de los selladores y se decidió no utilizar el cloroformo o cualquier otro disolvente orgánico para este estudio.

## Discusión de resultados

Se han introducido nuevos materiales de obturación de conductos radiculares para mejorar la efectividad del tratamiento endodóntico; sin embargo, deben ser fácilmente removibles cuando se requiere un retratamiento. Se ha observado que estos selladores interactúan con la superficie de la dentina (Reyes-Carmona, Felipe and Felipe, 2009; Han and Okiji, 2011; Atmeh *et al.*, 2012) y se adhieren en cierta medida, lo que podría dificultar su eliminación de la pared del conducto radicular (Kaup *et al.*, 2015).

Según los resultados del presente estudio, ninguno de los materiales de obturación del conducto radicular se eliminó completamente de las paredes del conducto de ninguna de las muestras. Estos resultados concuerdan con los resultados de estudios anteriores, según los cuales la eliminación completa del material de obturación no puede lograrse mediante ningún método de retratamiento (Rödig *et al.*, 2014b; Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015; Oltra *et al.*, 2017; Romeiro *et al.*, 2020; Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021; Crozeta *et al.*, 2021).

Con respecto al volumen y porcentaje de material residual los resultados revisados en la literatura no fueron consistentes, ya que algunos informaron de una mayor facilidad de recuperación de los selladores de silicato de calcio (Donnermeyer *et al.*, 2018; Alsubait *et al.*, 2021; Rajda, Mileti and Barši, 2021), un número reducido de autores informó de una mayor facilidad de eliminación del AH plus (Kim *et al.*, 2019; Crozeta *et al.*, 2021).

La mayoría de las investigaciones, así como los resultados del presente trabajo, informaron de que no había diferencias en los restos remanentes (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015; Kim *et al.*, 2015, 2019; Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019; Romeiro *et al.*, 2020; Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021). La similitud en la adhesión y la capacidad de sellado podrían ser las razones para no encontrar ninguna diferencia significativa en la recuperación entre los selladores (Romeiro *et al.*, 2020; Jamleh *et al.*, 2022). Esto podría atribuirse a dos razones: la baja resistencia adhesiva de AH Plus BC Sealer a la dentina radicular y la cuestionable biomineralización de AH Plus BC Sealer.

Los resultados también mostraron una diferencia significativa en relación a la posición en el conducto radicular. De hecho, en el tercio medio, la técnica de cono único mostró una mayor cantidad de cemento (BC) en las paredes en comparación con los grupos 1 y 3. La razón podría ser que el Grupo 2 muestra una mayor cantidad de cemento en comparación con los dientes obturados con técnica termoplástica. Además, al ser un cemento a base de silicato de calcio, se espera que presente una

mayor fuerza de adhesión a la dentina radicular (Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019). Estos resultados no coinciden con varios autores, que observan una mayor cantidad de cemento el tercio apical (Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019). Un factor a tener en cuenta con respecto a la variabilidad en los resultados de estos porcentajes es la diferencia en la selección de las muestras utilizadas en la literatura, específicamente, el uso de dientes anteriores con una anatomía radicular más simple (Kim *et al.*, 2019).

Con respecto a la capacidad de restablecer la LT, los resultados mostraron que el porcentaje de éxito fue mayor en el grupo obturado con AH Plus y técnica de ola continua (90%), seguido del grupo obturado con cemento biocerámico y técnica termoplástica (80%) y finalmente del grupo 2 (70%), obturado con técnica de cono único y AH Plus BC Sealer.

Por otro lado, la permeabilidad apical se pudo restablecer mayoritariamente en el grupo 3 (80%), seguido por los grupos 1 y 2 en el mismo porcentaje (70%).

Estos resultados difieren de algunos estudios anteriores, donde se informó que tanto la permeabilidad como la LT se restablecieron en el 100% de los casos (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015; Kim *et al.*, 2015; Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, 2021). Una explicación plausible podría ser que esos estudios utilizaron dientes unirradiculares con conductos amplios y rectos, lo que facilitó la remoción del material dentro del conducto y la recuperación tanto de la LT como de la permeabilidad apical.

En relación con el aspecto temporal, es importante señalar que únicamente un reducido número de estudios encontrados en la literatura abordaron el análisis del tiempo requerido para el retratamiento, definiendo este parámetro como el intervalo de minutos necesarios para alcanzar la LT (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015; Donnermeyer *et al.*, 2018; Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019; Romeiro *et al.*, 2020; Alsubait *et al.*, 2021).

Se necesita tomar en cuenta que esta variable no es equivalente al tiempo total del retratamiento, razón por la cual en el presente estudio se decidió estudiar los minutos necesarios para terminar el procedimiento.

Los resultados mostraron una reducción de este parámetro en conductos previamente obturados con cemento biocerámico ( $p = 0,022$ ) y, a pesar de que no se haya encontrado diferencia estadísticamente significativa entre los grupos obturados con el AH Plus BC Sealer, se pudo observar un incremento en el tiempo cuando se empleó la técnica de ola continua.

Los resultados obtenidos coincidieron con los hallazgos del artículo de D. Donnermeyer, en el cual se resalta la notable mayor eficiencia en la eliminación de los cementos a base de silicato de calcio en comparación con los cementos de resina (Donnermeyer *et al.*, 2018).

Un único estudio obtuvo resultados concordes a la presente investigación (Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, 2019).

En contraste con dichas conclusiones, otros autores reportaron una mayor demanda de tiempo al realizar el retratamiento de conductos previamente obturados con cementos biocerámicos (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015; Romeiro *et al.*, 2020; Alsubait *et al.*, 2021). Dos de ellos (Romeiro *et al.*, 2020; Alsubait *et al.*, 2021) aplicaron la técnica de cono único en dientes uniradiculares para ambos cementos, lo cual podría justificar la menor duración requerida en alcanzar LT en los grupos obturados con AH Plus.

Hay que considerar también la relevancia clínica de estos estudios y tener en cuenta que en la práctica diaria no se debería emplear la técnica de cono único en frío cuando se utilizan cementos de resina epoxi (Castellucci, 2021).

En los resultados de Agrafioti y cols. también se destacó un aumento de tiempo cuando se utilizaban cementos a base de silicato de calcio (Agrafioti, Koursoumis and Kontakiotis, 2015), con la diferencia de que la investigación se llevó a cabo en diente anteriores, lo cual podría justificar la discrepancia en los resultados obtenidos.



## **Conclusiones**

Bajo las condiciones del presente estudio, Ningún sistema logró una remoción total de los materiales de obturación de los conductos radiculares. No se observó una diferencia significativa en los remanentes de obturación en los conductos radiculares obturados con AH Plus y AH Plus BC Sealer con diferentes técnicas.

Tampoco hubo disparidad significativa entre grupos con respecto a capacidad de restablecer la longitud de trabajo y obtener permeabilidad apical de los dientes obturados con AH Plus y AH Plus BC Sealer.

Con respecto al tiempo total de retratamiento, los resultados mostraron una reducción de este parámetro en conductos previamente obturados con cemento biocerámico.



## Bibliografía

1. Agrafioti, A., Koursoumis, A.D. and Kontakiotis, E.G. (2015) ‘Re-establishing apical patency after obturation with Gutta-percha and two novel calcium silicate-based sealers’, *European Journal of Dentistry*, 9(4), pp. 457–461. Available at: <https://doi.org/10.4103/1305-7456.172625>.
2. Ainley, J.E. (1970) *Fluorometric assay of the apical seal of root canal fillings*.
3. Aksel, H. *et al.* (2019) ‘Micro-CT evaluation of the removal of root fillings using the ProTaper Universal Retreatment system supplemented by the XP-Endo Finisher file’, *International Endodontic Journal*, 52(7), pp. 1070–1076. Available at: <https://doi.org/10.1111/iej.13094>.
4. Al-Dahman, Y. and Al-Omari, M. (2021) ‘Retreatability of bioceramic and GuttaFlow bioseal root canal sealers using ProTaper universal system retreatment files: An Ex vivo study’, *Saudi Endodontic Journal*, 11(1), pp. 42–48. Available at: [https://doi.org/10.4103/sej.sej\\_173\\_19](https://doi.org/10.4103/sej.sej_173_19).
5. Al-Haddad, A. and Aziz, Z.A.C.A. (2016) ‘Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review’, *International Journal of Biomaterials*, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1155/2016/9753210>.
6. Almeida, A. *et al.* (2020) ‘Micro-CT analysis of dentinal microcracks on root canals filled with a bioceramic sealer and retreated with reciprocating instruments’, *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71989-6>.
7. Alsubait, S. *et al.* (2021) ‘A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus’, *Australian Endodontic Journal*, 47(2), pp. 222–227. Available at: <https://doi.org/10.1111/aej.12456>.
8. American Association of Endodontists (2015) ‘Glossary of Endodontic Terms 2016’, *Glossary of Endodontic Terms*, 9, p. 43.
9. Von Arx, T. (2005) ‘Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery’, *International Endodontic Journal*, 38(3), pp. 160–168.
10. Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, C.AR. (2019) ‘Effect of different obturating techniques and sealers on the removal of filling materials during endodontic retreatment’, *Journal of Conservative Dentistry*, 22(6), pp. 578–82. Available at: [https://doi.org/10.4103/JCD.JCD\\_241\\_19](https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_241_19).

11. Atmeh, A.R. *et al.* (2012) ‘Dentin-cement interfacial interaction: Calcium silicates and polyalkenoates’, *Journal of Dental Research*, 91(5), pp. 454–459. Available at: <https://doi.org/10.1177/0022034512443068>.
12. Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, R.P. (2021) ‘Comparative evaluation of retreatability of bioceramic sealer (BioRoot RCS) and epoxy resin (AH Plus) sealer with two different retreatment files: An in vitro study’, *Journal of Conservative Dentistry*, 24(1), pp. 88–93. Available at: [https://doi.org/10.4103/jcd.jcd\\_657\\_20](https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_657_20).
13. Barletta, F.B. *et al.* (2008) ‘Computed tomography assessment of three techniques for removal of filling material’, *Australian Endodontic Journal*, 34(3), pp. 101–105. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2007.00088.x>.
14. Barrieshi-Nusair, K.M. (2002) *Gutta-percha Retreatment: Effectiveness of Nickel-Titanium Rotary Instruments Versus Stainless Steel Hand Files*.
15. Berutti, E. *et al.* (2011) ‘Effect of canal length and curvature on working length alteration with WaveOne reciprocating files’, *Journal of Endodontics*, 37(12), pp. 1687–1690. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.014>.
16. Camilleri, J. (2015) ‘Sealers and warm gutta-percha obturation techniques’, *Journal of Endodontics*, 41(1), pp. 72–78. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.007>.
17. Camilleri, J. (2017) ‘Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials?’, *Current Oral Health Reports*. Springer Science and Business Media B.V., pp. 228–238. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40496-017-0147-x>.
18. Camilleri, J. (2020) ‘Classification of Hydraulic Cements Used in Dentistry’, *Frontiers in Dental Medicine*, 1. Available at: <https://doi.org/10.3389/fdmed.2020.00009>.
19. Camilleri, J., Sorrentino, F. and Damidot, D. (2013) ‘Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus’, *Dental Materials*, 29(5), pp. 580–593. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.03.007>.
20. Candeiro, G.T. de M. *et al.* (2019) ‘Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals’, *Brazilian Oral Research*, 33, pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2019.VOL33.0049>.
21. De Carvalho Maciel, A.C. and Zaccaro Scelza, M.F. (2006) ‘Efficacy of automated versus hand instrumentation during root canal retreatment: An ex vivo study’, *International Endodontic Journal*, 39(10), pp. 779–784. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01148.x>.
22. Castellucci, A. (2021) *Endodonzia*. Milano: Edra S.p.A.

23. Chandra, S.S., Shankar, P. and Indira, R. (2012) 'Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: A confocal microscopic study', *Journal of Endodontics*, 38(10), pp. 1412–1416. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.05.017>.
24. Colmenar, D. *et al.* (2021) 'Micro ct pilot evaluation of removability of two endodontic sealers', *Journal of Oral Science*, 63(4), pp. 306–309. Available at: <https://doi.org/10.2334/josnurd.21-0196>.
25. Combe, E.C., Cohen, B.D. and Cummings, & K. (2001) *Alpha-and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling*, *International Endodontic Journal*.
26. Crozeta, B.M. *et al.* (2021) 'Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment', *Clinical Oral Investigations*, 25(3), pp. 891–899. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03376-4>.
27. De-Deus, G. *et al.* (2009) 'Optimal Cytocompatibility of a Bioceramic Nanoparticulate Cement in Primary Human Mesenchymal Cells', *Journal of Endodontics*, 35(10), pp. 1387–1390. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.022>.
28. De-Deus, G. *et al.* (2010) 'Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement', *International Endodontic Journal*, 43(12), pp. 1063–1068. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01756.x>.
29. Dilip Belsare, L. *et al.* (2015) *Gutta percha – A gold standard for obturation in dentistry*, *International Journal of Therapeutic Applications*.
30. Donghui, L. and Shuxin, Z. (2006) 'High strength biological cement com- position and using the same. Patent number: 7553362'.
31. Donnermeyer, D. *et al.* (2018) 'Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments', *Clinical Oral Investigations*, 22(2), pp. 811–817. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2156-5>.
32. Dotto, L. *et al.* (2021) 'The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: A scoping review', *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 109(6), pp. 890–901. Available at: <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34753>.
33. Drukteinis, S. and Camilleri, J. (2020) *Bioceramic materials in clinical endodontics*, *Bioceramic Materials in Clinical Endodontics*. Springer. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58170-1>.
34. Elliott, A.D. (2020) 'Confocal Microscopy: Principles and Modern Practices', *Current Protocols in Cytometry*, 92(1). Available at: <https://doi.org/10.1002/cpcy.68>.

35. Estrela, C. *et al.* (2008) 'Method for Determination of Root Curvature Radius Using Cone-Beam Computed Tomography Images', *Braz Dent J*, 19(2).
36. Ferreira, J.J., Rhodes, J.S. and Pitt Ford, T.R. (2001) *The efficacy of gutta-percha removal using ProFiles*, *International Endodontic Journal*.
37. Figdor, D. (2002) 'Microbial aetiology of endodontic treatment failur and pathogenic properties of selected species'. Umea (Sweden), pp. 1–35.
38. Friedman, C.E. *et al.* (1977) 'Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials', *Endodontic Journal*, 3(8), pp. 304–308.
39. Gandolfi, M.G. *et al.* (2009) 'Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and ProRoot MTA', *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 108(6). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.07.039>.
40. Garrib, M. and Camilleri, J. (2020) 'Retreatment efficacy of hydraulic calcium silicate sealers used in single cone obturation', *Journal of Dentistry*, 98. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103370>.
41. Gharib, S.R. *et al.* (2007) 'A Confocal Laser Scanning Microscope Investigation of the Epiphany Obturation System', *Journal of Endodontics*, 33(8), pp. 957–961. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.03.011>.
42. Goodman, A., Schilder, H. and Aldrich, W. (1981) 'The thermomechanical properties of gutta-percha. Part IV. A thermal profile of the warm gutta-percha packing procedure', 51(5).
43. Grossman, L.I. (1958) 'An improved root canal cement', *Journal of the American Dental Association* (1939), 56(3), pp. 381–385. Available at: <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1958.0055>.
44. Hammad, M., Qualtrough, A. and Silikas, N. (2008) 'Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials', *Journal of Endodontics*, 34(11), pp. 1370–1373. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.024>.
45. Han, L. and Okiji, T. (2011) 'Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine', *International Endodontic Journal*, 44(12), pp. 1081–1087. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x>.
46. Hassanloo, A. *et al.* (2007) 'Retreatment efficacy of the Epiphany soft resin obturation system', *International Endodontic Journal*, 40(8), pp. 633–643. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01261.x>.
47. Heran, J. *et al.* (2019) 'The single cone obturation technique with a modified warm filler', *Journal of Dentistry*, 89. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103181>.

48. Jamleh, A. *et al.* (2022) 'Assessment of Bioceramic Sealer Retreatability and Its Influence on Force and Torque Generation', *Materials*, 15(9), p. 3316. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma15093316>.
49. Jefferies, S. (2014) 'Bioactive and biomimetic restorative materials: A comprehensive review. Part II', *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, pp. 27–39. Available at: <https://doi.org/10.1111/jerd.12066>.
50. Johnson, B.T. and Bond, M.S. (1999) *Leakage Associated with Single or Multiple Increment Backfill with the Obtura II Gutta-Percha System*.
51. Jung, M., Lommel, D. and Klimek, & J. (no date) *The imaging of root canal obturation using micro-CT*.
52. Kakoura DDS, F. and Pantelidou DDS, PhD, O. (2018) 'Retreatment Efficacy of Endodontic Bioceramic Sealers: A Review of the Literature', *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 20(2), pp. 39–50. Available at: <https://doi.org/10.15517/ijds.v0i0.33163>.
53. Kang, M. *et al.* (2015) 'Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis', *Clinical Oral Investigations*, 19(3), pp. 569–582. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1398-3>.
54. Kaup, M. *et al.* (2015) 'Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo', *Head and Face Medicine*, 11(1). Available at: <https://doi.org/10.1186/s13005-015-0071-z>.
55. Kim, H. *et al.* (2015) 'Comparisons of the Retreatment Efficacy of Calcium Silicate and Epoxy Resin-based Sealers and Residual Sealer in Dentinal Tubules', *Journal of Endodontics*, 41(12), pp. 2025–2030. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.08.030>.
56. Kim, K. *et al.* (2019) 'A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment', *Restorative Dentistry & Endodontics*, 44(2), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e18>.
57. Liu, H. *et al.* (2021) 'Efficacy of XP-endo instruments in removing 54 month-aged root canal filling material from mandibular molars', *Journal of Dentistry*, 112(May), p. 103734. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103734>.
58. Löst, C. (2006) 'Quality guidelines for endodontic treatment: Consensus report of the European Society of Endodontology', *International Endodontic Journal*, pp. 921–930. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x>.
59. Martins, M.P. *et al.* (2017a) 'Effectiveness of the ProTaper Next and Reciproc Systems in Removing Root Canal Filling Material with Sonic or Ultrasonic Irrigation: A Micro-computed Tomographic Study', *Journal of Endodontics*, 43(3), pp. 467–471. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.10.040>.

60. Martins, M.P. *et al.* (2017b) 'Effectiveness of the ProTaper Next and Reciproc Systems in Removing Root Canal Filling Material with Sonic or Ultrasonic Irrigation: A Micro-computed Tomographic Study', *Journal of Endodontics*, 43(3), pp. 467–471. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.10.040>.
61. Martos, J. *et al.* (2006) 'Dissolving efficacy of organic solvents on root canal sealers', *Clinical Oral Investigations*, 10(1), pp. 50–54. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00784-005-0023-2>.
62. Mccullagh, J.J.P. (1997) 'Thermographic assessment of root canal obturation using thermomechanical compaction', *International Endodontic Journal*, 30, pp. 191–195.
63. Mufti, D.G. and Al-Nazhan, S.A. (2021) 'Retreatability of Bioceramic Sealer Using One Curve Rotary File Assessed by Microcomputed Tomography', *Journal of Contemporary Dental Practice*, 22(10), pp. 1175–1183. Available at: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3214>.
64. Neelakantan, P., Grotra, D. and Sharma, S. (2013) 'Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: A cone-beam computed tomography analysis', *Journal of Endodontics*, 39(7), pp. 893–896. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.022>.
65. Nekoofar, M.H., Stone, D.F. and Dummer, P.M.H. (2010) 'The effect of blood contamination on the compressive strength and surface microstructure of mineral trioxide aggregate', *International Endodontic Journal*, 43(9), pp. 782–791. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01745.x>.
66. Nevares, G. *et al.* (2016) 'Efficacy of ProTaper NEXT Compared with Reciproc in Removing Obturation Material from Severely Curved Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study', *Journal of Endodontics*, 42(5), pp. 803–808. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.010>.
67. Nguyen, T.A. *et al.* (2019) 'Comparison of the efficacy of different techniques for the removal of root canal filling material in artificial teeth: A micro-computed tomography study', *Journal of Clinical Medicine*, 8(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/jcm8070984>.
68. Odler, I. (1998) *Hydration, Setting and Hardening of Portland Cement*.
69. Oltra, E. *et al.* (2017) 'Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison', *Restorative Dentistry & Endodontics*, 42(1), p. 19. Available at: <https://doi.org/10.5395/rde.2017.42.1.19>.
70. Ørstavik, D. (2005) 'Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing', *Endodontic Topics*, 12, pp. 25–38.

71. Parziale, I., Díaz-Flores García, V. and Freire Mancebo, Y. (2021) *Propiedades físicas de utilidad clínica de los nuevos cementos selladores de endodoncia a base de silicatos. Revisión bibliográfica, Cient. Dent.*
72. Pedullà, E. *et al.* (2013) ‘Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments’, *Journal of Endodontics*, 39(2), pp. 258–261. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.10.025>.
73. Plotino, G. *et al.* (2012) ‘Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments’, *International Endodontic Journal*, 45(7), pp. 614–618. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02015.x>.
74. Prada, I. *et al.* (2019) ‘Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review’, *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 24(3), pp. e364–e372. Available at: <https://doi.org/10.4317/medoral.22907>.
75. Prakash, R. *et al.* (no date) *Gutta-percha - An untold story.*
76. Prüllage, R.K. *et al.* (2016) ‘Material Properties of a Tricalcium Silicate-containing, a Mineral Trioxide Aggregate-containing, and an Epoxy Resin-based Root Canal Sealer’, *Journal of Endodontics*, 42(12), pp. 1784–1788. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.09.018>.
77. Raghavendra S S , Jadhav GR, Gathani KM, K.P. (2017) ‘BIOCERAMICS IN ENDODONTICS – A REVIEW’, *J Istanbul Univ Fac Dent*, 51(1), pp. 128–137.
78. Rajda, M., Mileti, I. and Barši, G. (2021) ‘Efficacy of Reciprocating Instruments in the Removal of Bioceramic and Epoxy Resin-Based Sealers: Micro-CT Analysis’, *Materials*, (14), p. 6670.
79. Reyes-Carmona, J.F., Felipe, M.S. and Felipe, W.T. (2009) ‘Biom mineralization Ability and Interaction of Mineral Trioxide Aggregate and White Portland Cement With Dentin in a Phosphate-containing Fluid’, *Journal of Endodontics*, 35(5), pp. 731–736. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.02.011>.
80. Richardson, I.G. (2008) ‘The calcium silicate hydrates’, *Cement and Concrete Research*, 38(2), pp. 137–158. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.11.005>.
81. Röd ig, T. *et al.* (2014a) ‘Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT’, *International Endodontic Journal*, 47(10), pp. 942–948. Available at: <https://doi.org/10.1111/iej.12239>.
82. Röd ig, T. *et al.* (2014b) ‘Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT’, *International Endodontic Journal*, 47(10), pp. 942–948. Available at: <https://doi.org/10.1111/iej.12239>.

83. Roggendorf, M.J. *et al.* (2010) 'Micro-CT evaluation of residual material in canals filled with Activ GP or GuttaFlow following removal with NiTi instruments', *International Endodontic Journal*, 43(3), pp. 200–209. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01659.x>.
84. Romeiro, K. *et al.* (2020) 'Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures', *Clinical Oral Investigations*, 24(1), pp. 405–416. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02956-3>.
85. Rossi-Fedele, G. and Ahmed, H.M.A. (2017) 'Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review', *Journal of Endodontics*, 43(4), pp. 520–526. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.008>.
86. Ruddle, C.J. (1998) 'Nonsurgical endodontic retreatment.', *Dentistry today*, 17(2), pp. 1–14.
87. Scarfe, W.C. *et al.* (2009) 'Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics', *International Journal of Dentistry*, 2009, pp. 1–20. Available at: <https://doi.org/10.1155/2009/634567>.
88. Schafer, E. and Olthoff, G. (2002) *Effect of Three Different Sealers on the Sealing Ability of Both Thermafil Obturators and Cold Laterally Compacted Gutta-Percha*.
89. Schilder, H. *et al.* (1974) *The thermomechanical properties of gutta-percha I. The compressibility of gutta-percha*.
90. Schilder, H. *et al.* (no date) *The thermomechanical properties of gutta-percha III. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha*.
91. Schilder, H. and Hargreaves, K.M. (2006) 'Filling root canals in three dimensions', *Journal of Endodontics*, 32(4), pp. 281–290. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.007>.
92. Siboni, F. *et al.* (2017) 'Properties of bioroot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate', *International Endodontic Journal*, 50(Special Issue 2), pp. e120–e136. Available at: <https://doi.org/10.1111/iej.12856>.
93. Silva Almeida, L.H. *et al.* (2017) 'Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies', *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc., pp. 527–535. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.019>.
94. Siqueira, J.F. (2001) 'Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail', *International Journal of Pharmacy and Technology*, 34(1), pp. 1–10.
95. de Souza, P. (2015) 'Root canal retreatment with Reciproc system', *European Journal of Dentistry*, 9(2).
96. The Editors of Encyclopaedia Britannica (2012) 'Definition of gutta-percha', *Enciclopedia Britannica*. Edited by The Editors of Encyclopaedia Britannica.

97. Tomson, R.M.E., Polycarpou, N. and Tomson, P.L. (2014) 'Contemporary obturation of the root canal system', *British Dental Journal*, 216(6), pp. 315–322. Available at: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.205>.
98. Vajrabhaya, L.O. *et al.* (2004) 'Cytotoxicity evaluation of gutta-percha solvents: Chloroform and GP-Solvent (limonene)', *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 98(6), pp. 756–759. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.05.002>.
99. Valli, K.S., Rafeek, R.N. and Walker, R.T. (no date) *Sealing capacity of endodontic filling technique*.
100. Vertucci, F.J. *et al.* (1984) 'Root canal anatomy of the human permanent teeth', *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 58, pp. 589–599.
101. Viapiana, R. *et al.* (2016) 'Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods', *International Endodontic Journal*, 49(8), pp. 774–782. Available at: <https://doi.org/10.1111/iej.12513>.
102. Vishwanath, V. and Rao, Hm. (2019) 'Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science', *Journal of Conservative Dentistry*, 22(3), p. 216. Available at: [https://doi.org/10.4103/jcd.jcd\\_420\\_18](https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_420_18).
103. Volponi, A. *et al.* (2020) 'Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals', *Journal of Endodontics*, 46(12), pp. 1901–1906. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.010>.
104. White, J.G., Amos, W.B. and Fordham, M. (1987) 'An evaluation of Confocal versus conventional imaging of biological structures by fluorescence light microscopy', *The Journal of Cell Biology*, 105, pp. 41–48.
105. Whitworth, J. (2005) *Methods of filling root canals: principles and practices*.
106. Yared, G. (2008) 'Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: Preliminary observations', *International Endodontic Journal*, 41(4), pp. 339–344. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01351.x>.
107. Yared, G.M., Dagher, B. and Machtou, P. (1997) *Influence of the Removal of Coronal Gutta-Percha on the Seal of Root Canal Obturations*.
108. Yee, F.S. *et al.* (1977) 'Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha', *Journal of Endodontics*, 3(5), pp. 168–174.
109. Yusuf, H. (1982) 'The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment', *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 54(5), pp. 566–574.

110. Zhekov, K.I. and Stefanova, V.P. (2020) 'Retreatability of Bioceramic Endodontic Sealers: a Review', *Folia medica*, 62(2), pp. 258–264. Available at: <https://doi.org/10.3897/folmed.62.e47690>.
111. Zuolo, A.S. *et al.* (2013) 'Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment', *International Endodontic Journal*, 46(10), pp. 947–953. Available at: <https://doi.org/10.1111/iej.12085>.

# Anexos

## 1. Tabla de recopilación de datos.

Diente	Técnica	V1 [mm3]	V2 [mm3]	V [%]	Media V [%]	V1 coronal [mm3]	V1 medio [mm3]	V1 apical [mm3]	V2 coronal [mm3]	V2 medio [mm3]	V2 apical [mm3]
1	1	15,552	0,573	3,6844136	2,551930318	8,32	5,504	1,728	0,195	0,341	0,037
2	1	15,29	0,513	3,3551341		8,512	5,376	1,408	0,301	0,212	0
3	1	16,89	0,126	0,7460036		8,96	5,952	1,984	0,109	0	0,017
4	1	15,29	0,597	3,9045128		8,256	5,504	1,536	0,342	0,037	0,218
5	1	15,52	0,166	1,0695876		7,936	5,888	1,728	0,119	0,001	0,046
6	1	15,552	0,573	3,6844136		8,32	5,504	1,728	0,195	0,341	0,037
7	1	15,29	0,513	3,3551341		8,512	5,376	1,408	0,301	0,212	0
8	1	16,89	0,126	0,7460036		8,96	5,952	1,984	0,109	0	0,017
9	1	15,29	0,597	3,9045128		8,256	5,504	1,536	0,342	0,037	0,218
10	1	15,52	0,166	1,0695876		7,936	5,888	1,728	0,119	0,001	0,046
11	2	15,296	0,37	2,4189331	2,907660807	8,384	5,312	1,6	0,12	0,15	0,1
12	2	17,664	0,875	4,9535779		8,064	6,336	3,264	0,334	0,484	0,057
13	2	15,296	0,236	1,542887		8,384	5,312	1,6	0,059	0,079	0,098
14	2	17,664	0,37	2,0946558		8,064	6,336	3,264	0,12	0,15	0,1
15	2	15,296	0,875	5,7204498		8,384	5,312	1,6	0,334	0,484	0,057
16	2	17,664	0,236	1,3360507		8,064	6,336	3,264	0,059	0,079	0,098
17	2	15,296	0,37	2,4189331		8,384	5,312	1,6	0,12	0,15	0,1
18	2	17,664	0,875	4,9535779		8,064	6,336	3,264	0,334	0,484	0,057
19	2	15,296	0,236	1,542887		8,384	5,312	1,6	0,059	0,079	0,098
20	2	17,664	0,37	2,0946558		8,064	6,336	3,264	0,12	0,15	0,1
21	3	15,104	0,603	3,9923199	2,146549518	8,768	4,992	1,344	0,446	0,137	0,02
22	3	15,232	0,186	1,2211134		7,488	5,632	2,112	0,082	0,068	0,036
23	3	16,96	0,441	2,6002358		8,768	5,248	2,944	0,245	0,035	0,161
24	3	14,465	0,123	0,8503284		7,872	4,864	1,729	0,037	0,076	0,01
25	3	16	0,331	2,06875		8,384	5,312	2,304	0,304	0	0,027
26	3	15,104	0,603	3,9923199		8,768	4,992	1,344	0,446	0,137	0,02
27	3	15,232	0,186	1,2211134		7,488	5,632	2,112	0,082	0,068	0,036
28	3	16,96	0,441	2,6002358		8,768	5,248	2,944	0,245	0,035	0,161
29	3	14,465	0,123	0,8503284		7,872	4,864	1,729	0,037	0,076	0,01
30	3	16	0,331	2,06875		8,384	5,312	2,304	0,304	0	0,027

## 2. Tabla de recopilación de datos.

Diente	Tecnica	Conducto	T tot. (min)	T. LT (min)	Permeabilidad	LT
1	1	MV	20	9	Si	Si
1	1	ML	15	6	Si	Si
2	1	MV	25	10	No	No
2	1	ML	19	8	Si	Si
3	1	MV	10	5	Si	Si
3	1	ML	16	8	Si	Si
4	1	MV	11	4	Si	Si
4	1	ML	15	7	Si	Si
5	1	MV	15	6	Si	Si
5	1	ML	17	8	No	Si
6	1	MV	20	9	Si	Si
6	1	ML	15	6	Si	Si
7	1	MV	25	10	No	No
7	1	ML	19	8	Si	Si
8	1	MV	10	5	Si	Si
8	1	ML	16	8	Si	Si
9	1	MV	11	4	Si	Si
9	1	ML	15	7	Si	Si
10	1	MV	15	6	Si	Si
10	1	ML	17	8	No	Si
11	2	MV	11	8	Si	Si
11	2	ML	13	9	Si	Si
12	2	MV	12	10	No	No
12	2	ML	16	11	No	Si
13	2	MV	11	9	Si	Si
13	2	ML	10	8	Si	Si
14	2	MV	9	7	Si	Si
14	2	ML	7	5	Si	Si
15	2	MV	13	10	Si	Si
15	2	ML	16	12	No	No
16	2	MV	11	8	Si	Si
16	2	ML	13	9	Si	Si
17	2	MV	12	10	No	No
17	2	ML	16	11	No	Si
18	2	MV	11	9	Si	Si
18	2	ML	10	8	Si	Si
19	2	MV	9	7	Si	Si
19	2	ML	7	5	Si	Si
20	2	MV	13	10	Si	Si
20	2	ML	16	12	No	No
21	3	MV	18	12	Si	Si
21	3	ML	14	11	Si	Si
22	3	MV	13	9	Si	Si
22	3	ML	16	12	Si	Si
23	3	MV	9	7	No	No
23	3	ML	6	4	No	Si
24	3	MV	16	12	Si	Si
24	3	ML	12	9	Si	Si
25	3	MV	8	5	Si	Si
25	3	ML	9	5	Si	Si
26	3	MV	18	12	Si	Si
26	3	ML	14	11	Si	Si
27	3	MV	13	9	Si	Si
27	3	ML	16	12	Si	Si
28	3	MV	9	7	No	No
28	3	ML	6	4	No	Si
29	3	MV	16	12	Si	Si
29	3	ML	12	9	Si	Si
30	3	MV	8	5	Si	Si
30	3	ML	9	5	Si	Si

### 3. Estadísticos Descriptivos

		Media	Desviación Típica	Mínimo	Máximo
V1 [mm3]	1	3.100	0.946	1.900	4.800
V1 [mm3]	2	4.700	1.193	2.900	7.100
V1 [mm3]	3	3.300	2.106	1.400	7.400
V2 [mm3]	1	0.459	0.289	0.160	1.000
V2 [mm3]	2	0.897	0.458	0.370	2.000
V2 [mm3]	3	0.668	0.311	0.340	1.100
V [%]	1	13.758	5.215	5.500	20.800
V [%]	2	18.918	7.278	7.700	33.800
V [%]	3	26.190	15.895	5.400	61.000

Tecnica	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	10	2.552	1.431	0.453	0.561
2	10	2.908	1.642	0.519	0.565
3	10	2.147	1.170	0.370	0.545

	V2 coronal [mm3]			V2 medio [mm3]			V2 apical [mm3]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Media	0.213	0.166	0.223	0.118	0.229	0.063	0.064	0.087	0.051
Desviación Típica	0.099	0.119	0.157	0.144	0.179	0.048	0.083	0.020	0.059
Mínimo	0.109	0.059	0.037	0.000	0.079	0.000	0.000	0.057	0.010
Máximo	0.342	0.334	0.446	0.341	0.484	0.137	0.218	0.100	0.161

*Nota.* Se excluyeron del análisis 28 filas, que corresponden a los valores ausentes de la variable Tecnica de separación

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tecnica	0.019	2	0.009	0.571	0.572
Residuals	0.439	27	0.016		

*Nota.* Suma de Cuadrados Tipo III

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tecnica	0.142	2	0.071	3.894	0.033
Residuals	0.494	27	0.018		

*Nota.* Suma de Cuadrados Tipo III

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tecnica	0.007	2	0.003	0.911	0.414
Residuals	0.097	27	0.004		

*Nota.* Suma de Cuadrados Tipo III

	T tot. (min)			T. LT (min)		
	1	2	3	1	2	3
Media	16.300	11.800	12.100	7.100	8.900	8.600
Desviación Típica	4.231	2.783	3.878	1.804	1.971	3.085
Mínimo	10.000	7.000	6.000	4.000	5.000	4.000
Máximo	25.000	16.000	18.000	10.000	12.000	12.000