

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**  
**UNIDAD DE POSTGRADO**



**“Estudio comparativo in vitro de la filtración de cuatro tipos de Selladores endodónticos después de la preparación del canal para poste intrarradicular, en diferentes tiempos”**

**POSTULANTE:** Danitza Arminda Monrroy Vega

**TUTOR TEMÁTICO:** Esp. Ivonne Carmen Uzquiano Cazorla

**TUTOR METODOLÓGICO:** Esp. Augusto Mamani Poma

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Especialista de Endodoncia

La Paz - Bolivia

2021

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
**POSTGRADO**

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA FILTRACIÓN DE CUATRO TIPOS  
DE SELLADORES ENDODÓNTICOS DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN DEL  
CANAL PARA POSTE INTRARRADICULAR, EN DIFERENTES TIEMPOS**

Trabajo de grado, presentada como requisito parcial  
para optar el Título de Especialista de Endodoncia.

Dra. Danitza Arminda Monrroy Vega

**TUTOR TEMÁTICO:**

Dra. Ivonne Carmen Uzquiano Cazorla

\_\_\_\_\_

**TUTOR METODOLÓGICO:**

Dr. Augusto Mamani Poma

\_\_\_\_\_

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

Dra. Carla Alejandra Miranda Miranda

\_\_\_\_\_

Dr. Luis Pacheco Ramirez

\_\_\_\_\_

Dra. Clementine Denisse Claire Venegas

\_\_\_\_\_

LA PAZ-BOLIVIA

2021

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a todas aquellas personas ligadas a la investigación, que sin el aporte diario de su esfuerzo, resultados y análisis; la ciencia y el progreso humano no avanzaría hacia el futuro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por la oportunidad de ejercer ésta noble profesión de la Odontología, por bendecirme con unos docentes ejemplares y grandes maestros que apoyaron la realización de éste trabajo: Dra. Ivonne Carmen Uzquiano Cazorla, Dr. Augusto Mamani Poma; mis referentes en rehabilitación oral Dr. Juan Gabriel Chipana, Dra. Ibeth Rojas y a mis grandes profesores de la especialidad que cada uno de ellos con sus conocimientos y experiencias impulsaron y reforzaron la idea de desarrollar ésta investigación. Así también a expositores apasionados por la investigación en endodoncia y colegas de los cuáles aprendo constantemente en la vida.

A mi familia por su apoyo y ánimo, quienes acompañan mis metas planeadas incondicionalmente y con paciencia esperan un espacio de mi tiempo para brindarme todo su amor y confianza.

A mis pacientes, estudiantes y colegas de trabajo por ser una inspiración que me motiva a seguir rompiendo fronteras en la investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes .....	2
3. Marco teórico .....	3
3.1. Obturación endodóntica .....	3
3.2. Cementos Selladores endodónticos.....	5
3.2.1. Propiedades ideales de un cemento sellador endodontico.....	5
3.2.2. Tipos de cementos selladores endodonticos .....	6
3.2.2.1. Cementos selladores endodónticos a base de óxido de zinc y eugenol .....	7
3.2.2.2. Cementos selladores endodónticos a base de hidróxido de calcio .....	9
3.2.2.3. Cementos selladores endodónticos a base de ionómero de vidrio .....	10
3.2.2.4. Cementos selladores endodónticos a base de silicona .....	10
3.2.2.5. Cementos selladores endodónticos a base de resinas plásticas-epóxicas .....	12
3.2.2.6. Cementos selladores endodónticos a base de resina hidrofílica-metacrílicas .....	13
3.2.2.7. Cementos selladores endodónticos basados en MTA .....	16
3.3. Filtración entre el cemento sellador endodóntico y la dentina.....	25
3.3.1. Características del cemento sellador endodóntico relacionadas con la filtración .....	26
3.3.1.1. Flujo.....	27
3.3.1.2. Solubilidad y sorción de agua .....	28
3.3.1.3. Tiempo de fraguado.....	29
3.3.1.4. Cambios dimensionales.....	29
3.3.1.5. Adhesión.....	30
3.3.2. Otras características relacionadas con la filtración .....	35
3.3.2.1. Características propias del diente.....	35
3.3.2.2. Técnica de instrumentación .....	37

3.3.2.3.	Irrigantes y activMRYadores .....	38
3.3.2.4.	Técnica de obturación .....	43
3.3.3.	Métodos de evaluación de filtración .....	48
3.3.3.1.	Métodos por inmersión .....	49
3.3.3.2.	Método de filtración o transporte de fluidos .....	51
3.3.3.3.	Método de extracción o disolución de tinte .....	52
3.3.3.4.	Método de infiltración de bacterias y toxinas. ....	52
3.3.3.5.	Modelo de penetración de glucosa mediante filtración de fluidos .....	54
3.3.3.6.	Prueba de microfiltración de proteínas .....	56
3.3.3.7.	Prueba de microfiltración electroquímica .....	57
3.3.3.8.	Método de penetración de radioisótopos .....	57
3.3.3.9.	Método experimental de unión por expulsión .....	58
3.3.3.10.	Método tridimensional.....	84
3.4.	Rehabilitación postendodóntica .....	87
3.4.1.	Evaluación del remanente dentario.....	87
3.4.2.	Preparación del canal para poste intrarradicular.....	90
4.	Justificación.....	100
5.	Diseño de la investigación.....	100
5.1.	Planteamiento del problema .....	100
5.2.	Identificación del problema .....	100
5.3.	Formulación del problema- Pregunta de investigación .....	101
5.4.	Hipótesis de estudio.....	101
5.5.	Objetivo general .....	101
5.6.	Objetivos específicos .....	101
5.7.	Diseño o tipo de estudio.....	102
5.8.	Tamaño de la muestra.....	102
5.9.	Población .....	103
5.10.	Lugar .....	103
5.11.	Aspectos éticos .....	103
6.	Intervención o metodología .....	103
6.1.	Materiales .....	103

6.2.	Procedimiento .....	106
6.3.	Instrumento de recolección .....	108
6.4.	Operacionalización de variables .....	111
7.	Resultados .....	114
8.	Discusión.....	123
9.	Conclusiones.....	123
10.	Recomendaciones .....	126
11.	Referencias bibliográficas.....	127
12.	Cronograma de actividades para la obtención de datos.....	133
13.	Presupuesto .....	134
14.	Anexos.....	0

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Descripción de sistemas mecanizados con la variación de conicidades de sus limas .....	39
Figura 2. Comparación de medias estadísticas (MANOVA) de Filtración apical según el tipo de cemento sellador endodóntico empleado y el tiempo de preparación de canal para poste intrarradicular .....	119
Figura 3 Comparación de medias estadísticas (MANOVA) de Filtración coronal según el tipo de sellador endodóntico empleado y el tiempo de preparación de canal para poste intrarradicular.....	121



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cementos selladores endodónticos que se lanzaron al mercado y clasificados según su componente químico principal.....	23
Tabla 2. Cuadro resumen de las variables del procedimiento, técnicas y materiales aplicados para la evaluación de filtración cementos selladores endodónticos.....	61
Tabla 3. Descripción de los selladores puestos a prueba.....	105
Tabla 4. Ficha de recolección de datos .....	108
Tabla 5. Cuadro de variables de estudio Independientes.....	112
Tabla 6. Cuadro de variables de estudio: Dependientes .....	113
Tabla 7. Ficha de recolección de datos con las mediciones de filtración.....	114
Tabla 8. Tabla estadística. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para el Tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular.....	117
Tabla 9. Tabla estadística. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk de acuerdo al Componente principal del cemento sellador endodóntico. ....	118
Tabla 10 Tabla estadística. Prueba de Homocedasticidad. Prueba M de Box y Test de Levene.....	119
Tabla 11 Tabla estadística. Análisis Multivariable de la Varianza (MANOVA). Prueba de interacción de efectos (variables dependientes) .....	119
Tabla 12 Tabla estadística. Análisis Multivariable de la Varianza (MANOVA). Prueba de efectos intersujetos .....	114
Tabla 13 Tabla estadística. Análisis Multivariable de la Varianza (MANOVA). Prueba de efectos intersujetos .....	115
Tabla 14 Tabla estadística. Prueba Post Hoc HSD Tukey. ....	117

## RESUMEN

Ante el desarrollo de diferentes marcas, composiciones y presentaciones de cementos selladores endodónticos en el mercado, existe la necesidad de elegir el más eficiente. *OBJETIVO.* Comparar la filtración de 4 tipos de selladores endodónticos después de la preparación del canal para poste intrarradicular, en diferentes tiempos. *INTERVENCIONES.* Estudio in vitro en 60 dientes sellados con 4 tipos de cementos selladores endodónticos que 1 y 7 días después recibieron preparación de canal para poste intrarradicular, luego fueron sometidos al protocolo de inmersión en azul de metileno para la valoración de filtración en la interfase cemento sellador endodóntico/dentina. *RESULTADOS.* Se realizó el Análisis Multivariado de 4 tipos de selladores cada uno con su grupo control (sin preparación del canal) y 2 grupos con diferentes tiempos de preparación de canal para poste. Grupo control: presentó menor filtración apical y coronal con el Sellador Resinoso epoxi; Grupo con preparación del canal para poste 1 día posterior al sellado: mostró menor filtración coronal con cemento sellador endodóntico a base de Hidróxido de Calcio, seguido de la filtración apical con sellador Biocerámico; y el Grupo con preparación del canal para poste 7 días posteriores al sellado reflejó menor filtración apical con el cemento sellador endodóntico a base de Hidróxido de Calcio y menor filtración coronal con el cemento sellador Biocerámico. *CONCLUSIONES.* El tipo de cemento sellador endodóntico y el tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular influyen en la filtración coronal y apical de los selladores puestos a prueba en este estudio. *DISCUSIÓN.* Varios estudios han aplicado diferentes métodos para la evaluación de la filtración del sellador endodóntico, cuyos resultados concuerdan en que todos los selladores sufren filtración. Aspecto que coincide con este estudio pero además se identifica la influencia del tipo de sellador y el tiempo de preparación del canal para el poste.

**PALABRAS CLAVES:** Filtración, Cemento sellador endodóntico, Preparación del canal para poste, Inmersión en azul de metileno

## ABSTRACT

Given the development of different brands, compositions and presentations of endodontic sealants on the market, there is a need to choose the most efficient one. **OBJECTIVE.** Compare the leakage of 4 types of endodontic sealants after canal preparation for intra-root post, at different times. **INTERVENTIONS.** In vitro study on 60 teeth sealed with 4 types of endodontic cements that 1 and 7 days after receiving the canal for an intraradicular post, were then subjected to the protocol of immersion in methylene blue for the assessment of leakage at the sealant-dentin interface. **RESULTS.** The Multivariate Analysis of 4 types of sealants was performed each with its control group (without canal preparation) and 2 groups with different post canal preparation times. It is projected for the control group: less apical and coronal filtration with the epoxy Resinous Sealer; for the group with preparation of the canal for post 1 day after sealing, less coronal filtration with cement based on Calcium Hydroxide, followed by apical filtration with Bioceramic sealant. For the cases with post canal preparation 7 days after sealing, less apical filtration was implemented with the Calcium Hydroxide-based cement and less coronal filtration with the Bioceramic sealant. **CONCLUSIONS.** The type of endodontic sealant and the preparation time of the canal for intra-root canal influence the coronal and apical filtration of the sealants tested in this study. **DISCUSSION.** Oral rehabilitation studies show special attention to the adhesion of the intra-radicular post to the dentin walls. The present study proposes a different perspective, from Endodontics to verify what happens at the sealant-dentin interface, when the intra-root post preparation is performed at different times, a research topic not previously evaluated.

**KEY WORDS:** In vitro, Endodontic sealant, Canal preparation post, Filtration, Methylene blue immersion.

**“Estudio comparativo in vitro de la filtración de cuatro tipos de Selladores endodónticos después de la preparación del canal para poste Intrarradicular, en diferentes tiempos”**

## **1. Introducción**

En la actualidad, los pacientes han tomado conciencia de la importancia de la preservación de órganos dentarios en boca.

Acuden con frecuencia casos con escaso remanente coronario, que después de la atención del especialista en Endodoncia, requerirá la rehabilitación coronal.

Con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, los tratamientos odontológicos han logrado plantear opciones terapéuticas de rehabilitación dentaria incluso en casos graves de destrucción coronaria, frente al concepto mutilante de la exodoncia. La endodoncia cuyo rol se ocupa de prevenir y tratar patologías pulpares y periapicales, se ha convertido en una alternativa con gran demanda en la sociedad actual.

Se reconoce que para alcanzar el éxito en el tratamiento endodóntico se debe lograr una obturación endodóntica sellada herméticamente, que es dependiente en gran manera de la calidad del cemento sellador endodóntico. (7) (8)

El éxito del tratamiento endodóntico depende en gran manera de la calidad de sellado de las obturaciones endodónticas, el cual se ve influenciado por diferentes factores, propios del material e incluso del caso clínico. (1)

El empleo y la selección adecuada de un cemento sellador endodóntico para obturar los conductos radiculares es esencial, no sólo porque contribuye al logro del sellado apical, sino que también sirve para rellenar las irregularidades del conducto y las discrepancias entre la pared del conducto radicular y el material de relleno sólido (2)

Por otro lado, en el contexto clínico se puede identificar el requerimiento de pacientes que después de un tratamiento endodóntico exigen una rehabilitación rápida. Ante esto algunos rehabilitadores orales recomiendan restaurar la pieza dentaria en el menor tiempo transcurrido posterior a la obturación endodóntica por la permeabilidad de los conductos dentarios, porque se demostró mayor efectividad de adhesión de los postes intrarradicales a las paredes. Sin embargo, en contraposición existe un dilema desde la perspectiva endodóntica, ya que en ésta especialidad se prefiere esperar entre 1 y 2 semanas, para poder realizar la

rehabilitación final, para asegurarse y evitar reacciones biológicas periapicales.

La microfiltración entre el material de obturación y las paredes del conducto radicular afectan de forma negativa el éxito del tratamiento endodóntico (6)

El propósito del presente estudio es la evaluación de la filtración (interfase cemento sellador endodóntico/dentina) en conductos radiculares sellados con cuatro tipos de cementos selladores endodónticos y puestos a experimentación con la preparación del canal para poste a 1 y 7 días posteriores a la sellado intrarradicular.

## **2. Antecedentes**

Vano y colaboradores (2006), afirman que el eugenol (componente de algunos selladores endodónticos) continúa penetrando en los túbulos de la dentina a través del tiempo, por lo tanto, si se utiliza un cemento de resina para fijar un poste de fibra de vidrio sería mejor realizarlo en un intervalo de tiempo de 24 h (fase temprana) en lugar de después de 2 semanas (en diferido). Así también pusieron en evidencia la falta de consenso en la literatura respecto a si los postes deben ser cementados inmediatamente o durante una etapa posterior después de la obturación del conducto, ya que se identifican muchos factores que influyen en ésta condición. (9) Entre los cuales se mencionan criterios biológicos, composición química y cambios físicos de los materiales que podrían influir en la filtración y posterior reinfeción de los conductos radiculares.

Vilas y colaboradores (2018), evaluaron la resistencia a la dislocación del poste de fibra de vidrio poniendo a prueba diferentes selladores endodónticos y dos tiempos de cementación de postes de fibra de vidrio cementado con RelyX™ ARC (inmediatamente o 7 días posterior a la obturación del canal), concluyendo de ésta manera que la elección correcta de un cemento sellador de endodoncia y el tiempo adecuado de cementación del poste puede evitar su dislocación. (13)

Entre la poca literatura relacionada con ésta perspectiva científica endodóntica se podría mencionar como el más semejante al presente trabajo, el estudio de Vieira (2018) quien demostró en laboratorio la diferencia de cementos selladores endodónticos utilizados, el tiempo de preparación del canal y la adhesión del poste intrarradicular a las paredes dentinarias, analizándolo por tercios. En la cual se concluyó que existe mayor cantidad de residuos en el tercio apical en la preparación del canal para poste cuando la desobturación se realiza a los 14 días a diferencia

de 30 minutos después de la obturación. Por otro lado se reporta que no se encontró diferencia estadística en cuanto al desplazamiento apical del cemento sellador endodóntico, pero si pudo verificar que en los grupos de preparación del canal inmediato, existió desplazamiento apical del cemento sellador endodóntico y que el grupo de preparación del canal tardío también produjo un desplazamiento coronal con las fresas pero apical con el termo compactador. (14)

Recientemente, conferencistas especialistas en Rehabilitación oral, han ido recomendando que el endodoncista debiera ser capaz de rehabilitar sus propios casos ya que es quien conoce mejor la anatomía radicular, los materiales y protocolos del caso en que aplicó el tratamiento endodóntico. Incluso se plantea la posibilidad de la cementación de postes en la misma sesión de la obturación endodóntica. (10) (11) (12)

En la práctica clínica el especialista en Endodoncia espera 1 a 2 semanas para realizar la rehabilitación final, con el fin de asegurar que no haya sintomatología postoperatoria.

### **3. Marco teórico**

#### **3.1. Obturación endodóntica**

El tratamiento endodóntico se enfoca en la prevención o curación de patologías periarradiculares mediante la preparación, desinfección y obturación completa del sistema del conducto radicular. La obturación de los conductos radiculares es una de las etapas más difíciles durante la terapia endodóntica y un reto para el odontólogo, debido a la compleja anatomía macroscópica y microscópica del sistema de conductos radiculares. (1)

La obturación tridimensional es el objetivo principal de la terapia del conducto radicular para impedir cualquier tipo de comunicación entre el periapice, el espacio periodontal y el conducto radicular, enterrando a los microorganismos y previniendo la reinfección por diseminación de toxinas microbianas. (30) Su éxito es importante para mantener a largo plazo la salud del tejido periapical. (31)

En el estudio de Yulianda se reporta como antecedente la relación de la obturación inadecuada del conducto radicular como principal causa de fracaso del tratamiento endodóntico (45%), seguida de un conducto perdido (32%) y restauración fallida

(14%). Por lo tanto, el éxito del tratamiento de endodoncia estuvo fuertemente influenciado por la obturación del conducto radicular (31)

Según Breillat y colaboradores (2006) podemos distinguir dos objetivos para la obturación del conducto radicular: (15)

El objetivo técnico que consiste en rellenar de la manera más hermética posible la totalidad del sistema de conductos radiculares, con un material que sea estable y que se mantenga de forma permanente en él, sin sobrepasar sus límites, es decir sin alcanzar el periodonto, bloqueando el agujero apical, los túbulos dentinarios y los conductos accesorios. (1) (15)

El objetivo biológico consiste en generar las condiciones apropiadas para la reparación de los tejidos periapicales al no llegar a esta zona productos tóxicos bacterianos; los propios medios de defensa del organismo podrán por lo general eliminar las bacterias, componentes antigénicos y restos hísticos necróticos que hayan quedado junto al ápice y completar la reparación hística (1)

Antes de la obturación endodóntica debe considerarse lo siguiente: (27)

- Inexistencia de signos y síntomas de patología periapical
- Ausencia de mal olor y/o exudado inflamatorio en el conducto radicular
- Integridad de la restauración temporal
- Grado de dificultad del caso clínico
- Ausencia de cultivos bacterianos

Ferrari y colaboradores (2016), hacen referencia a la posibilidad de transporte y asentamiento bacteriano en lugares distantes de su lugar de origen, el conducto intrarradicular, ya que los mismos fueron encontrados en el torrente sanguíneo. (28)

Los materiales endodónticos utilizados para la obturación del conducto radicular, según el Lasala y colaboradores (2006) (15) se pueden clasificar de acuerdo al estado en que se presentan:

- Materiales de estado sólido (conos de gutapercha y de plata), los cuales son empleados como núcleo del relleno endodóntico. La gutapercha sigue siendo el material de núcleo más comúnmente utilizado para el relleno del conducto radicular y se aplica en combinación con un cemento sellador endodóntico. (15)
- Materiales en estado plástico (cementos selladores endodónticos), cuya función es ejercer como medio de unión entre la dentina y el material de

relleno intracanal, compensando las irregularidades que los materiales de estado sólido no logran ocupar. (29)

El empleo de un cemento sellador endodóntico para obturar los conductos radiculares es esencial para el éxito del tratamiento de conductos. (2)

### **3.2. Cementos Selladores endodónticos**

Los cementos selladores endodónticos (CSE) pueden ayudar al control microbiano al expulsar los microorganismos ubicados en las paredes del conducto radicular o en los túbulos dentinarios, cuando se proyectan a través de los conductos accesorios o laterales. (2)

#### **3.2.1. Propiedades ideales de un cemento sellador endodóntico**

Grossman y colaboradores (1996), fueron los pioneros en definir una serie de propiedades deseables respecto al cemento sellador endodóntico ideal, las cuales también fueron consideradas por la Sociedad Europea de Endodoncia (ESE) (2006). A continuación se presentan dichos lineamientos (7) (8) (15)

- Proporcionar un *SELLADO HERMÉTICO TRIDIMENSIONAL*. Poseer buena *ADHESIÓN* a las paredes dentinarias del conducto radicular
- Fácil de introducir en el conducto radicular, con un tiempo de trabajo suficiente, es decir debe poseer *TIEMPO DE FRAGUADO LENTO*
- Poseer *ESTABILIDAD DIMENSIONAL* al fraguado. No debe contraerse tras su introducción. No se debe modificar en presencia de humedad ni debe corroerse.
- Debe ser *INSOLUBLE* en fluidos orales y tisulares. Impermeable en medio húmedo de manera que no se vea afectado por los fluidos tisulares.
- Debe ser *EXTRAIBLE* del interior del conducto radicular en caso de retratamiento
- Poseer *RADIOPACIDAD* elevada
- *FACIL MANIPULACIÓN*. Poseer partículas muy finas para que pueden mezclarse fácilmente con el líquido.
- *NO PIGMENTAR* el remanente de tejido dentario
- Debe ser *BACTERIOSTÁTICO* no debe favorecer el crecimiento bacteriano.



- No debe generar reacción inmunitaria en contacto con los tejidos periapicales. No deber ser mutagénico, ni carcinogénico. Debe ser *BIOCOMPATIBLE*.
- Debe ser *ESTÉRIL O FÁCIL DE ESTERILIZAR* antes de su introducción

Hasta el momento no existe un cemento sellador endodóntico que cumpla con todos los requisitos anteriormente mencionados, aunque la mayoría de ellos son biocompatibles. (16) El desafío de hoy sigue siendo lograr un material o una combinación de materiales idóneos para la obturación de los conductos radiculares. La capacidad de sellado y su biocompatibilidad son los requisitos esenciales de estos materiales para la prevención de futuras reinfecciones y proporcionar a su vez condiciones biológicas favorables durante la curación del periapice. (17) (18) (19)

Se ha identificado la presencia de diferentes grados de toxicidad respecto al espacio biológico del periapice, cuando los cementos selladores endodónticos están recién mezclados, situación que va disminuyendo tras el fraguado (18). No obstante, algunos de ellos también se pueden reabsorber cuando entran en contacto con los tejidos y fluidos periapicales. (20)

Aunque las curaciones y reparaciones de los tejidos periapicales no suele afectarse con los cementos selladores endodónticos, siempre que no produzcan derivados catabólicos con el paso del tiempo, (21) (22) (23) los productos de su descomposición pueden tener un efecto adverso sobre la capacidad de proliferación celular perirradicular. (24) De ahí la importancia del control del límite apical de sellado en la obturación del conducto radicular (25)

Debido a esto se están desarrollando nuevas fórmulas, combinaciones de materiales y procedimientos, que promueve una constante actualización por parte del Odontólogo y con mayor razón del Especialista que debe tener el suficiente conocimiento de las propiedades de los materiales a aplicar, evidencia científica suficiente, así como también debe considerar las características clínicas de cada caso al momento de elegir el cemento sellador endodóntico. (26)

### **3.2.2. Tipos de cementos selladores endodonticos**

Como se vio anteriormente, va a depender mucho del tipo de cemento sellador

endodóntico que se emplee para alcanzar el sellado hermético que tanto se pretende. Y aunque se han ido desarrollado en los últimos años sistemas de obturación que cumplen con principios de adhesión química no se cuenta con toda la gama en el mercado. Por lo tanto será importante para el profesional conocer los tipos y propiedades de los distintos cementos selladores endodónticos, para aprovechar sus propiedades al máximo.

Los cementos selladores endodónticos son necesarios para llenar los huecos, las irregularidades y sellar el espacio entre la pared dentinaria y el material obturador. (25) Se diferencian por su composición química, entre las formulaciones más populares tenemos los cementos endodónticos a base de óxido de zinc eugenol, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio, siliconados, resina epóxica, resina de metacrilato, modificaciones de gutapercha, poliésteres, silicato de calcio, y recientemente desarrollados los de biocerámica. (27) (42) (52) Raciatti considera también: cementos selladores endodónticos a base de óxido de calcio y a base de fosfato de calcio (66)

### **3.2.2.1. Cementos selladores endodónticos a base de óxido de zinc y eugenol**

Durante muchos años, los cementos selladores endodónticos que contienen óxido de zinc y eugenol (ZOE), incluido el de Roth, Kerr EWT, el sellador de Rickert, el sellador Procosol y el sellador de Wach han sido los selladores más populares y ampliamente utilizados. (59)

Los selladores a base de óxido de zinc-eugenol se obtienen mezclando una preparación líquida de eugenol con un polvo que contiene óxido de zinc cristalizado de manera estable en una estructura hexagonal de wurtzita, como se confirma por análisis de difracción de rayos X.

La reacción de fraguado de óxido de zinc-eugenol es una reacción ácido-base clásica que produce una sal (quelato amorfo de eugenolato de zinc) y agua. Fue ampliamente utilizado en endodoncia debido a sus ventajas como: actividad antimicrobiana, reabsorción en caso de extrusión en tejidos perirradiculares, y un tiempo de fraguado convenientemente lento. Sin embargo se evidenciaron también algunas desventajas: posible decoloración de la estructura del diente, encogimiento al fraguar, potencial citotóxico, e interferencia con los procedimientos adhesivos

debido a la liberación libre de eugenol en los fluidos tisulares y los tejidos dentales. (52)

Altman y colaboradores, confirmaron que el eugenol influía en la reducción de la resistencia de la unión de los postes de fibra de vidrio cementados con cementos selladores endodónticos a base de resinas adhesivas (67), aunque estudios anteriores habían demostrado lo contrario (68) (69).

Se desarrollaron algunas variaciones entre éstos cementos endodónticos como el de Rickert conocido como Pulp canal sealer de Kerr, que presenta plata en su composición lo que mejoró su radiopacidad. En una versión con tiempo de trabajo más prolongado se desarrolló Pulp canal sealer EWT.

Otra versión mejorada Tubliseal de Kerr en versión pasta-pasta permite mayor facilidad en su manipulación, además combina el óxido de zinc con una resina oleosa, que es sensible al calor y humedad. Para mejorar el tiempo de trabajo se creó la versión Tubliseal EWT.

El Procosol y el Roth son algunos cementos selladores endodónticos con las características del sellador de Grossman que contiene óxido de zinc con resina hidrogenada, así como eugenol entre otros aditivos, se caracteriza por un tiempo de trabajo adecuado, buen corrimiento y adhesividad a las paredes, destaca por retirar de la fórmula las partículas de plata que ya no produce tinción.

La Endometasona con partículas de menor tamaño permite la incorporación de polvo al líquido, así como también destaca la presencia de trioximetileno que es un potente antiséptico, por lo que algunos autores lo consideran como cemento sellador endodóntico momificante. Por otro lado destaca la presencia de Dexametasona, corticosteroide, que le da propiedad antiinflamatoria.

También destaca el Endofil que al estilo del cemento de Grossman la adición del aceite de almendras dulces permite mayor tiempo de trabajo, tiene estabilidad de volumen después del endurecimiento. El cemento Wach contiene bálsamo de Canadá que proporciona una calidad pegajosa o adhesiva que contribuye a reblandecer la gutapercha. (45)

El cementos selladores endodónticos de óxido de zinc a base de eugenol se encoge ligeramente cuando se fija (48)

### **3.2.2.2. Cementos selladores endodónticos a base de hidróxido de calcio**

En un intento de mejorar la biocompatibilidad de los cementos selladores endodónticos fabricados a base de óxido de zinc- eugenol manteniendo sus propiedades físicas, surgen los cementos selladores endodónticos basados en hidróxido de calcio (70) Se creía que su actividad antimicrobiana y potencial osteógeno-cementógeno podrían reforzar sus propiedades, sin embargo para la liberación del hidróxido de calcio y para mantener su actividad requiere solubilidad, por lo que entra en desacuerdo con los objetivos del sellador.

El cementos selladores endodónticos Calciobiótico (CRCS) combinó la fórmula de los selladores de óxido de zinc y eugenol con hidróxido de calcio.

Sealapex destaca por un tiempo y endurecimiento prolongado, que se endurece en el conducto con presencia de humedad, sin embargo su radiopacidad es escasa.

Apexit es un sellador poco difundido, diversas investigaciones destacan su acción altamente irritante. (27)

Sealer 26 es un cemento sellador endodóntico a base de hidróxido de calcio, con la incorporación de resinas, también conocido como sellador a base de resinas. Tiene buena radiopacidad, largo tiempo de trabajo y es biocompatible. Fidel y colaboradores, encontraron que el Sealer 26 presentaba buenas propiedades adhesivas y que penetraba en los túbulos dentinarios aumentando la fuerza de adhesión, lo que permitió menos filtración, (71) coincidiendo con Tagger y cols quienes identifican su fuerza de adhesión de 4,89 MPa. (72) También se describe como un material con bajo grado de solubilidad y degradación. (71).

Valera y colaboradores (1998), evaluaron las características morfológicas del Sealer 26 inmediatamente después y a los 6 meses de la obturación manteniendo los órganos dentarios almacenadas en plasma humano, encontrando que este sellador se mantuvo uniforme, sufriendo muy poca degradación y poca filtración apical, (73) mismos que coinciden con el estudio de Siqueira y Valois, los cuales analizaron la filtración de este sellador luego de la obturación con condensación lateral, manteniendo las muestras a 37°C y al 100% de humedad, durante 2 días y las sumergieron en tinta china negra durante 5 días, luego descalcificaron las muestras y encontraron que el Sealer 26 tuvo valores muy bajos de filtración (74)

Figueiredo y colaboradores (2001), evaluaron la respuesta de los tejidos (mucosa

oral de conejos, ante este sellador infiltrado por inyección submucosa y por implantación de tubos. (75) Las observaciones fueron realizadas a los 30, 60 y 90 días, encontrando que Sealer 26 tuvo solo una reacción suave. (76) Un estudio donde evaluaron la respuesta inflamatoria en el tejido subcutáneo y cavidad peritoneal de ratas se determinaron resultados insatisfactorios luego de 2, 4, 8 y 16 días. Así también Leonardo reportó en 1999 que se encontraba frecuentemente ausencia de sellado y reabsorción activa de los tejidos mineralizados, habiendo ausencia o poco infiltrado inflamatorio. (4)

### **3.2.2.3. Cementos selladores endodónticos a base de ionómero de vidrio**

Los cementos selladores endodónticos formulados en base a ionómero de vidrio comenzaron a utilizarse como selladores de conductos gracias a su buena adhesión a los tejidos dentales duros. Estos cementos endodónticos son muy biocompatibles, capaces de liberar flúor y además se adhieren químicamente a la dentina, lo que facilita un sellado hermético. Un inconveniente de estos selladores se refiere a la dificultad de eliminación en caso de retratamiento. (45)

La consistencia resultante es tixotrópica y fluida que posibilita un tiempo de manipulación de 7 a 23 minutos dependiendo de la temperatura (36°C o 23°C) y grado de humedad (100% o 50%) en la que se trabaje. El material fragua a los 26 minutos a partir del inicio del mezclado, produciéndose un fraguado posterior en el transcurso de las 24 horas siguientes. No contiene aditivos bactericidas, es radiopaco, insoluble en agua. (77) Un ejemplo de éstos es el Ketacendo que viene en presentación de cápsulas que requiere vibración a 4300 rpm durante diez segundos. Por otro lado se desarrolló Activ GP que consta de un cono de gutapercha con un recubrimiento externo para generar monobloque. Sin embargo en comparación con Resilon/Epiphany y gutapercha/AHPlus no se hallaron diferencias significativas a los 65 días. (45)

### **3.2.2.4. Cementos selladores endodónticos a base de silicona**

Una de las técnicas más recientes para la obturación del conducto radicular es el uso de un sistema de relleno a base de silicona inyectable en frío. Los

cementos selladores endodónticos basados en silicona proporcionan un buen sellado apical son insolubles, biocompatibles, tienen una cierta capacidad de expansión tras el fraguado y una gran fluidez, además de un espesor de capa pequeño. RoekoSeal es un polivinilsiloxano que se expande ligeramente al fraguar, es un tipo de sellador con componentes siliconados que no contiene eugenol, fluye con facilidad y rellena los canales laterales y túbulos de la dentina, es muy radiopaco e insoluble, en vez de contraerse se dilata ligeramente (0,2%) tarda entre 45 a 50 minutos en endurecerse, es sumamente biocompatible, cumple con las especificaciones de ISO 6876; 1986. Permanece elástico una vez endurecido, para sellar perfectamente la corona, hay que utilizar una bolita de algodón o fresa para retirar el material sobrante (77)

GuttaFlow es una combinación de sellador y gutapercha en un sistema inyectable, contiene matrices fluidas de partículas de gutapercha, menos de 30  $\mu\text{m}$ , que son trituradas, la técnica consiste en inyectar el material en el conducto y ejercer de obturador único o completarlo con un cono maestro, no requiere ningún tipo de compactación manual para su colocación. Tiene un tiempo de trabajo de 15 minutos y polimeriza en 25-30 minutos, aunque el tiempo de fraguado no es constante, puede retrasarse por la irrigación final con hipoclorito de sodio. Presenta buena homogeneidad y adaptación a las paredes del conducto radicular y también fluye hacia surcos y depresiones laterales. (44) (45) (54)

GuttaFlow Bioseal consiste en sustancias bioactivas incorporadas en una mezcla de gutapercha, polidimetilsiloxano, catalizador de platino y dióxido de circonio. Las sustancias bioactivas permiten la formación de cristales de hidroxiapatita al entrar en contacto con la humedad. Con un tiempo de fraguado de aproximadamente 12-16 minutos, mejores propiedades de flujo y un procedimiento que requiere menos tiempo, GuttaFlow Bioseal podría ser un material de obturación radicular prometedor para sellar el sistema del conducto radicular. En el estudio de Mustafa y colaboradores (2021), se verificó la eficacia de éste sellador en conductos curvos de molares inferiores (49)

Se concluye que la obturación con Roekoseal y cono de gutapercha tuvo ligera diferencia superior no significativa en el porcentaje de área obturada sobre GuttaFlow Bioseal en curvaturas severas del conducto radicular en los tres tercios radiculares. (49)

Su principal desventaja es que carece de efecto antibacteriano, ya que se ha demostrado su acción limitada contra *Streptococcus faecalis*. . Cualquier residuo que permanezca en el canal puede impedir el fraguado del cemento endodóntico. El preparado fluye hasta rellenar los túbulos más pequeños existentes en la dentina, debido al tamaño reducido de su granulometría (menor a 0,9 micra). Por su fluidez excelente basta aplicar una cantidad pequeña de sellante (1 gota). En casos que presentan formaciones amplias y abiertos se aplicarán cantidades muy pequeñas de sellante, para evitar que rebase. El calor acorta su tiempo de trabajo, al utilizar sistemas térmicos de obturación (Ultrafil, Thrmafil, SoftCore) el tiempo útil para realizar la aplicación se reduce a 3 minutos aproximadamente. (77)

### **3.2.2.5. Cementos selladores endodónticos a base de resinas plásticas- epóxicas**

Son creados en Europa con la finalidad de conseguir un preparado estable en el interior de los conductos radiculares. Su principal ventaja es su mayor adhesión a dentina, pero tiene también algunos inconvenientes como ser: no son reabsorbibles, son más radiopacos que la gutapercha pueden provocar tinciones si llevan plata, no se pueden desobturar si no van unidas a la gutapercha, tienen baja capacidad antiséptica y son capaces de liberar formaldehído al polimerizar con la resina epoxi-bisfenol.

La calidad de sellado dentro del conducto radicular se manifiesta por la adhesión del cemento sellador endodóntico a las paredes dentinarias, dependiendo del tipo de cemento endodóntico de la técnica de obturación empleada, presencia o ausencia de Barrillo dentinario en las paredes del conducto radicular (45) (78)

El cemento sellador endodóntico de resina epoxi tiene buenas propiedades físicas, buen cierre apical y un adecuado comportamiento biológico. Sin embargo, el cierre del canal en tres dimensiones no se puede lograr en ausencia de enlaces químicos entre el poliisopreno del cono de gutapercha y los componentes del cemento sellador endodóntico; no se reforzaría la estructura de la raíz y podría producirse una microfiltración (38)

AH 26 es un cemento sellador endodóntico a base de resina epoxi, presenta un trabajo prolongado y endurece a las 24 a 48 horas después de su preparación- Su radiopacidad y adhesividad son muy satisfactorias en comparación con KerrSealer,

SealApex, Ketac Endo. (59) Posee alto corrimiento por lo que el conducto a obturar debe presentar una buena matriz apical, con el fin de evitar la sobreobtención excesiva, ya que no se reabsorbe fácilmente y puede producir una respuesta inflamatoria a corto plazo. Su efecto antiséptico es moderado y se mantiene hasta que comienza su endurecimiento. (48) (59)

AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) posee una composición química diferente a la de AH26 y su tiempo de trabajo y endurecimiento son algo menores. Este sellador es una epoxi-amina, muy utilizado debido a sus buenas propiedades físicas y químicas y su buena capacidad de sellado. Se lo ha utilizado comúnmente como cemento sellador endodóntico estándar de oro debido a su alta fuerza de unión a la dentina, estabilidad dimensional, baja solubilidad y alta resistencia. (30) (51)

La buena capacidad de sellado apical a largo plazo puede explicarse por su buena adhesividad, que probablemente se deba a su capacidad para penetrar en las microrregularidades de la pared dentinaria, su expansión de fraguado después de insertarse en el conducto radicular y su capacidad para formar un enlace covalente leve entre su anillo epóxido abierto con grupos amino de colágeno dentinario radicular expuesto. (51) (54) (55)

AH Plus® viene en un sistema de pasta-pasta. Tiene un tiempo de trabajo y de fraguado de 4h y 8h, respectivamente. (44), es naturalmente ácido, lo que puede limitar su adhesión a la dentina, además contiene un polímero que se contrae con la polimerización, lo que puede resultar en agrietamiento y deterioro del cemento sellador endodóntico. Exhibe una ligera contracción después de ser sumergido en agua durante 30 días, incluso si cumple con los criterios de ISO 6876/2001 (48) Por lo tanto, es probable por estas razones que los cementos selladores endodónticos biocerámicos muestren una capacidad de sellado superior. (35)

### **3.2.2.6. Cementos selladores endodónticos a base de resina hidrofílica- metacrílicas**

Se han comercializado cuatro generaciones de cementos selladores endodóntico basados en resinas de metacrilato. La primera generación de material hidrófilo a base de resinas de metacrilato (Hydron) fue diseñada a mediados de los setenta, cuando las bases científicas para la unión de resina estaban en sus fases iniciales de desarrollo. Éste material contenía poli (2-hidroxietilmetacrilato) (poli-HEMA) el



cual era inyectado en el conducto y polimerizado con hallazgos clínicos inaceptables con el tiempo. (45)

La segunda generación de cementos selladores endodónticos adhesivos es de tipo hidrófilo, no requiere grabado ni adhesivo. Están diseñados para fluir en los conductos accesorios y los túbulos dentinarios con el fin de facilitar la formación de tags de resina para la retención y el sellado después de la eliminación del barrillo dentinario con NaOCl y EDTA. El mecanismo de adhesión predominante de estos selladores a la dentina radicular es su retención micromecánica donde se infiltran en la matriz de colágeno parcialmente desmineralizado (45) (54)

EndoRez es un sellador autoimprimante de curado dual de dos componentes base y catalizador, que contiene dimetacrilato de diuretano no ácido, que no requiere el uso complementario de adhesivo dentinario. La adición de dimetacrilato de trietilenglicol a la composición del sellador lo vuelve hidrófilo, puede reutilizarse en el entorno húmedo y ser muy eficaz a la hora de penetrar en los túbulos dentinarios y formar largos tags de resina, por lo que actúa mejor al aplicarse en dentina intrarradicular húmeda. Puede ser utilizado con conos de gutapercha convencionales o con puntas EndoRez específicas que poseen una recubierta con resina. En un estudio después de 10 años se demostró su probabilidad de éxito acumulada del 92,1%. Sin embargo se ha demostrado que a pesar de que se adhiere bien a las paredes del conducto radicular, no sucede lo mismo con las puntas de gutapercha, por lo que se recomienda el uso de sus puntas personalizadas EndoRez para establecer el monobloque. (17) (45) (54)

La tercera generación se caracteriza por su capacidad de autograbado, que contiene un imprimador autograbador y un cemento sellador de conductos de resina compuesta doblemente curada. El uso de imprimadores autograbadores reintrodujo el concepto de incorporar los barrillos dentinarios creados por los instrumentos manuales/rotatorios a los largo de la interfaz sellador-dentina. Se aplica un imprimador ácido a la superficie dentinaria que penetra a través del barrillo dentinario y desmineraliza la dentina superficial. El imprimador ácido se seca con aire para eliminar la carga volátil y después se aplica y se polimeriza el cemento endodóntico de resina compuesta dual moderadamente cargada. Siempre que estos materiales sean suficientemente agresivos para grabado a través de barrillos dentinarios densos, la sensibilidad de la técnica de unión a los conductos

radiculares puede reducirse cuando se retiene inadvertidamente barrillo dentinario en el tercio apical de las paredes de los conductos sometidos a instrumentación.

(45)

Epiphany es el primer cemento sellador endodóntico patentado que fue diseñado para adherirse tanto a la dentina como a Resilon. El sistema Resilon-Epiphany tiene una imprimación autograbable y un sellador a base de resina hidrófila de curado dual cuyo uso con Resilon crea un monobloque, lo que proporciona una mayor resistencia a la fuga microbiana y un modesto refuerzo de los dientes contra la fractura de la raíz. (44) Resilon es un material termoplástico de obturación radicular a base de policaprolactona que contiene dimetacrilato.

RealSeal viene en un sistema de un solo envase y contiene ácido 2-acriiloamido-2-metilpropanosulfónico (AMPS) como monómero ácido funcional. El monómero ácido funcional, el disolvente y el agua necesarios para la ionización de los monómeros ácidos y los catalizadores de autocurado se incluyen en un componente, un solo envase, muy semejante a los adhesivos de un componente. El cemento sellador endodóntico que se aplica después del imprimador de autograbado contiene entre otros Bisfenol A dimetacrilato etoxilado (EBPADMA) que permite ajustar la viscosidad del sellador, que será incluido en la versión mejorada RealSeal Thinning Resin.

RealSeal SE es la versión dual simplificada de RealSeal, consta de un sellador de metacrilato autograbable y material de núcleo. Reduce los pasos de aplicación del sistema de epifanía original, por lo que se vuelve más amigable para el operador y se adhiere tanto al núcleo de Resilon como a la dentina radicular a través de capas híbridas en ambos sustratos que conducen a una unidad monobloque, que puede prevenir fugas y mejorar la resistencia de la raíz, puede utilizarse con conos o bolas de Resilon mediante técnicas laterales en frío o verticales en caliente, o con RealSeal 1, un sistema obturador de Resilon basado en un vehículo. (45) (58)

Los cementos selladores endodónticos de cuarta generación son autoadhesivos, funcionalmente análogos a los cementos endodónticos fijadores de resina autoadhesiva en los que se ha eliminado la etapa independiente de grabado/unión. La combinación de un grabador, un imprimador y un sellador en un producto adhesivo único autoadhesivo y de autograbado resulta ventajosa, ya que reduce el tiempo de aplicación y los errores que pueden producirse en cada etapa de unión.

Metaseal es el primer sellador dual autoadhesivo, destaca por presentar en su composición 4-metacriloxietilo (4-META) que lo convierte en un sellador autograbador e hidrófilo, además de promover la difusión del monómero en la dentina intacta subyacente para producir una capa híbrida después de la polimerización, se lo recomienda para técnicas de compactación en frío y técnicas de cono único con conos de gutapercha o Resilon. Se ha indicado que produce propiedades de sellado equivalente o ligeramente inferiores a los cementos endodónticos de resina epóxica sin unión.

En el estudio de Abada y colaboradores (2015), se demostró mayor ventaja de adhesión del cemento endodóntico AHPlus en comparación con Gutaflow, y RealSeal, incluso sobre Endorez que tiene propiedades hidrofílicas. (54)

### **3.2.2.7. Cementos selladores endodónticos basados en MTA**

Los cementos selladores endodónticos basados en silicato de calcio hidráulico (CSCH), fueron promovidos bajo el concepto del uso de cemento Portland, por lo que recibió la denominación inicial de cementos portland o biocerámicos. El término hidráulico que se está promoviendo actualmente hace referencia a la capacidad de estos materiales para mejorar sus propiedades y endurecimiento en ambientes húmedos, propiedad que despierta el interés de clínicos e investigadores ya que los materiales en Odontología frecuentemente entran en contacto con fluidos.

En un esfuerzo por clasificar a este grupo de cementos que recientemente están saliendo al mercado y sufriendo distintas modificaciones para mejorar sus propiedades, se los ha caracterizado por su composición química. Es así que se consideran cementos selladores endodónticos basados en silicato de calcio hidráulico a los que contengan silicato tricálcico puro o que estén basados en cemento portland (MTA). (79)

Su composición destaca porque presenta una estructura cristalina y una composición química similar a los materiales de apatita de los huesos y dientes. (35) (42) (52)

Según Prati y colaboradores (2015) estos cementos se caracterizan por liberar iones  $Ca^{2+}$ , durante mucho tiempo después del fraguado y son la única familia de materiales que garantiza su liberación continua en contacto con dentina y huesos húmedos, lo que explica su estructura porosa. Situación que podría influir

negativamente en la capacidad de sellado y/o la adaptación marginal creando canales interconectados y dejando espacios para la filtración, los cuales pueden disminuir con el paso del tiempo, probablemente debido a la expansión hidráulica. Atmeth y colaboradores (2012) lo había descrito como la formación de una capa interfacial sobre la dentina denominada “Zona de infiltración mineral”, existiendo un grabado alcalino y cáustico en la superficie de la dentina producida por los subproductos de la hidratación del material bioactivo, lo cual origina la degradación del componente colágeno de la dentina interfacial. Esta degradación facilita la permeabilidad para los iones fosfatos del diente que se van liberando y reaccionan con el calcio del material bioactivo lo que incrementa la mineralización de esta región y produce adhesión del cemento en la superficie del diente, a su vez posee una actividad alcalinizante durante su reacción de hidratación relacionado a la liberación de hidróxido de calcio lo cual puede explicar las propiedades antibacterianas informadas de estos materiales. Niu y colaboradores (2014) destacan estas características que la hacen altamente compatibles con tejidos blandos mediante el desarrollo de una interfaz natural de unión entre materiales vivos y no vivos

Se siguen desarrollando nuevos cementos selladores endodónticos en base a MTA en busca de superar algunos de los inconvenientes de los cementos originales, tales como: tiempo de fraguado prolongado, manipulación, solubilidad en un ambiente demasiado húmedo (es decir, sitios de sangrado), baja radiopacidad y alto costo, facilidad de aplicación. (79)

Además de su excelente capacidad de sellado y propiedades mecánicas y físicas, su bioactividad y biocompatibilidad evita el rechazo por parte del tejido circundante, además experimenta una ligera expansión después del fraguado que ayuda a crear una barrera hermética y ni que decir de su pH alcalino que favorece la biomineralización en los túbulos dentinarios. Se afirma que la penetración del MTA es sustancialmente más significativa que la de los selladores a base de resina epoxi, incluso con métodos de irrigación activados y agentes quelantes. (35) (42) (52)

Los cementos selladores endodónticos de biocerámica pueden penetrar en los túbulos dentinarios y forman una capa híbrida. La formación de la capa híbrida se ve favorecida por la existencia de monómeros hidrófilos y disolvente en la

composición del MTA. Éste sellado elimina todas las comunicaciones entre el exterior y el canal radicular. El fracaso de la formación de la capa híbrida permitirá la comunicación entre el espacio endodóntico, el periodonto y la aparición de infiltración marginal, favoreciendo la colonización bacteriana. Al mismo tiempo, también es posible la penetración del agua, lo que determina la degradación hidrolítica del sellador y sus conexiones con las estructuras dentales (39)

El agregado de trióxido mineral MTA Fillapex®, es un ejemplo de estos selladores, que posee un pH básico (pH de 12), estabilidad química, no es tóxico, excelente biocompatibilidad y puede fraguar en presencia de humedad y sangre. Están disponibles en el mercado en un sistema pasta / pasta. Cuya composición se basa en agregado de trióxido mineral (MTA), trióxido de bismuto, sílice nanoparticulada, pigmentos y salicilato, así como resina natural. (42) El fosfato de calcio es también la razón principal de la excelente biocompatibilidad de la biocerámica, es decir, su capacidad para no desencadenar reacciones adversas cuando entra en contacto con los tejidos. Se ha demostrado que estos materiales pueden incluso promover la regeneración ósea, cuando se extruye accidentalmente a través del foramen apical durante los procedimientos de llenado del conducto radicular. Estos materiales también tienen la capacidad de establecer una retención micromecánica mediante la penetración del sellador en los túbulos dentinarios. (52) El MTA se ha utilizado como un sustituto dentinario eficiente en Odontología, demostrando resultados clínicos satisfactorios, es capaz de sellar el canal en presencia de sangre y humedad, puede proporcionar una capacidad de sellado perfecta y promueve la regeneración del cemento sellador endodóntico. (51). Se afirma que también podría usarse como una alternativa a la gutapercha como material de relleno.

Aunque se considera que el MTA es una sustancia de relleno eficaz, algunas de sus limitaciones incluyen la larga duración del endurecimiento, la dificultad de uso y los altos costos. Su tiempo de fraguado inicial es de 165 minutos y el final es menor a 6 horas. Por otro lado tiene una solubilidad mayor que AHPlus. También se ha identificado la tinción en dentina coronal producida por el componente de óxido de bismuto. (64) MTA ha sido altamente recomendado y utilizado con éxito por eminentes médicos e investigadores para obturar todo el canal. Sin embargo, la compactación de MTA ortogrado sigue siendo un desafío y sensible a la técnica, y las porosidades y las deficiencias se informan comúnmente. (45)

En base a la fórmula MTA, recientemente se han introducido otras sustancias como el Mezcla de cemento enriquecido con calcio (CEM) y el cemento endodóntico novedoso (NEC) para tales fines.

El cemento CEM contiene principalmente Óxido de Calcio (CaO), Anhídrido sulfúrico (SO<sub>3</sub>), Óxido Fosfórico (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), y Anhídrido Silícico (SiO<sub>2</sub>). Es un cemento endodóntico alcalino con varias ventajas, que incluyen biocompatibilidad tisular, inducción de tejido duro, alta capacidad de sellado, capacidad de fraguado en un ambiente acuoso, propiedades antibacterianas y resistencia al lavado. Por lo tanto, se ha informado que CEM tiene resultados comparables con MTA y se ha recomendado como material adecuado para el relleno del conducto radicular. Además, el cemento CEM se puede utilizar en la terapia pulpar vital de dientes maduros

El uso de cemento endodóntico MTA y CEM como sustancias de relleno se ha asociado con varias limitaciones. Por ejemplo, después del fraguado completo de estas sustancias, su eliminación para el retratamiento no quirúrgico y la preparación posterior es extremadamente difícil. (64)

Se considera que el MTA es un mejor material que el cemento CEM para la obturación del canal, la cual mostró mejores propiedades de sellado, en una relación de 2,0 ul/8 min a 3 ul/8 min respectivamente.

Bioroot, es otro cementos selladores endodóntico en base a MTA que bajo el análisis con microscopio electrónico de barrido confirmó una penetración visible del sellador en el conducto radicular. Un gran inconveniente es su compleja eliminación en caso de retratamientos endodónticos ortogrados.

Por otro lado algunos estudios mostraron que el flujo, la solubilidad no cumple de manera constante los requisitos de la norma ISO.

La limpieza a fondo de las paredes del conducto radicular, que es necesaria para una preparación adecuada del espacio posterior, puede convertirse definitivamente en un desafío cuando se utiliza un cemento sellador endodóntico a base de MTA. (52)

iRoot SP (Innovative BioCreamix Inc., Vancouver, Canadá), también llamado Endosequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA), es un cement sellador endodóntico a base de MTA hidrófilo inyectable, premezclado y listo para usar. (48) Consiste en nanopartículas de silicatos de calcio, fosfato de calcio monobásico,

hidróxido de calcio y óxido de circonio, relleno y agentes espesantes, utiliza la humedad inherentemente presente en los túbulos dentinarios para su reacción de fraguado. Da como resultado una interfaz sin espacios entre la gutapercha, el sellador y la dentina, ya que no se encoge al fraguar. Además, tiene la capacidad de formar una capa de apatita interfacial que provoca una unión química entre el material y la dentina radicular. (51)

El cemento sellador endodóntico EndoSequence BC es uno de los selladores bioactivos ideales que contiene nanopartículas (de aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  de diámetro) que facilitan la penetración en los túbulos dentinarios. (35)

En los últimos años, los materiales a base de silicato de calcio han atraído una atención considerable debido a su buena biocompatibilidad y bioactividad, propiedad antibacteriana y ciertos tipos de capacidad de sellado. Además, tiene una fluidez favorable, un tamaño de partícula pequeño, ninguna contracción de fraguado y muestra cierto grado de expansión de volumen, que afectan directamente a la calidad del relleno del conducto radicular.

(48)

Con respecto a la propiedad de penetración de los selladores, se confirmó que iRoot SP penetró más segmentos del conducto radicular a un nivel de 2 mm que AH Plus, cuando se utilizaron tanto técnicas de cono único como verticales calientes. Esto probablemente esté relacionado con su alta fluidez y su tamaño de partícula más pequeño.

AH Plus, iRoot SP, MTA Fillapex y GuttaFlow Bioseal fueron puestos a prueba con la técnica de un solo cono después de diferentes procedimientos de irrigación final. El grupo iRoot SP exhibió un área de penetración significativamente mayor que los otros grupos.

En el estudio de Wang, las técnicas de obturación del conducto radicular no tuvieron ningún efecto. Pero se confirmó que iRoot SP penetraba bien en los túbulos dentinarios y mejor que AH Plus en los 2 mm hasta el ápice. El tercio apical es el área más compleja y crítica del sistema de conductos radiculares, no solo para la instrumentación del conducto radicular sino también para el relleno del conducto radicular.

Se encontraron mayores vacíos a los 6 mm del ápice, especialmente con la técnica de compactación vertical caliente, se piensa que podría haber influido el reporte de

procedimiento en que iRoot SP se endureció y apareció smog tan pronto como entró en contacto con el calor. Además, la gutapercha extra no se podía eliminar del canal fácilmente, lo que influía en las características de manipulación. (48)

En el estudio de Chisnoiu y colaboradores (2019), se puso a prueba el cemento sellador endodóntico TotalFil BC (FKG Swiss Endo), sellador biocerámico que se adhiere a dentina y puntas TotalFill BC points, con la técnica de condensación lateral y vertical en comparación de condensación vertical en otro grupo, demostrando por análisis de Microscopía electrónica de Barrido (SEM) la presencia de una capa híbrida entre dentina y cemento endodóntico. En ambas técnicas de obturación éste sellador biocerámico forma capa híbrida entre dentina y cemento sellador de conductos (39)

En un estudio de micro CT, también se ha visto una mejor distribución de EndoSeal MTA, un sellador de silicato de calcio premezclado con la aplicación de energía ultrasónica indirecta, método que no fue valorado todavía con selladores a base de resina. (53)

El sistema de obturación más reciente es el Smart-Seal System, que se compone de puntas C y Smart-paste Bio-Sealer. Las puntas C se han diseñado para expandirse lateralmente utilizando la humedad inherente presente en el espacio del conducto radicular instrumentado. (58)

En el estudio de Osiri y colaboradores (2018) identificaron mejor fuerza de adherencia en el área de la raíz apical con el sellado biocerámico combinado con cono biocerámico a diferencia de gutapercha con AHPlus, sin embargo su resistencia a la fractura fue similar.

El mayor tipo de fallas del sellador biocerámico en todos los niveles de la raíz fue la cohesiva.

El sellador biocerámico puede inducir un enlace químico por precipitación de cristales de hidroxiapatita a partir de una reacción de hidratación, que posiblemente se adhiera al cono biocerámico y dentina. Se ha planteado la hipótesis de que la adhesión en el interfaz sellador y cono biocerámico se genera una unión química entre las nano partículas de silicato de calcio. Sin embargo, el mecanismo del enlace químico aún no ha sido probado. (35) (55)

En el estudio reciente de Jarotia y colaboradores (2021), se hace referencia y se demuestra la mejor capacidad de sellado de selladores biocerámicos como el



Ceraseal BC y Epiphany-Resilón en relación a AH Plus a base de resina epoxi que es considerado todavía gold estándar. Sin embargo se concluye que no se pueden evitar las filtraciones completas. (30)

Como se pudo apreciar existen una gran variedad de cementos selladores endodónticos, con distintas variaciones, en la presente revisión bibliográfica se puede apreciar un compilado de las diferentes marcas comerciales que estuvieron o que aún están en el mercado, de acuerdo a los diferentes grupos de cementos selladores endodónticos. (Véase Tabla 1. Cementos selladores endodónticos que se lanzaron al mercado y clasificados según su componente químico principal.)

**Tabla 1. Cementos selladores endodónticos que se lanzaron al mercado y clasificados según su componente químico principal.**

<b>COMPONENTE PRINCIPAL</b>	<b>CEMENTOS ENDODÓNTICOS/FABRICANTE</b>	<b>SELLADORES</b>
Óxido de zinc y eugenol	Cemento de Grossman (Star Dental, Sultan Chemists)	
	Cemento de Rickert (Sybron Kerr)	
	Cemento de Wach (Sultan) (Roth Pharmacy)	
	Tubli Seal <sup>TM</sup> (Sybron Kerr)	
	Treatment Spad (Spad)	
	Roth 801 <sup>®</sup> (Roth Int) (Roth Pharmacy)	
	Rocanal <sup>TM</sup> 2 y 3 (La Maison Dentaire)	
	Procosol (Procosol Chemical Co.)	
	Endoseal (Centric, Inc) (Ultradent Products, Inc)	
	Pulp canal sealer EWT (Kerr Manufacturing Co.)	
	Bioseal (Ogna, Italia)	
	Canals (Showa Yakuhin Kako Co., Ltd., Tokio, Japón)	
	Canals N (Showa Yakuhin Kako Co., Ltd., Tokio, Japón)	
	CanA-Seal (Schein)	
	Endo-Fill (Dentsply, Brasil)	
	Fill Canal (D.G. Ligas Odontológicas, Brasil)	
Nogenol (Coe Mfg. Co)		
Oxido de zinc y eugenol + Formaldehido	N2 <sup>®</sup> (Agsa)	
	RC2B	
	Endomethasone (Septodont)	

	Spad
Oxido de zinc sin eugenol	Endoflas (Mahidol University. Tailandia)
	MU Sealer (Mahidol University. Tailandia)
Hidróxido de calcio	Apexit® (Vivadent)
	Sealapex (Sybron Kerr)
	Calciobiotic Root Canal Sealer o CRCSTM (Hygenic)
	Vitapex® (Neo Dental Chemical Products)
	Acroseal® (Septodont)
Ionómero de vidrio	Ketac™ Endo (3M ESPE™)
	Activ GP™ (Brasseler)
Siliconas	Lee Endo-Fill (Lee Parapharmaceuticals)
	RSA Roeko Seal Automix (Coltene)
	Gutta Flow® (Coltene- Whaledent)
Resinas plásticas (epóxicas)	Diaket™ (3M ESPE™)
	Adseal (Metabiomed)
	AH 26® (De Trey)
	AH Plus™ o Topseal® (Dentsply)
	Thermaseal® (Tulsa Dental)
Resinas hidrofílicas (Metacrilato)	Hydron (NDP Dental System)
	EndoREZ® (Ultradent)
Resinas hidrofóbicas (Metacrilato)	Kollicoat® Smartseal (Base Pharma)
Resinas Poliésteres (Metacrilato)	Epiphany (Pentron, Sybron)
	RealSeal™ (Pentron Sybron)

	Resilon <sup>TM</sup> (The endo experience)
Modificaciones de gutapercha	Kloropercha N-0 (N-0 Therapeutics)
	Cloropercha (Moyco)
Cementos a base de Silicato de Calcio Hidratado	MTA Fillapex (Angelus Industria de Produtos Odontologicos S / A, Londrina, Brasil)
	MTA Endo Sealer (Densell)
	Biodentine (Septodont)
	Bioaggregate (DiaRoot)
	Endosequence BC Sealer HiFlow (Basseler USA)
	Totalfill (FKG)
	iRoot SP
	Endocem MTA (Maruchi)
	Endocem Zr (Maruchi)
	Endoseal MTA (Maruchi)
	Capseal
	Ceraseal (Metabiomed)
	Ceraseal B (AARC Dental)

**Fuente:** Elaboración propia con información extraída de todas las citas bibliográficas adjuntas al presente, donde se identificaron el estudio de estos productos.

### **3.3. Filtración entre el cemento sellador endodóntico y la dentina**

La filtración se define como la penetración de sustancias a través de la interfase cemento sellador endodóntico-dentina, a través del tercio coronal o apical.

La microfiltración es considerada como una de las causas importantes de falla endodóntica, producida debido a un contacto deficiente entre la gutapercha y el cemento sellador endodóntico, sellador y la dentina, o a través de huecos dentro

del sellador. (35)

La calidad de sellado de las obturaciones endodónticas se ve influenciado por distintos factores que todavía están siendo sometidos a prueba, como ser: la capacidad de adhesión a la dentina radicular del cemento sellador endodóntico, la técnica de obturación utilizada, la presencia o ausencia del barrillo dentinario en las paredes del conducto radicular, etc. (1)

Por otro lado existen otras variantes dentro del proceso metodológico de evaluación de filtración que han ido generando diferentes resultados acerca de la capacidad de sellado apical de los materiales del conducto radicular, entre los que destacan: la prueba de fuga de colorante, la penetración de bacterias, las técnicas de radioisótopos, las técnicas electroquímicas y las técnicas de filtración de fluidos. Los estudios con tinte se utilizan principalmente para éste propósito porque son simples y no requieren complicadas condiciones ni materiales. (19)

### **3.3.1. Características del cemento sellador endodóntico relacionadas con la filtración**

Durante la terapia endodóntica se debe buscar el logro de un correcto sellado corono-apical, es decir, obtener la misma calidad de obturación a lo largo de toda la extensión del conducto, ya que la posibilidad de penetración de fluidos y bacterias en su interior es tanto más elevada desde la cavidad bucal que desde el periodonto. (32) Los cementos selladores endodónticos se utilizan como lubricantes y ayudan al preciso asentamiento del material de relleno sólido durante la compactación. (33) Varios estudios reportan que el mayor porcentaje de fracasos endodónticos se debe a una adaptación defectuosa del material de obturación a la anatomía del ápice radicular ya sea porque su morfología dificulta adaptar correctamente el material de obturación o bien por una técnica de preparación o de obturación incorrectas, por lo que se considera relevante la calidad de sellado como factor de riesgo en el pronóstico de nuestros tratamientos endodónticos (8) (34)

Prinz (1912) en un discurso ante la St Louis Dental Society afirmó que la obturación deficiente provocaría filtración de suero hacia los tejidos apicales, proporcionando de esta manera nutrientes para los microorganismos que se encuentre en el interior de los túbulos dentinarios del conducto radicular con infección primaria; ésta sería la causa principal de inflamación periapical persistente y de fracasos endodónticos

(8)

En general, las bacterias orales podrían contaminar toda la longitud del conducto radicular dentro de los 30 días posteriores a la obturación, mientras que las endotoxinas de *Actinobacillus actinomycetemcomitans* en 20 días. (35) Si las colonias bacterianas no son eliminadas completamente del conducto radicular o si vuelven a penetrar al interior del conducto después de la endodoncia ya sea por caries, fracturas, restauraciones mal adaptadas, sus productos tóxicos podrían producir o exacerbar una periodontitis apical. (36)

### **3.3.1.1. Flujo**

El flujo se constituye como una propiedad física muy importante que permite evaluar la capacidad de los selladores endodónticos para penetrar en ramificaciones estrechas del conducto radicular. (40)

El flujo depende de características como el diámetro interno del conducto radicular, la temperatura, el tiempo de fraguado, el tamaño de partícula, la tasa de cizallamiento y la velocidad de inserción. Un flujo alto se asocia con un mayor riesgo de extrusión apical, que puede comprometer la cicatrización apical e inducir reacciones inflamatorias de los tejidos periapicales. (43)

El diámetro interno del conducto radicular va a depender a su vez de la técnica de instrumentación que se aplique, por ejemplo en el estudio de Vula y colaboradores (2020) se demostró la diferencia de mejor sellado con cementos endodónticos resinosos como el Epiphany SE Resilon con la técnica Step back (apicocoronal) que con el mismo sellador pero con la técnica Crown down (coronoapical). Aunque hay que considerar la mayor termoplasticidad del Resilon en comparación con la gutapercha convencional y la termoplástica, que presenta mejor adaptación a las paredes (19)

Los estudios demuestran un flujo adecuado para AH Plus de acuerdo con los estándares ANSI / ADA. (43) Se ha informado también que AHPlus tiene buena adherencia a las paredes de la dentina, logrando penetrar hasta 80um en los túbulos dentinarios, aunque Apexit Plus demostró ser más eficaz. (19)

La viscosidad, propiedad física que provoca resistencia al movimiento del fluídos, podría verse modificada por los cambios de temperatura. Se encontraron resultados contradictorios en los que se identificó que AH Plus no presenta cambio de viscosidad por aumento de temperatura, por otro lado se indica que tiene mejor

conductividad térmica en comparación con otros selladores que podría influir en el tiempo de fraguado, el espesor de la película y las propiedades de flujo. Al referirnos al aumento de temperatura se asocia especialmente a lo que acontece con la técnica de obturación en caliente. (43)

En un estudio ex vivo, Kok y colaboradores, compararon la penetración de la dentina de AH Plus y MTA Fillapex después del tratamiento primario del conducto radicular (instrumentación y obturación) donde se reportó que no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de selladores, a diferencia del retratamiento en que ninguno de los selladores mencionados pudo penetrar en los túbulos dentinarios. (43)

En conclusión en diferentes estudios se encontró la influencia de otros factores sobre el flujo como ser: la viscosidad del material, la temperatura, la humedad, el tipo de tratamiento (primario o retratamiento), situación que no ocurrió con la prueba de riego activado en la que no hubo diferencia significativa. (43)

### **3.3.1.2. Solubilidad y sorción de agua**

Cuando un sellador presenta alta solubilidad puede resultar en pequeños espacios y microfiltración a lo largo del sellador. La disolución del sellador también puede liberar componentes responsables de la irritación y posterior inflamación de los tejidos periapicales. Según la ISO 6876185, la pérdida máxima de masa debe ser menor al 3% después del almacenamiento en agua destilada durante 24 horas. (43) La calidad de la adhesión entre la dentina del conducto radicular y los selladores depende del nivel de humedad presente en los conductos radiculares antes del relleno. Se ha demostrado que la humedad residual dentro del canal altera las propiedades de sellado de los selladores convencionales y a base de resina.

Existen selladores con propiedades hidrófilas que requieren paredes dentinarias húmedas, no deshidratadas. Por lo tanto, se debe determinar el efecto de la humedad intrarradicular residual sobre la fuerza de unión de los selladores. (44)

En el estudio realizado por Kapur y colaboradores (2019), se comparó distintas condiciones de humedad y secado con etanol, punta de papel y secado al vacío, lo que dio como resultado mejor fuerza de adherencia de AHPlus en condiciones húmedas, secado al vacío ( $3,997 \pm 1.08$  Mpa), seguido de etanol, puntas de papel. Por otro lado la fuerza de unión de expulsión de Epiphany secado con etanol (1.913

$\pm 0.677$  Mpa) fue la más alta en comparación con las otras condiciones de secado. La fuerza de adherencia de GuttaFlow habría sido más alta cuando se secó con puntas de papel, condiciones normales ( $1.685 \pm 1.484$  Mpa) en comparación con las otras condiciones de humedad. (44)

### **3.3.1.3. Tiempo de fraguado**

Es muy importante conocer el tiempo que tarda un cemento sellador endodóntico en fraguar ya que de ello dependería en cierta medida que se disminuyan las posibilidad de microfiltración; es decir este tiempo debe ser lo suficiente para poder realizar la obturación completa pero lo suficientemente corto para evitar los proceso de filtración. (3) En una revisión sistemática realizada por Hergt y colaboradores, del 2005 al 2015 se identificó que en la mayoría de los estudios el tiempo de fraguado coincidía con los datos proporcionados por los fabricantes (43)

Se demostró que la humedad por su parte también influye en ésta característica, dependiendo de los diferentes tipos de selladores que se consideren, algunos son más sensibles a la humedad y otros requieren de condiciones húmedas para un mejor sellado. Apexit plus, sellador a base de hidróxido de calcio en contacto con la humedad, disminuye su tiempo de fraguado. (19) Dependiendo del hecho de que el conducto radicular se dejó húmedo o seco antes de la aplicación del sellador, la capacidad de penetración en los túbulos dentinarios de Endo REZ fue mejor y/o peor en comparación con AH Plus. (43)

En la revisión literaria de este trabajo se encontró diferentes intervenciones experimentales para verificar la filtración del sellador. En algunos casos se aplicaron diferentes cortes o intervenciones inmediatamente a la obturación o incluso sin considerar estos tiempos. (véase Tabla 2. Cuadro resumen de las variables del procedimiento, técnicas y materiales aplicados para la evaluación de filtración cementos selladores endodónticos.)

### **3.3.1.4. Cambios dimensionales**

Para prevenir el paso de bacterias hacia los tejidos periapicales, los cementos selladores endodónticos deben presentar una buena estabilidad dimensional. Los cambios en la estabilidad dimensional de un cemento sellador endodóntico producen espacios en la interfase cemento/dentina y cemento/gutapercha que



permiten el paso de microorganismos a través de la obturación. (4)

Los cambios dimensionales de un sellador de conductos radiculares no deben superar el 0,1% de expansión o el 1,0% de contracción durante el fraguado. (43)

Por lo general los cambios dimensionales ocurren durante las primeras cuatro semanas, con la mayoría de cementos selladores endodónticos. Los cementos endodónticos a base de óxido de zinc-eugenol muestran en algunos estudios una contracción del 0,3 a 1%. Los cementos endodónticos a base de resinas muestran una marcada expansión inicial del 4 a 5% manteniéndose estables luego de 4 semanas. Los cementos endodónticos a base de hidróxido de calcio mostraron una contracción del 0,2% (43) Idealmente, un cemento sellador endodóntico no debería expandirse ni contraerse, ya que la expansión aumenta el riesgo de fractura, sin embargo mucha de esta expansión puede ser absorbida por la gutapercha reduciendo el estrés sobre la dentina. Por lo contrario la contracción es menos deseable ya que compromete el sellado hermético del conducto radicular (5)

En la revisión sistemática de Hergt se coincidió en que AH Plus y los selladores disponibles no cumplen con los estándares de estabilidad dimensional. En la mayoría de los estudios, se encontró una expansión durante el fraguado de AH Plus, que probablemente se deba a la absorción de agua. (43)

En el estudio de Muharsya y colaboradores (2017), se encuentra que hay mejor estabilidad dimensional en el sellador Biocerámico, que es atribuido a su composición de minerales inorgánicos que no cambian de dimensión cuando endurecen, a diferencia de los selladores a base de resina metacrilato, demostrando de ésta manera también mejor capacidad de sellado, en un mayor porcentaje logrando monobloque secundario. (38)

#### **3.3.1.5. Adhesión**

La obturación tridimensional del conducto radicular es una parte esencial del tratamiento endodóntico, idealmente, el sellador debe adherirse a la pared del conducto radicular y también a la gutapercha. Aún no existen recomendaciones estandarizadas para la fuerza de adhesión de los selladores de conductos radiculares a la dentina. (43)

El sellador como material de obturación es muy necesario para evitar que las bacterias ingresen al conducto radicular, debe asegurar un sellado hermético, debe

ser antibacteriano y resistente a la disolución. La adhesión química y la expansión leve del sellador mejora su adaptación a las paredes del conducto. (31) (42)

El cono de gutapercha con sellador ha sido aceptado universalmente como el estándar de oro para los materiales de relleno del conducto radicular, sin embargo no cumple con un sello dentinario completo. Los avances recientes en la tecnología de adhesivos han llevado a la introducción de una nueva generación de selladores endodónticos y materiales de relleno que se basan en las propiedades adhesivas y la tecnología de resinas poliméricas.

Estos materiales son capaces de adherirse a la dentina radicular formando una capa híbrida y penetrando profundamente en los túbulos dentinarios en virtud de sus propiedades hidrófilas. (54)

Se ha establecido así el concepto de monobloque que está relacionado teóricamente con la formación de un sello hermético a los fluidos entre la dentina, sellador y la gutapercha. Sin embargo, clínicamente, ha sido difícil establecer monobloques en la obturación; como resultado, la falla endodóntica está estrechamente relacionada con la fuga de obturación (31)

El monobloque es una condición en la que el espacio del conducto radicular se llena completamente, sin dejar espacios, por una masa sólida compuesta por diferentes materiales y superficies. Esto puede aumentar la densidad y la resistencia a la fractura de la raíz, y también se espera que cierre la entrada de bacterias al sistema de conductos radiculares. Un enlace monobloque se puede formar de sellador y gutapercha para obtener una unión fuerte entre el material de relleno primario y las paredes del conducto radicular y para crear un buen cierre (38)

Según el concepto monobloque, los materiales de obturación también deben tener un módulo elástico cercano a la dentina. Si la raíz obturada responde a la fuerza funcional como una sola unidad, también brindaría una mayor resistencia a la fractura y la longevidad clínica de un diente tratado con endodoncia. (54) (55)

Se ha desarrollado un sellador a base de resina de metacrilato (MRS), que tiene propiedades hidrófilas y una eficaz capacidad de flujo del túbulo dentinario, por lo que tiene una buena capacidad de cierre. El uso de un MRS se combina con gutapercha recubierta de resina. El objetivo es producir una carga de acuerdo con el concepto de monobloque terciario, que es un relleno con dos enlaces: uno entre el sellador y el conducto radicular y otro entre el sellador y la gutapercha recubierta

de resina, manteniendo una sola unidad cohesiva dentro del conducto radicular. También se está desarrollando gutapercha recubierta con nanopartículas de biocerámica para que cumpla con el concepto de monobloque terciario, pero esto aún está en proceso de investigación por lo que se pudo evidenciar la literatura. (38)

Se esperan diferencias en las propiedades adhesivas de los selladores endodónticos porque su interacción con la dentina o con los materiales del núcleo de la raíz puede variar según su composición química. La adhesión depende de una multitud de factores que interactúan, incluida la energía superficial del adherente (dentina o materiales del núcleo), la tensión superficial del adhesivo (sellador), la capacidad del adhesivo para mojar las superficies y la limpieza de la superficie del adherente. Además, las tensiones causadas por las diferencias en los coeficientes de expansión térmica y los cambios dimensionales durante el fraguado del adhesivo pueden afectar las uniones adhesivas.

- Influencia del uso de irrigantes

Durante la preparación del conducto radicular, se forma una capa de frotis que contiene material orgánico, inorgánico, bacterias y productos bacterianos. Actúa como una barrera entre los materiales de obturación y las paredes del conducto radicular, comprometiendo así la formación de un sellado satisfactorio que puede conducir a la aparición de microfiltraciones. Se ha recomendado el uso alternativo de EDTA e hipoclorito de sodio para la eliminación eficaz del frotis (39)

Se han aplicado diferentes materiales, concentraciones, tiempos de uso y otras variables que no permiten la determinación del método de evaluación de filtración más adecuado, como tampoco se podría concluir el sellador más eficiente por la gran variedad de variables que se conjugan y varían entre uno y otro protocolo. (Véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

Diversos estudios probaron y demostraron la eficacia de acondicionamiento dentinario con diferentes protocolos de irrigación final usando Hipoclorito de sodio, algún agente descalcificante (EDTA al 17% o gel EDTA al 24%, ácido maleico) y Clorhexidina, lo que permite reducir las fugas y aumento de la fuerza de adherencia, de unión. También indican que éste efecto fue abolido cuando se utilizó Hipoclorito de sodio como irrigante final. Por otro lado se demostró mejoras con la combinación

de Hipoclorito de sodio al 5% y ácido etidróico al 18% durante la instrumentación en una mezcla 1:1. (43)

En el estudio de Hergt y Wiegand se demostró que la humectabilidad de la dentina mejoró después de la eliminación de la capa de frotis y una irrigación final con Clorhexidina, combinado con riego activado (43)

El cambio de la energía superficial de la dentina debido al uso de la solución de EDTA puede reducir significativamente su capacidad de humectación y, por lo tanto, reducir la adhesión del sellador del conducto radicular hidrófilo, especialmente cuando se usa con un material de núcleo que tiene estabilidad dimensional como la gutapercha. Esto podría explicar el alto valor medio de fuga observado en los canales obturados con gutapercha ProTaper de un solo cono / EndoSequence BC. (51)

En el cuadro resumen de los métodos aplicados en varios estudios se evidencia que en su mayoría sostienen la importancia de realizar una última irrigación de Hipoclorito de sodio después de un agente quelante con el propósito de limpiar el material orgánico residual, sin embargo se observa la falta de consenso en cuanto a las cantidades y la concentración empleada tanto del irrigante durante el procedimiento, así como del quelante y el irrigante final. (Véase Tabla 2. Cuadro resumen de las variables del procedimiento, técnicas y materiales aplicados para la evaluación de filtración cementos selladores endodónticos.)

- Irradiación láser

Hergt y colaboradores (2015), en un estudio in vitro, han utilizado como método alternativo para aumentar la adhesión la irradiación con láser Erbio con cristal de granate de Aluminio e Itrio (Er: YAG) y EDTA como lavado final. de la superficie de la dentina. Concluyendo que la irradiación con láser generaría irregularidades y aumento de la superficie de las paredes del conducto radicular, que posteriormente podría mejorar la adhesión del sellador. (43)

Se reporta diferentes láseres con diferentes características y aplicaciones como ser: establecimiento de parámetros seguros para el uso clínico, mejorar los cambios morfológicos en la superficie de la dentina y en la capa de frotis, promover la reducción microbiana, sellar el foramen apical y cambiar la permeabilidad de la dentina.

El láser Erbio cristal de granate de Galio Escandio e Itrio sensibilizado con Cromo (Er, Cr: YSGG), con una longitud de onda de 2,79  $\mu$ m, provoca microexplosiones y la eliminación del tejido diana por ablación, cuando es absorbido por agua e hidroxiapatita. La ablación se produce mediante un proceso termomecánico de interacción en el que las moléculas de agua se energizan y son impulsadas por la luz láser y chocan con las moléculas del tejido, provocando microexplosiones y un aumento de la temperatura superficial que varía con la densidad de energía y puede o no ser suficiente para inducir cambios químicos estructurales, la superficie se vuelve más suave y expone la estructura de colágeno de la dentina intertubular. Estudios previos indican que tras la irradiación la superficie dentinaria presenta reducción microbiana, irregularidades, túbulos dentinarios abiertos por ende mayor permeabilidad y la ausencia de una capa de frotis. Una de sus ventajas es la capacidad de controlar el aire y el agua durante la irradiación mientras se utilizan puntas flexibles específicamente diseñadas para uso endodóntico, que se pueden insertar hasta la longitud de trabajo debido a un diámetro compatible con el diámetro interno del conducto radicular. (43) (56)

Por otro lado en el estudio de Hergt se demostró que el pretratamiento de la dentina con ácido cítrico al 15% aumentó significativamente la resistencia al cizallamiento en comparación con la irradiación con láser Er: YAG (43) Alfredo y colaboradores, demostraron que la irradiación de la dentina radicular con un láser de diodo semiconductor de arseniuro de galio-aluminio (GaAlAs) de 980 nm (SIROLaser 2.2; SIRONA Dental, Bensheim, Alemania) aumentó significativamente la adhesión de AH Plus ( $8,69 \pm 2,44$  MPa) en comparación con los controles no irradiados ( $3,86 \pm 0,60$  MPa), que se regaron con 2 mL de NaOCl al 1% (5 min), 2 mL de EDTA al 17% (5 min) y se enjuagaron nuevamente con agua destilada durante 1 min. (43) En el estudio de Franceschini y colaboradores, se puso a prueba diferentes irrigantes en el protocolo final previo a la obturación: Agua destilada, NaClO al 1%, Ácido etilendiamino tetracético con surfactante catiónico: EDTAC al 17%, los cuales fueron activados con Láser Er, Cr: YSGG, con la prueba de resistencia al cizallamiento en 3 tercios de la porción radicular, se observó que existe mejor adhesión con EDTAC al 17% como irrigante final, con irradiación de 4W, así como en el tercio apical que en el tercio medio y cervical. Cabe hacer notar que la medición de fallo de adhesión se realizó con Microscopio Confocal de Barrido,

realizando las medidas en micrómetros, considerando las fuerzas de expulsión que se aplican medidos en Megapascales, el conducto fue sellado con AHPlus, instrumentación manual, con gutapercha convencional y condensación lateral.

Con este propósito, varios autores demostraron mediante la prueba de expulsión que la irradiación láser con Er:YAG, Neodimio con cristales de Galio, Aluminio e Itrio: (Nd: YAG) y láser de diodo aumenta la interacción de selladores a base de resina epoxi / dentina. (56)

- Influencia del uso de disolventes de gutapercha

Se demostró que algunos solventes de gutapercha como el Cloroformo, Xileno y Endosolv utilizados durante el retratamiento endodóntico disminuyen la fuerza de unión de AH Plus a diferencia del eucaliptol y el aceite de naranja que no disminuyeron la adhesión de AH Plus a la dentina del conducto radicular. (43)

- Influencia del Hidróxido de calcio remanente de medicación intermedia

Algunos estudios examinaron la influencia de otros factores en la adhesión, encontrando alguna relación con el uso de diferentes irrigantes para la eliminación de la capa de frotis, uso de hidróxido de calcio como medicación intermedia, riego activado, irradiación láser, uso de disolventes de gutapercha. (43) Haciendo ver la importancia de la eliminación completa del Hidróxido de calcio para evitar interferencias en la adhesión.

El 2018, Mohamed concluyó que la fuga apical no se puede prevenir con ninguno de los sistemas de obturación experimentales actuales. (51)

### **3.3.2. Otras características relacionadas con la filtración**

Independiente del sellador existen otros factores que fueron relacionados con la filtración, en la literatura.

#### **3.3.2.1. Características propias del diente**

La dentina como estructura dura que contiene al conducto radicular, presenta distintas variaciones, entre los cuales podemos destacar: la edad de la pieza dentaria, las injurias que haya recibido anteriormente al tratamiento endodóntico, si el canal radicular recibió tratamiento previo, tipo de material empleado en el primer tratamiento, entre otros. Las paredes dentinarias presentan variaciones incluso

dentro de un mismo conducto debido a la menor densidad y diámetro de los túbulos de dentina existentes en las regiones apicales. (35)

El bajo número de túbulos dentinarios, la estructura irregular de la dentina secundaria y la presencia de tejido similar al cemento en el tercio apical de la pared del conducto radicular dan como resultado una menor posibilidad de penetración, adhesión de cementos selladores endodónticos en comparación con la dentina coronal. Otros factores que dificultan un mejor sellado a este nivel se atribuye a la dificultad de limpieza y la proximidad con la fuente de polimerización en el caso de cementos selladores endodónticos fotopolimerizables. (37) Además de su anatomía compleja, debido a muchos canales laterales y accesorios, tipos de ramificación, el istmo o el delta apical. El líquido tisular del ápice es considerado como la principal causa de fracaso del tratamiento del conducto radicular porque puede ser una fuente de nutrientes para las bacterias que quedan en el conducto radicular. Por lo tanto, el sellado del conducto radicular, particularmente en el tercio apical, es muy importante para determinar el éxito del tratamiento del conducto radicular (38)

Se puede lograr una mejor adaptación del sello apical creando una unión química entre el cemento sellador endodóntico y la pared dentinaria del conducto radicular y / o la ligera expansión del cemento sellador endodóntico durante el fraguado. (39) Los análisis de microporosidad de sellado de BC sealer y AH Plus reportaron que se evidenció mayor volumen y superficie de poros cerrados con cemento sellador endodóntico en las secciones coronales en comparación con las secciones apicales. (35)

La dentina en las secciones coronal, media y apical tiene diferentes energías superficiales, lo que también influye en la limpieza, que podría ser difícil de lograr en la región apical. (35)

Se considera que la presencia de ramificaciones del conducto radicular como los conductos laterales, secundarios y accesorios establecerían vías de comunicación entre el conducto radicular principal y el ligamento periodontal, así como el agujero apical, que según el reporte de varios autores podrían provocar problemas periodontales localizados debido a la persistencia de material necrótico e infectado, lo que indica la importancia de la penetración de cementos selladores endodónticos en estas irregularidades. (40)

En la mayoría de los estudios revisados en el presente estudio se tomó en cuenta

la rectitud de la raíz, además de la condición unirradicular, en algunos casos incluso consideraron incluir solo las formas del conducto circular. a diferencia de algunos estudios que no consideraron este aspecto o incluso trabajaron en dientes con diferentes grados de curvatura, que de hecho por su anatomía alteraría los factores de retención de materiales de obturación en una prueba de expulsión.

### **3.3.2.2. Técnica de instrumentación**

Con la revolución de los instrumentos mecanizados en la Endodoncia se incrementaron las conicidades de preparación del conducto, que parece influir en el acceso más directo y mejor limpieza del canal radicular. Sin embargo se han evidenciado una serie de contradicciones en diferentes estudios que tratan de definir cuál es la mejor alternativa, cabe hacer notar que las metodologías incluyeron muchas variables que podrían ser modificadores del resultado, como combinaciones con diferentes cementos selladores endodónticos, técnicas de obturación que no permiten generar una filosofía conclusiva. Dado que la calidad de la obturación está relacionada con la calidad de la preparación del conducto radicular, los errores de procedimiento deben minimizarse.

En el estudio de Yoo y colaboradores se concluyó que el uso del instrumento rotatorio NiTi para la preparación del conducto radicular mostró la menor microfiltración apical, en comparación con el instrumento manual, en un experimento con sellador AHPlus 26 y técnica de condensación lateral.

Se ha afirmado que los sistemas de lima única reciprocante permiten la preparación del conducto radicular con menores errores de procedimiento en comparación con los sistemas mecanizados de limas múltiples. Los sistemas de archivo único Reciproc y WaveOne se introdujeron de acuerdo con el concepto de reciprocidad.

(41)

La diferencia radica en la variación de conicidades de las limas dentro del mismo sistema (Véase Figura 1. Descripción de sistemas mecanizados con la variación de conicidades de sus limas

)

La evidencia ha demostrado que cuanto menor sea la cantidad de detritos creados durante la instrumentación, mayor será la adaptación de los materiales de obturación radicular y menor será la fuga apical. Reciproc provoca menos cambios en la geometría del conducto radicular, por lo que genera menos detritos y permite



una obturación y sellado más seguros del sistema del conducto radicular; por tanto, se minimizaría la fuga apical.


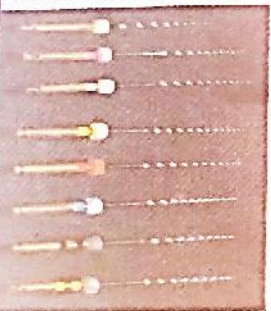


### **3.3.2.3. Irrigantes y activadores**


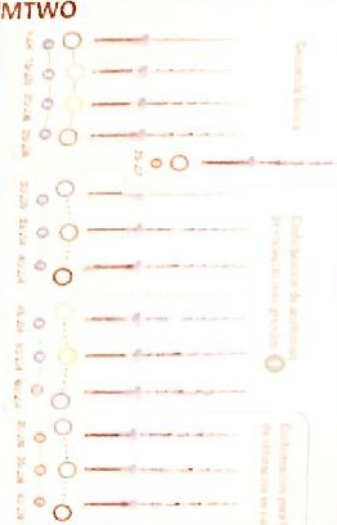


Se ha establecido que el éxito del tratamiento del conducto radicular dependería de la limpieza, el modelado y la desinfección del conducto radicular que se logra mediante la preparación químico mecánica para eliminar las bacterias y sus subproductos previniendo así la recontaminación del espacio del conducto radicular. (33)

La eliminación mecánica puede tener un efecto limitado, ya que es posible que los instrumentos no alcancen ni eliminen los tejidos infectados del conducto radicular. Por tanto, es necesario complementar la instrumentación mecánica con el uso de irrigantes químicos, como hipoclorito de sodio (NaOCl), gluconato de clorhexidina (CHX) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

Estos irrigantes son los más utilizados y generalmente eliminan el tejido orgánico y los desechos, así como los microorganismos patógenos y la capa de frotis, limpiando la superficie de la dentina. (42)

Figura 1. Descripción de sistemas mecanizados con la variación de conicidades de sus limas

SISTEMA	COMPOSICION	NOMBRE	COLOR	LIMA D0	CONICIDAD	VELOCIDAD (r.p.m.)	TORQUE (N/cm)	
<b>PATH FILE</b> 	Ni- Ti	P1	Lila	0.13	0.02 ó 2%	300	2	
		P2	Blanca	0.16				
		P3	Amarillo	0.19				
<b>PROTAPER UNIVERSAL</b> 	Ni- Ti Rotatorio Y Manual	SX	Dorado	0.19	7%	250-350 (300)	3.5	
		S1	Lila	0.17			3.5	
		S2	blanca	0.20			1.8	
		F1	amarillo	0.20			2.4	
		F2	rojo	0.25			2.8	
		F3	azul	0.30			2.8	
		F4	Doble negra	0.40				
		F5	Doble amarilla	0.50			5%	
<b>PROTAPER NEXT</b> 	Ni- Ti M-Wire	SX	Dorado	0.19	4%	300	3.5	
		X1	Amarillo	0.17			2	
		X2	Rojo	0.25			6%	
		X3	Azul	0.30			7%	
		X4	Doble negro	0.40			6%	
X5	Doble amarillo	0.50	6%					
<b>WAVE ONE (Reciprocante)</b> 	Ni- Ti Mwire	Small	Amarillo	0.21	8%	350	Reciprocante 170°-50°	
		Primary	Rojo	0.25				
		Large	Negro	0.40				

SISTEMA	COMPOSICION	NOMBRE	COLOR	LIMA D0	CONICIDAD	VELOCIDAD (r.p.m.)	TORQUE (N/cm)
<b>RECIPROC (Reciprocante)</b> 	Ni- Ti Mwire	R 25	Rojo	0.25	8%	300	Reciprocante
		R 40	Negro	0.40	6%		
		R 50	Amarillo	0.50	5%		
<b>MTWO</b> 	Ni- Ti	SECUENCIA BASICA	Lila (1 anillo)	0.10	4%	120	1.2
			Blanco (2 anillos)	0.15	5%	130	1.3
			Amarillo (3 anillos)	0.20	6%	210	2.1
			Rojo (3 anillos)	0.25	6%	230	2.3
		S.B. OBT. CALENTADO	Rojo	0.25	7%	200	2.0
		SECUENCIA PARA CONDUCTOS AMPLIOS	Azul	0.30	5%	120	1.2
			Verde	0.35	4%	120	1.2
			Negro	0.40	4%	160	1.6
			Blanco	0.45	4%	160	1.6
			Amarillo	0.50	4%	200	2.0
			Azul	0.60	4%	300	3.0
		p/Cond amplios OBT. CALIENTE despues de	Azul	0.30	6%	120	1.2
			Verde	0.35	6%	100	1.0
			Negro	0.40	6%	170	1.7
<b>HYFLEX CM (Control Memory)</b> 	Ni-Ti con aleación de Cromo	08	Rojo (lima de acceso hasta 1/3 medio)	0.25	8%	500	2.5
		04	Amarillo	0.20	4%		
		04	Rojo	0.25	4%		
		06	Amarillo	0.20	6%		
		04	Azul	0.30	4%		
		04	Negro	0.40	4%		
<b>PROTAPER RETRATAMIENTO</b> 	Ni- Ti Punta activa	D1	(hasta 1/3 cervical)	0.30	9%	400	2
		D2	(hasta 1/3 medio)	0.25	8%		
		D3	(2 o 3 mm antes del final de la gutapercha)	0.20	7%		

Fuente: Elaboración propia, en base a las descripciones del fabricante de cada sistema mecanizado. 2017.

La capa de frotis o también denominada capa de desecho dentinario, se adhiere a las paredes dentinarias. Está constituida por material necrótico, contaminado que se produce durante la instrumentación del conducto radicular mediante la translocación y el bruñido de los componentes superficiales de las paredes de la dentina, independientemente del tipo de instrumento y la técnica de instrumentación. Su persistencia en las paredes dentinarias representaría una brecha importante entre los cementos selladores endodónticos y las paredes del conducto radicular, evita la penetración de soluciones de irrigación, medicamentos en las irregularidades del sistema de conductos radiculares y los túbulos dentinarios. (37)

Muchos cementos selladores endodónticos demostraron un aumento de sus propiedades adhesivas sobre la dentina, cuando se eliminó la capa de desecho dentinario, porque permite fluir a los cementos selladores endodónticos a través de los túbulos dentinarios limpios. (33)

La irrigación es considerada actualmente el mejor método para eliminar la capa de frotis mediante la eliminación de materiales sueltos, necróticos y contaminados antes de que invadan más profundamente el conducto radicular y los tejidos apicales.

El hipoclorito de sodio (NaOCl) ha sido considerado como la solución de irrigación más utilizada en la endodoncia moderna. Tiene una capacidad única para disolver el tejido necrótico y los componentes orgánicos de la capa de frotis, además de su fuerte acción antimicrobiana. Sin embargo, este irrigante no puede disolver el componente inorgánico de la capa de frotis, además es un fuerte irritante de los tejidos periapicales, incluso en concentraciones inferiores a 0,1% debido a su PH de alrededor de 11. También se reporta que el NaOCl afecta la polimerización del cemento sellador endodóntico de resina porque puede oxidar el colágeno u otros componentes de la matriz de la dentina creando una capa de dentina oxidada, lo que interfiere con el inicio de la polimerización de la resina, disminuyendo la resistencia y aumentando la microfiltración en las resinas adhesivas. (37) (42)

Se había sugerido el gluconato de clorhexidina (CHX) como una solución de irrigación alternativa que podría reemplazar al NaOCl, por su efecto bactericida y su capacidad de precipitar y coagular los componentes intracelulares bacterianos. El gluconato de clorhexidina, una bisbiguanida catiónica, es un agente

antimicrobiano con buena actividad sustantiva. Esta solución tiene actividad antimicrobiana de amplio espectro, siendo activa contra bacterias gramnegativas y positivas, pero no disuelve el tejido orgánico o el componente inorgánico de la capa de frotis (37) (42)

Por este motivo, se ha recomendado utilizar un agente quelante como el ácido etilendiamina tetraacético (EDTA) para eliminar el componente inorgánico de la capa de frotis y desmineralizar la dentina. Este ácido poliprótico está siendo utilizado clínicamente en concentraciones entre el 10% y el 17% y descalcifica la dentina a una profundidad de 20 a 30 $\mu$ m en un tiempo de 5 min según la literatura. Se ha identificado al EDTA como el agente desmineralizante más utilizado, debido a que desempeña un papel importante en la limpieza de los túbulos obstruidos durante la instrumentación debido a su alto efecto quelante sobre los tejidos mineralizados. Aunque todas las soluciones de irrigación tienen excelentes propiedades, ninguna puede disolver el tejido orgánico residual y eliminar la capa de frotis simultáneamente (37) (42)

Se describe una efectividad reducida de la Clorhexidina, incluso en combinación de EDTA al 17%, en la prueba de diferentes irrigadores. Se atribuye esta deficiencia a su incapacidad de disolver tejido orgánico. Así también se ha determinado que si se va a decidir combinar NaOCl y CHX, se requerirá mayores volúmenes de EDTA y su activación, para eliminar el denso precipitado insoluble que se forma por dicha combinación. Éste precipitado es reconocido como paracloroanalina (PCA), en los túbulos dentinarios que provoca la obstrucción de los túbulos dentinarios a lo largo del conducto radicular, provocando una disminución en la penetración del cemento sellador endodóntico. (42)

Se ha introducido otro irrigante endodóntico, mezcla de tetraciclina, ácido y detergente (MTAD), el cual es recomendado como enjuague final después del riego inicial con solución de NaOCl. Se ha demostrado que MTAD es clínicamente eficaz y biocompatible, con actividad antibacteriana sostenida.

En los estudios de Farag y colaboradores, se demuestra la diferencia de adhesión del sistema Resilon/Epiphany con diferentes protocolos de irrigación obteniéndose mejor fuerza de unión a la expulsión “push-out bond strength test” con la combinación de Hipoclorito de sodio o Clorhexidina con MTAD (ácido cítrico 4,25% y detergente polisorbato 80), por su capacidad de eliminar la capa de frotis y

disminuir la tensión superficial. Se ha reportado además varios estudios anteriores que demostraron su mayor efectividad sobre el EDTA. En otro estudio similar de Wachlarowicz y colaboradores, se demostró que no había diferencia entre la irrigación final con EDTA y MTAD, después de la irrigación con NaOCl en comparación de la irrigación solamente con NaOCl, aunque por otro lado se identificó el cambio del protocolo en el secado que se realizó con jeringa triple y no así con conos de papel, sabemos que esto puede provocar el colapso de las fibras de colágeno que impiden la penetración del cemento sellador endodóntico-

El tratamiento de la superficie de la dentina con diferentes protocolos de irrigación puede alterar su composición química y estructural. Cambiando así sus características de permeabilidad, solubilidad y, por lo tanto, afectando la adhesión de los materiales. (37) Por lo que se considera importante mantener controladas las variaciones como concentración, cantidad de aplicación y tiempo de permanencia en conducto. (37) Esta información fue resumida en la revisión literaria de los protocolos aplicados en los diferentes estudios publicados en los últimos cinco años respecto a nuestro tema de investigación. (Véase Tabla 2. Cuadro resumen de las variables del procedimiento, técnicas y materiales aplicados para la evaluación de filtración cementos selladores endodónticos.)

Assis y colaboradores sostuvieron la importancia del riego final con NaOCl después de EDTA, acción que elimina la matriz orgánica y aumenta la exposición de componentes inorgánicos, con desmineralización y modificación de dentina rica en colágeno en una estructura con múltiples irregularidades en la dentina inter y peritubular, lo que proporciona un área más grande para la fluidez de diferentes selladores endodónticos, resultados que coincidieron con los estudios de Martinho y colaboradores (2020). (42)

Respecto al uso de activadores, se encontró en un reporte sistemático, la referencia de Bolles y colaboradores, quienes examinaron con Microscopia de barrido láser confocal el efecto de dos sistemas de irrigación sónica diferentes EndoActivator y Vibringe, sobre ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y el hipoclorito de sodio (NaOCl), se concluye que ninguno mejoró la penetración de AH Plus en comparación con el riego manual. (43)

#### **3.3.2.4. Técnica de obturación**

Cohen y colaboradores (2016), clasificaron los métodos de obturación en:

Compactación lateral, Compactación vertical en caliente, Compactación con ola continua, Compactación lateral en caliente, Inyección termoplástica, Gutapercha basada en un transportador, Compactación termomecánica, Técnicas con disolventes, Pastas y Obturación inmediata. (45)

Existe todavía controversia respecto a cuál es el mejor método de obturación. (46)

Los estudios informaron que la técnica de Condensación Lateral es una técnica sencilla, común, pero que no asegura un sellado hermético a los fluidos. La condensación lateral fría es la más utilizada y ha sido considerada como la técnica gold estándar para evaluar otras técnicas de obturación. (19). (46)

La técnica lateral fría convencional implica el uso de conos 0.02 de conicidad y la adición de conos accesorios adicionales al cono maestro usando espaciadores con sellador en el ingreso de cada cono. Sin embargo, los conos accesorios utilizados en esta técnica no pueden adaptarse completamente a las paredes e irregularidades del conducto radicular. Por lo tanto, se planteó la posibilidad de que se produzcan huecos entre los conos individuales y las paredes del conducto radicular. . (42)

Una mayor presión de compactación lateral durante los procedimientos de obturación favorece la reducción de huecos en el sellador y aumenta la retención. En un estudio de Araujo y colaboradores (2016), se realizó preparación mecanizada de los conductos y se evaluó la capacidad de sellado con microscopia de barrido, en la que se reveló una masa más homogénea para la técnica de compactación lateral, particularmente con los selladores AH Plus y MTA Fillapex. También se observó que la compactación lateral mostró una fuerza de unión más baja que la técnica como único Reciproc cuando se utilizó el sellador Epiphany. (47)

En los casos de preparaciones con instrumentos mecanizados con conicidades mayores, es posible emplear un cono maestro estandarizado ISO con la adición de algunos conos accesorios para que coincidan estrechamente con el espacio preparado. Sin embargo con ésta técnica también se plantea la posibilidad de que pueda provocar más huecos aún. (42)

Los resultados de Ebrahimi y colaboradores (2020), revelaron que los conductos radiculares instrumentados con limas individuales reciprocantes, rellenos con gutapercha y sellador con técnica de compactación lateral tendrían una microfiltración apical mínima, en relación con las limas wave one. (41)

Se identificaron que las técnicas de obturación más utilizadas en la práctica clínica serían la compactación lateral, la compactación vertical en caliente y las técnicas de soporte central

Buchanan creó la técnica de obturación de onda continua que fue una modificación de la técnica de condensación vertical caliente de Schilder. Esta técnica de obturación ha sido considerada como la que requiere menos tiempo, proporciona menos fugas coronales microbianas y se adapta mejor a las ranuras y depresiones de las paredes del canal y los canales laterales que la compactación lateral. Algunos estudios demuestran una mejor adaptación de la gutapercha caliente que la gutapercha fría, mientras que otros sugirieron lo contrario. (46)

Los resultados mostraron que la técnica de obturación onda continua tenía más volumen de espacios en los tres niveles apicales diferentes (1 mm, 3 mm y 5 mm) en comparación con la técnica de condensación lateral en los mismos tres niveles. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las dos técnicas de obturación. (46)

La gutapercha se conoce y se utiliza en odontología desde hace más de 150 años, y su uso con un sellador es un procedimiento estándar en el tratamiento de endodoncia. (48) Debido a la rigidez de la gutapercha y adhesividad deficientes la mayoría de las técnicas de obturación se caracterizan por una tendencia a la modificación térmica de la gutapercha que mejora su fluidez y adaptación hacia las paredes dentinarias. Sin embargo ésta situación incrementa el riesgo de generar fugas apicales. (19)

Brackett y colaboradores, informaron que el sellado con la técnica de obturación vertical caliente y la técnica de onda continua, utilizando AH Plus (sellador de resina epoxi), no produjo mejores resultados en comparación con el uso de GuttaFlow (sellador a base de polidimetilsiloxano) y la técnica de un solo cono. (31)

La técnica Thermafil consiste en rellenar el conducto radicular con gutapercha con un transportador central recubierto con gutapercha en fase alfa. A pesar del poco tiempo requerido para realizar la obturación y la capacidad de la fase alfa para replicar las irregularidades del canal, Gutman y colaboradores, encontraron que al quitar el portador después de enfriar podría generar microfiltraciones. (19)

La técnica de obturación termoplástica recomendada por Schilder sella el conducto radicular principal y sus excentricidades, sin embargo, se lo ha considerado como



un procedimiento sensible ya que requiere un manejo cuidadoso de la fuente de calor y buenas habilidades clínicas, por lo que requiere mucho tiempo. Los estudios demostraron que esta técnica de obturación proporciona una buena adaptación a la pared del conducto radicular, pero también presentaron filtraciones. A pesar de los hallazgos contradictorios, la mayoría de los estudios informaron una buena adaptación de la gutapercha cuando se utilizaron técnicas de obturación termoplástica en comparación con las técnicas de compactación lateral en frío. (49)

La técnica de cono único como su nombre indica emplea un solo cono combinado con sellador para la obturación, por lo que se lo ha considerado como una técnica simple, fácil de dominar y que permitiría ahorrar tiempo a los operadores. En tanto que no requiere compactación vertical ni lateral, ni aumento de temperatura, disminuiría el riesgo de fractura de la raíz además de evitar daños térmicos en la membrana periodontal. Sin embargo, debido a la falta de condensación durante el procedimiento de llenado, el canal ha presentado mayor volumen de masa de selladores, en comparación con las técnicas verticales frías y cálidas. Se cuestionó respecto a esto la contracción que sufre el sellador durante el fraguado y su disolución cuando entra en contacto con el fluido tisular como problemas comunes en la mayoría de los selladores. (48) Por otro lado en el estudio de Araujo, el uso de técnicas de cono único dio como resultado valores bajos de fuerza de unión.

Con el advenimiento de sistemas mecanizados NiTi, la técnica de obturación de un solo cono estandarizado de acuerdo a su sistema ha sido tendencia últimamente. Sin embargo se ha encontrado que a menudo la mayor conicidad de sus conos presentan una adaptación insuficiente en relación con las paredes del conducto radicular, predominantemente en los tercios coronal y medio, que presentan morfologías irregulares. También debido a que la gutapercha no se compacta contra la dentina cuando se utilizan las técnicas de cono único. (47) (49)

En el estudio de Cueva y colaboradores (2015), se demostró que el que presentó menor filtración fue el sellado con gutapercha de cono simple, Sistema B y gutapercha inyectada, seguido de la técnica mixta y finalmente el sellado con condensación lateral, aunque sin diferencias significativas estadísticamente ( $p < 0,05$ ). (50)

Por su parte Mohamed y colaboradores (2018), demostraron que las puntas de gutapercha del sistema ProTaper se pueden utilizar de forma eficaz y sencilla para

la técnica de obturación de un solo cono, siempre que los conductos radiculares se preparen con limas de acabado ProTaper de tamaño y conicidad similares. (51)

El sistema CPoint o ProPoints ha sido descrito como un sistema de obturación de cono único que consta de puntas endodónticas hidrofílicas prefabricados de diferentes tamaños y conicidad con un sellador endodóntico biocerámico adjunto. Un cono de CPoint consiste en un núcleo polimérico radiopaco recubierto con una vaina radiotransparente de un polímero hidrófilo. El núcleo interior está compuesto por una mezcla de óxido de circonio/poliamida, una mezcla de dos polímeros de nailon patentados: (51) La cubierta exterior del CPoint es un copolímero reticulado de acrilonitrilo y vinilpirrolidona que está diseñada para expandirse lateralmente pero no axialmente al absorber el agua residual presente dentro del conducto radicular hasta que el cono entre en contacto con la pared dentinaria, proporcionando una adaptación y sellado superiores además de empujar el sellador hacia las paredes dentinarias. (51)

El estudio de Mohamed y colaboradores (2018), concluyeron que EndoSequence BC puede ser el sellador adecuados para la obturación de un solo cono CPoint, mientras que AH Plus y MTA Fillapex son adecuados cuando se usa la obturación de gutapercha de un solo cono de gutapercha convencional. En el mismo estudio también se identificó que la combinación de MTA Fillapex con CPoint y Endosequence BC con cono de gutapercha convencional no serían recomendables. (51)

La literatura actual no es unánime cuando se trata de la asociación de un sellador a base de biocerámica con técnicas de obturación en caliente, se habla también de su estabilidad, la importancia de seguir las instrucciones del fabricante. Por otro lado Atmeh y colaboradores, afirmaron que incluso si el calor no causa cambios en la estructura química biocerámica, parece producir algunos cambios microestructurales debido a la pérdida de agua. Específicamente, un análisis de espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FT-IR) de un sellador biocerámico calentado reveló una caída en los picos que representan los modos vibratorios del grupo OH en el agua, lo que demuestra una pérdida de agua irreversible por encima de 100° C por evaporación. (52)

En el estudio de Yulianda y colaboradores, se comparó la obturación con la técnica de un solo cono y onda continua, junto con un sellador de polidimetilsiloxano, cuya

ventaja es que no requiere un proceso de condensación, mostrando mejor sellado apical la de un solo cono, pese a haber recibido críticas respecto a los altos niveles de porosidad en el sellador debido a la contracción y la disolución del sellador. Cabe hacer notar que en la técnica de cono único se empleó un cono estandarizado acorde al sistema que preparó el conducto, lo que permitió mejor adaptación a la forma del conducto radicular. Esto evitó la extrusión del sellador apicalmente, por la forma rígida del cono de gutapercha que se ajustaba al conducto radicular y distribuía mejor el sellador al conducto radicular. (31)

Se han desarrollado nuevos rellenos de polímeros termoplásticos, como el sistema Resilon / Epiphany, con la novedad de proporcionar un efecto monobloque, que garantiza la radiopacidad, la compatibilidad con los tejidos y una contracción mínima; sin embargo, aún pueden producirse microfiltraciones. (51)

Como se vio anteriormente la técnica de obturación así como el material de relleno tiene requieren mínimamente que el sellador sea capaz de adherirse tanto a la dentina como a la gutapercha. Se reporta que Koçak, Brodrumlu y colaboradores, encontraron que el gold estándar, AH Plus, sellador endodóntico, no llega a formar enlace químico con la gutapercha. (19)

La técnica de obturación es un factor capaz de afectar significativamente la calidad del sellado apical en términos de microfiltración. Sin embargo parece ejercer un mayor papel protagónico los selladores de conductos radiculares, demostrando mayor eficacia los que son a base de silicato tricálcico en comparación de los selladores convencionales. (52)

Se sugiere aprovechar los selladores con buenas características físicas y químicas, con alta flexibilidad, adaptación a las irregularidades del sistema de conductos radiculares y escaso volumen de contracción. (53)

### **3.3.3. Métodos de evaluación de filtración**

Bajo la comprensión de la importancia del sellado hermético que deben lograr los selladores endodónticos se plantearon diferentes métodos de evaluación de la filtración. Los cuáles se siguen perfeccionando y analizando para reducir los sesgos.

Algunos métodos evalúan la filtración de fluidos a lo largo de la interfase sellador-dentina así como otros estudios se basan en el estudio de los huecos y fallas existentes entre el sellador, la dentina y el material núcleo.

Michelotto y colaboradores (2015), encuentran que los métodos de evaluación de filtración tales como: técnicas conductométricas, filtración de fluidos, radioisótopos, penetración bacteriana, pruebas electroquímicas, métodos fluorométricos, electrométricos, uso de espectrofotómetro y el uso de tintes, han presentado resultados controvertidos por lo que han sido ampliamente criticados. (57) (58)

### **3.3.3.1. Métodos por inmersión**

La metodología que utiliza la inmersión dental en varios tipos de tintes (5% de eosina, 0.5-2% de azul de metileno, 0.5-1% de tinta china negra, tinta azul, tinta negra, tinta de dibujo, 0.5% de rodamina B , Fucsina al 0,5% y otros) es fácil de realizar. Los dientes se seccionan longitudinal o transversalmente o se limpian y se registra la penetración lineal del tinte. (40)

Las ventajas de éste método son el bajo coste, la baja toxicidad, la buena disponibilidad y la facilidad de almacenamiento. Un gran número de estudios han utilizado azul de metileno como colorante porque es económico, fácil de manejar, tiene un alto grado de tinción y tiene un peso molecular menor que el de las toxinas bacterianas. Algunos investigadores han sugerido que el azul de metileno presenta fugas similares al ácido butírico, un producto metabólico microbiano con mayor penetración que la tinta china. (40) (59)

Las desventajas de la sección longitudinal de la dentina parecen ser la naturaleza aleatoria de la selección del eje de corte y las muy bajas probabilidades de que las secciones se corten a través del punto de penetración del tinte más profundo, lo que da como resultado una subestimación de las fugas y la obtención de datos poco fiables. La profundidad de penetración se puede evaluar con un microscopio estereoscópico con aumentos de  $\times 4$  a  $\times 30$  con todos los tintes. El termociclado o el ciclo mecánico se han utilizado en algunos estudios de microfiltración para simular mejores situaciones clínicas

En relación con los colorantes, el tamaño molecular de las partículas, el pH y la reactividad química afectan el grado de penetración. (40)

También Kubo y colaboradores, afirman que el azul de metileno es susceptible a la oxidación y puede volverse incoloro en contacto con ácido sulfúrico o zinc.

El azul de metileno con un  $\text{pH} \leq 5$  puede generar la desmineralización de la dentina y permitir la penetración del tinte. Por lo tanto, se recomienda utilizar solución salina tamponada con fosfato para aumentar el pH de las soluciones a 8 y prevenir

cambios en el pH. Así también Kubo y colaboradores, utilizaron azul de metileno tamponado al 2% para evitar una reacción entre el tinte y el sellador AH Plus y también para evitar la liberación de partículas del cemento endodóntico a la solución de tinte. (41)

Varios estudios han sugerido que se utilice rodamina B en lugar de azul de metileno. Un estudio informó que la tinta de dibujo exhibió una menor penetración en la dentina de la raíz en comparación con todos los demás. El tamaño de partícula de este tinte (0,1-2  $\mu\text{m}$ ) es comparable al rango de tamaño de varios patógenos endodónticos y parece ser ventajoso en los estudios de fuga del tinte endodóntico. Por otro lado, Barthel y colaboradores, propusieron que el tamaño de las partículas del tinte podría no ser un factor importante en los estudios de fugas. Las partículas de tinta china con diámetros  $< 3 \mu\text{m}$  también se utilizan ampliamente. Se ha informado que el peso y el tamaño de las moléculas de tinta china son menores que los de los componentes bacterianos aislados de los conductos radiculares. Por lo tanto, es posible que no simule con precisión las moléculas de los fluidos que se originan en los tejidos perirradiculares, dando resultados falsos positivos durante los estudios de fugas. Una consideración importante en relación con los estudios de penetración del tinte es que el aire atrapado en los huecos dentro del material de obturación del conducto radicular podría interferir con el movimiento del fluido. Se ha recomendado que los estudios de penetración de tintes se realicen a presión reducida, denominada erróneamente al vacío. Sin embargo, es difícil eliminar el aire atrapado aplicando baja presión en pequeños espacios vacíos, incluidos los de 2  $\mu\text{m}$  de diámetro, que son permeables a las bacterias. Kontakiotiset y colaboradores, investigaron la influencia de la hidratación en los huecos dentro de los materiales de obturación del conducto radicular utilizando un modelo de transporte de fluidos y penetración de tinte, en el cual se aplicó aire para eliminar el agua de los huecos en un grupo y mostró que el azul de metileno penetraba más fácilmente en los huecos secos que en huecos llenos de agua. El azul de metileno penetró a lo largo de los espacios llenos de aire por acción capilar, mientras que penetró en los espacios llenos de agua por difusión. Se ha informado que el método de vacío dio lugar a una penetración de tinte significativamente mayor en comparación con la filtración de fluidos y la penetración de tinte pasiva. (40)

En el estudio de Yulianda y colaboradores, se hace referencia al uso de la escala

de Pathromvanich que califica la filtración en 3 categorías. La categoría 1 corresponde a una filtración 0 a 0,5 mm del tercio apical, la categoría 2 corresponde a 0,51 a 1 mm, la categoría 3 mayor a 1 mm. Habiendo puesto a prueba la obturación con un sellador de polidimetilsiloxano con dos técnicas de obturación se encontró que había mayor filtración en la categoría 1 y 3 (31) Sin embargo esta clasificación queda insuficiente considerando que hay otros estudios que precisan la filtración de 2, 3 o más milímetros de filtración.

Muharsya y colaboradores (2017), evaluaron la falta de sellado por cuadrantes en cortes transversales de los órganos dentarios, con cinco puntuaciones a tomar en cuenta: una puntuación de 0 (sin brecha marginal), una puntuación de 1 (hubo una brecha marginal en un cuadrante), una puntuación de 2 (hubo brechas marginales en dos cuadrantes), una puntuación de 3 (hubo brechas marginales en tres cuadrantes) y una puntuación de 4 (hubo brechas marginales en todos los cuadrantes o ausencia de adaptación) (38)

### **3.3.3.2. Método de filtración o transporte de fluidos**

En este método, la capacidad de sellado se mide a través del aire, por el movimiento de burbujas dentro de un tubo capilar, que consiste en un canal obturado con su porción coronal conectada a un tubo lleno de agua a presión atmosférica, y su ápice conectado a un tubo capilar de vidrio de 20  $\mu$ L de 170 mm de longitud y con un calibre uniforme lleno de agua. Se aplica una presión de 0,1 atm a través de la parte coronal, forzando el agua a través de los espacios vacíos a lo largo del conducto radicular. Los resultados se expresan en  $\mu$ L / min. Los movimientos de las burbujas de aire se pueden observar mediante rayos láser de diodo controlados por computadora en lugar de visualmente. La fuga apical se puede medir con el uso de un medidor de filtración de fluidos computarizado que consiste en un sistema láser. (40)

Michelotto y colaboradores (2015), plantearon una nueva metodología de alta resolución-para medir filtración mediante Cromatografía líquida de alto rendimiento-espectrometría de masas en tándem (HPLC-MC/MS) y de ésta manera evaluar la detección de concentraciones muy bajas de trazadores. Los resultados de ésta prueba nos revelan medidas de ng/mL (nanogramos/mililitro). (57)

### **3.3.3.3. Método de extracción o disolución de tinte**

El método de extracción del colorante permite un análisis volumétrico, en este método, los dientes se disuelven en ácidos, liberando todos los tintes de las áreas interfaciales y un espectrofotómetro determina la densidad óptica (DO) de la solución.

No se encuentra correlación entre la penetración del tinte, las técnicas de filtración de fluidos y extracción de tinte que determinan la microfiltración. La técnica de filtración de fluidos arrojó resultados similares a los de la extracción de tinte porque ambos consideran la porosidad de la interfase entre el material de obturación y la raíz. Ambas técnicas se basan en mediciones cuantitativas de los líquidos que pasan a través de estas interfases. La técnica de extracción de tinte es superior al método de filtración de fluidos porque los valores de filtración tienden a disminuir con el tiempo a medida que el agua penetra en todas las irregularidades hasta que se alcanza una meseta. (40) (74)

De-Deus y colaboradores (2015), observaron una correlación entre la filtración por los métodos de la extracción del colorante y el bacteriano, quienes argumentan estos hallazgos: por la baja sensibilidad que tienen en detectar diferencias entre las técnicas de obturación o las diferencias entre los especímenes. (75)

### **3.3.3.4. Método de infiltración de bacterias y toxinas.**

Se cree que el uso de organismos bacterianos para la evaluación de fugas (principalmente coronales) es más relevante clínica y biológicamente en comparación con el método de penetración del tinte. Se ha utilizado una amplia variedad de cepas bacterianas para evaluar la fuga marginal, con resultados contradictorios, porque los métodos dependen del tipo de cepas bacterianas utilizadas. Además, si el sellador exhibe actividad antimicrobiana, no es posible emplear el método bacteriano. Los sistemas generalmente constan de dos cámaras, lo que permite separar completamente los extremos apical y coronal de cada muestra. La turbidez del caldo de la cámara apical es el primer indicio de contaminación bacteriana. Si la cámara pulpar se viene contaminado, podría ser un reservorio de microorganismos y toxinas, dando lugar a un problema en cualquiera de las dos formas. En primer lugar, el sellado apical podría verse afectado, dando como resultado el fracaso del tratamiento del conducto radicular. (40) (60) El uso de saliva humana es ventajoso porque simula en gran medida el entorno clínico.

Sin embargo, no puede simular las alteraciones en el ambiente bucal como cambios térmicos o el efecto del régimen dietético sobre el flujo salival.

Verissimo y colaboradores, mostraron que la evaluación de la fuga coronal mediante el uso de bacterias proporciona datos más biológicamente significativos y clínicamente relevantes que otros métodos.

La evaluación de la capacidad de sellado de la obturación de gutapercha mediante el método de fuga de saliva se basa en la actividad de las enzimas hidrolíticas salivales y su capacidad para romper el sello. Los productos microbianos provocan la desintegración de la gutapercha y comprometen la adaptación de la gutapercha a las paredes del conducto radicular, lo que daña el sellado. En un estudio de Maniglia-Ferreira y colaboradores, la descomposición y destrucción del poliisopreno (la sustancia principal de la gutapercha) produjo altas cantidades de radicales carboxilo e hidroxilo durante la compactación termomecánica y las técnicas termoplásticas, lo que resultó en una reducción del peso molecular y una disminución en la estabilidad y capacidad de sellado del material de relleno y un aumento microfiltración coronal. (60)

En segundo lugar, la penetración de microorganismos y toxinas a través de los conductos accesorios en el suelo de la cámara pulpar puede provocar la afectación de la furca periodontal. Los estudios bacterianos son considerados cualitativos más que cuantitativos. Si solo una bacteria penetra en el conducto radicular obturado, podría multiplicarse en el caldo enriquecido, causando turbidez. Para ello se han ensayado diferentes microorganismos.

*Enterococcus faecalis* es la especie bacteriana más utilizada. La penetración de bacterias o productos bacterianos podría iniciar o reactivar el proceso inflamatorio. El tamaño molecular del material de prueba debe corresponder a las bacterias y / o componentes de la pared celular bacteriana y / o fluidos nutritivos. La evaluación de las fugas de los materiales de obturación del extremo de la raíz con el uso de endotoxinas es otro método. Se ha informado que la penetración de endotoxinas precedió a las de las bacterias en el sistema de canales. (40)

Hay tres métodos principales disponibles para la evaluación de la microfiltración bacteriana, a saber: el modelo de fuga de doble cámara, la detección de bacterias utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM), y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).



En el modelo de fuga de doble cámara, se describe una cámara dividida con un camino de conexión a través del conducto radicular de los dientes fijado en el centro. La cámara superior contiene especies de bacterias cultivadas en caldo de infusión cerebro-corazón y la cámara inferior contiene el caldo de infusión cerebro-corazón. Toda la raíz se cubre con un material sellante mientras que la punta de la raíz (ápice) se deja al descubierto. En caso de que ocurra una fuga bacteriana, el medio de cultivo en la cámara inferior se vuelve turbio. En las técnicas de SEM y PCR, las bacterias se pueden visualizar o detectar directamente en el conducto radicular o en los túbulos dentinarios. (60)

### **3.3.3.5. Modelo de penetración de glucosa mediante filtración de fluidos**

La tasa de filtración de glucosa se cuantifica con espectrofotometría. Otro método cuantitativo es medir la concentración de glucosa filtrada en el reservorio apical en diferentes intervalos de tiempo con el uso del método enzimático de glucosa oxidasa.

La glucosa fue seleccionada como agente de rastreo debido a su pequeño tamaño molecular (PM = 180Da) y porque es un nutriente para las bacterias. Por lo tanto, si la glucosa penetra en el conducto radicular desde la cavidad bucal, las bacterias que sobreviven a los procedimientos de preparación y obturación del conducto radicular pueden multiplicarse y causar inflamación periapical. El modelo de fuga de glucosa se considera una prueba de sellabilidad muy sensible y clínicamente relevante en comparación con otras pruebas de fuga. Sin embargo, sus desventajas incluyen el largo período experimental, la dificultad de mantener un sistema libre de bacterias para evitar el consumo de glucosa y el riesgo de evaporación del agua. Las pruebas piloto son necesarias para evaluar la reactividad de la glucosa. Según Bernabé y colaboradores, se seleccionaron un tiempo de experimentación aproximado de 60 minutos y vacío para asegurar que no se produjera reacción de glucosa y también para facilitar la penetración del marcador, que podría verse afectado por el tipo de material analizado y es mejor repetirlo para cada experimento.

Para determinar la concentración de glucosa, se puede utilizar el método enzimático de glucosa oxidasa que proporciona el máximo grado de especificidad y alta sensibilidad en comparación con otros métodos, así como también se puede

emplear los métodos de cobre o ferricianuro.

La glucosa es oxidada a ácido glucónico con la formación de peróxido de hidrógeno, en presencia de oxígeno, por la enzima glucosa oxidasa. En presencia de una enzima peroxidasa, el peróxido de hidrógeno oxida un aceptor cromogénico de oxígeno (4-aminoantipirina y fenol), lo que da como resultado la formación de un producto rojo (cromógeno oxidado). La cantidad de este cromógeno oxidado es proporcional a la glucosa presente inicialmente en la primera reacción, cantidad que se determina mediante espectrofotometría. Con este modelo, fue posible cuantificar la microfiltración endodóntica de forma continua a lo largo del tiempo. La cantidad de microfiltración fue el valor acumulativo de la glucosa filtrada. La reactividad de los materiales de obturación con la glucosa podría afectar los resultados de la prueba de fuga de glucosa. Los resultados del estudio de Hedge y Arora indican que todos los sistemas de obturación permiten grados variables de fuga de glucosa. Los valores de fuga de glucosa de los grupos AH plus con técnica de condensación lateral fueron significativamente más altos en comparación con BCsealer, Endosequence y Smartsealer, atribuyéndose su mejor capacidad de sellado por su propiedad hidrófila y composición de nanopartículas y la impregnación de partículas de biocerámica en su correspondiente gutapercha. Lo que no sucedió con RealSeal que se diferencia de BCsealer por que tiene composición resinosa que aunque selle muy bien las paredes por la contracción puede presentar desprendimiento de las paredes dentinarias. (58)

Para medir la fuga de glucosa, se debe montar una cámara doble. El segmento de la jeringa que contiene la solución de glucosa se conecta a una fuente de presión para crear una presión en el espacio de cabeza de 103 kPa por 60 minutos. Souza y colaboradores, amplificaron la presión en la cámara superior del sistema de modelo de fuga de glucosa para acelerar la fuga de glucosa de semanas a horas con el fin de disminuir el riesgo de crecimiento bacteriano y evaporación de agua a largo plazo, manteniendo la capacidad de detectar las muestras con fugas. (40)

Otra técnica propuesta para evaluar las fugas a largo plazo utiliza un espectrofotómetro ultravioleta visible (UV-VIS) y glucosa como trazador. Sin embargo, el sistema no pudo medir la fuga debido a la baja sensibilidad del detector, capaz de detectar trazadores solo a concentraciones de  $\mu\text{g mL}^{-1}$  o superior. Por lo

tanto, la mejora de los métodos actualmente disponibles es extremadamente importante y, a menudo, se necesitan modificaciones técnicas para mejorar la confiabilidad de los resultados. (57)

En los estudios de Mohamed y colaboradores, se verifica que existen discordancias en la evaluación de sellado entre los cementos selladores endodónticos biocerámicos y resinosos epoxi, en los que salen aventajados los de resina epoxi con el método de evaluación de fuga de tinte, a diferencia de los métodos de evaluación de fuga bacteriana y fuga de glucosa que mostraron mejor sellado de los biocerámicos. (39) Esto hace pensar en la importancia de evaluar la interacción de los trazadores con los selladores.

### **3.3.3.6. Prueba de microfiltración de proteínas**

La prueba de microfiltración de proteínas se caracteriza por la utilización de albúmina de suero bovino en un aparato de doble cámara y se calcula con un espectrofotómetro.

Para evaluar la fuga, se traza el marcador de albúmina sérica bovina en un aparato bicameral con indicador Bradford. El indicador de Bradford se utiliza para determinar la concentración de albúmina que se escapa de la cámara superior a la cámara inferior. El procedimiento se basa en la formación de un complejo entre el tinte, Brilliant Blue G y las proteínas en solución, llamada complejo proteína-colorante, la cual desplazaría la longitud de onda de máxima absorción de Coomassie Brilliant Blue G de 465 a 596 nm. La tasa de absorción es proporcional a la proteína presente.

La microfiltración de cafeína es otro método que emplea un modelo de doble cámara modificado en la cual el contenido de cafeína filtrada se podría detectar mediante cromatografía líquida de alto rendimiento-espectrometría de masas en tándem (HPLC-MS / MS) o un espectrofotómetro ultravioleta visible (detectores UV-VIS). Se reporta que el límite de detección de cafeína fue 2000 ng mL<sup>-1</sup>, usando detector ultravioleta (UV-VIS), y 10 ng mL<sup>-1</sup> usando HPLC-MS / MS. podría detectar concentraciones al menos 1000 veces más bajas (40)

La cafeína utilizado como trazador ha presentado las siguientes características: se ioniza fácilmente, es soluble en agua, tiene un pH neutro (6,0) y un peso molecular bajo (PM=194Da) (55)

### **3.3.3.7. Prueba de microfiltración electroquímica**

El método electroquímico fue descrito como un proceso que se basa en la difusión de iones a través de espacios muy estrechos, cuyos resultados se determinan con las leyes eléctricas. Se cree que la magnitud de la corriente eléctrica producida por la difusión de iones, entre dos electrodos, es directamente proporcional a la cantidad de fuga. Los cambios en la concentración de iones pueden afectar los resultados. Otro parámetro que se puede medir en la prueba electroquímica es la resistencia eléctrica. La resistencia y la fuga están inversamente relacionadas entre sí, a medida que aumenta la fuga, la resistencia eléctrica disminuye. (77)

Para su aplicación se describe el siguiente protocolo: primeramente se debe cubrir por completo las superficies externas de los dientes con esmalte de uñas, respetando la abertura de acceso y el foramen apical. Las raíces se deben montar en silicio a través del fondo de cilindros de plástico, dejando el acceso abierto dentro del cilindro. Los cilindros deben ser llenados con solución salina para que sirva como electrolito. Los cilindros en asociación con los dientes se montaron en placas de Petri llenas de la solución salina como electrolito. Solo 2 mm de los extremos de las raíces se sumergieron en la solución. Para realizar las mediciones, se debe colocar una lima K # 70 en cada cámara superior e insertar un alambre de acero inoxidable en la placa de Petri. El electrodo de cada cámara superior se conectó por separado al electrodo de la cámara inferior a través de un circuito eléctrico con una fuente de alimentación de corriente continua de 8 V. La conductividad eléctrica se debe medir en microamperios ( $\mu\text{A}$ ). En otros estudios también se hace referencia de la aplicación de acero inoxidable o cobre como electrodos. Los resultados de las pruebas de microfiltración electroquímica presentan mucha divergencia, esto puede atribuirse en parte a las diferencias en la composición del electrolito, el tipo de electrodo y la distancia entre los dos electrodos, el grosor del electrodo y la conductividad eléctrica de la solución iónica. (66)

### **3.3.3.8. Método de penetración de radioisótopos**

El método de penetración de radioisótopos es un método cualitativo cuyo análisis de resultados se basa en la evaluación de su imagen bidimensional. No se encontró suficiente referencias de la aplicación de éste método

En el estudio de Philip y colaboradores usaron el isótopo Calcio, misma que tiene afinidad por la estructura del diente o los materiales restauradores, lo que conduce

a un aumento de los errores de medición, además su pequeño tamaño le permite atravesar la estructura del diente o los defectos del material de restauración; resultando en una mala interpretación de la fuga, que además son evaluados en una radiografía. (66) (77)

En el estudio de Modaresi y colaboradores (2013), se utilizó el método de difusión de sulfato de cobre, la cual fue inyectada en una cantidad de 0,3 ml en el segmento coronal de las muestras con una aguja fina. Después de dos días, se midió la concentración de sulfato de cobre en la solución mediante un espectrómetro de absorción atómica. Así también se demostró que no presenta correlación con la prueba de penetración de tinte. (78)

### **3.3.3.9. Método experimental de unión por expulsión**

Con el advenimiento de selladores adhesivos, se probaron diferentes métodos para evaluar la adhesión: Fuerza de unión “bond strenght”; Fuerza de unión al microcizallamiento o resistencia al cizallamiento (expulsión) “microshear bond strenght” “shear bond strenght”; Fuerza de unión a la expulsión o fuerza de unión por empuje o fuerza de adhesión por empuje “push-out bond strenght” y Durabilidad de la unión “durability bond”.

La fuerza de unión al microcizallamiento “microshear bond strenght” se entiende como la fuerza máxima necesaria sobre el punto para producir fractura de una muestra con pruebas de expulsión, a través de la evaluación de la resistencia al cizallamiento que se mide en megapascales (MPa) con una máquina de prueba universal. La prueba diseñada para medir la resistencia de la unión al cizallamiento incluye la prueba de cizallamiento de la interfaz plana y la prueba de empuje. (43) (54)

Con respecto a la prueba de expulsión, el material a evaluar se debe colocar en orificios cilíndricos perforados en el sustrato del diente y se mide la fuerza requerida para desalojar el material de prueba cuando se empuja fuera de los orificios. Los cilindros de dentina del conducto radicular utilizados en la prueba de expulsión son una opción interesante para probar los sistemas de relleno del conducto radicular (54)

Los modelos experimentales de unión por expulsión se limitan a clasificar únicamente los materiales/técnicas de relleno y que no son pautas para la toma de decisiones clínicas. Sin embargo, las pruebas de expulsión pueden contribuir a la

comprensión de las características de retención de materiales de obturación específicos en la dentina del conducto radicular, como se verificó en el estudio de Araujo. (47)

En el estudio de Kapur y colaboradores, se evaluó la fuerza de unión de diferentes selladores endodónticos con diferentes métodos de secado del conducto, se calculó en MPa. Los criterios para la clasificación del modo de fallas fueron los siguientes: falla adhesiva, falla cohesiva y falla mixta. Se analizaron muestras representativas de cada grupo de fallas con un microscopio electrónico de barrido digital. (44)

Se están desarrollando nuevos materiales de obturación de raíces en un intento por mejorar la capacidad y eficacia para eliminar infecciones y prevenir la recontaminación. (40)

Como se vio anteriormente, varios estudios realizaron distintos abordajes combinando materiales y técnicas para encontrar criterios que disminuyan la posibilidad de filtración.

En una carta al Editor del *International Endodontic Journal*, realizado por De-Deus y colaboradores (2015), se publican ciertas consideraciones metodológicas en las pruebas de expulsión de endodoncia. Se indica que desde el punto de vista de las ciencias de los materiales dentales es un error muy claro el pensar que las pruebas de expulsión en endodoncia puedan medir de manera fiable la adhesión de materiales endodónticos, ya que se produce el efecto Poisson como efecto de las fuerzas de expulsión inducidas, en la cual se genera una deformación en la sección transversal del material y por ende un aumento en la retención, lo que interfiere en los resultados finales. Más bien lo que se propone es:

- Entender como los diferentes materiales de relleno son propensos a resistir las fuerzas de dislocación que podrían afectar a los materiales en el interior del conducto radicular
- Clasificar de forma fiable la calidad de los materiales de relleno y sus técnicas

Las propiedades físico-químicas como el módulo elástico cambio dimensional, grado de polimerización, estarían involucradas en el desempeño del sellador en el espacio del canal de la raíz, cuando se somete a la prueba de expulsión.

Los estudios que se centraron solo en las propiedades del sellador, han llenado el espacio del conducto solo con el sellador para lograr un mejor control sobre el modo

de fracaso, de ésta manera se refleja verdaderamente la fuerza de unión entre el sellador y la dentina.

Los estudios de laboratorio se deben evaluar críticamente desde un punto de vista metodológico. Por otra parte, los estudios de laboratorio pueden ser diseñados a fin de controlar las variables de confusión y, por tanto aislar de forma fiable la variable de interés. (61)

En un estudio realizado por Nunes Carvalho y colaboradores (2017), cuyo objetivo fue evaluar la bioactividad del BCSealer y su microresistencia de unión de expulsión a la dentina en comparación con el AHPlus Sealer, se realizó un estudio in vitro en 24 canales radiculares de premolares mandibulares. En la micro prueba de expulsión AH tenía valores medios más altos de resistencia adhesiva (16,29 MPa) que sellador BC (9,48 MPa) ( $p < 0,05$ ). Ambos grupos tuvieron baja cantidad de fallo adhesivo. BC Sealer mostró indicaciones de bioactividad y menor resistencia de unión a la dentina en comparación con AH plus.

En éste estudio se indica que la correlación entre la fuerza de unión de materiales de relleno y las filtraciones se ha considerado como un parámetro para evaluar la efectividad de la obturación radicular.

Respaldan el anterior estudio indicando que aunque el uso de sellador sin un material de núcleo no representa la situación clínica, la gutapercha podría comprometer la autenticidad de la prueba. La gutapercha tiene el eslabón más débil de la unión en el conjunto de llenado. (62)

Esta afirmación también fue confirmada por Jainaen y colaboradores (2007), que demostraron que la fuerza de adhesión de expulsión fueron significativamente más altos cuando los canales se llenaron con el sellador solo, que las llenadas con el cono principal y el sellador. Esos autores afirmaron que el llenar los conductos radiculares con sellador solamente, es un procedimiento valioso para medir la resistencia de la unión específica en la interfaz de dentina-sellador (63)

En una revisión de literatura de protocolos de estudio de filtración in vitro desde el 2015 a la fecha, a través de un cuadro resumen se presenta bastante variación entre los grupos de estudio, técnicas y materiales aplicados durante el tratamiento endodóntico y la cementación de postes intrarradiculares. (Véase Tabla 2. Cuadro resumen de las variables del procedimiento, técnicas y materiales aplicados para la evaluación de filtración cementos selladores endodónticos. )

**Tabla 2. Cuadro resumen de las variables del procedimiento, técnicas y materiales aplicados para la evaluación de filtración cementos selladores endodónticos.**

VARIABLES DEL PROCEDIMIENTO	Número de Referencia bibliográfica (Publicación)																											
VARIABLES DE LA PIEZA DENTARIA	(19)	(51)	(57)	(56)	(39)	(30)	(38)	(31)	(37)	(13)	(42)	(44)	(35)	(49)	(14)	(41)	(52)	(48)	(64)	(65)	(46)	(53)	(59)	(50)	(54)	(47)	(55)	(58)
Colección de la muestra																												
- Estudios en vivo																												
- Estudios in vitro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- Diente bovino															X													
- Calidad de pieza dentaria																												
- Premolares													X															
o Número de raíces																												
- Molares mandibulares														X														
- Raíces mesiales							X							X														
o Raíz única						X		X	X	X		X		X					X		X	X	X		X	X	X	X
o Incisivos centrales superiores	X																X											
o Incisivos mandibulares																		X										
o Premolares mandibulares			X		X			X		X									X	X					X		X	
o Primeros premolares																						X						
o Incisivos,caninos, premolares y raíces palatinas de molares																								X				
o Caninos superiores	X	X		X																						X		
o Caninos mandibulares		X																										
o Dientes anteriores									X																			
o Grado de curvatura																												
- Raíces rectas			X	X					X	X	X	X	X		X			X		X		X			X		X	
- Raíz ligeramente curva				X			X																				X	
o Edad del paciente																												
o 17 a 30 años																											X	
o 20 a 40 años									X																			



o Diagnóstico coronal, pulpar y/o periapical																												
o Motivos ortodonticos				X				X		X			X							X								X
o Motivos periodontales	X			X								X	X	X					X									
o Sin restauración, sin caries (raíz sana)		X		X	X	X		X				X	X															
Desinfección y/o Conservación																												
o NaClO 5,25% 30 min 37°C								X																				
o NaClO 5,25% 5 min (recién)																											X	
o NaClO 5,25% 30 min el día del estudio																					X							
o NaClO 5,25% 2 horas																												
o NaClO 3% 2 horas																		X										
o NaClO 2,5% 2 horas					X								X															
o NaClO 2% 1 hra																										X		
o NaClO 2% 2 hras	X																											
o NaClO						X																						
o Ultrasonido+ solución acuosa													X															
o Timol al 0,1%																			X			X		X				
o Timol 0,12%																											X	
o Formalina tamponada al 10%																								X				
o Cloruro de Sodio 0,9%							X			X																		
o Azida de Sodio 0,02%										X																		
o Agua destilada								X													X							
o Solución salina	X				X								X		X						X							
o Solución salina 0,9% 72 Hrs.			X																									
Temperatura de conservación																												
o 4°C										X			X		X													
Tiempo de conservación																												
o 2 semanas										X																		

○ Hasta la experimentación															X							X	X								
○ 3-6 meses				X																					X						
○ < 6 meses																										X					
○ < 3 meses																											X				
○ 72 horas, 37°C 100% humedad				X																											
Medición de espesor dentinario en radiografía																													X		
- Disco de diamante	X								X																						
- discos de diamante hiperflex (Ø 18mm 0,3 mm de ancho)																															
- disco de diamante de doble cara (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), bajo enfriamiento con agua																X															
- fresa de diamante fina -FG D16 / 6 CB- (Intensiv, SA, Grancia, Suiza)																														X	
- Pieza manual de alta velocidad																															
- fresa multipropósito (Dentsply Maillefer)																	X														
- fresa cilíndrica de diamante de alta																		X													
- sierra de diamante de baja velocidad 0,3																		X									X		X		
- sierra de diamante																															X
- Foramen apical <#25.02 (Cono de gutapercha)																		X													
- Foramen apical <#20.																															
o Longitud de estudio																															
○ 17 mm				X					X																					X	
○ 16 mm					X											X														X	
○ 15 mm																	X	X	X								X		X	X	X
○ 14 mm																														X	
○ Debajo de la unión cemento- esmalte	X							X										X	X												



o Wave one (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) #25.08																				X										
o Mtwo rotary system files (Sweden & Martina SpA, Padova, Italy) #50.04																						X								
o Mtwo rotary system files (Sweden & Martina SpA, Padova, Italy) #35.04																													X	
o Mtwo rotary system files																														
o Profile nickel-titanium rotary files (DENTSPLY Maillefer, Switzerland) #40.06																														X
o Wave one large # 45.05																													X	
o Reciproc #40.06																													X	
o Protaper Universal F4 #40.06		X																											X	
o RaCe (FKG Dentaire SA, La Chauxde- Fonds, Suiza) # 40 / .06.																													X	
o K3 (SybronEndo) 40.06				X										X																
o Protaper Next+ M Wire																														
VARIABLES DEL PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN																														
Irrigación Convencional																														
- Irrigantes empleados																														
Tipo de irrigante, concentración, cantidad y tiempo. Temperatura, tiempo																														
- Clorhexidina 5 ml, 3ml																														
- NaOCl 5,25% irrigación profusa																														
- NaOCl 5,25% , 10 ml																														
- NaOCl 5,25%, 3ml																														
- NaOCl 5,25% , 2 ml																														

- NaOCl 5,25%																			X	X	X						
- NaOCl 3%, 5ml		X																									X
- NaOCl 3%, 3 ml										X																	
- NaOCl, 2,5%, 10ml										X																	
- NaOCl 2,5%, 5 ml					X																						
- NaOCl, 2,5%, 5ml 60°C																											X
- NaOCl, 2,5%, 2ml, 3ml							X	X						X													X
- NaOCl, 2,5%, 1ml							X																				
- NaOCl 2,5%			X																								X
- Agua destilada										X			X														
- Agua destilada y desionizada 2 ml				X																							
Instrumental para la irrigación																											
• Aguja endodónica calibre 27		X																									
• Aguja 29G, Navitip																											
• Aguja de salida lateral calibre 30																											
• Aguja calibre 30 (NaviTip, UltradentProducts, SouthJordan, EE.UU.)																											X
• Aguja Navitip calibre 31																											
o Localización de aplicación																											
o 3mm debajo de la LT																											
Tipo de agentes quelantes, concentración, cantidad																											
- EDTA, 17%							X	X																			
- EDTA con peróxido de Urea, 2ml, gel																											X
- EDTA® (Micromega, Francia)							X																				
- Glyde file prep (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) 10% carbamide peroxide ; 15% EDTA		X																									

VARIABLES DEL PROCESO DE MEDICACIÓN INTERMEDIA																																					
-Tipo de Medicación intermedia																																					
o Cantidad, concentración, protocolo, tiempo, material de obturación temporal, número de sesiones con medicación																																					
Protocolo de limpieza de medicación intermedia																																					
Conservación de la pieza dentaria mientras se encuentra con medicación intermedia: equipo, temperatura, tiempo, medio de cultivo, localización.																																					
VARIABLES DEL PROTOCOLO FINAL DE IRRIGACIÓN																																					
o Irrigantes empleados (Tipo de irrigante, concentración, cantidad y tiempo)																																					
• NaOCl 5,25%																X																					
• NaOCl 5% a 60°C																																		X			
• NaOCl 5,25%, 2 ml																												X									
• NaOCl 5,25%, 5 ml																																					
• NaOCl 60°C, 2,5%, 5ml,																																	X				
• NaOCl 2,5% 5ml																																		X			
• NaOCl 2,5% 5 minl								X																													
• NaOCl 2,5%, 2 ml, 1 min																	X																				
• NaOCl 2,5%, 2 ml																																				X	
• NaOCl 2,5%							X	X																													
• NaOCl 1% 10 ml, 10 min				X																																	
- NaOCl 3%, 3 ml, 3 min																	X																				
- CHX 2%, 3 ml, 3 min																X																					



• Agua destilada y deionizada 10 ml, 10 min					X																																	
• Solución salina							X																															
• Suero fisiológico	X																																					
Activadores, localización de aplicación																																						
• Irradiación con Er, Cr (2W-20 Hz; 3W-20Hz; 4W-20Hz)					X																																	
• Sónicos																																						
• Irrigación Ultrasónica pasiva																			X																			
Secado de los conductos																																						
o Puntas de papel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
o 2 puntas de papel #40.06																																					X	
o Etanol													X																									
o Luer Vacuum Adaptador												X																										
VARIABLES DEL PROCESO DE OBTURACIÓN																																						
Tiempo de obturación después de la instrumentación																																						
Técnica de obturación																																						
- Condensación/Compactación lateral fría	X				X					X			X						X	X	X				X	X												
- Cono único														X		X											X											
- Técnica de onda continua CW																					X							X										
- Técnica de condensación lateral- Gutapercha inyectada																												X										
- Técnica de onda continua+ Gutapercha inyectada																																						
- Técnica de condensación vertical	X				X			X																														
- Técnica de condensación vertical + Mc Spadden													X																									
Material empleado en la obturación																																						



- Colorante de Rodamina fluorescente (Microscopia confocal) 0,1%									X					X							
- Uso de lentulo #40										X											
- Lentulo-spiral (# 30, Mani Inc.)		X														X					
- Léntulo #2												X									
- lentulo número 001 de 25 mm (Dentsply-Maillefer, Balaigues, Suiza).																		X			
- Léntulo #35																				X	
- Lentulo tamaño 25																					X
Tipo de Cemento Sellador Endodóntico																					
o Apexit Plus (Ivoclar Vivadent, Lichtenstein)	X																				
o MTA Fillapex® sealer (Angelus, Londrina, PR, Brazil)		X								X										X	
o AH Plus® (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK)	X	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X				X	X	X	
o Ceraseal BC					X																
o Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT)	X		X		X				X											X	
o GuttaFlow (Coltene / Whaledent, Altstatten, Suiza)									X									X			
o GuttaFlow Bioseal											X										
o Roekoseal Automix											X										
o Pulp Canal Sealer, Kerr, Orange, CA, EE. UU.														X							
o BioRoot RCS, Septodont SAS, Saint-Maur-des-Fossmis, Francia														X							

○ IRoot. Endosequence BC Sealer	X					X		X							X									
○ ProRoot MTA (Maillfer, Dentsply, Suiza)															X									
○ CEM (BioniqueDent, Teherán, Irán)															X									
○ Topseal (Dentsply)															X			X						
○ AdSeal sealer (Meta BioMed)																	X							
○ AH 26 (Dentsply, DE Trey, Konstanz, Alemania)																		X						
○ cemento de ionómero de vidrio																		X						
○ cemento de óxido de zinc																		X						
○ Cera pegajosa																		X						
○ RealSeal							X															X		
○ EndoRez					X																	X		
○ BCSellador bioceramico			X																				X	
○ Sealapex	X																							
○ Sellador polidimetilsiloxano						X																		
○ Endofill							X																	
○ resina compuesta (NT Premium, Coltene)											X													
o Tipo, marca y conicidad de conos de gutapercha																								
o Tratamiento de los conos antes de la obturación																								
Cono maestro		X				X																		
○ Gutapercha #35.02																							X	
○ Gutapercha #30								X	X															
○ Gutapercha #30.02																		X						

o Gutapercha #30.04																				X						
o Gutapercha #30.06																										X
o Resilon			X			X						X														
o Gutapercha #40		X																			X					
o Gutapercha #40.06									X											X						
o Gutapercha #45.02				X																						
o núcleo termoplastificado (Guttaperchaobturador, SureDent Co., coreano) +																				X						
o F3 master GP (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza)																				X	X					
o F3 master GP (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza)+ Activación ultrasónica mediada por un solo cono, 3 seg.																				X						
o Protaper F4		X																								
o Thermafill (Dentsply Maillefer)	X																									
o Gutapercha #40.02																								X	X	
o Resilon 0.04 (Pentron, Wallingford, CT, Estados Unidos).		X									X															
o Puntas Realseal																								X		
o Wave one																									X	
o Reciproc																									X	
o cono de biocerámica TotalFill, FKG Dentaire SA																										X
o CPoint 40/0.06		X																								
o R40										X																
Conos Accesorios																										

○ Gutapercha #15.02																			X											
○ Gutapercha #20 (espaciador digital #25)																														
○ Gutapercha #20										X																				
○ Gutapercha #20.02 (espaciador digital #25.04)																											X			
○ Gutapercha #20,25 (espaciador digital #30)												X																		
○ Gutapercha 0.02 (espaciador digital #25,30)																		X												
○ Gutapercha #25.02	X																													
○ Gutapercha inyectada Beefill (VDW® GmbH, München, Alemania)																											X			
○ Gutapercha simple MTWO																										X				
○ Gutapercha F (espaciador digital #30)																											X			
○ MF		X																												
○ R8			X																											
Instrumental para condensación y corte																														
- Espaciador de dedos azul (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)		X																												
- Condensador manual #60										X																				
- portador de calor eléctrico (E&Q Plus, Meta BioMed) 1 mm por debajo del orifice y compactada verticalmente con un plugger en frío.																											X			
- Portador de calor y compactación vertical																											X		X	X
- Corte con tijera																														



- Enjuague con agua de grifo, 15 min,																				X									
- Enjuague con etanol, 15 min				X																									
- Solución acuosa con azida sódica 0,1%			X																										
- Cloruro de sodio 0,9%								X																					
VARIABLES DE EVALUACIÓN DE LA INTERFACE SELLADOR/DENTINA																													
o Sin cobertura	X										X	X	X	X	X					X					X	X	X		
o Cobertura con esmalte de uñas (2 capas -2 mm del apice)	X							X							X										X				
o Cobertura con esmalte de uñas (2 capas- excepto el foramen apical)			X					X												X									
o Cobertura con esmalte de uñas (3 capas- excepto el foramen apical)																				X									
o Cobertura con esmalte de uñas 3 colores (2 capas- excepto 1 mm coronal y apical de las raíces)																											X		
o capa de cianoacrilato																											X		
o Cobertura con esmalte de uñas 3 colores (excepto 1 mm coronal y apical de las raíces)																													X
o Cobertura con esmalte de uñas 3 colores (excepto el foramen apical)		X																											



○ Corte longitudinal a lo largo del eje	X	X													X								X													
○ 3 Cortes transversales de 2 mm									X																X											
○ 9 cortes transversales de 1 mm																																				
○ 3 cortes transversales de 1 mm				X	X																															
Preparación de los cortes																																				
- Alisado: papel de lija húmedo de carburo de silicio de grano 600 (Leco, St. Joseph, MI, EE. UU.)															X																					
- Deshidratación: Etanol 25,50 y 75%, 20 minutos; 95%, 30 minutos; 100%, 60 minutos																																				
- Deshidratación en alcohol etílico (70%, 80%, 90% y 100%)																																				
- Secado: Papel filtro, vial de vidrio tapado, Temperatura ambiente, 24 horas														X																						
- Recubierta por pulverización catódica con 300-A°-capa de oro gruesa																X																				
- Montaje en muños de latón y recubierta por pulverización catódica+ capa fina de platino Sputter Coater Machine (BAL-TEC SCD005, Scotia, Nueva York) a 70 mA																																				
- Montaje en acrílico					X				X																				X							
- Recubrimiento con silicona liviana excepto 2 mm																																		X		
- Montaje en anillo de cloruro de polivinilo con resina acrílico autopolimerizable a nivel de 2 mm																																				





- Resistencia de unión por empuje hacia afuera con máquina de prueba universal (Servo Series 50kN; PSI Sales Private Limited, Nueva Delhi, India) 1 mm/min												X																			
- Máquina de prueba universal 0,5 mm/min mediante 3 pistones de diferentes tamaños (1 mm, 0,7 mm y 0,5 mm)																														X	
- Máquina de prueba universal 0,5 mm/min mediante 3 pistones de diferentes tamaños (03, mm; 0,5 mm y 0,8 mm de diámetro) (<1/3 coronal del diámetro del conducto)																														X	
- Máquina de prueba universal 0,5 mm/min mediante capacidad máxima de 200kgf y una cadena de carga de 6,0 mm con puntas a medida del diámetro del conducto				X																											
- Máquina de prueba universal 0,5 mm/min										X																					
Método de evaluación de fuga																															
- modelo de fuga de glucosa en diferentes tiempos (1 día; 1,2,3,4 y 6 semanas)																														X	
Método de observación (tipos de microscopía)																															
- Microscopía confocal de barrido				X																											
- Microscopía confocal de barrido con fluorescencia 10X												X																	X		
- Microscopía confocal de barrido con fluorescencia 50X																												X			



- software (Image J version 1.42q;																			X																				
- software Image J1.46r																				X																			
- análisis 3D (CTAn®).																																							
- 100 kV, 100 uA, pasos de rotación de																																							
- 80 kV y 100µA, respectivamente. La resolución fue 19µmetro, 28 minutos. Software LOTUSinVivo- ACQ.																																							
- software de visualización FV10-ASW 4.2																																							
- (Olympus FV10i-DOC).																																							
Método de biocompatibilidad																																							
- Citotoxicidad																																							
- Control bacteriano																																							
VARIABLES DE PREPARACIÓN DE CANAL PARA POSTE INTRARRADICULAR																																							
- Eliminación del relleno endodóntico																																							
o instrumento calentado. (Termocompresor Tocar, Minas																																							
o Fresa Pesso #2 y 3																																							
o Fresas Gites glidden																																							
o Fresa Pesso #3 y Fresa #1 kit White Post DC (FGM, Joinville,																																							
Lavado con agua destilada y secado con puntas de papel																																							
Remanente de relleno endodóntico																																							
o 5 mm																																							
o 4 mm																																							
Tiempo de preparación posterior a la obturación endodóntica																																							
o 30 minutos																																							
o 1 día (24 horas)																																							

o 14 dias																																									
o Inmediatamente y a los 7 dias										X																															
Silano (Prosil FGM, Joinville SC, Brasil), cepillado durante 1 min y luego se secó con aire comprimido durante 20 s. Acido fosfórico al 35% Lavado con agua 30 s, secado con puntas de papel Primer Scotchbond 3M 10 segundos Cementado de poste con RelyX										X																															
Cortes transversales de 1,5 mm de espesor, en el espacio del poste										X																															
Prueba universal cruceta de 0,5 mm										X																															
Estereomicroscopio 40 X										X																															

**Fuente:** Elaboración propia en base al análisis de artículos científicos que describen métodos de evaluación in vitro de filtración de cementos selladores endodónticos 2015-2021.

De acuerdo al cuadro resumen de métodos que se utilizaron para evaluar la filtración en la interfase cemento sellador endodóntico/dentina, se puede concluir que existe varias divergencias entre las variables de estudio, por lo que no se podría llegar a un consenso uniforme ni suficiente para definir al cemento sellador endodóntico mas eficiente.

### **3.3.3.10. Método tridimensional**

La técnica de diafanización permite una vista 3D de la anatomía interna de los conductos radiculares sin pérdida de la sustancia dentaria, lo que facilita la visualización del área de fuga. Es una técnica sencilla y rápida, sin necesidad de equipos complejos. La técnica facilita la observación de los canales lateral y accesorio, revelando claramente la relación entre el material de sellado y el foramen apical. La desventaja es una desmineralización deficiente que compromete la transparencia final de la muestra. Esta técnica es más precisa que la sección transversal para detectar fugas apicales. (40)

La adaptación de un sellador a la dentina generalmente se ha evaluado mediante estereomicroscopía, microscopía láser confocal, microscopía electrónica de barrido (SEM), pruebas de fugas e imágenes digitales.

Comparado con otras formas de evaluación bidimensionales (2D) destructivas y que consumen mucho tiempo, la micro tomografía computarizada (micro-TC) es un tipo de modalidad de imagen avanzada que se utiliza para escanear raíces rellenas y reconstruirlas en tres dimensiones (3D) para la evaluación de la adaptación del sellador a las paredes del conducto radicular. (35)

El estudio por micro-TC facilita el análisis cualitativo de imágenes y diferencia entre materiales de obturación, huecos y estructuras dentales, basándose en la escala de grises de la imagen. Además, se encuentra que los materiales de relleno de raíces y la resolución de vóxeles aplicados durante el escaneo pueden influir en la presencia de artefactos y, por lo tanto, en los resultados observados. Por lo tanto, es preferible aplicar un tamaño de vóxel y un campo de visión más pequeños para minimizar la presencia de artefactos y mejorar la precisión de diagnóstico o evaluación en los dientes rellenos de raíz. Como lo señaló otro estudio, una resolución de 34 y 68  $\mu\text{m}$  sería suficiente para estudios de micro-TC de endodoncia con respecto a la anatomía radicular. En el estudio de Huang y colaboradores (2017), se utilizó una resolución de hasta 13, 67  $\mu\text{m}$  de tamaño de vóxel y la segmentación de imágenes basada en escala de grises, lo que permite diferenciar una estructura de porosidad clara y evaluar aún más sus dimensiones en la región del sellador. Sin embargo, al evaluar las imágenes de micro-TC de casos de

endodancia, es necesario considerar los efectos de endurecimiento del haz. Como resultado de la policromaticidad de la fuente de rayos X, este artefacto de imagen puede causar distorsiones visuales de los objetos reconstruidos, como el realce de los bordes de los materiales de relleno de raíces. Esto podría explicar la discrepancia en los resultados observados con un microscopio estereoscópico y un micro-TC, que se puede atribuir a la resolución inadecuada de la técnica de micro-TC para la detección de pequeños huecos. Para compensar estos artefactos, Huang recomienda realizar una corrección de endurecimiento del haz durante la reconstrucción de imágenes, lo que inevitablemente conduce a una disminución de la calidad de la imagen en cierto nivel. (35) (49)

Huang y colaboradores (2017), demostraron que las limitaciones de diferenciar la presencia de vacíos y espacios marginales en el conducto radicular, con micro-TC, puede superarse también mediante el uso de nano-CT de mayor resolución. (43)

Se podría utilizar Microscopía electrónica de barrido (SEM) para expandir la morfología de la superficie de los conductos radiculares, lo que permite la confirmación de los materiales de obturación presentes en la pared del conducto radicular. Por lo tanto, la combinación de análisis SEM y micro-TC parece ser un enfoque poderoso para los estudios que evalúan la capacidad de sellado.

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es un método común para la evaluación microscópica de la calidad de la obturación. Sin embargo, la preparación de muestras puede resultar en una posible distorsión de la imagen, lo que complica la medición geométrica de las imágenes SEM.

La microscopía de barrido láser confocal (CLSM) se diferencia de SEM en lo que respecta a la fuente de luz, el procesamiento de muestras y el uso de fluorescencia. (49). No requiere procesamiento de muestras, ni recubrimiento de pulverización catódica de oro o platino y es capaz de preservar las muestras en su estado natural, lo que resulta en la observación de las muestras en condiciones cercanas a las normales. CLSM no produce artefactos de imagen y es un abordaje no destructivo similar al micro-TC. Esto está relacionado con la técnica de corte óptico que permite el examen de las muestras con mayor claridad en lugar del corte físico. Sin



embargo, el CLSM no está exento de limitaciones por las que la calidad de la imagen confocal depende del nivel de resolución, el tiempo de escaneo y el riesgo de fotodestrucción de la muestra están presente. El uso de una resolución más alta requiere más tiempo para el escaneo y por ende mayor exposición del fluoróforo al láser. El aumento del nivel de resolución no necesariamente da como resultado un aumento en la información biológica útil de la muestra. En comparación con otras evaluaciones microscópicas, el método de penetración del tinte es más fácil de realizar, sin embargo, su limitación es que el aire atrapado en los espacios marginales a lo largo de la interfaz puede interferir con el movimiento del fluido, lo que da como resultado una interpretación engañosa de los hallazgos (49)

La técnica con Microscopía electrónica de barrido (SEM) presenta varias desventajas, como el examen bidimensional, pero también la posible separación del material de obturación de las paredes dentinarias o el desarrollo de fisuras en el tejido dental duro cuando se utiliza la evaporación al vacío durante la preparación de la muestra. Para superar estas limitaciones, algunos investigadores Torabinejad, Abdal, Retief y colaboradores, han atribuido el desarrollo de huecos artificiales a la segmentación longitudinal y han propuesto el uso de secciones transversales, pero aun así se obtuvieron resultados contradictorios. Sin embargo, el examen SEM es un método apropiado para evaluar la adaptación marginal debido al alto grado de aumento y la excelente resolución. (39)

La evaluación CBCT y SEM se puede utilizar para evaluar las cantidades máximas y mínimas de huecos y la difusión de dentina del sellador en materiales de obturación y puede ser representativo del potencial de fuga de los materiales endodónticos.

La fuerza de la unión, la fuerza de la unión por empuje y la durabilidad de la unión pueden revelar el potencial de fuga de los materiales endodónticos. (40)

Chittoniet y colaboradores, utilizaron imágenes de electrones de retrodispersión para delimitar mejor la visualización de los huecos en los materiales de relleno, utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM).

### **3.4. Rehabilitación postendodóntica**

El enfoque del plan de tratamiento está dirigido a la preservación de la estructura dentaria, la exigencia funcional, estética y principalmente a restaurar para proteger el remanente dental, lo que significa aumentar la probabilidad de supervivencia de los dientes, aumentando la longevidad en la boca, principalmente la de los dientes tratados con endodoncia. En ese sentido, es necesario entender la interacción de varios factores: de los materiales entre sí, los materiales con la estructura dentaria, y el diente con la dinámica oclusal. (79)

#### **3.4.1. Evaluación del remanente dentario**

Las estructuras mineralizadas del órgano dental (esmalte, dentina y cemento) tienen un comportamiento físico diferente frente a la acción de una carga. En su conjunto el diente es capaz de absorber energía, tanto estática como dinámica. Aunque un exceso de las mismas puede provocar fatiga en la dentina, como en el caso del bruxismo que predispone a las fracturas dentarias. Las lesiones de caries y las alteraciones cervicales, como las lesiones no cariosas tipo abrasión y abfracción, son pérdidas estructurales que favorecen la fractura también.

A medida que el ancho y principalmente la profundidad de una cavidad son aumentadas, la resistencia a la fractura va disminuyendo. Mezzomo observó la disminución de la resistencia en orden de 50% en dientes con cavidades MOD que cubrían 2/3 de la distancia entre las cúspides. Navarro observó una reducción de 90% cuando la cámara pulpar es removida. Esas evidencias experimentales sólo corroboran lo que ocurre en la práctica clínica diaria. La causa real de la fractura dentaria es la pérdida de estructura mineralizada.

Según Randow y Glantz, la pérdida de los mecanorreceptores del tejido pulpar delega apenas a los mecanorreceptores del ligamento periodontal la sensibilidad a las cargas oclusales, lo que altera el umbral de excitabilidad.

La eliminación de la pulpa dental provoca una reducción de la humedad dentinaria de 9 a 14%, además de modificaciones en la cantidad y la organización del colágeno de las paredes dentinarias. El colágeno tiene influencia decisiva en la efectividad de los sistemas adhesivos. Cuanto mayor es el tiempo de ejecución del tratamiento endodóntico, menor será la cantidad y mayor será la desorganización del colágeno.

Con la pérdida de humedad la dureza de la dentina no se ve modificada pero si se vuelve más quebradiza y con menor capacidad de flexión, absorción y disipación de las cargas, entrando en fatiga antes que una dentina vital (con pulpa). Esas modificaciones inherentes a la eliminación de la pulpa no son los principales determinantes de la fractura.

La deshidratación y las modificaciones en el arreglo de las fibras colágenas ocasionan el 14% de reducción de la dureza y resistencia de los dientes. Eso evidencia que no es el tratamiento endodóntico en sí el principal factor desencadenante de las fracturas.

Las pérdidas de estructura mineralizada pueden alcanzar la parte interna de las raíces. La etiología varía desde alteraciones patológicas, como reabsorciones internas y lesiones de caries, hasta alteraciones iatrogénicas, como exageración en la instrumentación durante la preparación química-quirúrgica, preparaciones amplias e indeseables para la instalación del retenedor intrarradicular y desgaste excesivo durante la remoción de pines para retratamiento endodóntico.

La pérdida de estructura mineralizada combinada con la pérdida de humedad, deja a la dentina más frágil, son los factores que provocan las fracturas dentarias.

Los dientes de soporte de aparatos fijos son mucho más exigidos antes las cargas masticatorias. Las fuerzas de torsión, cizallamiento, separación y tracción, entre otras, son mucho más intensas. Los cuidados al restaurar requieren ser redoblados para mejorar la resistencia física de los dientes.

La masticación normal puede inducir a miles de ciclos de tensión por día en una restauración y/o sobre la estructura dentaria. Cuanto mayor es la cavidad y menor es la cantidad de dentina remanente, mayor es el potencial de fractura.

La acción repetida de las cargas oclusales (ciclos de tensión), con flexión continua y acentuada de las hendiduras se propagan en una dentina adelgazada por la pérdida de estructura, conduciendo a la deformación permanente o fatiga y posteriormente a la fractura.

A pesar de la etiología multifactorial de las fracturas, el primer molar es el primer diente permanente en erupcionar y por lo tanto es probable que sea el primer diente en sufrir destrucción por la lesión de caries y restauraciones. Cuando requiere tratamiento de endodoncia, ya presenta pérdida severa de estructura mineralizada. Además por su localización en el área del músculo masetero, donde las cargas

oclusales desarrolladas son dos veces mayores que aquellas desarrolladas sobre los premolares, tiene una dentina más próxima a la fatiga. (79)

El remanente dentario que recibirá la restauración perno muñon debe encontrarse asintomático, clínica y radiográficamente. Clínicamente, no debe presentar fístulas, dolor a la palpación y percusión; y si el paciente refiere historia de dolor acompañado o no de edema, la causa debe ser investigada. El tejido carioso y las restauraciones inadecuadas deben ser removidos. Irregularidades y reducción de espesor en las paredes dentinarias pueden ser corregidas con resina compuesta. De preferencia la evaluación será realizada con radiografía periapical, pues define mejor las estructuras para ese tipo de procedimiento. Los aspectos a ser evaluados son: integridad de la lámina dura, grado de espesor del ligamento periodontal, grado de radiopacidad del tejido óseo periapical, longitud radicular, área de implantación radicular, calidad de condensación lateral y de sellado apical del material obturador del canal, espesor de las paredes dentinarias remanentes, distancia de la cresta ósea al margen cervical del remanente (espacio biológico) y/o cantidad de tejido óseo alveolar envolviendo al remanente dentario. En molares, observar la cantidad de dentina del piso de la cámara pulpar y el grado de radio opacidad de la región de la furca.

Cuando una imagen radiolúcida compatible con lesión periapical aparece en la región apical y el tratamiento de endodoncia se aprecia bien compactado e indicando buen sellado apical, probablemente la endodoncia sea reciente o es una secuela de una lesión antigua donde el tejido reparador se presenta menos mineralizado. El paciente debe ser interrogado sobre la edad de la obturación del canal. Sería interesante poder realizar un análisis comparativo del estado actual con toma radiográfica anterior mostrando la evolución o involución de una posible lesión periapical.

Coronas provisionales con perno o restauraciones con el objetivo de sellado postratamiento endodóntico que estén presentes en la boca por más de sesenta días pueden poner en duda la desinfección del canal.

En algunos casos, el procedimiento de endodoncia puede ser rehecho. Según Siqueira Jr., la exposición coronaria de la obturación de endodoncia frente a la saliva por un periodo relativamente pequeño (treinta días o más) puede ser considerada una indicación para el retratamiento, debido a la microfiltración.

Muchas veces la desatención con los criterios de evaluación de la salud del complejo endoperiodontal, incluyendo una obturación endodóntica al menos satisfactoria y asintomática, puede causar que el profesional tenga eventos desagradables en el futuro.

En los casos de manifestación microbiana después de la instalación de la restauración protésica, la remoción de la corona y el perno para tener acceso al retratamiento endodóntico implica tiempo, costo en materiales y principalmente costo biológico. (79)

### **3.4.2. Preparación del canal para poste intrarradicular**

Las restauraciones coronales permanentes también proporcionan sellos tan importantes como el sello apical después de que se llenan los conductos radiculares. Cuando se produce un sellado coronal insuficiente o el conducto radicular permanece abierto, las bacterias orales accederán al foramen apical (35)

Uno de los objetivos de las restauraciones es restituir la resistencia física perdida. La asociación de los hallazgos de Buonocore y Bowen con el posterior mejoramiento de las resinas compuestas, cementos resinosos, sistemas adhesivos y pines flexibles condujo a una reevaluación de los criterios de restauración de dientes sin pulpa y con cavidades extensas. El uso de esos materiales con propiedades físicas similares a la dentina consigue que el diente tenga una biomecánica más cercana a la naturalidad. Esto se debe a dos factores: el mecanismo de unión adhesiva, que confiere alta resistencia a la unión diente-material restaurador y mejora en la resistencia a la tracción y compresión. Por otro lado el módulo de elasticidad de los materiales restauradores más parecido al de la dentina, lo que proporciona un comportamiento mecánico similar al diente.

Cada componente del diente o del material de restauración está directa o indirectamente adherido al otro, siendo que la resistencia de cada interfase es más fuerte que la adhesión al diente, manteniendo la integridad del monobloque restaurador próxima a la del diente saludable original, la flexión de las cúspides, que es el camino más corto hacia la fractura, la concentración de cargas en las líneas de los ángulos axiopulpaes y las fuerzas horizontales se reducen significativamente.

La protección sistemática de las cúspides ya no es necesaria como requisito de

protección del diente; solo cuando es forzoso rehabilitarlas. Incluso las restauraciones de resina compuesta por técnica directa mejoran la resistencia física del diente.

Las restauraciones indirectas de cerámica o resina son posibles dentro del mismo principio. El mecanismo de unión adhesiva propicia una alta resistencia de unión entre el material restaurador y esmalte-dentina.

El diente con tratamiento de endodoncia es aquél que tiene mayor necesidad de retenedores radiculares. Además del acceso endodóntico, tiene inherente una sustancial pérdida de estructura coronaria por lesión de caries, restauraciones, fracturas y pérdida de humedad. Todo esto lo fragiliza aún más, dificultando la fijación del núcleo por medio de procedimientos más conservadores. Ambos, núcleo y espigo, deben promover el refuerzo de la estructura remanente, sin ejercer un papel amenazador.

La colocación sistemática de los postes debe cumplir con la función básica la retención del núcleo y secundariamente, distribuir con uniformidad la carga a lo largo de la raíz. Esto último no siempre sucede, pues depende de la forma, el material y el cemento empleado en la fijación del espigo, a pesar de que el espesor de la dentina remanente es la variable más importante en la resistencia a la fractura radicular.

La resistencia de una raíz preparada viene de su periferia y no de su interior. De ahí surge el concepto de que el diámetro máximo de un espigo no debe exceder un tercio del diámetro radicular. En esa dimensión, el espigo prácticamente adelgaza y debilita la raíz.

En la literatura existe una corriente de pensamiento diferente a lo expuesto, es decir que la función de un espigo se limita meramente a la retención del segmento coronario. Según esta teoría, el uso de espigos ayudaría a prevenir la fractura del diente después del tratamiento de endodoncia, pues proporcionaría apoyo y resistencia interna. Como ya fue dicho, la mayoría de las fracturas de los dientes tratados con endodoncia, sin postes, ocurre a nivel gingival del diente, pues es en esa área donde termina el envolvimiento de la raíz por el tejido óseo alveolar, el cual ofrece protección frente a las fuerzas laterales aplicadas a la corona.

Además la región cervical del diente sufre constricción, lo que disminuye el espesor del tejido mineralizado y consecuentemente la resistencia. Tal vez en base a estas

constataciones es que surgió la teoría de que el espigo refuerza el diente. Esa observación se refiere al poco espesor del tejido dentario remanente supragingival, después de la preparación para la confección del núcleo. Ahí entra nuevamente en cuestión como determinante de la resistencia física del diente, la cantidad de estructura mineralizada perdida. Independientemente del tipo de restauración, un diente fragilizado es siempre más propenso a la fractura. Las paredes residuales con menos de 1,0 mm de espesor tienen pronóstico reservado, por más que sea recomendado el uso de un espigo para sustentar mejor al núcleo en relación a las fuerzas transversales. Tal vez sea más recomendable la exodoncia que su permanencia en la boca buscando soluciones mediante la prótesis fija convencional o la prótesis sobre implantes.

Siendo así la expresión más correcta sería que el poste sólo retiene al núcleo, quien refuerza al diente es la corona protésica, si existe la posibilidad de abrazamiento cervical de al menos 2,0 mm más allá del núcleo. (79)

Cuando el remanente coronario es mayor que 50% del volumen total de la corona, pero en un diente de soporte que recibirá carga masticatoria significativa, será necesario un perno prefabricado para sustentar el material del núcleo. Generalmente en esos casos la preparación del remanente consiste sólo en la remoción del tejido cariado y restauraciones preexistente. Se realiza la preparación del canal, la cementación del espigo y la confección del núcleo, el cual podrá actuar como restauración provisional si la preparación protésica está planeada para la próxima cita. Sin embargo si el remanente coronario representa menos del 50% del volumen total de la corona y/o existe duda sobre su calidad estructural, se sugiere la preparación protésica convencional de las paredes axiales de ese remanente.

De tal forma, quedará mejor evidenciado que tipo de perno (colado o prefabricado) estará indicado para el caso. Después de la preparación las paredes dentinarias deben tener al menos 1,0 mm de espesor para no comprometer la resistencia del núcleo. Si no presentan ese espesor deben ser reforzadas con resina compuesta o removidas. Todos los ángulos de la preparación deben ser redondeados. (79)

Los retenedores intrarradiculares pueden estar hechos de diferentes materiales, como aleaciones metálicas, cuarzo, circonita y fibra de Vidrio. (14)

Los pernos de fibra de vidrio (PFV), han sido ampliamente utilizados debido a sus propiedades físicas similares a la dentina, tales como módulo de elasticidad,

resistencia a la compresión, flexión, coeficiente de expansión térmica, así como ventajas estéticas y de biocompatibilidad (2)

El poste debe ocupar al menos dos tercios de la longitud de la raíz para proporcionar una retención suficiente. Si no es clínicamente factible, el poste debe igualar la longitud de la corona. Algunos autores sostienen que debe permanecer un mínimo de 4 a 5 mm de material de obturación en el conducto radicular para evitar la ruptura del sello apical y la fuga de bacterias en la preparación del espacio del poste. (65)

La saliva, la velocidad de fuga y los microorganismos varían entre pacientes, incluso de un diente a otro; Si una gran cantidad de irritantes de la cavidad oral lograron acceder al ligamento periodontal o al tejido periapical, puede causar inflamación y provocar el fracaso del tratamiento.

En la actualidad, se presta más atención al manejo del conducto radicular después del tratamiento endodóntico donde es necesario tener un seguimiento estricto de la cadena aséptica; de lo contrario, los microorganismos y sus subproductos penetrarían en el espacio del conducto radicular y llegarían al área apical e incluso al hueso alveolar. Es importante comprender que, durante y después de la restauración, el diente tratado endodónticamente puede contaminarse. (65)

Se ha demostrado que los fluidos orales, las bacterias y sus subproductos pueden penetrar a través de las fisuras marginales de las restauraciones defectuosas y penetrar en la interfaz entre el material de obturación y las paredes del conducto radicular, alcanzando el área periapical en un período relativamente corto.

Esta situación se agrava en dientes con pérdida extensa de coronas que implica: la colocación de los postes del conducto radicular, debido a la secuencia de procedimientos para la preparación del espacio del poste, impresión del poste, ajuste del poste en el conducto radicular y colocación de restauraciones provisionales, lo que puede permitir el contacto accidental del relleno radicular con saliva y bacterias.

Se debe considerar si es mejor utilizar una restauración permanente de alta calidad inmediatamente después de un tratamiento de endodoncia o una provisional que tenga una mayor posibilidad de fugas. La permanencia del cemento provisional después del tratamiento de endodoncia y antes del cementado final, la desobturación y exposición del conducto a líquidos bucales, incluso por breves



períodos, puede dar lugar a la repetición del tratamiento antes de colocar la restauración dental definitiva.

Varios estudios plantean la alteración del sello apical que se puede producir durante la preparación del espacio del poste, independientemente del método elegido para la eliminación de la gutapercha. Por lo tanto, la búsqueda del material de obturación del conducto radicular ideal para los dientes indicados para postes y núcleos aún está en discusión. (65)

En los casos en que el alivio sea inmediato, los cementos selladores endodónticos aún no han fraguado, lo que puede interferir con la calidad de la adhesión del PFV a la dentina radicular. Sin embargo, cuando el alivio se realiza de forma tardía, existe el riesgo de romper la unión entre el cemento sellador endodóntico y la pared dentinaria, favoreciendo el desplazamiento del sellador. Aunque varios estudios han evaluado el momento ideal de alivio del conducto no existe consenso sobre la forma y el momento ideal para el alivio de los conductos radiculares con el objetivo de la instalación de postes.

La retención de PFV depende de la adherencia entre el cemento de resina y la dentina radicular. Las fallas generalmente ocurren debido a la fractura de la raíz o la falta de adherencia entre el cemento de resina del poste y la dentina, o entre el cemento de resina y el poste. Pueden influir también otros factores tales como: orientación de los túbulos dentinarios, presencia de residuos dentro de la porción aliviada del canal, tipo de cementos endodónticos, tipo de sistema adhesivo y estrategias de cementación PFV

Los cementos de resina se utilizan para promover la unión mecánica entre los monómeros del material y las fibras de colágeno de dentina, con la consiguiente formación de la capa híbrida.

Se han propuesto diferentes tipos de protocolos de cementos y adhesivos para unir los PFV a la dentina radicular, utilizando cementos de resina convencionales o autoadhesivos. Los cementos duales asociados con el preacondicionamiento de dentina tienen buenos resultados, sin embargo los cementos autoadhesivos han surgido como una alternativa que reduce el número de pasos de cementación, reduciendo consecuentemente el tiempo de trabajo. En este sentido, la interacción química entre los monómeros hidrófilos ácidos y la hidroxiapatita modifica la capa de frotis que asegura la adhesión de los cementos autoadhesivos a la dentina.

Deben eliminarse los residuos adheridos a las paredes del conducto radicular, compuestos por cemento endodóntico, gutapercha y lodo dentinario.

Los túbulos dentinarios deben estar abiertos para aumentar la penetración del sistema adhesivo, evitando así la aparición de áreas debilitadas en la interfaz de unión.

Se han realizado varios estudios desde la perspectiva de la Rehabilitación oral, acerca de los factores que asegurarían mayor fuerza de unión del poste intrarradicular a las paredes dentinarias, poniendo a prueba diferentes combinaciones de técnicas y materiales.

La preparación del canal para poste intrarradicular se puede realizar inmediatamente utilizando fresas o instrumentos calentados. Independientemente de la técnica utilizada para el alivio, la presencia de residuos en la pared del canal es frecuente.

Durante el alivio del conducto radicular, las fresas crean una capa de residuo que contiene fragmentos de dentina radicular, gutapercha y restos de cemento endodóntico que plastifican debido al aumento de temperatura provocado por la fricción de la fresa. Estos residuos se denominan comúnmente capa de frotis. Su presencia parece interferir con la cementación de los postes de fibra de vidrio, ya que obstruye los túbulos dentinarios y afecta la interfaz de unión entre el cemento de resina y la dentina..

Los cementos autoadhesivos, por ejemplo, no son capaces de actuar sobre una superficie de dentina que contiene una capa de frotis y, por lo tanto, no pueden ser capaces de formar una capa híbrida adecuada con tags ya que los monómeros ácidos presentes en ellos necesitan unirse a la hidroxiapatita. Así, la limpieza de las paredes de dentina del conducto parece ser un paso fundamental cuando se utilizan cementos resinosos autoadhesivos.

Aunque algunos fabricantes solo recomiendan el uso de un chorro de agua para limpiar el canal antes de instalar el PFV, se ha promovido el uso de irrigantes con propiedades químicas capaces de actuar en la capa de frotis.

Los estudios demuestran que la capa superficial de la dentina se puede alterar cuando se utilizan irrigantes solos o en combinación con algún tipo de solución de activación, ya que puede modificar el sustrato dentinario y destapar los túbulos dentinarios.

En cuanto a las soluciones de riego, se verificó el uso de: NaOCl, EDTA, clorhexidina, agua destilada, QMix® (Dentsply Tulsa Dental), ácido fosfórico, alcohol, Sikko Tim® (VOCCO, Germany) y ácido cítrico. Concomitantemente, se han utilizado métodos de activación de soluciones de riego como un medio adicional para aumentar su efectividad, como el uso de sistemas ultrasónicos y dispositivos láser. (14)

Estas soluciones de riego promueven un vórtice durante el riego, suspendiendo los desechos, además de que pueden actuar para eliminar la capa de frotis formada y de esta manera aumentar la retención de los postes de fibra de vidrio.

La asociación de NaOCl / EDTA no activado también mostró resultados satisfactorios al utilizar cemento de resina autoadhesivo para la cementación PFV. Sin embargo, al cementar con el sistema convencional, los mejores resultados se atribuyeron al 1% de NaOCl con activación ultrasónica, lo que nos lleva a entender que cada estrategia adhesiva puede adaptarse a un régimen de riego determinado. Este aspecto es más sensible para los sistemas autoadhesivos, ya que no utilizan previamente ácido fosfórico. Algunos irrigantes pueden influir en la reacción de polimerización y, en consecuencia, en la adherencia. Son escasos los estudios que prueben diferentes tipos de irrigantes con diferentes cementos autoadhesivos.

NaOCl es el irrigante más utilizado en endodoncia porque tiene la función de remover la capa orgánica del "capa de frotis" presente en el conducto radicular y según algunos estudios, aumenta la fuerza de unión entre la dentina del poste y la raíz. La clorhexidina también es una opción para la limpieza, ya que posee propiedades antibacterianas, de sustantividad y biocompatibilidad. Además, inhibe las enzimas de la matriz, como las metaloproteinasas que degradan la capa híbrida. El EDTA es una sal, derivada de un ácido débil, que ha demostrado ser un irrigante muy eficaz, ya que elimina la capa inorgánica de la "capa de frotis". Su eficacia está relacionada con su bajo pH y su capacidad para quelar los iones de calcio de la dentina, lo que resulta en la desmineralización de la superficie de la dentina y preserva las fibrillas de colágeno que mejoran la infiltración del material de resina. Otro ácido también utilizado es el ácido fosfórico, que se encuentran en diferentes concentraciones. Tiene poder desmineralizante y puede afectar la estructura de la dentina, provocando la erosión de las paredes de la dentina.

PIPS es una nueva técnica de agitación láser que utiliza Er: YAG. La eficacia de

esta técnica se basa en la acción fotoacústica y fotomecánica del láser, que al reaccionar con las moléculas de agua provoca sucesivas ondas que provocan un flujo intermitente. Sin embargo, se necesitan más estudios para respaldar su uso. Sikko Tim® (VOCCO, Alemania), corresponde a un agente limpiador compuesto por acetato de etilo y acetona, algunos autores mencionan de su mayor efectividad en el estudio de fuerzas de unión en la prueba de expulsión en comparación con el grupo de NaOCl / EDTA. Sin embargo faltan más estudios para consolidar la controversia creada ya que en otro estudio con microscopía electrónica de barrido se demostró que esta solución comercial no podía eliminar la capa de frotis de forma eficaz, diferente de la asociación de EDTA al 17% durante 60 segundos y NaOCl al 5% durante 15 segundos, que pareció ser satisfactoria.

QMix®, está compuesto por EDTA, clorhexidina y un surfactante, que elimina la capa de frotis, deja abiertos los túbulos dentinarios y mejora el protocolo de irrigación. Esta solución disminuye la tensión superficial de la dentina radicular, aumentando la capacidad de contacto.

Los estudios demuestran que la activación mejora el efecto de los irrigantes y lo hace llegar a regiones más profundas del sistema de conductos radiculares. Para ello se han utilizado dispositivos sónicos, ultrasónicos, de presión apical positiva y negativa e incluso láseres

A pesar de la variabilidad de los protocolos de irrigación en la mayoría de estos estudios, los hallazgos actuales pueden sugerir que la asociación del uso de NaOCl / EDTA puede recomendarse como irrigación después del alivio para postes de fibra de vidrio, ya que mostró un mejor rendimiento en comparación con otras soluciones de riego.

En el estudio de Hergt y Wiegand, se consideró el uso de diferentes selladores endodónticos resinosos y otros a base de óxido de zinc y eugenol (Endofill y Endometasona), así también se puso a prueba el riego con agua destilada o clorhexidina después de la preparación del espacio para postes. Concluyendo que la adhesión de los postes de fibra cementados con Panavia F 2.0 disminuyó su fuerza de unión con los cementos a base de óxido de zinc y eugenol y mucho más con la falta de riego postpreparación del canal. (43)

A pesar de varias discusiones sobre el uso de la técnica de un solo cono y posibles estudios sobre su efectividad, se ha descuidado el posible efecto que la

sincronización y la técnica de alivio del conducto pueden tener sobre el sellador.

Los resultados mostraron heterogeneidad en todas las comparaciones debido a una amplia variedad de información sobre métodos de limpieza, diferentes concentraciones, tiempo de aplicación, tipo de sistema adhesivo, cementos de resina utilizados, arenamiento del poste de fibra de vidrio, entre otros.

Según los autores, los cementos selladores endodónticos a base de hidróxido de calcio son más difíciles de eliminar del interior del canal. Estos dejan más residuos, mientras que los cementos selladores endodónticos a base de óxido de zinc y eugenol pueden reducir la polimerización de adhesivos y cementos resinosos.

De acuerdo al estudio de Vieira se demostró a través de un estudio de laboratorio, mayor efectividad de limpieza con fresa pesso a diferencia del compactador en la preparación del canal. Por otro lado también se diferenció el tiempo de preparación del canal para poste y se evidencia que existe mayor cantidad de residuos en el tercio apical cuando la desobturación se realiza a los 14 días a diferencia de 30 minutos después de la obturación.

Para crear espacio para la instalación del poste, es necesario quitar parte del material de relleno y durante esta extracción se puede generar desplazamiento del material, generando infiltración entre las paredes dentinarias y los tejidos periapicales. La integridad y calidad del relleno después de la remoción de este material dependerá de algunos factores tales como: técnicas e instrumentos usados para remoción, longitud del remanente presente en el conducto, técnicas de obturación endodóntica, cementos selladores endodónticos y tiempo para retirar el material de obturación.

Con el creciente uso de instrumentación mecanizada, en la que muchos protocolos admiten la obturación mediante la técnica de cono único, Vieira estudió la influencia del método y el tiempo de alivio sobre la calidad del empaste en los dientes obturados por esta técnica, mediante micro-TC que permite identificar la presencia de vacíos y la diferenciación de estructuras dentales.

Vieira no encontró diferencia estadística en cuanto al desplazamiento apical del sellador endodóntico, pero si pudo verificar que en los grupos de alivio inmediato, existió desplazamiento apical.

El grupo de alivio tardío también produjo un desplazamiento coronal con las fresas pero apical con el termo compactador.

Por razones anatómicas anteriormente revisadas, el tercio apical de la raíz aún sigue siendo un reto incluso para las resinas adhesivas.

La adhesión del PFV con la pared dentinaria se puede ver comprometido por la distancia de activación de la luz, lo que resulta en una menor conversión de monómeros y, en consecuencia, reduce la polimerización del cemento de resina, los residuos de cemento sellador endodóntico, la presencia de una capa de frotis perjudica el contacto adecuado entre los metacrilatos ácidos de los cementos autoadhesivos y la dentina subyacente durante los procedimientos de adhesión, lo que interfiere con la fuerza de la adhesión

Se diferenció también que hubo dislocamiento apical o coronal por el cambio de densidad de gutapercha observado en micro-CT después de la preparación del canal para poste a los 30 días y a los 14 días también. (14)

En el estudio de Vallejo y colaboradores (2017), se demostró la presencia de microorganismos, bacilos gramnegativos anaerobios facultativos (*Escherichia coli*), Cocos grampositivos (*Estafilococo sp.*) y hongos *Candida sp.*, asociado principalmente a la manipulación de los postes fundidos que conduce a una contaminación cruzada, si no se elimina antes de su inserción definitiva.

El proceso de esterilización por autoclave eliminó por completo la microbiota patógena sin afectar la forma y la integridad del poste colado que pudiera comprometer su ajuste final.

Las medidas recomendadas incluyen el uso de postes colados y sistemas adhesivos para reducir el número de reuniones clínicas y evitar la exposición de la obturación a la cavidad bucal. (65)

A pesar de la gran cantidad de estudios in vitro En la literatura, todavía no existe consenso sobre la mejor solución para la eliminación de residuos después de la preparación del canal para el poste intrarradicular y si esto puede afectar la fuerza de la unión de PFV a la dentina radicular, por otro lado su influencia en el sellado del relleno monobloque endodóntico.

Desde la perspectiva de la Rehabilitación se han planteado distintos abordajes para identificar cuál sería el tiempo más adecuado de preparación y cementación de los postes de fibras de vidrio, para disminuir riesgos de dislocación. Sin embargo se evidencia que no se pudo entrar un común acuerdo y que dichos estudios se enfocan en la unión del poste con la dentina quedando pendiente la evaluación de

la unión del cemento sellador endodóntico con la dentina después de la preparación del canal para el poste endodóntico.

#### **4. Justificación**

Este estudio se fundamenta en la necesidad de generar una aproximación científica para orientar la decisión del clínico respecto al tiempo más adecuado para la preparación del canal para poste intrarradicular después del sellado endodóntico, respondiendo de ésta manera de forma más oportuna al requerimiento de los pacientes respecto a la rehabilitación inmediata.

El presente estudio pone a prueba una metodología alternativa delimitando las variables de experimentación enfocadas en el objeto de estudio, considerando pruebas anteriores.

La sociedad es beneficiada de igual manera, en el sentido de que estos resultados permitirán prever el menor riesgo de filtración y asegurar la calidad del tratamiento endodóntico con la preservación del sellado hermético, durante la rehabilitación final del órgano dentario.

#### **5. Diseño de la investigación**

##### **5.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad, los pacientes han tomado conciencia de la importancia de la preservación de los órganos dentarios en boca, es así que en la práctica clínica se observa mayor requerimiento de tratamiento endodóntico. Entre los mencionados acuden con frecuencia casos con escaso remanente coronario, que después de la atención del especialista en Endodoncia, exigen la rehabilitación coronal inmediata. Sin embargo el tiempo de fraguado de los cementos selladores endodónticos es variable y puede presentar desplazamiento por la preparación del canal de poste intrarradicular, dependiendo del tiempo de alivio y el tipo de cemento sellador endodóntico empleado, como lo encontró Vieira (2018). (14)

##### **5.2. Identificación del problema**

Falta de consenso respecto al tiempo adecuado para la preparación del canal para poste intrarradicular posterior al sellado endodóntico.

Ausencia de criterios científicos respecto a la posibilidad de filtración entre el

cemento sellador endodóntico y la dentina intrarradicular después de la preparación del canal para poste intrarradicular.

### **5.3. Formulación del problema- Pregunta de investigación**

¿El tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular después de la obturación endodóntica influirá en la filtración de la interfase cemento sellador endodóntico/dentina?

### **5.4. Hipótesis de estudio**

Existe diferencia de filtración de cementos selladores endodonticos por influencia de la preparación del canal para poste intrarradicular, en diferentes tiempos.

### **5.5. Objetivo general**

Comparar la filtración de 4 tipos de cementos selladores endodonticos después de la preparación del canal para poste intrarradicular, en diferentes tiempos.

### **5.6. Objetivos específicos**

- Comparar estadísticamente la filtración de un cemento sellador endodóntico A BASE DE MTA del grupo de dientes con preparación de canal para poste intrarradicular a 1 y 7 días posteriores al sellado endodóntico en contraste con el grupo control.
- Comparar estadísticamente la filtración de un cemento sellador endodóntico a base de HIDROXIDO DE CALCIO del grupo de dientes con preparación de canal para poste intrarradicular a 1 y 7 días posteriores al sellado endodóntico en contraste con el grupo control.
- Comparar estadísticamente la filtración de un cemento sellador endodóntico RESINOSO EPOXI del grupo de dientes con preparación de canal para poste intrarradicular a 1 y 7 días posteriores al sellado endodóntico en contraste con el grupo control.
- Comparar estadísticamente la filtración de un cemento sellador endodóntico a base de SILICONA del grupo de dientes con preparación de canal para poste intrarradicular a 1 y 7 días posteriores al sellado endodóntico en contraste con el grupo control.



### **5.7. Diseño o tipo de estudio**

En el presente trabajo se aplicó un enfoque de estudio cuantitativo, cuya característica principal destaca porque pretende medir con precisión las variables de estudio, por lo que sus resultados pueden ser generalizados.

Se describe como un alcance de estudio correlacional, en vista de que este estudio presenta un análisis de la relación entre variables dependientes e independientes. Longitudinal debido a que se realiza varias intervenciones en los grupos de estudio (sellado intraconducto y preparación del canal para poste intrarradicular Además prospectivo ya que los datos serán recolectados en un tiempo posterior al presente diseño. (80) También califica como un estudio experimental in vitro ya que hace referencia a un tipo de estudio que se realiza en laboratorio, es decir fuera del cuerpo, con intervención en las variables. (81)

### **5.8. Tamaño de la muestra**

La selección de la muestra se realizó a través del Muestreo No probabilístico, por conveniencia, por la disponibilidad de órganos dentarios extraídos y recolectados. Se definió una muestra de 60 órganos dentarios extraídos, que recibieron una instrumentación endodóntica, con técnica coronoapical, convenientemente rellenas con 4 tipos de cementos selladores endodónticos, para luego ser distribuidas en diferentes unidades de observación.

#### **UNIDAD DE OBSERVACIÓN**

+ GRUPO A CONTROL.- órganos dentarios rellenos con cemento sellador endodóntico, evaluados en Microscopio Estereoscópico

+ GRUPO B.- órganos dentarios rellenos con cemento sellador endodóntico, y con preparación de canal para poste intrarradicular posterior a 1 día del sellado, evaluadas en Estereomicroscopio

+ GRUPO C.- órganos dentarios rellenos con cemento sellador endodóntico, y con preparación de canal para poste intrarradicular posterior a 7 días del sellado, evaluadas en Estereomicroscopio

#### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- órganos dentarios unirradiculares
- órganos dentarios cuya raíz presente una medida mayor a 13 mm
- Extracción reciente,
- órganos dentarios sanas
- Extraídas por motivos ortodonticos o periodontales.
- Ápicoformación completa

#### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- órganos dentarios con Fracturas o grietas radiculares

#### **5.9. Población**

Por ser un estudio in vitro no corresponde población específica de inferencia.

Muestra: 60 órganos dentarios.

#### **5.10. Lugar**

La Paz- Bolivia

#### **5.11. Aspectos éticos**

El presente estudio no realizó ninguna intervención en pacientes, por lo que no se modificó o afectó a ningún ser vivo.

### **6. Intervención o metodología**

En el presente estudio se siguió una metodología experimental in vitro basada en el análisis de los procedimientos aplicados en los diferentes estudios in vitro por inmersión en azul de metileno, que se presentan detallados en la tabla resumen correspondiente, (Véase Tabla 2. Cuadro resumen de las variables del procedimiento, técnicas y materiales aplicados para la evaluación de filtración cementos selladores endodónticos.)

#### **6.1. Materiales**

##### MATERIAL DE ESCRITORIO

- Hoja de registro de datos (Guía de observación)
- Cámara fotográfica

## MATERIAL ODONTOLÓGICO E INSUMOS

- Hipoclorito de sodio (Mr. Cloro)
- Agua oxigenada (Phenoxid)
- Glicerina (Crespal)
- Lima K file # 10,15 y 20 (Dentsply Maillefer)
- Lima Reciproc N° 40 (VDW Reciproc blue)
- EDTA 17% (Biodinámica)
- Puntas de papel #40 (Meta BIOMED)
- Cemento Sellador endodóntico a base de MTA (MTA Endo Sealer- Densell)
- Cemento Sellador endodóntico a base de Hidróxido de Calcio (Sealer 26- Dentsply Sirona)
- Cemento Sellador endodóntico Resinoso epoxi (Adseal- MetaBiomed)
- Cemento Sellador endodóntico a base de Silicona (RoekoSeal Automix- Coltene)
- Espátulas de mezcla, dosificadores y dispensadores de cemento
- Compactadores manuales (Dentsply Maillefer)
- Fresa Pessa #4 (Mani)
- Regla endodóntica (Dentsply Maillefer)
- Esmalte de uñas
- Agua destilada
- Azul de metileno
- Fresa de diamante

## EQUIPAMIENTO

- Pieza de mano de alta velocidad (NSK)
- Pieza de mano de baja velocidad (NSK)
- Motor de Endodoncia (X-smart plus- Dentsply Maillefer)
- Estufa con graduación de 37°C
- Microscopio Esteroscopico Trinocular SZ61TR (Olympus)

**Tabla 3. Descripción de los selladores puestos a prueba**

Tipo de Sellador	Nombre comercial del Sellador endodóntico	Composición	Fabricante	Tiempo fraguado
Cemento sellador a base de MTA	MTA Endo Sealer	<p>Polvo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento Portland blanco</li> <li>- Trióxido de bismuto</li> </ul> <p>Líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcohol polivinílico</li> <li>- Cloruro de calcio</li> <li>- Agua deionizada</li> <li>- Conservante</li> </ul>	Densell	3-4 Hrs. Progresiva y depende de la humedad
A base de Hidróxido de Calcio	Sealer 26	<p>Polvo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trióxido de bismuto</li> <li>- Hidróxido de calcio</li> <li>- Hexametenotetramina</li> <li>- Dióxido de titanio</li> </ul> <p>Líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Epoxi bisfenol</li> </ul>	Dentsply	12 Hrs.
Resinoso epoxi	Adseal	<p>Base</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resina epoxi-oligomeros</li> <li>- Etilenglicol salicilato</li> <li>- Fosfato de calcio</li> <li>- Subcarbonato de bismuto</li> <li>- Oxido de zirconio</li> </ul>	MetaBiomed	45 min

		<p>Catalizador</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poliaminobenzoato</li> <li>- Fosfato de calcio</li> <li>- Trietanol</li> <li>- Subcarbonato de bismuto</li> <li>- Óxido de zirconio</li> <li>- Óxido de calcio</li> </ul>		
Siliconado	RoekoSeal Automix	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polimetilsiloxano</li> <li>- Aceite de silicona</li> <li>- Aceite a base de parafina</li> <li>- Catalizador de platino</li> <li>- Dióxido de zirconio</li> </ul>	Coltene	45-50 min

**Fuente:** Elaboración propia. 2021 Descripciones de los productos en las páginas web de los fabricantes.

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1138-123X2002000400006](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2002000400006)

[http://www.dencorp.com.ar/sites/default/files/CEMENTO\\_ENDODONTICO\\_SEALER\\_26\\_Instrucciones\\_de\\_Uso.pdf](http://www.dencorp.com.ar/sites/default/files/CEMENTO_ENDODONTICO_SEALER_26_Instrucciones_de_Uso.pdf)

<https://dentalisiberia.com/producto/cementos-sellador-de-conductos-adseal-metabiomed/>

<https://prezi.com/gkadtndqkqb/cementos-a-base-de-ionomero-de-vidrio-silicona-y-mta/>

## 6.2. Procedimiento

+ FASE DE PREPARACIÓN DE LOS DIENTES EXTRAIDOS

Se siguió el siguiente protocolo de “conservación de dientes extraídos”:

- 1.- Aplicar barrera físicas de bioseguridad
- 2.- Seleccionar los dientes más sanos posibles
- 3.- Hacer hervir estos órganos dentarios durante 30 minutos en una solución de agua corriente con hipoclorito de sodio 5,25 en un recipiente con tapa. 1:1
- 4.- Para su conservación y uso hasta dentro de los 3 meses siguientes, colocar

los órganos dentarios en agua oxigenada 10 vol 3% con Glicerina 1:1

#### + FASE DE PREPARACIÓN BIOMECÁNICA DEL CANAL ENDODONTICO

1.- Una vez alcanzado la recolección del número de muestras necesarias, se estandarizó la longitud de los órganos dentarios a 13 mm, con un corte transversal con disco de diamante a nivel del tercio cervical.

2.- Se permeabilizó el conducto con lima k #10

3.- Se realizó la instrumentación manual de los conductos, restando 1 mm del ápice radicular con lima K # 15 y 20 (12 mm)

4.- Se finalizó la preparación mecánica del conducto radicular con lima Reciproc 40 (VDW Reciproc blue) restando 1 mm del ápice radicular. (12mm) con irrigación intermitente Hipoclorito de Sodio al 5,25%, EDTA al 17% de concentración, suero fisiológico 5 ml

#### + FASE DE OBTURACIÓN ENDODONTICA CON CEMENTOS SELLADORES ENDODONTICOS

1.- Se realizó el secado del conducto con puntas de papel

2.- Se realizó el sellado de los conductos con los siguientes cementos selladores: Cemento sellador a base de MTA (15 órganos dentarios); Hidróxido de Calcio (15 órganos dentarios); Resinoso epoxi (15 órganos dentarios); Silicona (15 órganos dentarios). Se aplicó el cemento endodóntico a lo largo de todo el conducto ejerciendo presión hasta generar extrusión apical, fue el parámetro de la suficiente permeabilidad apical y condensación en todos los selladores.

3.- Se procedió a la conservación de órganos dentarios humedecidos en agua destilada, dentro de una estufa con graduación de 37°C.

4.- Posteriormente se procedió a la inmersión de las mismas en azul de metileno por 72 horas dentro de la estufa con graduación de 37°C.

#### +FASE DE PREPARACIÓN DE CANAL DEL POSTE INTRARRADICULAR

1.- 1 día posterior al sellado, se realizó la preparación del canal del poste intrarradicular en 20 órganos dentarios (5 órganos dentarios por sellador), desobturando 8 mm de los selladores endodónticos (A BASE DE MTA, HIDROXIDO DE CALCIO, RESINOSO EPOXI, SILICONA) con fresa pesso #4, se lavó el

conducto con abundante agua destilada.

2.- Posteriormente se procedió a la inmersión de las mismas en azul de metileno por 72 horas dentro de la estufa con graduación de 37°C.

3.- 7 días posteriores al sellado, se realizó la preparación del canal del poste intrarradicular en los otros 20 órganos dentarios restantes (5 órganos dentarios por sellador), desobturando 8 mm de los selladores endodónticos (A BASE DE MTA, HIDROXIDO DE CALCIO, RESINOSO EPOXI, SILICONA).

4.- Posteriormente se procedió a la inmersión de las mismas en azul de metileno por 72 horas dentro de la estufa con graduación de 37°C.

#### + EVALUACIÓN DE LA FILTRACIÓN CORONAL Y APICAL DE LOS GRUPOS A,B Y C DE LOS 4 CEMENTOS SELLADORES ENDODÓNTICOS

Todos los grupos de estudio pasaron por el corte sagital de la pieza dentaria siguiendo el eje del conducto, hasta llegar al foramen apical, con disco de diamante y lijas de grano fino para la visualización de la interfase cementos sellador endodóntico/dentina intrarradicular.

Se determinó el grado de filtración midiendo la pigmentación del azul de metileno en la interfase cemento sellador endodóntico- dentina, en papel milimetrado y se observó el detalle de la interfase en microscopio Esteroscópico inmediatamente después de la inmersión de las muestras por 3 días en azul de metileno.

La eficacia del método de fuga de tinte es reconocida por su simplicidad, amplia aplicación y validez por lo que se eligió este método para medir la filtración apical de los conductos radiculares. El azul de metileno tiene un tamaño molecular similar al de los subproductos bacterianos como el ácido butírico que pueden filtrarse de los conductos radiculares infectados e irritar el tejido periapical (19)

### **6.3. Instrumento de recolección**

El instrumento de recolección consiste en una guía de observación, para el registro de procedimientos, medidas de filtración y tiempos de evaluación (Véase Tabla 4. Ficha de recolección de datos)

#### **Tabla 4. Ficha de recolección de datos**

Tipo de cemento sellador endodóntico (componente principal)	Código pza dent.	Fecha de instrumentación y sellado endodontico.	Tipo y fecha de intervención:	Filtración (mm) de Fecha de Evaluación: _____	
				Coronal	Apical
Cemento sellador a base de silicato de MTA (MTA Endosealer)	BGA1		Grupo A: control		
	BGA2				
	BGA3				
	BGA4				
	BGA5				
	BGB1		Grupo B: Prep canal poste 1 día después		
	BGB2				
	BGB3				
	BGB4				
	BGB5				
	BGC1		Grupo C: Prep canal poste 7 días después		
	BGC2				
	BGC3				
	BGC4				
	BGC5				
Hidróxido de Calcio (Sealer 26)	HCGA1		Grupo A: control		
	HCGA2				
	HCGA3				
	HCGA4				
	HCGA5				
	HCGB1		Grupo B: Prep canal poste 1		
	HCGB2				
	HCGB3				
HCGB4					



	HCGB5		dia despue s		
	HCGC1		Grupo		
	HCGC2		C: Prep		
	HCGC3		canal		
	HCGC4		poste 7		
	HCGC5		dias despué s		
Resinoso Epoxi S(Adseal)	REGA1		Grupo		
	REGA2		A:		
	REGA3		control		
	REGA4				
	REGA5				
	REGB1		Grupo		
	REGB2		B: Prep		
	REGB3		canal		
	REGB4		poste 1		
	REGB5		dia despue s		
	REGC1		Grupo		
	REGC2		C: Prep		
	REGC3		poste 7		
	REGC4		dias		
	REGC5		despué s		
Silicona (Roeko Seal Automix)	SGA1		Grupo		
	SGA2		A:		
	SGA3		control		
	SGA4				
	SGA5				

	SGB1		Grupo		
	SGB2		B: Prep		
	SGB3		canal		
	SGB4		poste 1		
	SGB5		dia despue s		
	SGC1		Grupo		
	SGC2		C: Prep		
	SGC3		canal		
	SGC4		poste 7		
	SGC5		dias despué s		

**Fuente:** Instrumento de evaluación. Guía de observación. Arandia Lexin (2013) (82)

#### **6.4. Operacionalización de variables**

Se consideraron como variables independientes (causa) a: Tipo de cemento sellador endodóntico, tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular

Se consideraron como variables dependientes (efecto) a: Filtración coronal y apical (Véase Tabla 5. Cuadro de variables de estudio Independientes y Tabla 6. Cuadro de variables de estudio: Dependientes)

**Tabla 5. Cuadro de variables de estudio Independientes**

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	CATEGORÍA A O ESCALA
Tipo de cemento sellador endodóntico	Material endodóntico en estado plástico, cuya función es el sellado intrarradicular hermético de las entradas de los túbulos dentinarios y el foramen apical, pueden variar de acuerdo a su composición química.	Componente principal determinado por el fabricante en su prescripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento sellador a base de MTA</li> <li>- Hidróxido de Calcio</li> <li>- Resinoso epoxi</li> <li>- Silicona</li> </ul>	Nominal politómica
Tiempo de preparación del canal de poste intrarradicular	Periodo que transcurre desde el sellado endodóntico hasta la eliminación del material de relleno endodóntico en el espacio que vendrá a ocupar el retenedor intrarradicular.	Tiempo transcurrido posterior al sellado endodóntico en el que se realiza la preparación del canal para poste intrarradicular	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin preparación de canal para poste intrarradicular</li> <li>- Preparación del canal 1 día después del sellado</li> <li>- Preparación 7 días después del sellado</li> </ul>	Ordinal

**Fuente:** Elaboración propia en base al Taller de metodología de la investigación. Alejo (2018) (83)

**Tabla 6. Cuadro de variables de estudio: Dependientes**

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	CATEGORÍA O ESCALA
Filtración coronal	Penetración de líquido a través del tercio coronal de la interfase cemento sellador endodóntico/dentina, adyacente a la preparación del canal para poste intrarradicular en la pieza dentaria	Observación microscópica	Milímetros	Razón
Filtración apical	Penetración de líquido a través del tercio apical de la interfase cemento sellador endodóntico/dentina de la pieza dentaria	Observación microscópica	Milímetros	Razón

**Fuente:** Cuadro de operacionalización de variables. Alejo (2018) (83)

## 7. Resultados

En el presente estudio experimental se comparó cuatro cementos selladores endodónticos diferentes en base a su componente principal, el tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular y su efecto en la filtración coronal y apical en la interfase cemento sellador endodóntico/dentina.

**Tabla 7. Ficha de recolección de datos con las mediciones de filtración**

Tipo de cemento sellador (componente principal)	Código pza dent. Fecha de instrumentación y sellado endodóntico: 15/10/21	Tipo y fecha de intervención:	Filtración (mm)	
			Fecha de Evaluación:3 días después de la última intervención	Coronal
Cemento sellador a base de MTA (MTA Endosealer)	BGA1	Grupo A: control	2,50	2,00
	BGA2	Inmersión en azul de metileno 16/10/21	,50	,50
	BGA3		1,50	1,00
	BGA4		2,50	2,00
	BGA5		2,50	1,00
	BGB1		Grupo B: Prep canal poste 1 dia después 16/10/21	1,50
	BGB2	1,00		,50
	BGB3	1,00		,50
	BGB4	,50		1,00
	BGB5	1,00		2,00
	BGC1	Grupo C: Prep canal poste 7 dias después 23/10/21	,50	1,50
	BGC2		,20	,50
	BGC3		1,00	,50
	BGC4		,50	,50
	BGC5		1,50	,00
Hidróxido de Calcio (Sealer 26)	HCGA1	Grupo A: control	1,00	2,00
	HCGA2	Inmersión en azul de metileno 16/10/21	1,00	2,00
	HCGA3		2,00	2,00
	HCGA4		1,50	1,00

	HCGA5		2,00	1,00
	HCGB1	Grupo B: Prep canal poste 1 dia después 16/10/21	,50	1,50
	HCGB2		,50	1,50
	HCGB3		,00	1,00
	HCGB4		2,00	2,00
	HCGB5		,00	1,50
	HCGC1	Grupo C: Prep canal poste 7 dias después 23/10/21	,50	,50
	HCGC2		2,50	,50
	HCGC3		,50	,20
	HCGC4		,50	,00
	HCGC5		,00	,00
Resinoso Epoxi S(Adseal)	REGA1	Grupo A: control	1,00	1,50
	REGA2	Inmersión en azul de metileno 16/10/21	1,00	1,00
	REGA3		,50	,50
	REGA4		1,50	1,50
	REGA5		1,00	,50
	REGB1		Grupo B: Prep canal poste 1 dia después 16/10/21	,50
	REGB2	2,00	1,50	
	REGB3	1,50	2,00	
	REGB4	1,00	1,50	
	REGB5	1,50	2,00	
	REGC1	Grupo C: Prep canal poste 7 dias después 23/10/21	1,00	,80
	REGC2	2,00	,50	
	REGC3	2,00	2,00	
	REGC4	,20	,80	
	REGC5	,00	1,50	
Silicona (Roeko Seal Automix)	SGA1	Grupo A: control	1,00	3,00
	SGA2	Inmersión en azul de metileno 16/10/21	2,00	4,00
	SGA3		2,00	1,00
	SGA4		2,00	1,00
	SGA5		2,00	4,00
	SGB1		Grupo B: Prep	1,00

	SGB2	canal poste 1 dia	3,50	3,50
	SGB3	después	,50	1,50
	SGB4	16/10/21	1,50	2,50
	SGB5		2,00	1,00
	SGC1	Grupo C: Prep	2,00	1,50
	SGC2	canal poste 7 dias	,50	1,50
	SGC3	después	1,00	,50
	SGC4	23/10/21	,50	1,50
	SGC5		,50	1,00

**Fuente:** Elaboración propia. 2021.

En la guía de observación se puede apreciar los diferentes grados de filtración coronal y apical que se identificaron con el microscopio esteroscópico, tanto en los grupos de control como en los grupos B y C con preparación de canal para poste intrarradicular a 1 y 7 días después del sellado endodóntico, respectivamente.

En la valoración de las medias estadísticas se observó lo siguiente:

**Tabla 8. Tabla estadística. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para el Tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular.**

	Tiempo paraShapiro-Wilk preparación del canal para poste intrarradicular		Estadístico	gl	Sig.
<b>Filtración coronal</b>	Sin preparación (control)		,915	20	,079
	Preparación posterior	1 día	,904	20	,049
	Preparación posterior	7 días	,853	20	,006
<b>Filtración apical</b>	Sin preparación (control)		,836	20	,003
	Preparación posterior	1 día	,892	20	,029
	Preparación posterior	7 días	,893	20	,030

**Fuente:** Elaboración propia. IBM SPSS-Statistics 22.

Respecto al tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk es un indicio de que se cumple el supuesto de normalidad multivariada (Estadísticos entre .836 y .915; gl= 20;  $p>0,05$ )



**Tabla 9. Tabla estadística. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk de acuerdo al Componente principal del cemento sellador endodóntico.**

	<b>Componente principal del Endodóntico</b>	<b>Shapiro-Wilk Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
<b>Filtración coronal</b>	MTA	,869	15	,033
	Hidróxido de Calcio	,882	15	,051
	Resinoso epoxi	,933	15	,297
	Silicona	,871	15	,035
<b>Filtración apical</b>	MTA	,843	15	,014
	Hidróxido de Calcio	,894	15	,077
	Resinoso epoxi	,869	15	,033
	Silicona	,861	15	,025

**Fuente:** Elaboración propia. IBM SPSS-Statistics 22.

Respecto al componente principal del cemento sellador endodóntico, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk es un indicio de que se cumple el supuesto de normalidad multivariada (Estadísticos entre .869 y .933; gl= 15;  $p > 0,05$ )

**Tabla 10 Tabla estadística. Prueba de Homocedasticidad. Prueba M de Box y Test de Levene.**

**La prueba de cuadro de la igualdad de matrices de covarianzas<sup>a</sup>**

M de Box	56,236
F	1,359
df1	33
df2	4882,706
Sig.	,083

**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup>**

	F	df1	df2	Sig.
Filtración apical	5,996	11	48	,000
Filtración coronal	1,414	11	48	,197

**Fuente:** Elaboración propia. IBM SPSS-Statistics 22.

La prueba de M de Box y el Test de Levene nos confirman que existe homogeneidad de matrices de covarianzas ( $p > .05$ )

**Tabla 11 Tabla estadística. Análisis Multivariable de la Varianza (MANOVA). Prueba de interacción de efectos (variables dependientes)**

<b>Contrastes multivariados</b>					
<b>Efecto</b>	<b>Valor</b>	<b>F</b>	<b>GI hipótesis</b>	<b>degl error</b>	<b>de Sig.</b>
tiempoprepcanalposte	,376	5,558	4,000	96,000	,000
cemselladorendodont	,315	2,994	6,000	96,000	,010
tiempoprepcanalposte * cemselladorendodont	,255	1,167	12,000	96,000	,318

**Fuente:** Elaboración propia. IBM SPSS-Statistics 22.

Para el MANOVA, los contrastes multivariados obtenidos con la traza de Pillai indican que hay diferencias en la interacción de las variables dependientes, de acuerdo con el tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular y el tipo de cemento sellador endodóntico, pero no hay diferencias significativas de acuerdo con la interacción de estas mismas variables (Tiempo de preparación de canal para

poste F=5,558; Tipo de cemento sellador endodóntico F=2,994; p<.01)

**Tabla 12 Tabla estadística. Análisis Multivariable de la Varianza (MANOVA). Prueba de efectos intersujetos**

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos</b>						
<b>Origen</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>		<b>gl</b>	<b>Cuadrático promedio F</b>	<b>Sig.</b>
		<b>s</b>	<b>gl</b>			
<b>Tiempo preparación Canal para poste intrarradicular</b>	Filtración apical	10,206	2	5,103	9,697	,000
	Filtración coronal	4,474	2	2,237	4,230	,020
<b>Cemento sellador endodóntico</b>	Filtración apical	10,108	3	3,369	6,403	,001
	Filtración coronal	1,862	3	,621	1,173	,330
<b>Tiempo preparación Canal para poste intrarradicular</b>	Filtración apical	4,107	6	,685	1,301	,275
	Filtración coronal	3,906	6	,651	1,231	,307

**Fuente:** Elaboración propia. IBM SPSS-Statistics 22.

Para el MANOVA, los efectos intersujetos indican que hay diferencias en las variables dependientes por separado, de acuerdo con el tiempo de preparación del canal para el poste y solo para filtración apical por el tipo de cemento sellador endodóntico. (Tiempo de preparación del canal para poste, F=9,627 y F=4,230; Tipo de sellador endodóntico, F=6,403; p> .01) respectivamente.

De acuerdo con lo anterior la hipótesis de investigación se soporta parcialmente.

**Tabla 13 Tabla estadística. Análisis Multivariable de la Varianza (MANOVA). Prueba de efectos intersujetos**

**Pruebas Post Hoc**

**Comparaciones multiples (Filtración- Tiempo de preparación)**

**HSD Tukey**

Variable dependiente	(I) para el canal de preparación	Tiempo(J) para el canal de preparación	Tiempo para el canal de preparación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Límite superior	Límite inferior
Filtración apical	Grupo control	1 día posterior	7 días posterior	-,0750	,22940	,943	-,6298	,4798	
		7 días posterior		,8350*	,22940	,002	,2802	1,3898	
		1 día posterior	7 días posterior	,9100*	,22940	,001	,3552	1,4648	
Filtración coronal	Grupo control	1 día posterior	7 días posterior	,3950	,22998	,209	-,1612	,9512	
		7 días posterior		,6650*	,22998	,016	,1088	1,2212	
		1 día posterior	7 días posterior	,2700	,22998	,474	-,2862	,8262	

**Fuente:** Elaboración propia. IBM SPSS-Statistics 22.

En el análisis de Filtración Apical, según la Prueba Post Hoc HSD Tukey se observa que existen diferencias significativas en los puntajes para Tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular entre el grupo control y 7 días posterior ( $p=0.002$ ) además entre 1 y 7 días ( $0.001$ ).

En el análisis de Filtración Coronal, según la Prueba Post Hoc HSD Tukey se

observa que existen diferencias significativas en los puntajes para Tiempo de preparación del canal para poste intrarradicular entre el grupo control y 7 días posterior ( $p=0.016$ )

Esta prueba estadística de efectos intersujetos, Post Hoc HSD Tukey, permite comprobar la hipótesis de que existen diferencias de filtración en el sellado endodóntico después de la preparación del canal para poste intrarradicular. Mostrando mayor diferencia significativa entre el grupo control y la preparación a 1 y 7 días en la Filtración apical.

En el caso de la observación de Filtración coronal la diferencia significativa se muestra entre el grupo control y la preparación 7 días después.

**Tabla 14** Tabla estadística. Prueba Post Hoc HSD Tukey.

Comparaciones múltiples (Filtración –tipo de cemento sellador endodóntico)

HSD Tukey								
(I)	Componente principal(J)	Diferencia de medias		Sig.	Intervalo de confianza al 95%			
Variable dependiente	Sellador Endodóntico	Sellador Endodóntico (I-J)	Error estándar		Límite inferior	Límite superior		
Filtración apical	MTA	Hidróxido de calcio	-,0800	,26489	,990	-,7850	,6250	
		Resinoso epoxi	-,2400	,26489	,802	-,9450	,4650	
		Silicona	-1,0333*	,26489	,002	-1,7383	-,3284	
	Hidróxido de calcio	Resinoso epoxi	-,1600	,26489	,930	-,8650	,5450	
		Silicona	-,9533*	,26489	,004	-1,6583	-,2484	
		Resinoso epoxi	-,7933*	,26489	,022	-1,4983	-,0884	
	Filtración coronal	MTA	Hidróxido de calcio	,2467	,26556	,790	-,4601	,9534
			Resinoso epoxi	,1133	,26556	,974	-,5934	,8201
			Silicona	-,2333	,26556	,816	-,9401	,4734
Hidróxido de calcio		Resinoso epoxi	-,1333	,26556	,958	-,8401	,5734	
		Silicona	-,4800	,26556	,282	-1,1868	,2268	
		Resinoso epoxi	-,3467	,26556	,564	-1,0534	,3601	

Fuente: Elaboración propia. IBM SPSS-Statistics 22.

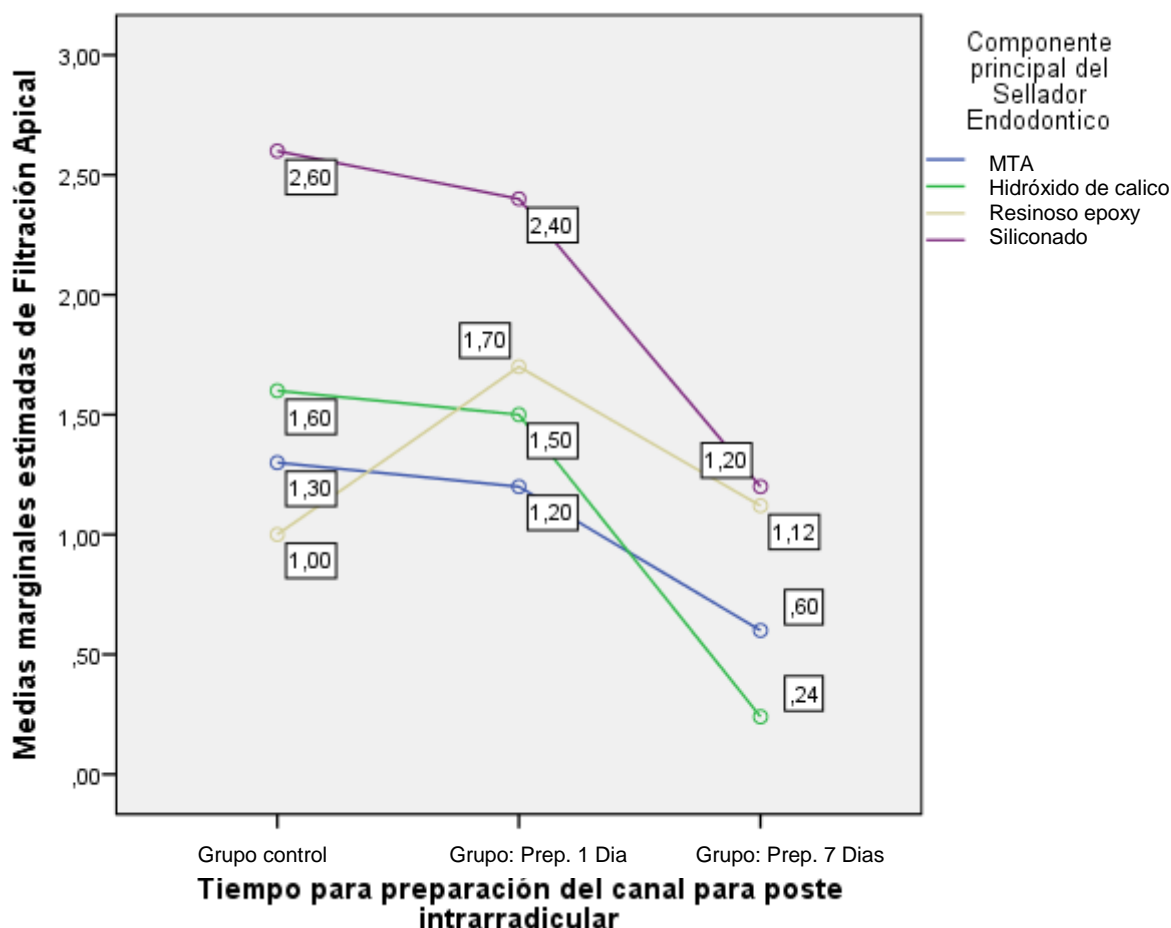
En el análisis de Filtración Apical, según la Prueba Post Hoc HSD Tukey se observa que existen diferencias significativas en los puntajes para tipo de cemento sellador endodóntico entre los grupos MTA y Silicona ( $p=0.002$ ); Hidróxido de calcio y Silicona (0.004); Resinoso epoxi y Silicona (0,022)

No encontrándose diferencias significativas de filtración coronal en relación con los 4 grupos de selladores.

Con esta prueba estadística de efectos intersujetos, se comprueba de que existen diferencias de filtración en el sellado endodóntico después de la preparación del canal para poste intrarradicular. Mostrando mayor diferencia significativa de los cementos selladores endodónticos MTA, Hidróxido de Calcio y Resinoso epoxi en comparación con los Siliconados en el estudio de la Filtración apical.

En el caso del análisis de Filtración coronal no se encuentran diferencias significativas según los tipos de cementos selladores.

**Figura 2. Comparación de medias estadísticas (MANOVA) de Filtración apical según el tipo de cemento sellador endodóntico empleado y el tiempo de preparación de canal para poste intrarradicular**



**Fuente:** Elaboración propia. Estudio in vitro de filtración de cementos selladores endodónticos. La Paz-Bolivia- 2019. Análisis estadístico. IBM SPSS-Statistics 22.

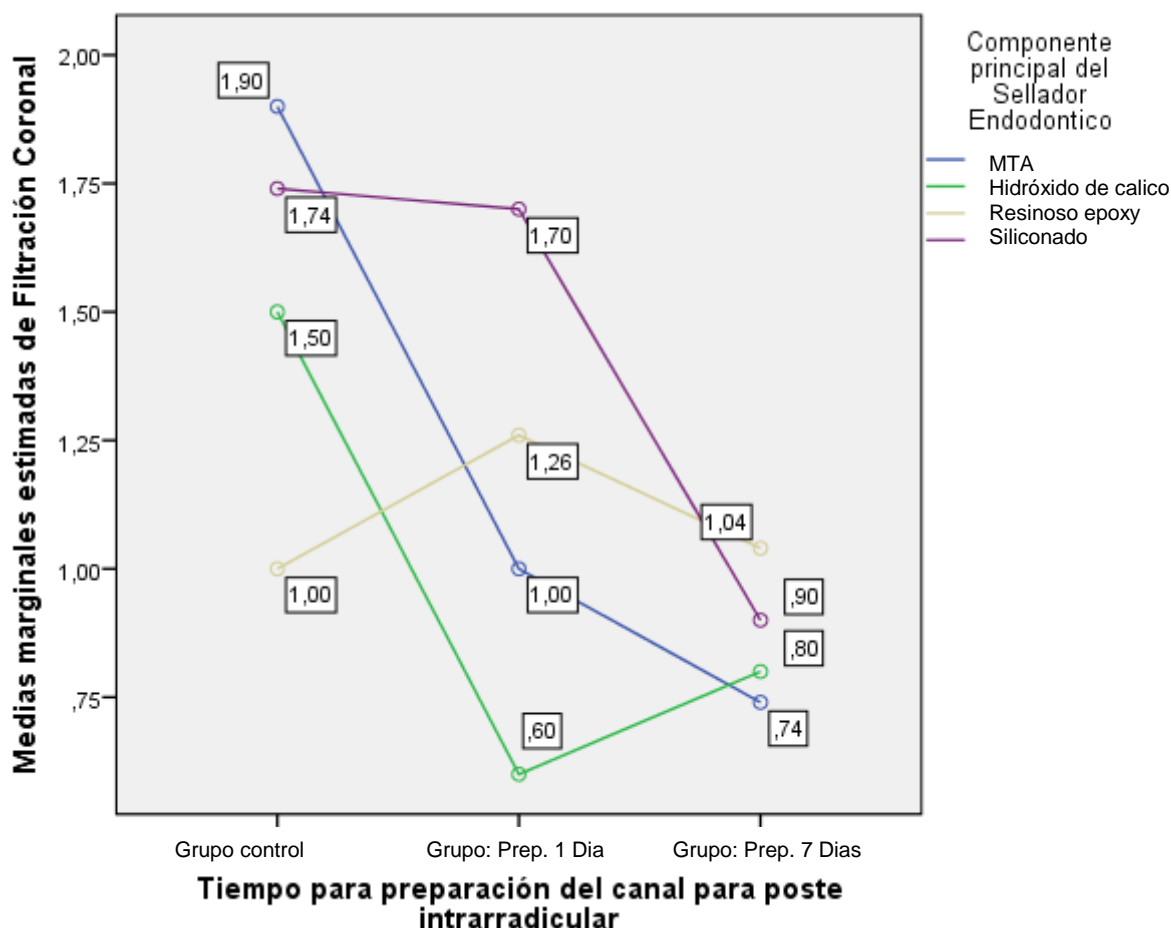
Respecto a la Filtración apical, podemos interpretar las siguientes variaciones de acuerdo a cada tipo de cemento sellador endodóntico

- En el caso de los cementos selladores endodónticos a base de MTA se observa menor filtración apical del grupo con preparación a los 7 días posterior al sellado endodóntico (0,6 mm) en comparación con 1 día de la preparación posterior del conducto (1,20 mm) seguido del grupo control (1,30 mm).



- En el caso de los cementos selladores endodónticos a base de Hidróxido de Calcio se observa menor filtración apical del grupo con preparación a los 7 días posterior al sellado endodóntico (0,24 mm) en comparación con 1 día de la preparación posterior del conducto (1,50 mm) seguido del grupo control (1,60 mm).
- En el caso de los cementos selladores endodónticos Resinosos epoxi se observa menor filtración apical del grupo control (1,0 mm) en comparación con el grupo con preparación 7 días posterior al sellado endodóntico (1,20 mm) seguido del grupo con preparación del canal para poste 1 día posterior al sellado (1,70 mm)
- En el caso de cementos selladores endodónticos Siliconados se observa menor filtración apical del grupo con preparación a los 7 días posterior al sellado endodóntico (1,20 mm) en comparación con 1 día de la preparación posterior del conducto (2,40 mm) seguido del grupo control (2,60 mm).

**Figura 3 Comparación de medias estadísticas (MANOVA) de Filtración coronal según el tipo de sellador endodóntico empleado y el tiempo de preparación de canal para poste intrarradicular.**



**Fuente:** Elaboración propia. Estudio in vitro de filtración de cementos selladores endodónticos. La Paz-Bolivia- 2019. Análisis estadístico. IBM SPSS-Statistics 22.

Respecto a la Filtración coronal, podemos interpretar las siguientes variaciones de acuerdo a cada tipo de cemento sellador endodóntico

- En el caso de los cementos selladores endodónticos a base de MTA se observa menor filtración coronal del grupo con preparación a los 7 días posterior al sellado endodóntico (0,74 mm) en comparación con 1 día de la preparación posterior del conducto (1,0 mm) seguido del grupo control (1,90 mm).

- En el caso de los cementos selladores endodónticos a base de Hidróxido de calcio se observa menor filtración coronal del grupo con preparación del canal a 1 día del sellado del conducto (0,6 mm) en comparación con 7 días de la preparación posterior del conducto (0,8 mm) seguido del grupo control (1,50 mm)
- En el caso de los cementos selladores endodónticos Resinosos epoxi se observa menor filtración coronal del grupo control (1,0 mm) en comparación con el grupo con preparación 7 días posterior al sellado endodóntico (1,04 mm) seguido del grupo con preparación del canal para poste 1 día posterior al sellado (1,26 mm)
- En el caso de cementos selladores endodónticos Siliconados se observa menor filtración coronal del grupo con preparación a los 7 días posterior al sellado endodóntico (0,9 mm) en comparación con 1 día de la preparación posterior del conducto (1,7 mm) seguido del grupo control (1,74 mm).

## **8. Discusión**

Varios estudios de filtración evidencian la filtración apical o coronal variable de los cementos selladores endodónticos. En este estudio se realiza un análisis comparativo de la metodología que se sigue en los mismos demostrando su variabilidad en cuanto a la metodología aplicada en cada uno de ellos: variables propias del diente, técnicas endodónticas, incluso del método de evaluación de filtración empleado. Este estudio aplicó un solo método accesible al medio, enfocándose y modificando el comportamiento solo de las variables de interés (filtración de la interfase cemento sellador endodóntico/dentina, tipo de sellador, tiempo de preparación del canal). (61) (84)

Vilas y colaboradores (2018), demostraron que el tipo de sellador endodóntico y los tiempos de cementación de postes de fibra de vidrio influyen en la unión del poste con la dentina. Estos autores concluían que mientras menos tiempo exista entre la obturación endodóntica y la cementación del poste habrá mejor fuerza de unión para el cemento sellador endodóntico biocerámico (Endosequence BC) y resinoso epoxi (AHPlus), a diferencia del sellador a base de Óxido de Zinc y eugenol (Endofil) que se da de manera contraria, demostrando mayor fuerza de unión el sellador AHPlus. (13)

Por su parte Vieira (2018) mencionó un desplazamiento apical o coronal del relleno intrarradicular (AHPlus) dependiente del tiempo de la desobturación del canal para poste intrarradicular y del material que se usó (fresa passo o termocompactor), haciendo mayor énfasis en la mejor adhesión del perno a la dentina intraconducto que se lograba con una preparación del canal a los 30 minutos. (14)

Desde los resultados de éste estudio se demuestra que estas variables, incluido el tiempo de preparación del poste, afectan por otro lado la unión del sellador endodóntico con la dentina.

## **9. Conclusiones**

En base a la prueba de Shapiro Wilk se demostró la normalidad de las muestras y con la prueba M de Box y de Levene se definió la homogeneidad de los datos.

Con la prueba HSD Tukey en la comparación de datos se identificó que existen

diferencias significativas respecto a la filtración apical, entre el grupo control (sin preparación del canal) y la preparación del canal para poste en 1 día después del sellado y con el grupo de 7 días después del sellado. En lo que cabe la filtración coronal presenta diferencias significativas entre el grupo control y el grupo de 7 días después del sellado.

Con la misma prueba de comparación de significancias se encuentra diferencias marcadas para filtración apical, entre el grupo de cementos selladores endodónticos MTA, Hidróxido de Calcio y Resinoso epoxi frente a los Siliconados. No se encontraron diferencias significativas de filtración coronal entre los diferentes grupos de selladores

Por lo que se puede concluir que se demuestra la hipótesis, demostrándose mayor diferencia significativa en la Filtración Coronal entre el grupo control que no recibió preparación del canal para poste intrarradicular y el grupo que fue preparado a los 7 días después del sellado, sin diferencias por el tipo de sellador endodóntico.

Respecto a la Filtración Apical, la mayor diferencia significativa se encontró entre los 3 grupos de estudio: el grupo control, el grupo que recibió la preparación de canal a 1 y a 7 días después del sellado endodóntico. Demostrándose mayor diferencia entre los selladores MTA, Hidróxido de Calcio, Resinoso epoxi en comparación con los cementos selladores endodónticos Siliconados.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el Análisis multivariado (MANOVA) se puede concluir que en el grupo control sin preparación del canal, el cemento sellador endodóntico con menor filtración apical es el Resinoso epoxi (1,0 mm) seguido de MTA, Hidróxido de Calcio y Siliconado.

Si se piensa en preparar el canal del conducto 1 día después del sellado, de acuerdo a éstos resultados existiría menor filtración apical con el cemento sellador endodóntico MTA (1,20 mm), seguido de Hidróxido de Calcio, Resinoso epoxi y Siliconado.

En el caso de la planificación de la preparación del canal del conducto para poste

intrarradicular 7 días después del sellado endodóntico, los resultados sugieren que existirá menor filtración apical con el cemento sellador endodóntico Hidróxido de Calcio (0,24 mm), seguido de MTA, Resinoso epoxi y Siliconado.

También se puede concluir que en el grupo control sin preparación del canal, el cemento sellador endodóntico con menor filtración coronal es el Resinosos epoxi (1,00 mm) seguido de Hidróxido de Calcio, Siliconado y MTA.

Si se piensa en preparar el canal del conducto 1 día después del sellado, de acuerdo a éstos resultados existiría menor filtración coronal con el cemento sellador endodóntico a base de Hidróxido de Calcio (0,6 mm), seguido de MTA, Resinoso epoxi y Siliconado.

En el caso de la planificación de la preparación del canal del conducto para poste intrarradicular 7 días después del sellado endodóntico, los resultados sugieren que existirá menor filtración coronal con el cemento sellador endodóntico MTA (0,74 mm), seguido de Hidróxido de calcio, Siliconado y Resinoso epoxi.

Para preveer menor filtración apical por preparación del canal para poste es mejor usar cemento sellador endodóntico a base de Hidróxido de calcio y preparar el canal 7 días después de la obturación (0,24 mm) en comparación con la preparación del canal para poste en MTA 1 día después (1,20 mm)

Respecto a la disminución del riesgo de filtración coronal será mejor una preparación del canal para poste 1 día después, con cemento sellador endodóntico a base de Hidróxido de calcio (0,6 mm) en comparación de MTA a los 7 días posteriores del sellado endodóntico (0,74 mm)

Por lo tanto entre todos los riesgos, para reducir la filtración apical y coronal el que menor filtración presenta sería el cemento sellador endodóntico a base de Hidróxido de Calcio a los 7 días posteriores del sellado endodóntico (0,24 mm y 0,8 mm respectivamente).

Dentro del estudio se observó otra característica del material como hallazgo del proceso de investigación y es que se encontró variación de porosidad en los cementos selladores endodónticos, que sería recomendable poner en consideración para una evaluación más precisa de su influencia en la filtración en las próximas investigaciones.

## **10.Recomendaciones**

Siguiendo la línea de investigación se confirma primeramente la necesidad de dar continuidad a este estudio optimizando y estandarizando un solo procedimiento de evaluación de filtración que permita obtener datos conclusivos acerca del grupo de estudio, materiales y técnicas adecuadas para alcanzar el sellado hermético, considerando las últimas tecnologías de evaluación como nano-TC. Con el propósito de realizar estudios comparativos de diferentes marcas de cementos por cada grupo de cemento sellador endodóntico.

Por otro lado, se reconoce la importancia de la evaluación in vivo del sellado hermético de los cementos endodónticos. Para lo cual se recomienda hacer estricto seguimiento de la calidad de los cementos selladores endodónticos que son aplicados en los pacientes de la especialidad de Endodoncia, en estudios a largo plazo, estudios de 10 a 20 años, para reconocer su efectividad, de igual manera a través de procedimientos estandarizados de evaluación. Así como también se recomienda hacer seguimiento de los protocolos y tiempos de rehabilitación que se realicen en los mismos.

## 11. Referencias bibliográficas

1. Ingle J, West J. Obturación del espacio radicular. In Ingle J, Baklan L, editors. Endodoncia. México: MacGraw-Hill; 1996. p. 244.
2. Ingle J. Endodoncia México DF: McGraw-Hill Interamericana; 2002.
3. Canalda C. Endodoncia, Técnicas clínicas y Bases científicas Masson , editor. Barcelona: Elsevier; 2006.
4. Soares JG. Endodoncia, Técnica y fundamentos Buenos Aires: Médica Panamericana; 2002.
5. Kont C. A quantitative evaluation of apical leakage of four root canal sealers. 2002.
6. Vano M, Cury A, Goracci C, otros y. The effect of immediate versus delayed cementation on the retention of different types of fiber posts in canal obturated using a eugenol sealer. J Endod. 2006;(32): p. 882-885.
7. Vilas Boas DA, Graziotin Soares R, Machado Ardenghi D, Bauer J, Oliveira de Souza P, De Miranda Candeiro GT, et al. Effect of diferent endodontic sealers and time of cementation on push-out bond strength of fiber posts. Clin Oral Invest. 2018;(22): p. 1403-1409.
8. Vieira Oliveira L. Importância da limpeza, método e momento de alívio do canal radicular para instalação do pino de fibra de vidro: revisão sistemática e estudo laboratorial. Tesis Maestría. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Odontologia; 2018.
9. Carrera de Odontología UPEA. Primer seminario de Actualización en Rehabilitación Oral; 2017; El Alto.
10. Sociedad Boliviana de Endodoncia La Paz. Curso de actualización "Sellado Coronario; 2018; . La Paz.
11. Unidad Posgrado Odontología UMSA. Presentación "Nuevas tendencias en rehabilitación de . dientes endodonciados"; 2018; La Paz.
12. Jasrotia A, Bhagat K, Sharma N. Comparative Evaluation of sealing ability of bioceramic sealer, . AH plus and epiphany sealer: An in vitro study. J Adv Med Dent Scie Res. 2021; 9(4): p. 121-124.
13. Yulianda SS, Usman M, Margono A. Density comparison of root canal obturation at apical . onethird. Journal of Physics. ; 884.
14. Endodontology ESo. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the . European Society of Endodontology. Int Endod J. 2006; 39: p. 921-930.
15. Cohen SB. Vias de la pulpa España: Mosby; 1999.
16. Ferrari CH, Martinho FC, Machado R, Aguiar L. Foraminal enlargement analysis. Endodontic . practice. 2016; 9(1).
17. Valle J. Influencia del barrillo dentinario sobre el sellado apical de cuatro tecnicas diferentes. . Journal of endodontics. 2005;(28): p. 172-178.



- 18 Spangberg L. Biological effects of root canal filling materials. *Odontol Tidskr.* 1969;(77): p. 133-159.
- 19 Tezelli B. Avaliacao de cimentos endodonticos quanto a penetracao intratubular e microinfiltracao por enterococcus feacalis. *Journal endodontics.* 2006.
- 20 Langeland K. Root canal sealants and pastes. *Dent Clin North Am.* 1974;(18): p. 309-327.
- 21 Vula V, Ajeti N, Kuçi A, Stavileci M, Vegim V. An In Vitro Comparative Evaluation of Apical Leakage Using Different Root Canal Sealers. *Med Sci Monit Basic Res.* 2020 Noviembre 25.
- 22 Augsburger RA, Peters DD. Radiographic evaluation of extruded obturation materials. *Journal Endodontic.* 1990;(16): p. 492-497.
- 23 Boiesen J, Brodin P. Neurotoxic effect of two root canal sealers with calcium hydroxide on rat phrenic nerve in vitro. *Endod Dent Traumatol.* 1991;(7): p. 242-245.
- 24 Briseño Marroquín B, Wolter D, Willershausen-Zonnchen B. Dimensional variability of nonstandardized greater taper finger spreaders with matching guttapercha points. *int Endod J.* 2001;(34): p. 23-28.
- 25 Brodin P, Roed A, Aars H, Orstavik D. Neurotoxic effects of root filling materials on rat phrenic nerve in vitro. *J Dent Res.* 1982;(61): p. 1020-1023.
- 26 Granchi D, Stea S, Ciapetti G, Cavedagna D, Stea S, Pizzoferrato A. Endodontic cements induce alterations in the cell cycle of in vitro cultured osteoblasts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol endod.* 1995;(79): p. 259-266.
- 27 Savariz Martins A. Capacidad de sellado de un nuevo material para la obturación de conductos radiculares. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada, Departamento de Estomatología; 2010.
- 28 Pommel L. Apical leakage of four endodontic sealers. *Journal endodontics.* 2003.
- 29 Martinho JP, França S, Paulo S, Baptista Paula A, Coelho AS, Abrantes AM, et al. Effect of Different Irrigation Solutions on the diffusion of MTA Cement into the Root Canal Dentin. *Materials.* 2020 Diciembre 01.
- 30 De Angelis F, D'Arcangelo C, Buonvivere M, Argentino R, Vadini M. In Vitro Microleakage Evaluation of Bioceramic and Zinc-Eugenol Sealers with Two Obturation Techniques. *Coatings.* 2021 Junio; 11(727).
- 31 Racciatti G. Agentes selladores en Endodoncia. Artículo de Revisión. Rosario: Universidad Nacional de Rosario, Cátedra de Endodoncia- Facultad de Odontología.
- 32 Sadr S, Golmoradizadeh A, Raof M. Microleakage of Single-Cone Gutta-Percha Obturation Technique in Combination with Different Types of Sealers. *Iranian Endodontic Journal.* 2015 Junio.
- 33 Altmann A, Leitune V, Collares F. Influence of eugenol-based sealers on push out bond strength

- . of fiber post luted with resin cement: systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2015;(41): p. 1418-1423.
- 34 Schwartz R, Murchison D, Walker W. Effects of eugenol and noneugenol endodontic sealer cements on posts retention. *J Endod.* 1998;; p. 564-567.
- 35 Aggarwal V, Singla M, Miglani S, otros y. Effect of diferente root canal obturating materials on push-out bond strength of a fiber dowel. *J Prosthodont.* 2012;(21): p. 389-392.
- 36 Cohen S, Hargreaves K, Berman L, Rotstein. *Vias de la Pulpa.* Undécima ed. Barcelona: Elsevier; 2016.
- 37 Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. *Plos One.* 2018 Febrero; 13(2).
- 38 Sahli. *Endodoncia. Técnicas y bases científicas* Barcelona: Masson; 2003.
- .
- 39 Fidel R, Spanó J. Estudio in vitro sobre a solubilidades e a disintegracao de alguns cimentos endodonticos que contem hidroxido de calcio. *Revista odontologica Universal Sao Paulo.* ;: p. 217-220.
- 40 Tagger M, Tagger M, Tjan A. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *Journal of endodontics.* .
- 41 Valera M, Leonardo M, Bonetti F. Endodontic cement-immediate apical sealing and after six month storage. *Revista Odontologica Universal Sao Paulo.* 1998.
- 42 Siqueira JJ, Valois C. Apical sealing ability of five endodontics. *Journal of Endodontic Australia.* 2001.
- 43 Figueiredo J, Pesce H, Gioso M, Figueiredo M. The histological effects of four endodontic sealers implanted in the oral mucosa, submucosa injection versus implantin poliethylene tubes. *International Journal of Endodontic.* 2001;; p. 377-385.
- 44 Bezerra L, Leonardo M, Faccioli L, Figueiredo F. Inflammatory response to calcium hydroxide based root canal sealers. *Journal of endodontics.* ;: p. 86-90.
- 45 Leonardo. In vitro antimicrobial activity of clorexidine used as a root canal irrigating solution. *Journal Endodontics.* 1999.
- 46 García G. [Online].; 2008. Available from: [cibertesis.edu.pe/sisbib/2008/garcia\\_gl](http://cibertesis.edu.pe/sisbib/2008/garcia_gl).
- .
- 47 Kapur I, Malhotra A, Makkar S, Galyan G, Kumar M, Aggarwal A. Effect of distinctive moisture conditions on push-out bond strength of three root canal sealers—An in-vitro study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry.* 2019; 9(5): p. 492-498.
- 48 Abada HM, Farag AM, Alhadainy HA, Darrag AM. Push-out bond strength of different root canal obturation systems to root canal dentin. *Tanta Dental Journal.* 2015 Junio;(12): p. 185-191.
- 49 Mustaffa M, Rahmah Nasri HA, Kamarulzaman I, Mohd Ibrahim MS. GuttaFlow Bioseal as Monocone Obturation Technique in Curved Root Canals: A Scanning Electron Microscopy Study.

- Science letters. 2021 Junio; 15(2).
- 50 Ponce A. Estudio comparativo de filtración apical entre la técnica de compactación lateral en frío y la técnica de compactación con system B. *Revista Odontológica Mexicana*. 2003.
- 51 Muharsya I, Usman M, Suprastiwi E. Comparison sealability of root canal obturation using bioceramic sealer and methacrylate resinbased sealer. *Journal of Physics*. 2017; 884.
- 52 Mohamed El Sayed MAA, Hussein HA. Apical dye leakage of two single-cone root canal core materials (hydrophilic core material and gutta-percha) sealed by different types of endodontic sealers: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2018; 21: p. 147-52.
- 53 Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *Basic Research-Technology*. 2018 Diciembre; 44(12).
- 54 Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan AI, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *Journal of applied oral science*. 2017 Mayo.
- 55 Hegde V, Arora S. Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study. *Contemp Clin Dent*. 2015 Marzo; 6(1): p. S86–S89.
- 56 Llanos Carazas MY. Evolución de los cementos biocerámicos en endodoncia. *Conocimiento para el desarrollo*. 2019 Enero-Junio; 10(1).
- 57 Chisnoiu R, Moldovan M, Chisnoiu A, Hrab D, Rotaru D, Pastrav O, et al. Comparative apical sealing evaluation of two bioceramic endodontic sealers. *Medicine and pharmacy reports*. 2019; 92(3): p. 55-60.
- 58 Mousavi SA, Akhavan A, Shahnaseri S, Razavi F, Zahedinejad A, Kolahehdouzan E. In-vitro Evaluation of Microleakage in Root Canal Obturation with Mineral Trioxide Aggregate and Calcium-enriched Mixture Cement Using Fluid Filtration. *Dent Mater Tech*. 2019 Junio; 8(2): p. 95-100.
- 59 Kalantar Motamedi MR, Mortaheb A, Zare Jahromi M, Gilbert BE. Micro-CT Evaluation of Four Root Canal Obturation Techniques. *Hindawi*. 2021 Febrero.
- 60 Esprella C. *Ciencia endodontica Sao Paulo: Artes Medicas Latinoamericana*; 2005.
- 61 Ruiz P. Agregado de trióxido mineral (MTA) una nueva perspectiva en Endodoncia. *Revista Brasileña de Odontología*. ;: p. 33-35.
- 62 Navarro B. Aportación metodológica al estudio del sellado apical. *Revista de la Asociación Española*. 1999; 17(2).
- 63 Oliver C. Correlación between clinical success and apical dye penetration. *International Endodontic Journal*. ;: p. 637-644.
- 64 Jafari F, Jafari S. Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *J Clin Exp Dent*. 2017 Abril; 9(6).

- 65 Hergt A, Wiegand A, Hulsmann M, Rodig T. AH Plus root canal sealer- an updated literature . review: Lond Engl; 2015.
- 66 Barrieshi K. Coronal leakage de mixed anaerobic bacteria after obturation and postspace . preparation oral surg. Med Oral Pathol. 1997.
- 67 Ostravick D. N. I. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. Dental . Material. 2001.
- 68 Franceschini KdA, Silva-Sousa YTC, Lopes FC, Pereira RD, Palma-Dibb RG, Sousa-Neto MDd. . Bond Strength of Epoxy Resin-Based Root Canal Sealer to Human Root Dentin Irradiated With Er,Cr:YSGG Laser. Wiley Online Library. 2016 Julio 18; 48: p. 985-994.
- 69 Farag HA, Etman WM, Alhadainy HA, Darrag AM. Effect of different irrigating protocols on push . out bond strength of Resilon/Epiphany obturation system. Tanta Dental Journal. 2015;; p. 241-248.
- 70 Ebrahimi Shahraki HA, Ali Saberi E, Maserrat V, Dalaei M. In Vitro Comparison of Apical Micro . Leakage in Root Canal Prepared Wave One and Reciproc Files. J Biochem Tech. 2020; 11(2): p. 65-70.
- 71 Almohaimede AA, Almutairi MM, Alyousef HM, Almadi M. Micro-computed tomographic analysis . of filling porosity of two different obturation techniques. Saudi J Oral Sci. 2019;(6): p. 8-12.
- 72 Araujo CCC, Brito-Junior M, Faria e Silva AL, Pereira RD, Silva Sousa YT, Cruz Filho AM, et al. . Root filling bond strength using reciprocating file-matched single-cones with different sealers. Endodontic Therapy. 2016 Febrero; 30(1).
- 73 Cueva-Goig R, Forner-Navarro L, Llana-Puy MC. Microscopic assessment of the sealing ability . of three endodontic filling techniques. J Clin Exp Dent. 2015 Noviembre; 8(1).
- 74 Michelotto ALdC, Gasparetto JC, Campos FR, Sidney GB, Pontarolo R. Applying liquid . chromatography-tandem mass spectrometry to assess endodontic sealer microleakage. Braz Oral Res. 2015; 29(1): p. 1-7.
- 75 De Deus G, Versiani M, Miranda Souza E. Methodological considerations on push-outs tests in . Endodontics. International Endodontic Journal. 2015 Mayo.
- 76 Savadkouhi S, Bakhtiar H, Ardestani S. In vitro and ex vivo microbial leakage assessment in . endodontics: A literature review. Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry. 2016 Diciembre;(6): p. 509-16.
- 77 Philip D, Delivanis DDS, Kenneth A, Chapman DMD, Louisville K. Comparison and reliability of . techniques for measuring leakage and marginal penetrion. Oral Surgery. 1982 Abril; 53(4).
- 78 Modaresi Ja, Baharizade MB, Shareghi AC, Ahmadi MD, Daneshkazemi A. Copper Ion as a New . Leakage Tracer. J Dent Shiraz Univ Med Sci. 2013 Diciembre; 14(4).
- 79 Nunes Carvalho C, Grazziotin Soares R, Taccio de Miranda Candeiro G, Gallego ML, Pereira . de Souza J, Santos Oliveira P, et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. Iranian Endodontic Journal. 2017 Mayo 27; 12(3): p. 343-348.

- 80 Jainaen A, Palamara J, Messer H. Push-out bond strengths of the dentine - sealer interface with . a without main cone: A comparative study using different sealers and cone systems. *Int Endod J.* 2007; 40(11): p. 882-890.
- 81 Vallejo-Labrada M, Ojeda-Garces JC. Microbiological Study of Cast Posts before Cementation. . *Hindawi International Journal of Dentistry.* 2017 Febrero.
- 82 Mezzomo E, Massa F. Restauración de dientes previa a la corona protésica-espigos y núcleos. . In Mezzomo E, Makoto Suzuki R. *Rehabilitación Oral Contemporánea.* Sao Paulo: Libreria Santos Eidtora Ltda.; 2010. p. 513-577.
- 83 Hernandez Sampieri R, Fernandez Collado C, Baptista Lucio MdP. Metodología de la . investigación Mexico: McGraw Hill; 2014.
- 84 Instituto Nacional del Cancer. Diccionario del Cancer. [Online].; 2019. Available from: . <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/in-vitro>.
- 85 Arandia Saravia L, Arandia Terán C. Métodos y Técnicas de investigación y aprendizaje La Paz: . Artes Gráficas Catacora; 2013.
- 86 Alejo J. Taller de tesis. La Paz: Postgrado Odontología- UMSA, Endodoncia 2da Versión; 2018.
- 87 Jafari F, Rahimi S, Shahi S, Jafari S. Endodontic microleakage studies: correlation among . different methods, clinical relevance, and potential laboratory errors. *Minerva Stomatol.* 2017 Agosto; 66(4): p. 169-177.
- 88 S. P. Antimicrobial activity in seven root canal. *Sealres Oral Surg.* 1992;; p. 216-220.
- 89 J. S. Comparative effects of two endodontic irrigants clorexidine digluconate and sodium . hypochlorite on macrophage adhesioonto plastic surfaces. *Journal endodontics.* 1999.
- 90 Kerr. Kerr endodontics. [Online]. [cited 2020 Agosto 25. Available from: . <https://www.kerrdental.com/kerr-endodontics/pulp-canal-sealer-ewt-zinc-oxide-eugenol-root-canal-sealer>.
- 91 Base Pharma. Base Pharma. [Online]. [cited 2020 Febrero 25. Available from: . <https://pharma.basf.com/products/kollicoat-smartseal-30-d>.
- 92 Septodont India. Septodont India. [Online]. Available from: . [http://www.septodontindia.com/admin/uploads/pdfs/package\\_insert/S\\_05\\_14\\_063\\_20\\_01\\_-\\_Acroseal-0\\_652.pdf](http://www.septodontindia.com/admin/uploads/pdfs/package_insert/S_05_14_063_20_01_-_Acroseal-0_652.pdf).
- 93 The endo experience. The endo experience. [Online]. Available from: . <https://www.endoexperience.com/filecabinet/Clinical%20Endodontics/Obturation/Resilon/Resilon.Fact.Sheet.pdf>.
- 94 Basseler USA DENTAL INSTRUMENTATION. ENDOSEQUENCE. [Online]. Available from: . <https://brasselerusadental.com/product-category/endosequence/>.

## 12. Cronograma de actividades para la obtención de datos

Actividad	Dia 1	Dia 2	Dia 5	Dia 7	Dia 10
Preparación de los dientes extraídos	X				
Preparación biomecánica de 60 órganos dentarios unirradiculares	X				
Obturación endodóntica de 60 órganos dentarios, con los 4 cementos selladores clasificados en grupos A,B y C	X				
Conservación de muestras en 3 ml Agua destilada a 37°C GRUPO A, B y C	X				
Preparación del canal para poste intraradicular en Grupo B (20 órganos dentarios) 1 día después de la obturación endodóntica. Conservación en estufa a 37°C		X			
Inmersión de órganos dentarios Grupo A y B en azul de metileno por 72 horas		X			
Cortes sagitales de los órganos dentarios Grupo A y B para su respectiva observación			X		
Preparación del canal para poste intraradicular en Grupo C (20 órganos dentarios ) 7 días después de la obturación endodóntica. Conservación en estufa a 37°C				X	
Inmersión de órganos dentarios Grupo C en azul de metileno por 72 horas				X	
Cortes sagitales de los órganos dentarios Grupo A y B					X
Evaluación con Estereomicroscopio					X

### 13. Presupuesto

	COSTO (Bs)
MATERIAL DE ESCRITORIO	
Hoja de registro de datos (Guía de observación)	3
Cámara fotográfica (uso personal)	1750
MATERIAL ODONTOLÓGICO E INSUMOS	
Hipoclorito de sodio (Mr. Cloro)	15
Agua oxigenada (Phenoxid)	20
Glicerina (Crespal)	7
Lima K file # 10,15 y 20 (Dentsply Maillefer)	110
Lima Reciproc N° 40 (VDW Reciproc blue)	120
EDTA 17% (Biodinámica)	40
Puntas de papel #40 (Meta BIOMED)	40
Cemento sellador endodóntico a base de MTA (MTA Endo Sealer-Densell)	210
Sellador endodóntico a base de Hidróxido de Calcio (Sealer 26-Dentsply Sirona)	120
Sellador endodóntico Resinoso epoxi (Adseal- MetaBiomed)	140
Sellador endodóntico a base de Silicona (RoekoSeal Automix-Coltene)	582
Espátulas de mezcla, dosificadores y dispensadores de cemento	30
Compactadores manuales (Dentsply Maillefer)	140
Fresa Pесо #4 (Mani)	60
Regla endodóntica (Dentsply Maillefer)	120
Esmalte de uñas	5
Agua destilada	5
Azul de metileno	15
Fresa de diamante	10

EQUIPAMIENTO	
Pieza de mano de alta y baja velocidad (NSK)	1300
Motor de Endodoncia (X-smart plus- Dentsply Maillefer) (uso personal)	14000
Estufa con graduación de 37°C	0
Microscopio Esteroscopico Trinocular SZ61TR (Olympus)	0
TOTAL	18842



## 14. Anexos

### Anexo 1. Fotografías del proceso de preparación de las muestras



En esta fotografía se observa la evaluación de las raíces de los órganos dentarios en los que se eligieron las raíces con la forma más redondeada en el corte transversal.

## Anexo 2. Preparación biomecánica de los órganos dentarios



En esta fotografía se observa la fase de preparación biomecánica y sellado de los conductos.

### Anexo 3. Organización de órganos dentarios con diferentes selladores endodónticos



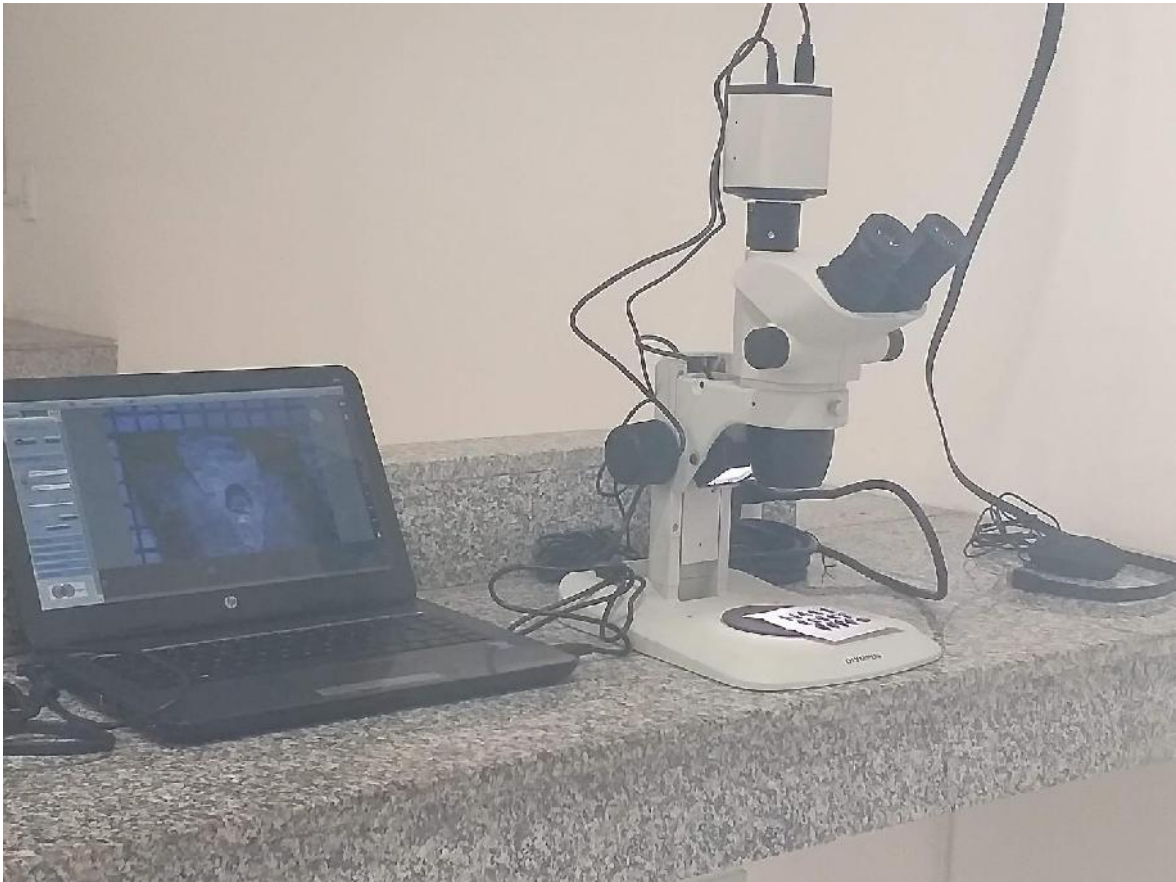
Aquí se presenta la organización de las cajas Petri por grupos de selladores endodónticos con agua destilada y azul de metileno listos para la inmersión

#### Anexo 4. Fotografías del proceso de preparación de las muestras



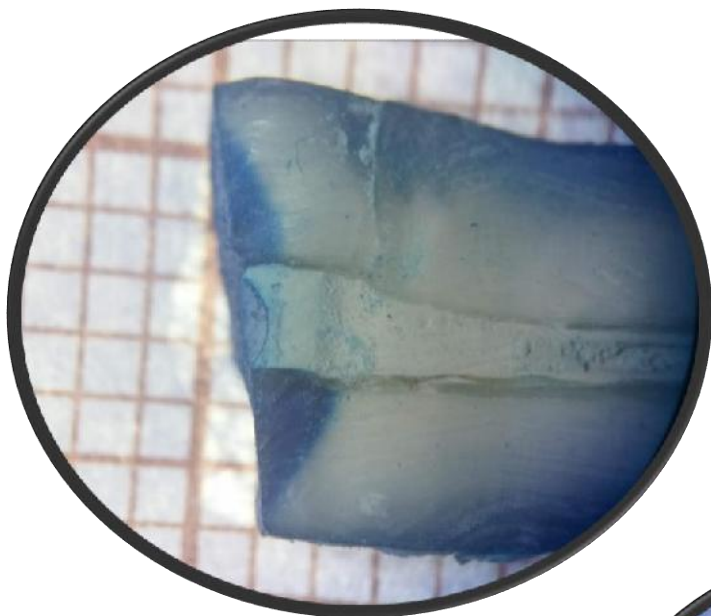
Aquí podemos observar el equipo que se utilizó para la conservación de las piezas a temperatura de 37°C

**Anexo 5. Fotografías de evaluación de las muestras. Filtración coronal y apical antes y después de la preparación del canal para poste intrarradicar.**

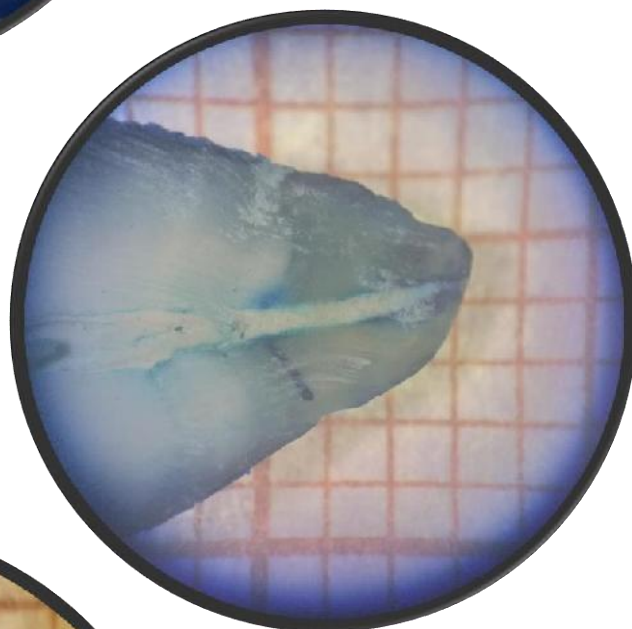


Aquí se puede visualizar los equipos que se utilizaron para la evaluación de la filtración, en este caso Microscopio esteroscópico con proyección en una portátil Hp.

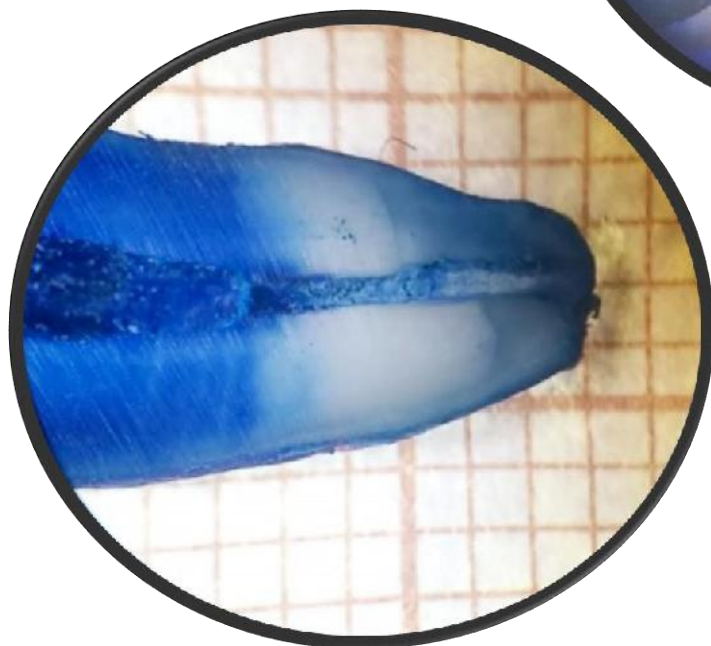
**Anexo 6. Fotografías de filtración coronal y apical de los selladores endodónticos**



Filtración coronal en el Grupo control



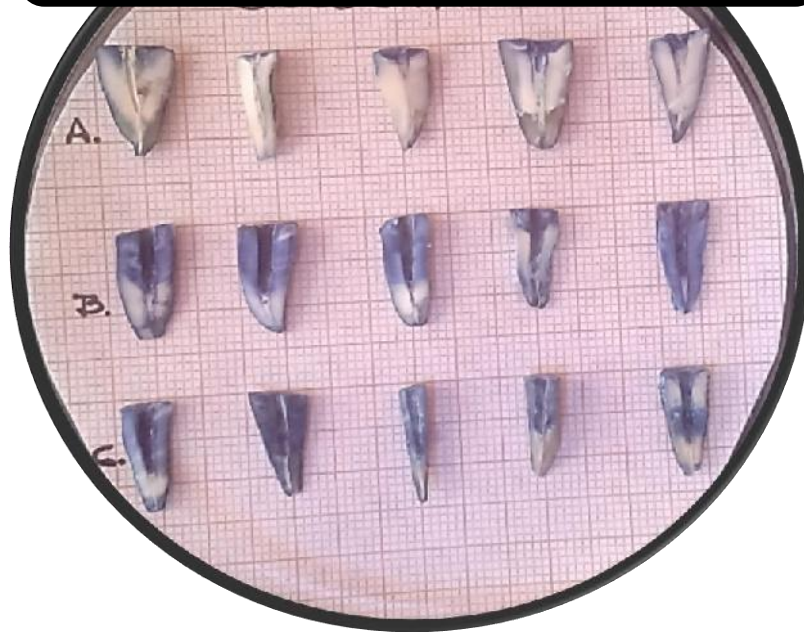
Filtración apical en el Grupo control



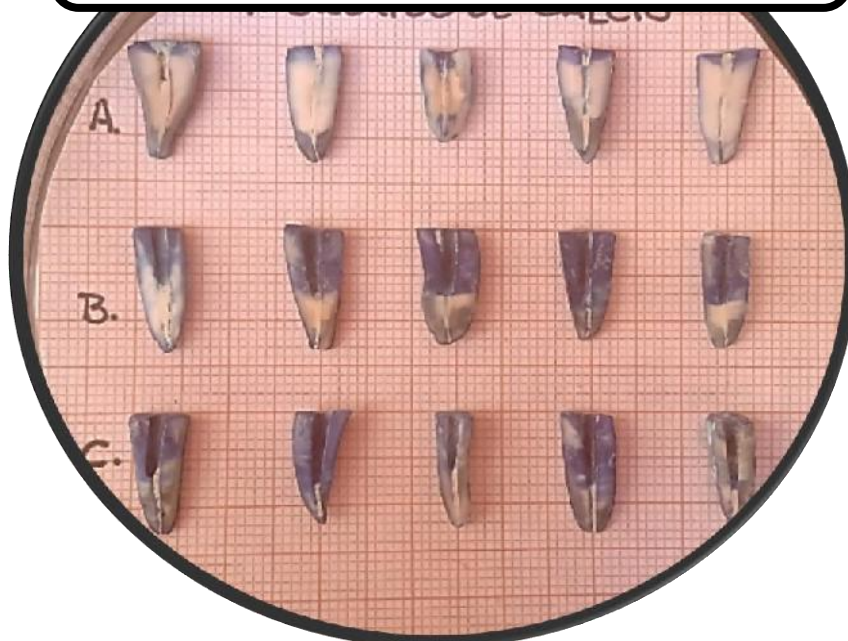
Grupo con preparación del canal para poste intrarradicular

Anexo 7. Fotografías de las muestras clasificadas por los tipos de selladores

CEMENTO SELLADOR ENDODÓNTICO  
A BASE DE MTA



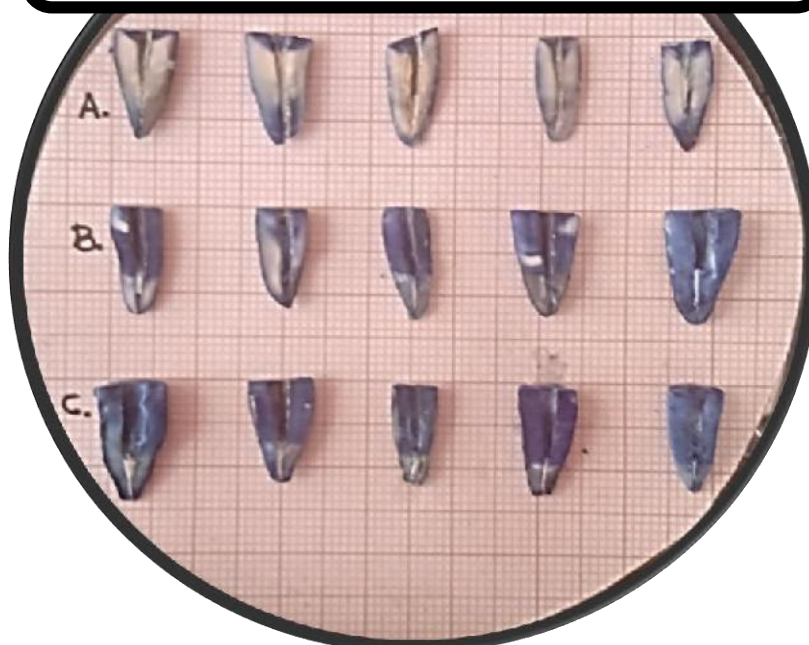
CEMENTO SELLADOR ENDODÓNTICO A BASE  
DE HIDRÓXIDO DE CALCIO



CEMENTO SELLADOR ENDODÓNTICO A BASE  
DE RESINA EPÓXICA



CEMENTO SELLADOR ENDODÓNTICO A BASE  
DE SILICONA



En estas fotografías podemos apreciar los tres grupos de evaluación por cada grupo de sellador endodóntico.