



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

“EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE TRES SELLADORES
BIOCERÁMICOS ANTE *ENTEROCOCCUS FAECALIS*”

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Presenta:

C.D Alejandra Medina Castro

Dirigido por:

L.O.E.E Irak Osiris Villarreal Vera

Querétaro, Qro. a 26 de Octubre 2023

C.D ALEJANDRA MEDINA CASTRO

EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE TRES SELLADORES
BIOCERÁMICOS ANTE *ENTEROCOCCUS FAECALIS*

2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Evaluación del efecto antimicrobiano de tres
selladores biocerámicos ante *Enterococcus Faecalis*

por

Alejandra Medina Castro

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](#).

Clave RI: MEESC-293323



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad de Endodoncia

“EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE TRES SELLADORES
BIOCERÁMICOS ANTE *ENTEROCOCCUS FAECALIS*”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la

Especialidad en Endodoncia

Presenta:

C.D Alejandra Medina Castro

Dirigido por:

L.O.E.E Irak Osiris Villarreal Vera

L.O.E.E Irak Osiris Villarreal Vera
Presidente

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez
Secretario

Dr. Santiago Andaracua García
Vocal

C.D.E.E César López Cruz
Suplente

L.O.E.E Miriam Mendoza Estrada
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Octubre 2023
México

Resumen

Introducción: El éxito en el tratamiento endodóntico, depende del control microbiológico dentro del conducto radicular, conlleva la eliminación, o en su defecto, la disminución de las bacterias que se encuentran dentro, es necesario limpiar y conformar el sistema de conductos radiculares, así como sellar tridimensionalmente; por lo tanto, es importante que los materiales de obturación utilizados para el sellado de los conductos radiculares tengan actividad antimicrobiana para prevenir la recurrencia de la infección, agregando también una mejor cicatrización de las estructuras afectadas. **Objetivo:** Determinar que sellador biocerámico, CeraSeal (Meta Biomed, Cheongju, Korea), Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brasil) o Dia-root Bio Sealer (DiaDent, Burnaby, BC, Canadá), induce mayores halos de inhibición, ante *E. faecalis*. **Material y método:** Es un estudio experimental *in vitro* con 60 muestras en 10 placas de agar, inoculadas con una cepa de *E. faecalis* aislado clínico multiresistente a antibióticos y sensibilizados de papel estériles, impregnados de los cementos biocerámicos, pasta 3 mix, control positivo de clorhexidina y control negativo de solución salina estéril. Se realizó el análisis estadístico de los datos, comparando los grupos, obteniendo valores numéricos utilizando la prueba ANOVA. Se consideró una $p < 0.05$ para indicar significancia estadística. **Resultados:** La pasta 3 mix indujo los mayores halos de inhibición ante *E. faecalis* a las 48 horas; los cementos biocerámicos CeraSeal y Bio-C Sealer tuvieron halos de inhibición por debajo de la pasta 3mix y clorhexidina ante *E. faecalis*. **Conclusiones:** Se concluye que, de los selladores evaluados, ninguno mostró efecto antimicrobiano contra *E. faecalis*.

(**Palabras clave:** *E. faecalis*, CeraSeal, Bio-C Sealer, Dia-root Bio Sealer)

Summary

Introduction: Success in the endodontic treatment depends on microbiological control within the root canal, it entails the elimination, or failing that, the reduction of the bacteria that are inside, it is necessary to clean and shape the root canal system, as well as three-dimensionally sealing; Therefore, it is important that the filling materials used for sealing root canals have antimicrobial activity to prevent recurrence of infection, adding also a better healing of the affected structures.

Objective: To determine which bioceramic sealant, CeraSeal (Meta Biomed, Cheongju, Korea), Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brazil) or Dia-root Bio Sealer (DiaDent, Burnaby, BC, Canada), induce greater halos of inhibition, against *E. faecalis*.

Materials and methods: It is an experimental *in vitro* study with 60 samples on 10 agar plates, inoculated with a clinically isolated strain of *E. faecalis* multiresistant to antibiotics and sterile paper discs, impregnated with bioceramic cements, 3mix paste, positive control of chlorhexidine and negative control of sterile saline solution. Statistical analysis of the data was performed, comparing the groups, obtaining numerical values using the ANOVA test. A $p < 0.05$ was expected to indicate statistical significance. **Results:** The 3mix paste induced the greatest zones of inhibition against *E. faecalis* at 48 hours; CeraSeal and Bio-C Sealer bioceramic cements had inhibition zones lower than 3mix paste and chlorhexidine against *E. faecalis*. **Conclusions:** It is concluded that of the sealants evaluated, none showed antimicrobial effect against *E. faecalis*.

(Key words: *E. faecalis*, CeraSeal, Bio-C Sealer, Dia-root Bio Sealer)

Dedicatorias

A mi familia, quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejo, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por brindarme los recursos necesarios para este proyecto.

A mi hermana del alma, Magaly, por apoyarme y creer en mí siempre.

A mi amiga Elizabeth, por motivarme, por soñar conmigo, esperando realizar pronto nuestros sueños.

A mis profesores, que guiaron y compartieron sus conocimientos para hacer de mí una mejor profesional y quienes siguen inspirándome.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por guiarme y cuidarme durante este recorrido, por brindarme una familia maravillosa.

A mis padres; Alejandro y María, quienes siempre me ofrecieron lo mejor de ellos y su amor incondicional; este éxito obtenido es una muestra de su esfuerzo y apoyo.

Quiero agradecer a mis docentes y maestros que estuvieron presentes en todo momento y formaron parte esencial de nuestra guía como profesionistas, en especial al Dr. Santiago Andaracua, el Dr. Rubén Domínguez y a mis directores de tesis, el Dr. Irak Osiris, ya que sin su ayuda no hubiese podido concluir este proyecto.

Agradezco el apoyo y la fe que en mí brindaron, mi hermano y toda mi familia durante este trayecto.

Agradezco a mi amiga Magaly, porque a pesar de las circunstancias que se presentaron, me alentó a seguir adelante.

A mis compañeros de generación por compartir este camino, compartiendo momentos, experiencias y muchas horas de trabajo, incluso enfrentándonos a una pandemia mundial.

A mi escuela, La Universidad Autónoma de Querétaro que durante mi estancia en ella siempre me senti cobijada, además de brindarme los cimientos para formarme profesionalmente.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vii
I. Introducción	1
II. Antecedentes	4
III. Planteamiento del problema	14
III.1 Pregunta de investigación	14
III.2 Justificación	14
IV. Hipótesis	15
IV.1 Hipótesis de trabajo	15
IV.2 Hipótesis nula	15
V. Objetivos	15
V.1 General	15
V.2 Específicos	15
VI. Material y métodos	16
VI.1 Diseño	16
VI.2 Población	16
VI.3 Muestra y tipo de muestra	16
VI.3.1 Criterios de inclusión	16
VI.3.2 Criterios de exclusión	16
VI.3.3 Criterios de eliminación	17
VI.3.4 Definición de los grupos controles	17
VI.5 Técnicas e instrumentos	18
VI.5.1 Variables estudiadas	18
VI.6 Procedimientos	19
VI.6.1 Análisis estadístico	26
VI.6.2 Consideraciones éticas	26

VII. Resultados	27
VIII. Discusión	30
IX. Conclusiones	34
X. Propuestas	35
XI. Bibliografía	36
XII. Anexos	44

Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Comparación de los halos de inhibición (mm) de <i>E. faecalis</i> entre grupos.	26
Cuadro 2. Comparación de los halos de inhibición (mm) de <i>E. faecalis</i> post hoc entre grupos.	28
Cuadro 3. Comparación de los halos de inhibición (mm) de <i>S. mutans</i> entre grupos.	28
Cuadro 4. Comparación de los halos de inhibición (mm) de <i>S. mutans</i> post hoc entre grupos.	29

I. Introducción

El éxito en el tratamiento endodóntico, depende del control microbiológico dentro del conducto radicular, conlleva la eliminación, o en su defecto, la disminución de las bacterias que se encuentran dentro, y así evitar una de las causas del fracaso endodóntico, que puede generar dolor e inflamación; estos síntomas pueden limitar la calidad de vida del paciente y también puede llegar a comprometer el éxito de la restauración posterior (García *et al.* 2013).

Sin embargo, la eliminación completa de estos microorganismos no siempre es posible, incluso con una reducción bacteriana significativa promovida por irrigantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl) o clorhexidina (CHX) en conjunto con la instrumentación mecánica, aún se pueden detectar bacterias en los conductos radiculares de los dientes con periodontitis apical (Pupo-Marrugo *et al.* 2014).

Se pueden observar comunidades bacterianas complejas en las lesiones periapicales, dentro de los cuales podemos encontrar cocos anaerobios Gram positivos, bacilos anaerobios Gram negativos y estreptococos anaerobios facultativos. Se ha observado que estas bacterias, además de estar presentes en lesiones periapicales agudizadas, podemos encontrarlas en lesiones periapicales asintomáticas (García *et al.* 2013). De hecho, el fracaso del tratamiento endodóntico está estrechamente relacionado con la persistencia de estas bacterias (Molander *et al.* 1998).

Enterococcus faecalis (*E. faecalis*), es un coco Gram positivo, anaerobio facultativo, inmóvil y no esporulado, normalmente lo encontramos en el tracto gastrointestinal del ser humano. Esta bacteria causó el interés y fue causa de estudio de diferentes investigadores, ya que se pudo identificar como una de las causas frecuentes de infecciones periapicales persistentes (Pardi *et al.* 2009).

Como ya se mencionó la persistencia de bacterias puede causar el fracaso endodóntico; la microbiota asociada, predominantemente es anaerobia facultativa y Gram positiva, encontrando a *E. faecalis* como la especie que se puede aislar con más frecuencia, dentro de sus características encontramos la capacidad para sobrevivir y crecer en microambientes que para muchas otras bacterias pudieran ser tóxicos, como lo son las zonas con altas concentraciones de sales o temperaturas extremas (15 - 60° C) (Portenier *et al.* 2003).

Una vez que *E. faecalis* se encuentra en los conductos radiculares, puede fácilmente adherirse al colágeno de la dentina, del hueso y de otros tejidos, penetra en los túbulos dentinarios, se ha visto que tiene resistencia a a la medicción intraconducto con hidróxido de calcio, es capaz de resistir a la irrigación que se realiza con NaOCl y llega a formar biopelícula, originando lesiones periapicales persistentes (García-Ávila *et al.* 2013).

Es necesario limpiar y conformar el sistema de conductos radiculares, así como sellar tridimensionalmente. Por lo tanto, es importante que los materiales de obturación utilizados para el sellado tengan actividad antimicrobiana para prevenir la recurrencia de la infección, agregando también una mejor cicatrización de las estructuras afectadas (Singh, Elshamy, *et al.* 2016).

El cemento sellador es importante, ya que permite ocupar los sitios donde la gutapercha y el irrigante no consiguen entrar. El cemento sellador posee componentes con propiedades antimicrobianas, que actúan contra las bacterias que se mantienen posterior a la conformación del conducto radicular (Geurtsen, Leyhausen 1997). La mayoría de los selladores endodónticos suelen exhibir algunos efectos antibacterianos, pero solamente previo al fraguado (Siqueira Junior *et al.* 2018). Los cementos selladores biocerámicos se introdujeron en el campo de la endodoncia desde el año 1990, como un material de obturación retrógrada y

posteriormente como cemento para la reparación de la raíz, también se ha utilizado como selladores de conductos radiculares (Wang 2015).

Actualmente, se han desarrollado nuevos cementos biocerámicos, como CeraSeal (Meta Biomed, Cheongju, Korea), un material sellador pre mezclado a base de silicato de calcio, este sellador mostró mayor viabilidad celular, unión celular, tasas de migración celular y tasas de liberación de iones (López-García *et al.* 2020).

Dia-root Bio Sealer (DiaDent, Burnaby, BC, Canadá) es un material de sellado de conductos radiculares biocerámico basado en MTA; Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brasil) es un sellador reciente no resinoso listo para usar, que ha demostrado la biomineralización cuando entra en contacto con tejidos conectivos *in vivo* (Zordan-Bronzel *et al.* 2019).

En el presente trabajo se comparó la actividad antimicrobiana de tres marcas distintas de cementos biocerámicos, ya que hay muy poca información en la literatura sobre sus propiedades y la comparación entre ellos. Es importante determinar la efectividad antimicrobiana de los cementos biocerámicos, para realizar una buena elección al momento de la obturación del sistema de conductos radiculares.

II. Antecedentes

La endodoncia se ocupa del estudio de la estructura dental, fisiología, diagnóstico, patologías que alteren los órganos dentales y su respectivo tratamiento, tanto pulpares como periapicales. La práctica clínica tiene como objetivo principal la eliminación por completo de microorganismos para ofrecer al paciente un tratamiento exitoso. Sin embargo, existen ciertos factores que comprometen el tratamiento llevándolo al fracaso, generando dolor, inflamación y demás y esto puede comprometer el éxito del tratamiento restaurativo posterior (García-Ávila *et al.* 2013).

Sin lugar a dudas, los principales factores asociados con el fracaso endodóntico son la persistencia de la infección en el sistema de conductos radiculares, incluyendo o no el área perirradicular (Nair *et al.*, 1990; Lin *et al.*, 1992). García *et al.*, (2013) mencionan que la supervivencia de estos microorganismos son la principal causa del fracaso en el tratamiento de conductos radiculares. Aun cuando el tratamiento antimicrobiano es el adecuado, ocasionalmente puede no erradicar las bacterias de los conductos radiculares. Las bacterias Gram negativas, que son comunes en las infecciones intraradiculares primarias, generalmente se eliminan mediante el tratamiento endodóntico porque son muy sensibles a los agentes oxidantes fuertes, como el NaOCl. La gran mayoría de los estudios publicados sobre este tema han revelado claramente una mayor incidencia de bacterias Gram positivas en muestras posteriores a la instrumentación y postmedicación (Torabinejad *et al.*, 2009).

Esto respalda la idea de que las bacterias grampositivas pueden llegar a ser más resistentes a las medidas de tratamiento antimicrobiano y tienen la capacidad de adaptarse a las duras condiciones ambientales en los conductos instrumentados y medicados. La presencia de bacterias cultivables en el momento de la obturación ha demostrado en algunos estudios que reduce significativamente las posibilidades de curación (Torabinejad *et al.*, 2009).

En las infecciones primarias se llegan a encontrar bacterias que usualmente son Gram negativas, a excepción de algunos bacilos anaerobios. La microbiota asociada encontrada en los casos de fracaso endodóntico y también en las infecciones secundarias y/o persistentes del conducto radicular, difiere notablemente de la notificada en dientes con infección primaria del conducto radicular, encontrando a los estreptococos, *Parvimmona micra*, *Actinomyces*, *Propionibacterium*, *Pseudoramibacter alactolyticus*, *Lactobacilos*, *E. faecalis* y *Olsenella uli* (Cohen y Burns 1999). Aunque también *E. faecalis* puede ser encontrada en pocos casos de infecciones primarias del conducto radicular, generalmente en cantidades bajas (Siqueira 2001; Pinheiro *et al.* 2003).

E. faecalis.

Es un coco Gram positivo, anaerobio facultativo, inmóvil, no esporulado. El tamaño de cada célula puede variar entre 0.5 y 0.8 micrómetros y se encuentra en el tracto gastrointestinal del ser humano. Ha sido foco de atención de la investigación, ya que se ha identificado como una causa frecuente de infecciones periapicales persistentes (Pardi *et al.* 2009).

La temperatura óptima de crecimiento *in vitro* de este microorganismo es de 35° C, no obstante, se ha observado crecimiento entre 10° C y 45° C (Portenier *et al.*, 2003). *E. faecalis* tiene diversas características y una de ellas es la capacidad de sobrevivir en microambientes y crecer en ellos; como las zonas con altas concentraciones de sales (6.5% de Cloruro de Sodio), temperaturas extremas (15-60° C). Esta capacidad de resistencia, se relaciona con su capacidad de supervivencia en los conductos radiculares de dientes que ya han sido sometidos al tratamiento de endodoncia, en donde los nutrientes son limitados, añadiéndose a esta situación el hecho de que algunos de los agentes antimicrobianos pueden llegar a influir para que esta especie perpetúe dentro de los conductos de dientes afectados (Pardi *et al.* 2009).

La alta virulencia que presenta *E. faecalis*, puede llegar a hacer que esta bacteria ocasione fracasos en la terapia de conductos y esto es porque una vez que logra entrar al conducto radicular, es capaz de unirse al colágeno de la dentina, del hueso y de otros tejidos, penetra y coloniza en los túbulos dentinarios a una profundidad de 300 micrómetros, resiste a la medicación intraconducto con hidróxido de calcio, puede resistir la irrigación realizada con NaOCl y formar biopelícula, intrarradicular como extrarradicular, lo que conlleva al origen de muchas de las lesiones periapicales persistentes. Dentro de los factores de virulencia se incluyen:

- Sustancia de agregación.
- Producción extracelular de superóxido, gelatinasa, lipoproteínas y citolisinas tóxicas.
- Habilidad para realizar intercambio de material genético y puede introducirse en los túbulos dentinarios.
- Proteínas de superficie enterococcica: que son encargadas de la colonización y persistencia de la bacteria, en el proceso infeccioso.
- Proteínas de adhesión al colágeno y antígeno A y polisacáridos que se llegan a encontrar en la pared celular y en la cápsula.
- Determinante de resistencia a antibióticos (Portenier *et al.*, 2003).

Se ha reconocido la existencia de *E. faecalis* en distintas patologías orales, conductos radiculares, bolsas periodontales y en obturaciones que no están selladas correctamente, pero no se ha identificado en el ambiente de la mucosa oral (Carrero-Martínez *et al.* 2015). Dentro de los grandes dilemas para atender infecciones agravadas por *E. faecalis*, es la resistencia antibiótica a distintos fármacos como la penicilina, eritromicina, clindamicina, cefalosporinas, fluoroquinolas, entre otros. Cuando *E. faecalis* encuentra un nicho adecuado, en el interior del sistema de conductos radiculares y es difícilmente una zona donde puedan llegar las sustancias antimicrobianas, va a favorecer su crecimiento. El aumento de esta cepa, puede llegar a causar desde el fracaso del tratamiento

endodóntico hasta la pérdida del órgano dental (Smyth *et al.*, 1987; Kaklamanos *et al.* 2005).

Por todo lo antes mencionado es de suma importancia limpiar y conformar el sistema de conductos radiculares, ya que con ello eliminamos los factores desencadenantes de una infección. Dentro del protocolo podemos destacar el uso del NaOCl con una concentración al 5%, logrando la disolución del barrillo dentinario y desinfectando el conducto radicular, liquidando los microorganismos incrustados en esta capa de barrillo disminuyendo las colonias de *E. faecalis* un 50% de los casos (Pupo-Marrugo *et al.* 2014).

Finalidad de la obturación del sistema de conductos.

Posterior a la conformación de los conductos, un requisito fundamental para lograr el éxito en la terapia de endodoncia, será el sellado tridimensional de este sistema, el cual nos permitirá eliminar espacios libres, que pueden tener un potencial para volver a ser infectados, ayudando a la cicatrización y salud de los tejidos perirradiculares (Cohen y Burns 1999).

El propósito principal del tratamiento endodóntico es prevenir la periodontitis apical y si ya existe favorecer su curación (Ingle *et al.* 2002). Kakehashi *et al.*, (1965) mostraron que la razón principal de la presencia de patología pulpar y periapical es la persistencia de microorganismos y sus subproductos en los conductos. La fase final del tratamiento consta de un buen sellado del foramen apical, este sellado debe estar a la altura del límite cemento-dentinario realizado con un material inerte, además debe existir un sellado que impida la filtración coronal, con una restauración coronal (Ray y Trope 1995). El éxito en el tratamiento endodóntico dependerá del control microbiológico en el conducto radicular. La calidad de la obturación estará basada en la habilidad de sellar los conductos, la estabilidad tridimensional del material que ocupemos es importante para el éxito en el procedimiento endodóntico (Schilder 2006; Maniglia-Ferreira *et al.* 2007).

Un sellado incorrecto del conducto, en especial la zona apical, puede llegar a ser una razón para que el tratamiento endodóntico fracase. Una obturación exitosa, aun para un clínico experimentado, va a depender de distintas circunstancias; la obturación va a estar determinada por la compactación de la gutapercha dentro del conducto y de aquellos espacios que se encuentren en el interior de este, que podrían favorecer la colonización bacteriana y el desarrollo de una patología periapical, también será esencial una adecuada instrumentación, irrigación y la correcta elección del material de obturación a utilizar. El sellador debe tener la capacidad de suprimir los microorganismos que puedan seguir presentes en el sistema (Cohen y Burns 1999).

El cemento sellador es de gran importancia para el correcto sellado, pues penetra en los espacios donde los irrigantes fueron capaces de limpiar. En su fórmula contienen componentes con características antimicrobianas para actuar contra bacterias remanentes que permanecen posterior a la conformación y desinfección del conducto (García *et al.*, 2013).

Los selladores se usan como una pasta pegajosa delgada que funciona como lubricante y agente de fijación permitiendo que el material de obturación central, como el cono de gutapercha u otro material rígido, se deslice y se fije en el conducto. Los selladores pueden llenar conductos laterales y los conductos accesorios donde los materiales de obturación del núcleo no pueden infiltrarse (Caicedo y Von Fraunhofer 1988; Almeida *et al.* 2007; Salz *et al.* 2009; Viapiana *et al.* 2014).

El Dr. Grossman, determinó las propiedades que son indispensables y las que cualquier material de obturación debe cumplir (Grossman 1976).

- Debe ser pegajoso durante la mezcla, para ofrecer una buena unión con la pared del conducto, ya que este haya fraguado.
- Debe ofrecer un sellado hermético.
- El polvo debe ser fino, para que permita su mezclado con el líquido.
- Ser radioopaco, para ser visible en las radiografías.
- No debe tener contracción al momento de su fraguado.
- No deberá pigmentar la estructura remanente.
- Debe ser bacteriostático, para no favorecer la proliferación bacteriana.
- Debe ser de fraguado lento.
- Deberá ser insoluble en los fluidos tisulares.
- Deberá ser muy bien soportado por los tejidos; no debe irritar el tejido perirradicular.
- Si se precisa eliminar debe ser soluble en un solvente común.

En la actualidad, ningún cemento sellador satisface todos los criterios. Los cementos selladores más populares son las mezclas de óxido de zinc-eugenol, el hidróxido de calcio, los ionómeros de vidrio y las resinas. En un periodo de tiempo más reciente se han introducido los selladores biocerámicos (Johnson y Kulid 2011; Lazcano-Dorantes 2017).

Cementos biocerámicos

En las décadas de 1960 y 1970, los biocerámicos se desarrollaron para el uso en el cuerpo humano. Son materiales inorgánicos, no metálicos y compatibles con el organismo, dentro de sus componentes se encuentran alúmina, zirconio, vidrio bioactivo, recubrimientos, compuestos, hidroxiapatita, fosfatos de calcio reabsorbibles y vidrios. Son químicamente estables, no corrosivos y tienen una interacción con el tejido orgánico (Hench 1991).

Podemos clasificar a los cementos biocerámicos como:

- Bioinertes: ya que no hay interacción con los sistemas biológicos.
- Bioactivo: duradero en tejidos que pueden sufrir interacciones interfaciales con el tejido circundante
- Biodegradables: eventualmente reemplazan o se integran a los tejidos.

Biocerámicos en endodoncia

El primer material biocerámico descrito por Mahmoud Torabinejad para su uso en endodoncia fue el agregado de trióxido mineral (MTA) aprobado por la FDA en 1998 (Torabinejad y Chivian 1999). Es un material procedente del cemento Portland, empleado en endodoncia para diversos tratamientos como sellar una perforación radicular y de recubrimiento pulpar. Entre sus características es un material bioactivo, biocompatible e hidrofílico (Chiang y Ding 2010). Como cualquier material también presenta inconvenientes principalmente su difícil manipulación, tiene un tiempo de fraguado alto y propiedades mecánicas deficientes (Attik *et al.* 2014).

Con el paso del tiempo, se desarrollaron nuevos materiales biocerámicos para múltiples aplicaciones en el campo de la endodoncia, como los silicatos de calcio y bioagregados, estos se han utilizado como materiales para la reparación radicular (Debelian y Trope 2016). Hoy en día uno de los usos es como sellador de conductos radiculares (Haapasalo *et al.* 2015).

Podemos clasificarlos en distintas categorías, por su composición, el mecanismo de fraguado y la consistencia. Hay presentaciones de polvo/líquido que implican una mezcla manual. Una de las desventajas de esta presentación es que son muy sensibles y producen un desperdicio notable (Debelian y Trope 2016).

La principal ventaja de un sellador de conductos radiculares pre mezclado consiste en tener una mezcla homogénea sin la preocupación de la alteración con la relación polvo/líquido, cualquier variación puede provocar alteraciones en la resistencia a la compresión, la solubilidad y la fuerza de unión del cemento a la dentina (Reyhani *et al.* 2017; Duque *et al.* 2018; Bortoluzzi *et al.* 2019). Además de su fácil manipulación y que no requiere mucho tiempo en la colocación dentro del conducto, un tratamiento de endodoncia exitoso depende de varios aspectos, como la conformación del sistema de conductos radiculares, la limpieza y una obturación del conducto radicular en 3D capaz de proporcionar un sellado coronal óptimo, reducir la fuga apical y sepultar las bacterias restantes (Kharouf *et al.* 2020).

Los biocerámicos pre mezclados necesitan de la humedad de los tejidos adyacentes para poder fraguar, es decir, no son sensibles a la humedad ni a la contaminación con sangre y, por lo tanto, no son sensibles a la técnica (Nekoofar *et al.* 2010), son dimensionalmente estables y se expanden ligeramente. Al momento de la colocación el sellador está fresco y su pH está por arriba de 12 debido a la reacción de hidratación, primero se forma hidróxido de calcio para posteriormente disociarse en iones de calcio e hidroxilo (Islam *et al.* 2006), por lo tanto, al tener un pH superior, puede inactivar las enzimas de la membrana celular de los microorganismos, provocando la pérdida de la actividad biológica o la integridad de la membrana plasmática, considerando así el material con propiedad antibacteriana (Barbosa *et al.* 2020).

Cuando el material biocerámico entra en contacto con los fluidos tisulares, se libera hidróxido de calcio y este interactúa con los fosfatos en los fluidos tisulares y se forma hidroxiapatita. Esto puede explicar algunas de las propiedades inductoras de tejido que tiene el material. Es por ello que estos materiales se recomiendan en el recubrimiento pulpar, pulpotomías, para reparar perforaciones, obturación de conductos en dientes inmaduros con ápice abierto y para la obturación de conductos radiculares (Debelian y Trope 2016).

Propiedades del sellador biocerámico:

- Altamente hidrofílico, por lo tanto, la humedad habitual que se encuentra en el conducto y los túbulos es una ventaja, en la mayoría de otros selladores, esto es perjudicial para el desempeño del sellador (Zhang *et al.* 2009).
- Al presentar un fraguado que depende de la humedad fisiológica dentro del conducto, fraguará a diferentes velocidades en diferentes ambientes y esto resultará en un pH superior a 12, la propiedad antibacteriana es similar al hidróxido de calcio, así que, cualquier retraso en el fraguado puede plantearse como un beneficio (Debelian y Trope 2016).
- El sellador no presenta contracción, pero se expande ligeramente, además de ser insoluble en los fluidos tisulares (Richardson 2008; Zhang *et al.* 2009; Zhang *et al.* 2010).
- Al utilizarse con una punta de gutapercha que está impregnada y cubierta con nanopartículas de biocerámica, se adherirá a la punta del núcleo, eliminando así el espacio entre el núcleo y el sellador (Debelian y Trope 2016).

Por estas razones, se han desarrollado varias formas de cementos de silicato tricálcico para su uso como selladores endodónticos para modificar y adaptar las propiedades (Gandolfi y Prati 2010; Camilleri 2011; Vitti *et al.* 2013).

CeraSeal

CeraSeal (Meta Biomed, Cheongju, Korea), es un material sellador premezclado compuesto de silicatos tricálcicos, silicatos dicálcicos, aluminatos de calcio, óxidos de circonio y agentes espesantes. En un estudio CeraSeal mostró mayor viabilidad celular, unión celular, tasas de migración celular y tasas de liberación de iones que Endoseal. Además, CeraSeal indujo significativamente más expresión génica y capacidad de mineralización en las células, que Endoseal (López-García *et al.* 2020).

Dia-root Bio Sealer

Dia-root Bio Sealer (DiaDent, Burnaby, BC, Canadá) es un material de sellado basado en MTA. Dentro de sus componentes se encuentran aluminato tricálcico y radiopacificadores (Cardinali y Camilleri 2023).

Bio-C Sealer

Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brasil) un nuevo sellador de conductos radiculares biocerámico que contiene en su composición silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, óxido de circonio, óxido de silicio, óxido de hierro polietilenglicol (Barbosa *et al.* 2020).

Los silicatos de calcio se hidratan al contacto con la humedad local y producen una estructura de silicato de calcio hidratado. A su vez, el hidróxido de calcio formado se disocia rápidamente en iones Calcio e iones hidroxilo, lo que aumenta el pH del medio y hace que el entorno sea inhóspito para el crecimiento bacteriano. El óxido de circonio tiene un efecto radiopacificador (Okamura *et al.* 2020).

La penetración de los selladores en los túbulos dentinarios puede representar un factor importante para sepultar las bacterias y favorecer una interacción entre los materiales selladores y el fluido dentinario; esto puede inducir la formación de cristales minerales bioactivos dentro de los túbulos dentinarios (Zordan-Bronzel *et al.* 2019).

III. Planteamiento del problema.

La proliferación de bacterias residuales aún después de la limpieza y obturación adecuada del sistema de conductos radiculares puede comprometer el resultado a largo plazo del tratamiento.

Actualmente se ha estado investigando sobre la efectividad antimicrobiana que presentan los cementos selladores biocerámicos como lo son CeraSeal, Bio-C Sealer y Dia-root Bio Sealer, pero no hay suficiente información de estos selladores y su efecto antimicrobiano.

III.1 Pregunta de investigación.

¿Qué sellador biocerámico CeraSeal, Bio-C Sealer o Dia-root Bio Sealer induce mayores halos de inhibición ante *E. faecalis*?

III.2 Justificación.

En los últimos años, los selladores de conductos radiculares a base de silicato de calcio han ido ganando popularidad, sin embargo, son pocos los estudios publicados en la actualidad que comparan la capacidad antimicrobiana de los nuevos cementos biocerámicos.

Con los resultados obtenidos en este estudio se pretende que el clínico tenga la elección de un sellador capaz de inhibir la supervivencia de microorganismos, aún después del tratamiento de conductos, evitando de esta manera un fracaso endodóntico y previniendo futuras reinfecciones y problemas postratamiento a nuestros pacientes.

IV. Hipótesis

IV.1 Hipótesis de trabajo

El sellador biocerámico CeraSeal induce mayores halos de inhibición ante *E. faecalis* que los selladores Bio-C Sealer y Dia-root Bio Sealer.

IV.2 Hipótesis nula

El sellador biocerámico CeraSeal induce menores halos de inhibición ante *E. faecalis* que los selladores Bio-C Sealer y Dia-root Bio Sealer.

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Determinar que sellador biocerámico, CeraSeal, Bio-C Sealer o Dia-root Bio Sealer, induce mayores halos de inhibición, ante *E. faecalis*.

V.2 Objetivos específicos

Medir el halo de inhibición que induce el sellador CeraSeal ante *E. faecalis*.

Medir el halo de inhibición que induce el sellador Bio-C Sealer ante *E. faecalis*.

Medir el halo de inhibición que induce el sellador Dia-root Bio Sealer ante *E. faecalis*.

Registrar las evaluaciones realizadas y comparar los datos recabados.

VI. Materiales y Métodos

VI.1 Diseño

Experimental *in vitro*.

VI.2 Población

Cemento biocerámico CeraSeal, Bio-C Sealer y Dia-root Bio Sealer.

VI.3 Muestra y tipo de muestra

12 muestras de cada sellador, distribuidos en 12 placas de agar inoculadas con una cepa de *E. faecalis* aislado clínico multiresistente a antibióticos, distribuidos de la siguiente forma:

- A. sensidisco para sellador CeraSeal
- B. sensidisco para sellador Dia-Root
- C. sensidisco para sellador Bio-C Sealer
- D. sensidisco para solución salina estéril (control negativo)
- E. sensidisco para pasta 3 mix (control positivo)
- F. sensidisco para clorhexidina (control positivo)

El tamaño de la muestra se decidió después de realizar una búsqueda bibliográfica, tal es el caso de Morgental *et al.* (2011) que realizaron su estudio con una muestra de 10 placas Petri, al igual que Hasheminia *et al.* (2017), Shakya *et al.* (2016) y Candeiro *et al.* (2016).

VI.3.1 Criterios de inclusión

Placas Petri con cepas de *E. faecalis* en buenas condiciones, que cumplan las medidas en mL de agar y características homogéneas.

VI.3.2 Criterios de exclusión

Placas Petri que pierdan las dimensiones de agar en la placa y que se sospeche de contaminación en el agar.

VI.3.3 Criterios de eliminación

Placas Petri con cepas de *E. faecalis* que después de la incubación presentaron muestras de contaminación.

VI.3.4 Definición de los grupos controles

Controles positivos: 1 sensidisco con clorhexidina.

1 sensidisco con pasta 3mix.

Control negativo: 1 sensidisco con solución salina estéril.

VI.5 Técnicas e instrumentos

VI.5.1 Definición de variables y unidades de medida

Dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Halo de inhibición	Zona formada alrededor de un sensidisco con cemento sellador que inhibe y detiene el crecimiento bacteriano	Midiendo en mm el halo de inhibición.	Cuantitativa	Continua	Milímetros

Independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Sellador Biocerámico	Sellador mineral bioactivo premezclado a base de silicato de calcio.	Colocación exacta del sellador en sensidiscos.	Cualitativa	Nominal	CersaSeal Bio-C Sealer Dia-root Bio Sealer

VI.6 Procedimiento

La fase experimental del estudio se dividió en:

- Fase I: preparación del agar para *E. faecalis*, esterilización del material y preparación del medio de cultivo
- Fase II: selección, rotulado de placas e inoculación de los medios de cultivo
- Fase III: preparación de los materiales a evaluar y de los controles positivos, negativo y la colocación de los sensidiscos en el medio de cultivo
- Fase IV: medición de los halos de inhibición, procesamiento de datos y análisis estadístico

Fase I

Se colocó la infusión cerebro corazón con agua destilada, en un matraz, según las instrucciones del fabricante (figura 1). En una parrilla de agitación y calentamiento se colocó el matraz para calentarlo hasta la ebullición, agitándolo ocasionalmente, para asegurar su completa disolución.

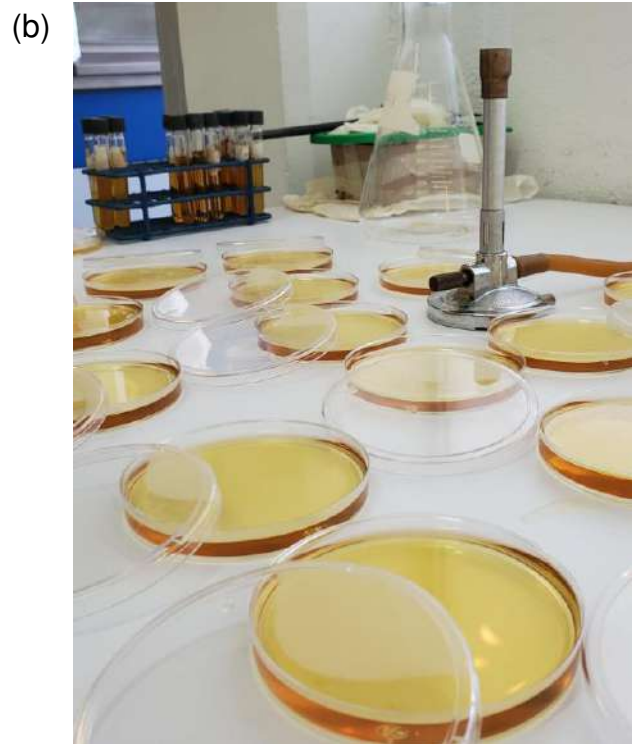
Una vez disuelto el medio, se cubrió el matraz con papel de aluminio y se metió en el autoclave a 121° C, durante 20 min, para su esterilización. Así mismo se colocó en el autoclave, espátulas, losetas de vidrio, pinzas de curación y los sensidiscos previamente cortados de 6 mm de diámetro. Después de esterilizar el material, se dejó entibiar las infusiones. Se limpió la mesa de trabajo con alcohol y se colocaron dos mecheros bunsen encendidos para trabajar cerca de la flama, aproximadamente entre 10 a 15 cm en el área aséptica, se repartió la infusión en las placas de Petri estériles y se dejaron reposar para su gelificación. Después de que el agar gelificó, se taparon las placas Petri y se mantuvieron en refrigeración por 24 horas (figura 2).

Figura 1



(a) Pesaje de la infusión (b) Infusión cerebro corazón

Figura 2



(a) Distribución del agar en cada placa Petri (b) Placas Petri en reposo

Fase II

Después de 24 h, se sacaron las placas Petri para su revisión. Previamente con la mesa de trabajo limpia y dos mecheros bunsen encendidos, aproximadamente entre 10 a 15 cm en el área aséptica, se procedió a revisar las placas Petri, se usaron las placas en buenas condiciones, con características homogéneas y se eliminaron las placas que sufrieron contaminación o alteración en el agar. La base de cada placa se dividió en 6 secciones y se marcaron con plumón indeleble en las zonas donde se colocarían los sensidiscos impregnados de los materiales a evaluar (figura 3). La distribución quedó de la siguiente manera:

- sensidisco A para el sellador CeraSeal
- sensidisco B para el sellador Dia-Root
- sensidisco C para el sellador Bio-C Sealer
- sensidisco D para solución salina estéril (control negativo)
- sensidisco E para pasta 3 mix (control positivo)
- sensidisco CHX para clorhexidina (control positivo)

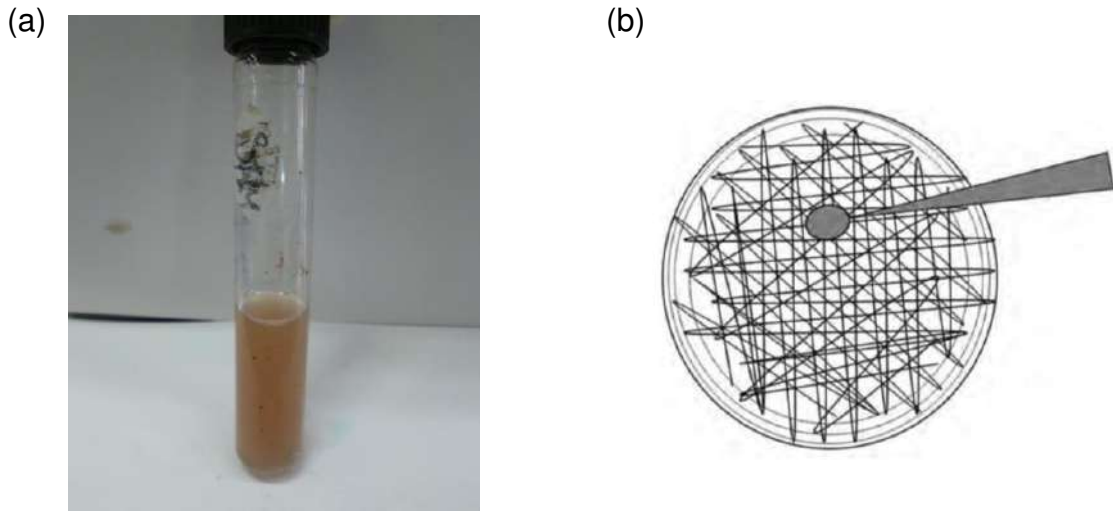
Figura 3



Placa Petri rotulada para la disposición de los distintos materiales

Para la inoculación del medio de cultivo se utilizó una cepa de *E. faecalis* aislado clínico multirresistente a antibióticos, proporcionada por el Laboratorio de Investigación Odontológica Multidisciplinaria de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro (figura 4). Se esterilizó la boquilla del tubo de ensayo donde se encontraba la cepa en el mechero Bunsen y con hisopos estériles se tomó el inóculo, se abrió la placa Petri y se realizó la siembra por técnica masiva, se cerró la placa y se colocó de forma invertida. Se procedió de la misma manera a inocular las placas Petri restantes.

Figura 4



(a) Cepa *E. faecalis* aislado clínico multirresistente a antibióticos (b) Procedimiento para la realización de una siembra por técnica masiva, utilizando hisopos estériles y sobre la superficie de un agar en caja Petri.

Fase III

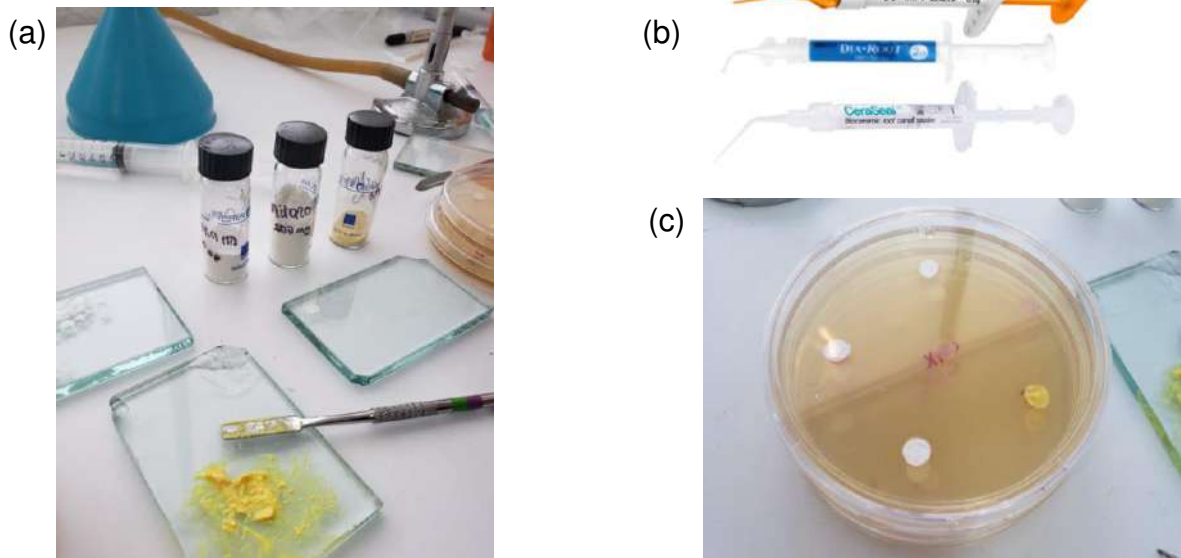
Después de la inoculación de las placas, se procedió a hacer la colocación de los sensidiscos.

Se colocó una cantidad de sellador CeraSeal en una loseta de vidrio, se tomó un sensidisco estéril y se impregnó del sellador, posteriormente se abrió una placa Petri para su colocación en la zona previamente marcada. Se realizó el mismo procedimiento con los selladores Bio-C Sealer y Dia-root.

Para colocar los grupos controles positivos, en una loseta de vidrio se preparó la pasta 3mix (pasta triple antibiótica; ciprofloxacino, metronidazol, minociclina) en una proporción 1:1:1 y se mezcló con solución salina estéril, posteriormente se impregnó un sensidisco y se colocó en la placa. La clorhexidina y solución salina estéril también se colocaron en losetas de vidrio y se impregnaron los sensidiscos para su posterior colocación (figura 5).

Una vez colocados los 6 sensidiscos, se tapó la placa Petri y se repitió esta acción para cada una de las placas. Después de colocar todos los sensidiscos se recolectaron todas las placas y para su almacenamiento se mantuvieron en la incubadora a 37° C durante 48 h.

Figura 5



(a) Preparación de la pasta triple antibiótica (b) Selladores biocerámicos (c) Placa Petri con los 6 sensidiscos colocados ya impregnados con los materiales.

Fase IV

Después de 48 horas se retiraron las placas Petri de la incubadora, se colocaron en un negatoscopio y se tomaron fotografías de cada una de las placas (figura 6). En el programa ImageJ previamente instalado, se analizaron las fotografías y se midieron los halos de inhibición que se formaron, posteriormente se anotaron los resultados de manera organizada.

Figura 6



Placa Petri colocada en negatoscopio.

VI.6.1 Análisis estadístico

La información se registró en el programa de Excel 2016, obteniendo promedio, desviación estándar y rango de los datos obtenidos. Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y los datos obtenidos tuvieron una distribución normal, al tener más de tres grupos a evaluar, se realizó la prueba ANOVA, se estableció un valor de significancia de $p < 0.05$, al haber diferencia significativa, se realizó la prueba de Tukey.

VI.6.2 Consideraciones éticas

Esta metodología fue aprobada por el comité de ética y con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-087, los cultivos y cepas se desecharon en bolsas rojas de polietileno, debidamente identificados con la leyenda Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos y el símbolo internacional de R.P.B.I., se llenaron al 80 % de su capacidad para evitar derrames. Posterior a su llenado se cerraron con cinta adhesiva evitando que los residuos se salgan. Se esterilizaron en Autoclave para posteriormente ser llevados al Almacén Temporal de R.P.B.I. El personal de limpieza encargado dentro de la Universidad Autónoma de Querétaro recolecto y transporto los residuos a las zonas adecuadas para su transporte externo y adecuada eliminación.

VII. Resultados

En este estudio se utilizaron tres cementos selladores biocerámicos: CeraSeal, Dia-root Bio Sealer y Bio-C Sealer. La prueba de evaluación para estos selladores fue la prueba de difusión en agar mediante la formación de halos de inhibición ante *E. faecalis*.

Se tomaron fotografías y se midieron los halos de inhibición formados por los materiales a evaluar en el programa ImageJ. Los resultados se observan en el cuadro 1, mostrando los valores promedio y la desviación estándar correspondiente a la formación de los halos de inhibición en milímetros.

Cuadro 1. Comparación de los halos de inhibición (mm) de *E. faecalis* entre grupos.

Solución (n=12)	Dia root (n=12)	Ceraseal (n=12)	Bio-C Sealer (n=12)	CHX (n=12)	3 mix (n=12)	Valor de p
X ± DE (Rango)						
0 ± 0 (0)	0 ± 0 (0)	0.51 ± 0.31 (0.00 – 0.93)	0.38 ± 0.40 (0.00 – 0.97)	22.11 ± 2.03 (19.78 – 25.82)	42.83 ± 1.82 (40.15 – 47.05)	< 0.0001

Solución: Solución salina estéril; CHX: Clorhexidina; 3mix: Pasta triple antibiótica (ciprofloxacino, metronidazol, minociclina); X: Promedio; DE: Desviación estándar. Prueba de ANOVA.

Se puede observar que tanto la solución salina estéril, como el sellador Dia root, no mostraron formación de halos de inhibición.

Se obtuvo un valor de $p < 0.0001$, estadísticamente significativo, por lo cual se realizó la prueba post hoc de Tukey (cuadro 2).

En el cuadro 2 se observa la diferencia significativa que presentaron los grupos de clorhexidina y pasta 3 mix comparados con los cementos selladores.

Cuadro 2. Comparación de los halos de inhibición (mm) de *E. faecalis* post hoc entre grupos.

	Dia root	Ceraseal	Bio-C Sealer	CHX	Pasta 3 mix
Solución	ns	ns	ns	<0.0001	<0.0001
Dia root	-	ns	ns	<0.0001	<0.0001
Ceraseal	-	-	ns	<0.0001	<0.0001
Bio-C Sealer	-	-	-	<0.0001	<0.0001
CHX	-	-	-	-	<0.0001

- :no aplica; ns :no significativo; Solución: Solución salina estéril; CHX: Clorhexidina; 3mix: Pasta triple antibiótica (ciprofloxacino, metronidazol, minociclina). Prueba de Tukey.

Adicionalmente, se realizó agar para 12 placas más y fueron inoculadas con una cepa de *Streptococcus mutans* (*S. mutans*), para la evaluación del efecto antimicrobiano de estos selladores. Sin embargo, después de 48 horas de retirar las placas Petri de la incubadora, solamente 5 placas se encontraron en buenas condiciones para su evaluación. En el cuadro 3 se observan los resultados del análisis estadístico. Se observa que los cementos selladores no formaron halos de inhibición, contrario a los grupos de clorhexidina y pasta 3mix.

Cuadro 3. Comparación de los halos de inhibición (mm) de *S. mutans* entre grupos.

Solución (n=5)	Dia root (n=5)	Ceraseal (n=5)	Bio-C Sealer (n=5)	CHX (n=5)	3 mix (n=5)	Valor de p
X ± DE (Rango)						
0 ± 0 (0)	0 ± 0 (0)	0 ± 0 (0)	0 ± 0 (0)	14.83 ± 6.02 (9.64 – 24.85)	64.63 ± 6.07 (55.99 – 70.93)	< 0.0001

Solución: Solución salina estéril; CHX: Clorhexidina; 3mix: Pasta triple antibiótica (ciprofloxacino, metronidazol, minociclina); X: Promedio; DE: Desviación estándar. Prueba de ANOVA.

En el cuadro 4 se observa la diferencia significativa que tuvieron la clorhexidina y pasta 3 mix comparados con los cementos selladores.

Cuadro 4. Comparación de lo halos de inhibición (mm) de *S. mutans Post Hoc* entre grupos.

	Dia root	Ceraseal	Bio-C Sealer	CHX	Pasta 3 mix
Solución	ns	ns	ns	<0.0001	<0.0001
Dia root	-	ns	ns	<0.0001	<0.0001
Ceraseal	-	-	ns	<0.0001	<0.0001
Bio-C Sealer	-	-	-	<0.0001	<0.0001
CHX	-	-	-	-	<0.0001

- :no aplica; ns :no significativo; Solución: Solución salina estéril; CHX: Clorhexidina; 3mix: Pasta triple antibiótica (ciprofloxacino, metronidazol, minociclina). Prueba de Tukey.

Como se puede observar la pasta 3mix indujo los mayores halos de inhibición a las 48 horas, ante *E. faecalis* y ante *S. mutans* , seguido de esta, la clorhexidina también formo halos de inhibición ante estas cepas. Los cementos biocerámicos Cersaseal y Bio-C Sealer tuvieron halos de inhibición menores ante *E. faecalis* con un promedio de 0.51 y 0.38 mm respectivamente, mientras que ante *S. mutans* no indujeron halo de inhibición. Por último el sellador Dia root no mostro formación de halos de inhibición ante *E. faecalis* y *S. mutans*.

VIII. Discusión

La persistencia de bacterias en el sistema de conductos radiculares frecuentemente conduce al fracaso del tratamiento. *E. faecalis* tiene varios factores de virulencia que favorecen su capacidad para sobrevivir a los efectos de la terapia endodóntica. Además, este anaerobio facultativo grampositivo es capaz de infiltrarse en los túbulos dentinarios y unirse al colágeno. Por estas razones, *E. faecalis* fue el microorganismo seleccionado en nuestra investigación para evaluar las propiedades antimicrobianas de los materiales endodónticos probados (Love 2001; Kayaoglu *et al.* 2005; Poggio *et al.* 2017).

Cada vez se realizan mejoras en los protocolos químico mecánicos para aumentar la efectividad en la desinfección. Los cementos son una parte muy importante, puesto que con el sellado podrían controlarse las infecciones, impidiendo la penetración de fluidos en el conducto, ya que pueden ofrecer un suministro de nutrientes a los microorganismos restantes. Por ello el sellador debe ser biocompatible y dimensionalmente estable, además de tener un efecto antibacteriano duradero (Baumgartner *et al.* 2007; Poggio *et al.* 2017).

Este es el primer estudio que evalúa y compara el efecto antimicrobiano de los selladores Dia-root Bio Sealer, CeraSeal y Bio-C Sealer ante una cepa de *E. faecalis*, ya que hasta donde sabemos, no hay información suficiente que compare estos selladores. Para estas evaluaciones, se utilizó como comparación la pasta triple antibiótica, clorhexidina y solución salina estéril.

En este estudio, todos los selladores se probaron mediante la prueba de difusión en agar. Después de la incubación, se midió el diámetro de las zonas de inhibición alrededor de los selladores y se consideró que el sellador que exhibía la zona máxima de inhibición tenía la actividad antimicrobiana más eficaz.

Los resultados de este estudio indicaron que hubo una diferencia estadísticamente significativa de la pasta 3mix, ya que tuvo mayor inhibición sobre *E. faecalis* con una zona de inhibición media máxima de 42.83 mm y de 64.63 mm ante *S. mutans*.

Dia-root Bio Sealer es un sellador introducido recientemente que propone una alta actividad antimicrobiana, sin embargo no mostró ningún efecto inhibitorio contra las cepas de *E. faecalis* y *S. mutans* en este estudio.

CeraSeal, un sellador a base de silicato de calcio, mostró una zona de inhibición ante las cepas *E. faecalis* y *S. mutans* con media de 0.51 mm y 0 mm respectivamente, lo cual se consideró como un efecto inhibitorio nulo, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Kharouf *et al.* (2020), quienes demostraron que CeraSeal no tuvo ningún efecto inhibitorio contra *E. faecalis* en la prueba de difusión en agar.

Igualmente los resultados de Bio-C Sealer mostraron una zona de inhibición con media de 0.38 mm y 0 mm respectivamente, similares a los resultados expuestos por Raouf *et al.* (2023), quienes en su estudio evaluaron la propiedad antibacteriana de Bio-C contra dos especies bacterianas, una de ellas *E. faecalis*. Obtuvieron zonas de inhibición con una media de 0.78 mm, por lo contrario a este estudio, ellos consideraron el resultado como una propiedad antimicrobiana potente y con una inhibición significativa contra *E. faecalis*.

Barbosa *et al.* (2020) evaluaron el sellador Bio-C en la prueba de difusión en agar contra *E. faecalis* y *S. mutans*, encontrando zonas de inhibición promedio de 12 mm y 0 mm respectivamente, concluyeron que Bio-C Sealer exhibe efectos antibacterianos contra la cepa de *E. faecalis*, pero no contra *S. mutans*. Castillo *et al.* (2000), explican que la ausencia de actividad antibacteriana contra *S. mutans* probablemente este relacionada con su capacidad para recuperarse rápidamente del choque de pH, reanudando su crecimiento posteriormente;

mencionan que una recuperación lenta implicaría que la patogenicidad se reduce, o al menos se retrasa. Esta puede ser la razón por la que los selladores biocerámicos utilizados en este estudio no mostraron inhibición contra *S. mutans*.

En el presente estudio, se utilizó la prueba de difusión en agar, reconocido como el método más básico y una de las técnicas más utilizadas para realizar una evaluación inicial de los efectos antibacterianos de los selladores endodónticos. Sin embargo una de las desventajas de esta prueba es que no brinda la oportunidad de considerar factores como la anatomía del diente y la formación de biopelículas por parte del microorganismo, menos aún se puede diferenciar entre el efecto bactericida y bacteriostático del material (Wang *et al.* 2014; Singh *et al.* 2016; Dalmia *et al.* 2018).

El tamaño de las zonas de inhibición depende principalmente de dos factores que son la toxicidad del material para una cepa particular de bacterias y la capacidad del material para difundirse a través del medio particular. En cuanto a las características de la bacteria, debemos recordar que se utilizó una cepa de *E. faecalis* de aislado clínico multirresistente a antibióticos, siendo lo suficientemente sólida y estable para limitar la eficacia antibacteriana de los selladores en prueba. Por otro lado consideremos la influencia de la capacidad de difusión del material en el agar. Huang *et al.* (2012) informaron que la solubilidad y la difusibilidad de los selladores dentales influyen en los resultados de la prueba de agar. Esta puede ser la razón por la que los selladores biocerámicos utilizados en este estudio no mostraron inhibición significativa contra *E. faecalis*, ya que además de ser una cepa multirresistente; los materiales se infiltraron en el agar. Cabe señalar que el tamaño de las zonas de inhibición no determina la eficacia antimicrobiana exacta de cada sellador. Por lo tanto, los selladores de conductos radiculares probados en el presente estudio pueden mostrar diferencias en las zonas de inhibición contra *E. faecalis* cuando se prueban *in vivo* (Dalmia *et al.* 2018).

Cabe resaltar la relevancia de este estudio, ya que se obtuvo una evaluación inicial del sellador Dia-root Bio Sealer, sin embargo es necesario realizar más investigaciones respecto a sus propiedades fisicoquímicas y antibacterianas. Respecto a la efectividad antimicrobiana que se reporta de los selladores CeraSeal y Bio-C Sealer no se vio reflejada en las pruebas de este estudio.

IX. Conclusiones

En este estudio se puede concluir que los selladores de conductos radiculares evaluados; CeraSeal, Dia-root Bio Sealer y Bio-C Sealer, no mostraron halos de inhibición ante *E. faecalis* significativos.

X. Propuestas

Dia-root Bio Sealer es un sellador biocerámico nuevo disponible en el mercado; por lo tanto, se necesita más investigación respecto a sus propiedades, debido a la poca información en la literatura sobre sus propiedades y desempeño *in vitro* e *in vivo*.

Se puede considerar como limitación el utilizar una cepa multirresistente a antibióticos, ya que dificultó la eficacia antibacteriana de los selladores en prueba, como sugerencia para estudios adicionales se puede investigar la eficacia antimicrobiana de otro dominio como los hongos u otro linaje de bacterias siendo que en la cavidad se presentan en forma de biopelícula.

Solo se evaluaron tres materiales biocerámicos de la gran variedad que existen en el mercado, además de que surgen selladores nuevos que se pueden poner a prueba.

XI. Bibliografia

- Almeida, J F A, BPFA Gomes, C C R Ferraz, F J Souza-Filho, and A A Zaia. 2007. "Filling of Artificial Lateral Canals and Microleakage and Flow of Five Endodontic Sealers." *International Endodontic Journal* 40 (9): 692–99.
- Attik, G N, C Villat, F Hallay, N Pradelle-Plasse, H Bonnet, K Moreau, P Colon, and B Grosogeat. 2014. "In Vitro Biocompatibility of a Dentine Substitute Cement on Human MG 63 Osteoblasts Cells: B Iodentine™ versus MTA®." *International Endodontic Journal* 47 (12): 1133–41.
- Barbosa, Vanessa Maia, André Pitondo-Silva, Mariana Oliveira-Silva, Antônio Secco Martorano, Claudia de Castro Rizzi-Maia, Yara Terezinha Corrêa Silva-Sousa, Larissa Moreira Spinola de Castro-Raucci, and Walter Raucci Neto. 2020. "Antibacterial Activity of a New Ready-to-Use Calcium Silicate-Based Sealer." *Brazilian Dental Journal* 31: 611–16.
- Baumgartner, Gerhard, Matthias Zehnder, and Frank Paqué. 2007. "Enterococcus Faecalis Type Strain Leakage through Root Canals Filled with Gutta-Percha/AH plus or Resilon/Epiphany." *Journal of Endodontics* 33 (1): 45–47.
- Bortoluzzi, Eduardo Antunes, Tcheli Cassel de Araujo, Ana Carolina Correa Neis, Michelli Cássia Dos Santos, Lucas da Fonseca Roberti Garcia, Beatriz Dulcineia Mendes Souza, and Cleonice Da Silveira TEIXEIRA. 2019. "Effect of Different Water-to-Powder Ratios on the Dimensional Stability and Compressive Strength of Mineral Aggregate-Based Cements." *European Oral Research* 53 (2): 94–98.
- Caicedo, R, and J A Von Fraunhofer. 1988. "The Properties of Endodontic Sealer Cements." *Journal of Endodontics* 14 (11): 527–34.
- Camilleri, Josette. 2011. "Evaluation of the Effect of Intrinsic Material Properties and Ambient Conditions on the Dimensional Stability of White Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement." *Journal of Endodontics* 37 (2): 239–45.
- Candeiro, George Táccio de Miranda, Cacio de Moura-Netto, R S D'Almeida-Couto, Nilton Azambuja-Júnior, Marcia Martins Marques, Silvana Cai, and

- Giulio Gavini. 2016. "Cytotoxicity, Genotoxicity and Antibacterial Effectiveness of a Bioceramic Endodontic Sealer." *International Endodontic Journal* 49 (9): 858–64.
- Cardinali, F, and J Camilleri. 2023. "A Critical Review of the Material Properties Guiding the Clinician's Choice of Root Canal Sealers." *Clinical Oral Investigations* 27 (8): 4147–55.
- Carrero Martínez, Carolina, González Gilbert, María Cristina, Martínez Lapiolo, María Alexandra, Fátima Serna Varona, Hugo Díez Ortega, and Adriana Rodríguez Ciodaro. 2015. "Low Frequency of Enterococcus Faecalis in the Oral Mucosa of Subjects Attending Dental Consultation." *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia* 26 (2): 261–70.
- Castillo, A, S Rubiano, J Gutiérrez, A Hermoso, and J Liébana. 2000. "Post-PH Effect in Oral Streptococci." *Clinical Microbiology and Infection* 6 (3): 142–46.
- Chiang, Ting-Yi, and Shinn-Jyh Ding. 2010. "Comparative Physicochemical and Biocompatible Properties of Radiopaque Dicalcium Silicate Cement and Mineral Trioxide Aggregate." *Journal of Endodontics* 36 (10): 1683–87.
- Cohen, S, and R Burns. 1999. "Vías de La Pulpa. 7 Ma Ed." *México DF: Harcourt*.
- Dalmia, Swati, Abhidnya Gaikwad, Roshan Samuel, Gayatri Aher, Meenal Gulve, and Swapnil Kolhe. 2018. "Antimicrobial Efficacy of Different Endodontic Sealers against Enterococcus Faecalis: An in Vitro Study." *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry* 8 (2): 104.
- Debelian, Gilberto, and Martin Trope. 2016. "The Use of Premixed Bioceramic Materials in Endodontics." *Giornale Italiano Di Endodonzia* 30 (2): 70–80.
- Duque, Jussaro Alves, Samuel Lucas Fernandes, J P Bubola, Marco Antonio Hungaro Duarte, Josette Camilleri, and Marina Angelica Marciano. 2018. "The Effect of Mixing Method on Tricalcium Silicate-based Cement." *International Endodontic Journal* 51 (1): 69–78.
- Gandolfi, M G, and C Prati. 2010. "MTA and F-doped MTA Cements Used as Sealers with Warm Gutta-percha. Long-term Study of Sealing Ability." *International Endodontic Journal* 43 (10): 889–901.

- García Ávila, Gisela, Raúl Luis García Aranda, and Luis Manuel Perea Mejía. 2013. "Comparación in Vitro de La Actividad Antimicrobiana de AhPlus, RSA y Ledermix Contra Enterococcus Faecalis." *Revista Odontológica Mexicana* 17 (3): 156–60. [https://doi.org/10.1016/s1870-199x\(13\)72031-7](https://doi.org/10.1016/s1870-199x(13)72031-7).
- Geurtsen, W, and G Leyhausen. 1997. "Biological Aspects of Root Canal Filling Materials—Histocompatibility, Cytotoxicity, and Mutagenicity." *Clinical Oral Investigations* 1 (1): 5–11.
- Grossman, Louis I. 1976. "Physical Properties of Root Canal Cements." *Journal of Endodontics* 2 (6): 166–75.
- Haapasalo, Markus, Mark Parhar, Xiangya Huang, Xi Wei, James Lin, and Ya Shen. 2015. "Clinical Use of Bioceramic Materials." *Endodontic Topics* 32 (1): 97–117.
- Hashemina, Mohsen, Hamid Razavian, Hamid Mosleh, and Babak Shakerian. 2017. "In Vitro Evaluation of the Antibacterial Activity of Five Sealers Used in Root Canal Therapy." *Dental Research Journal* 14 (1): 62.
- Hench, Larry L. 1991. "Bioceramics: From Concept to Clinic." *Journal of the American Ceramic Society* 74 (7): 1487–1510.
- Huang, Tsui-Hsien, Chih-Lin Chen, Chi-Jr Hung, and Chia-Tze Kao. 2012. "Comparison of Antibacterial Activities of Root-End Filling Materials by an Agar Diffusion Assay and Alamar Blue Assay." *Journal of Dental Sciences* 7 (4): 336–41.
- Islam, Intekhab, Hui Kheng Chng, and Adrian U Jin Yap. 2006. "Comparison of the Physical and Mechanical Properties of MTA and Portland Cement." *Journal of Endodontics* 32 (3): 193–97.
- John, I, J Simon, R Walton, D Pashley, L Bakland, and G Heithersay. 2002. "Patología Pulpar: Etiología y Prevención." *Ingle J, Bakland L. Endodoncia. México: Mc Graw-Hill*, 95–175.
- Johnson, W T, and J C Kulid. 2011. "Obturación Del Sistema de Conductos Radiculares Limpios y Conformados." *Vías de La Pulpa. 10th Ed. Barcelona: Elsevier Masson*.

- Takehashi, S, H R Stanley, and R J Fitzgerald. 1965. "The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 20 (3): 340–49.
- Kaklamanos, E G, M Charalampidou, G Menexes, V Topitsoglou, and S Kalfas. 2005. "Transient Oral Microflora in Greeks Attending Day Centres for the Elderly and Residents in Homes for the Elderly." *Gerodontology* 22 (3): 158–67.
- Kayaoglu, GÜVEN, H Erten, T Alaçam, and D Ørstavik. 2005. "Short-term Antibacterial Activity of Root Canal Sealers towards *Enterococcus Faecalis*." *International Endodontic Journal* 38 (7): 483–88.
- Kharouf, Najj, Youri Arntz, Ammar Eid, Jihed Zghal, Salvatore Sauro, Youssef Haikel, and Davide Mancino. 2020. "Physicochemical and Antibacterial Properties of Novel, Premixed Calcium Silicate-Based Sealer Compared to Powder–Liquid Bioceramic Sealer." *Journal of Clinical Medicine* 9 (10): 3096.
- Lazcano Dorantes, Eunice. 2017. "Valoración In-Vitro de Dos Selladores Radiculares Con Diferente Composición En Órganos Dentarios Bovinos."
- Lin, Louis M, Joseph E Skribner, and Peter Gaengler. 1992. "Factors Associated with Endodontic Treatment Failures." *Journal of Endodontics* 18 (12): 625–27.
- López-García, S, Baek Myong-Hyun, A Lozano, D García-Bernal, L Forner, C Llena, J Guerrero-Gironés, L Murcia, and F J Rodríguez-Lozano. 2020. "Cytocompatibility, Bioactivity Potential, and Ion Release of Three Premixed Calcium Silicate-Based Sealers." *Clinical Oral Investigations* 24 (5): 1749–59.
- Love, R M. 2001. "Enterococcus Faecalis—a Mechanism for Its Role in Endodontic Failure." *International Endodontic Journal* 34 (5): 399–405.
- Maniglia-Ferreira, Cláudio, Eduardo Diogo Gurgel-Filho, João Batista Araújo Silva Jr, Regina Célia Monteiro de Paula, Judith Pessoa Andrade Feitosa, Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, and Francisco José de Souza-Filho. 2007. "Brazilian Gutta-Percha Points. Part II: Thermal Properties." *Brazilian Oral Research* 21 (1): 29–34.
- Molander, A, C Reit, G Dahlén, and T Kvist. 1998. "Microbiological Status of Root-

- filled Teeth with Apical Periodontitis.” *International Endodontic Journal* 31 (1): 1–7.
- Morgental, Renata Dornelles, Fabiana Vieira Vier-Pelisser, Sílvia Dias de Oliveira, Fernanda C Antunes, Deborah Meirelles Cogo, and P M P Kopper. 2011. “Antibacterial Activity of Two MTA-based Root Canal Sealers.” *International Endodontic Journal* 44 (12): 1128–33.
- Nair, P N Ramachandran, Ulf Sjögren, Gunthild Krey, Karl-Erik Kahnberg, and Göran Sundqvist. 1990. “Intraradicular Bacteria and Fungi in Root-Filled, Asymptomatic Human Teeth with Therapy-Resistant Periapical Lesions: A Long-Term Light and Electron Microscopic Follow-up Study.” *Journal of Endodontics* 16 (12): 580–88.
- Nekoofar, Mohammad Hossein, David F Stone, and Paul Michael Howell Dummer. 2010. “The Effect of Blood Contamination on the Compressive Strength and Surface Microstructure of Mineral Trioxide Aggregate.” *International Endodontic Journal* 43 (9): 782–91.
- Okamura, Tomoharu, Liji Chen, Nobuhito Tsumano, Chihoko Ikeda, Satoshi Komasa, Kazuya Tominaga, and Yoshiya Hashimoto. 2020. “Biocompatibility of a High-Plasticity, Calcium Silicate-Based, Ready-to-Use Material.” *Materials* 13 (21): 4770.
- Pardi, Germán, Carolina Guilarte, Elba Inés Cardozo, and Elsi Natalí Briceño. 2009. “Detección de Enterococcus Faecalis En Dientes Con Fracaso En El Tratamiento Endodóntico.” *Acta Odontol. Venez* 47 (1): 110–21.
- Pinheiro, E T, BPF A Gomes, C C R Ferraz, F B Teixeira, A A Zaia, and F J Souza Filho. 2003. “Evaluation of Root Canal Microorganisms Isolated from Teeth with Endodontic Failure and Their Antimicrobial Susceptibility.” *Oral Microbiology and Immunology* 18 (2): 100–103.
- Poggio, Claudio, Federico Trovati, Matteo Ceci, Marco Colombo, and Giampiero Pietrocola. 2017. “Antibacterial Activity of Different Root Canal Sealers against Enterococcus Faecalis.” *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 9 (6): e743.

- Portenier, Isabelle, Tuomos M T Waltimo, and Markus Haapasalo. 2003. "Enterococcus Faecalis—the Root Canal Survivor and 'Star'in Post-treatment Disease." *Endodontic Topics* 6 (1): 135–59.
- Pupo Marrugo, S, A Díaz Caballero, P Castellanos Berrio, and V Simancas Escorcia. 2014. "Eliminación de Enterococcus Faecalis Por Medio Del Uso de Hipoclorito de Sodio, Clorhexidina y MTAD En Conductos Radiculares." *Avances En Odontoestomatología* 30 (5): 263–70.
- Raouf, Saya Hadi, Diyar Khalid Bakr, Urfa Muneer Ahmed, and Bassam Karem Amin. 2023. "In Vitro Evaluation of the Antibacterial Effects of MTA-Fillapex and BIO-C® Sealer at Different Time Intervals." *Cellular and Molecular Biology* 69 (4): 116–19.
- Ray, H A, and M Trope. 1995. "Periapical Status of Endodontically Treated Teeth in Relation to the Technical Quality of the Root Filling and the Coronal Restoration." *International Endodontic Journal* 28 (1): 12–18.
- Reyhani, Mohammad-Frough, Negin Ghasemi, Vahid Zand, and Saba Mosavizadeh. 2017. "Effects of Different Powder to Liquid Ratios on the Push out Bond Strength of CEM Cement on Simulated Perforations in the Furcal Area." *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 9 (6): e785.
- Richardson, Ian G. 2008. "The Calcium Silicate Hydrates." *Cement and Concrete Research* 38 (2): 137–58.
- Salz, U, D Poppe, S Sbicego, and J-F Roulet. 2009. "Sealing Properties of a New Root Canal Sealer." *International Endodontic Journal* 42 (12): 1084–89.
- Schilder, Herbert. 2006. "Filling Root Canals in Three Dimensions." *Journal of Endodontics* 32 (4): 281–90.
- Shakya, Vijay Kumar, Prashant Gupta, Aseem P Tikku, Anjani Kumar Pathak, Anil Chandra, Rakesh Kumar Yadav, Ramesh Bharti, and Rajeev Kumar Singh. 2016. "An Invitro Evaluation of Antimicrobial Efficacy and Flow Characteristics for AH Plus, MTA Fillapex, CRCS and Gutta Flow 2 Root Canal Sealer." *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR* 10 (8): ZC104.
- Singh, Gurpreet, Faheim Mm Elshamy, Husham E Homeida, Nezar Boreak, and Iti

- Gupta. 2016. "An in Vitro Comparison of Antimicrobial Activity of Three Endodontic Sealers with Different Composition." *The Journal of Contemporary Dental Practice* 17 (7): 553–56.
- Singh, Gurpreet, Iti Gupta, Faheim M M Elshamy, Nezar Boreak, and Husham Elraih Homeida. 2016. "In Vitro Comparison of Antibacterial Properties of Bioceramic-Based Sealer, Resin-Based Sealer and Zinc Oxide Eugenol Based Sealer and Two Mineral Trioxide Aggregates." *European Journal of Dentistry* 10 (03): 366–69.
- Siqueira Jr, José Freitas. 2001. "Aetiology of Root Canal Treatment Failure: Why Well-treated Teeth Can Fail." *International Endodontic Journal* 34 (1): 1–10.
- Siqueira Junior, José Freitas, Isabela das Neves Rôças, Marília Fagury Marceliano-Alves, Alejandro Ron Pérez, and Domenico Ricucci. 2018. "Unprepared Root Canal Surface Areas: Causes, Clinical Implications, and Therapeutic Strategies." *Brazilian Oral Research* 32.
- Smyth, Cyril J, M Kenneth Halpenny, and Sarah J Ballagh. 1987. "Carriage Rates of Enterococci in the Dental Plaque of Haemodialysis Patients in Dublin." *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 25 (1): 21–33.
- Torabinejad, Mahmoud, and Noah Chivian. 1999. "Clinical Applications of Mineral Trioxide Aggregate." *Journal of Endodontics* 25 (3): 197–205.
- Torabinejad, Mahmoud, Richard E Walton, and F Ashraf. 2009. "Endodontics Principles and Practice 5ta." *Edición Cap 20*: 355–75.
- Viapiana, Raqueli, J Guerreiro-Tanomaru, M Tanomaru-Filho, and J Camilleri. 2014. "Interface of Dentine to Root Canal Sealers." *Journal of Dentistry* 42 (3): 336–50.
- Vitti, Rafael Pino, Carlo Prati, Emmanuel João Nogueira Leal Silva, Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, Cesar Henrique Zanchi, Manuela Gonçalves de Souza e Silva, Fabrício Aulo Ogliari, Evandro Piva, and Maria Giovanna Gandolfi. 2013. "Physical Properties of MTA Fillapex Sealer." *Journal of Endodontics* 39 (7): 915–18.
- Wang, Zhejun. 2015. "Bioceramic Materials in Endodontics." *Endodontic Topics* 32

(1): 3–30.

Wang, Zhejun, Ya Shen, and Markus Haapasalo. 2014. "Dentin Extends the Antibacterial Effect of Endodontic Sealers against *Enterococcus Faecalis* Biofilms." *Journal of Endodontics* 40 (4): 505–8.

Zhang, Hui, Ya Shen, N Dorin Ruse, and Markus Haapasalo. 2009. "Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test against *Enterococcus Faecalis*." *Journal of Endodontics* 35 (7): 1051–55.

Zhang, W, Z Li, and B Peng. 2010. "Ex Vivo Cytotoxicity of a New Calcium Silicate–Based Canal Filling Material." *International Endodontic Journal* 43 (9): 769–74.

Zordan-Bronzel, Cristiane Lopes, Fernanda Ferrari Esteves Torres, Mario Tanomaru-Filho, Gisselle Moraima Chávez-Andrade, Roberta Bosso-Martelo, and Juliane Maria Guerreiro-Tanomaru. 2019. "Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–Based Sealer, Bio-C Sealer." *Journal of Endodontics* 45 (10): 1248–52.