

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO DE DOS
CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIO C SEALER Y ENDOSEAL MTA
FRENTE A *ENTEROCOCCUS FAECALIS***

**TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. FRANCISCO ANTONIO BELTRÁN GASTÉLUM

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. MARIA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DR. JULIO CESAR GARCÍA BRIONES

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

M.E NAHIR FERNANDO NARANJO CINTORA

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afromexicanas"
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, Baja California a, 5 de junio de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO DE DOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIO C SEALER Y ENDOSEAL MTA FRENTE A ENTEROCOCCUS FAECALIS.**

Propuesto por el **C.D. FRANCISCO ANTONIO BELTRÁN GASTELUM**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO
PRESIDENTE

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a, 5 de Junio de 2024

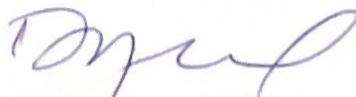
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO DE DOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIO C SEALER Y ENDOSEAL MTA FRENTE A ENTEROCOCCUS FAECALIS.**

Propuesto por el **C.D. FRANCISCO ANTONIO BELTRÁN GASTELUM**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

**ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER**



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS
SINODAL

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afromexicanas"
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, Baja California a, 5 de junio de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO DE DOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIO C SEALER Y ENDOSEAL MTA FRENTE A ENTEROCOCCUS FAECALIS.**

Propuesto por el **C.D. FRANCISCO ANTONIO BELTRÁN GASTELUM**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

A T E N T A M E N T E
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"


DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES
SINODAL

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a, 5 de junio de 2024

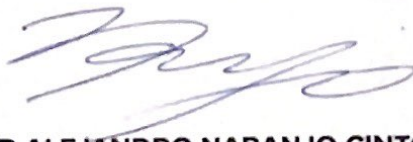
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO DE DOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIO C SEALER Y ENDOSEAL MTA FRENTE A ENTEROCOCCUS FAECALIS.**

Propuesto por el C.D. FRANCISCO ANTONIO BELTRÁN GASTELUM, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

**ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"**



ME NAHIR ALEJANDRO NARANJO CINTORA
SINODAL

**EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO DE DOS
CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIO C SEALER Y ENDOSEAL
MTA FRENTE A ENTEROCOCCUS FAECALIS**

PRESENTA



C.D. FRANCISCO ANTONIO BELTRÁN GASTÉLUM

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)



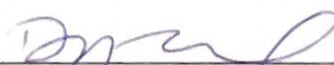
DRA. MARIA ELENA DE LOS ANGELES HOFMANN SALCEDO

SINODALES

(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)



DR. JULIO CESAR GARCIA BRIONES



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA
MANÇILLAS



M.E NAHIR ALEJANDRO NARANJO CINTORA

Tijuana, Baja California, junio de 2024

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos personales:

Primeramente, agradezco a Dios por darme la fuerza, sabiduría y conocimiento para sobrellevar este gran e importante proceso de mi vida. Sin su enseñanza y guía simplemente sería incapaz.

Agradezco a mi familia, especialmente a mis padres por su apoyo y amor incondicional a lo largo de este maravilloso camino que ha sido esta especialidad. Su ejemplo y su amor han sido piedra angular e inspiración en mi desarrollo profesional. A mi hermana, su familia y abuela por ser mis cómplices, mis mejores amigos y por siempre creer en mí.

Agradezco a la Dra. María de los ángeles Hofmann Salcedo directora de este proyecto, por el tiempo durante la carrera que se dio para asesorar y cuidar el presente proyecto.

A la Dra. Dulce Yicel Magaña Mancilla, por su apoyo y asesoría durante la realización de esta investigación.

A la Dra. Angelica Hurtado Camarena, agradezco su apoyo incondicional, su disposición y su paciencia para guiarme a lo largo de este proyecto, y a quien admiro su dedicación, constancia y amor por su trabajo.

Al Dr. Nahir Alejandro Naranjo Cintora, por ofrecerme su apoyo durante la realización de este proyecto, por el conocimiento, consejo y apoyo que me brindo y especialmente por su atención fuera de sus horarios laborales que sin ellos este proyecto no se pudiera llevar a cabo como resultó.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros de posgrado, por su amistad sincera y por recorrer juntos este camino.

Agradecimientos Institucionales:

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes instituciones por su apoyo durante la realización de este proyecto de investigación: A CONACyT por la beca otorgada, No. CVU: 1000401. A la Universidad Autónoma de Baja California y al Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología Campus Tijuana, especialmente a la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez por permitirme formar parte de esta institución.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
CONTENIDO	iii
INDICE DE FIGURAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS	vi
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
2.1. ENDODONCIA	3
2.2. MICROORGANISMOS PATOLOGICOS EN ENDODONCIA	3
2.2.1 BACTERIAS	4
2.2.2 Biopelícula (Biofilm)	5
2.3. INFECCIONES ENDODONTICAS.....	6
2.3.2. las infecciones extraradiculares	6
2.3.1. Infecciones interradiculares	7
2.3.1.1 infecciones primarias	7
2.3.1.2 infecciones secundarias	7
2.3.1.3 Infecciones persistentes.....	8
2.4. ENTEROCOCCUS FAECALIS	8
2.4.1. Fisiología.....	8
2.4.1. Prevalencia	8
2.5. TRIADA ENDODÓNTICA	9
2.6. OBTURACION TRIDIMENSIONAL ENDODONTICA.....	10
2.7. CEMENTOS ENDODÓNTICOS.....	11
2.7.1. Materiales biocerámicos en endodoncia	13
2.7.2. Ventajas de los biocerámicos	13
2.7.3. Biocerámicos como cementos en endodoncia	14
2.7.4. Efecto antibacteriano de cementos biocerámicos.....	14
2.7.5. Selección de cementos.....	15
2.7.5.1. Bio C Sealer.....	15
2.7.5.2. EndoSeal.....	15
2.8 PRUEBAS DE SENSIBILIDAD ANTIMICROBIANA	16

2.8.1. Pruebas de sensibilidad microbiana en odontología	17
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
IV. JUSTIFICACIÓN	19
V. HIPÓTESIS	20
5.1 Hipótesis de trabajo	20
5.2 Hipótesis Nula (H0).....	20
5.3 Hipótesis Alternativa (H1)	20
VI. OBJETIVOS	21
6.1 Objetivo general.....	21
6.2 Objetivo específico.....	21
VII. VARIABLES	22
7.1 Variables independientes.....	22
7.2 Variables dependientes.....	22
7.3 Operación de variables.....	22
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	23
8.1 Tipo de estudio.....	23
8.2 Universo de estudio	23
8.3. Materiales e instrumental.....	24
8.4 METODOLOGÍA.....	25
8.4.1 Esterilización	25
8.4.2 Clasificación de cajas Petri	25
8.4.2 Clasificación de cajas Petri	26
8.4.3 Pesaje de cementos	26
8.4.4 Perforación de agar	27
8.4.5 Inoculación de las placas.....	28
8.4.6 Preparación y colocación	29
8.4.7 Registro de resultados.....	29
8.5 Análisis estadístico	30
IX. RESULTADOS	31
X. DISCUSIÓN	33
XI. CONCLUSIONES	37
XII. RECOMENDACIONES.....	38
XIII. BIBLIOGRAFÍA	39

INDICE DE FIGURAS

Imagen 1. Facultad de Odontología UABC Mexicali	23
Imagen 2. EndoSeal MTA (izquierda) y Bio C Sealer (derecha)	24
Imagen 3. Caldos y material estériles por autoclave	25
Imagen 4. Rotulado de cajas.....	26
Imagen 5. Pesaje de cementos	27
Imagen 6. Punta de pipeta estéril (izquierda) y cajas con perforaciones (derecha)	27
Imagen 7. inoculación de placas	28
Imagen 8. Colocación de todos los grupos en cajas	29
Imagen 9. Halos de inhibición y sus mediciones	30
Imagen 10. Comparativo de las dimensiones.....	¡Error! Marcador no definido.
Imagen 11. Resultados de prueba de Dunn	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE ABREVIATURAS

pH	Potencial de hidrógeno
<i>E.Faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
MTA	Mineral trióxido agregado
Bio C	Bioceramic (Biocerámico)
NaOCl	Hipoclorito de sodio
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
BHI	Caldo cerebro-corazón

I. RESUMEN

El objetivo principal del tratamiento endodóntico es erradicar los microorganismos del sistema de conductos infectado y evitar y prevenir la recontaminación de éste. Esto se consigue mediante limpieza mecánica, irrigación con soluciones antibacterianas, así como sellado temporal entre citas y una obturación adecuada del conducto radicular. Sin embargo, es imposible eliminar por completo los microbios del sistema de conductos radiculares en todos los casos y el tratamiento del conducto radicular reduce, pero no elimina todos los microbios, y a menudo quedan bacterias viables en los túbulos dentinarios y los conductos laterales.

Los selladores de conductos radiculares están destinados a enterrar los microbios restantes y evitar una mayor contaminación microbiana. La mayoría de los selladores de conductos radiculares tienen actividad antimicrobiana a corto plazo, principalmente debido a la liberación de sus componentes no reactivos y no unidos beneficiosa para reducir y prevenir el crecimiento de microbios residuales.

Por consiguiente, el uso de materiales de obturación del conducto radicular con actividad antibacteriana se considera beneficioso para reducir aún más el número de microorganismos restantes y erradicar la infección; pero la eliminación completa de todos los microorganismos supone de un gran reto.

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto antibacteriano de los cementos biocerámicos Bio C Sealer® y EndoSeal MTA® en presencia de *Enterococcus faecalis* a través de una prueba experimental in vitro utilizando el método de difusión de agar y valorando dichos resultados después de un periodo de incubación de 24 horas.

The main objective of endodontic treatment is to eradicate microorganisms from the infected canal system and to avoid and prevent recontamination of the infected canal system. This is achieved by mechanical cleaning, irrigation with antibacterial solutions, as well as temporary sealing between appointments and proper obturation of the root canal. However, it is impossible to eliminate all microbes from the root canal system in all cases and root canal treatment reduces but does not eliminate all microbes, and viable bacteria often remain in the dentinal tubules and lateral canals.

Root canal sealers are intended to bury the remaining microbes and prevent further microbial contamination. Most root canal sealers have short-term antimicrobial activity, primarily due to the release of their nonreactive and nonunion components beneficial in reducing and preventing residual microbial growth.

Therefore, the use of root canal filling materials with antibacterial activity is considered beneficial to further reduce the number of remaining microorganisms and eradicate infection; but complete elimination of all microorganisms is a major challenge.

The aim of the present study is to evaluate the antibacterial effect of Bio C Sealer® and EndoSeal MTA® both bioceramic cements in the presence of *Enterococcus faecalis* at the end of the periodontal period.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es el campo de la odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, la fisiología, y la patología de la pulpa dental, así como la prevención y el tratamiento de las alteraciones pulpares y de sus repercusiones sobre los tejidos periapicales. En lo que respecta a los tratamientos radiculares, la pulpectomía, y el tratamiento de los dientes con pulpa enferma, la endodoncia procura conservar los dientes cuya pulpa, por alguna razón, se encuentra afectada en forma irreversible o perdió la capacidad de mantenerse con vitalidad (1).

Para poder realizar un tratamiento favorable al padecimiento a tratar se requerirá de un correcto diagnóstico, siendo este el arte y la ciencia de la detección y la diferenciación de las desviaciones con respecto a la salud, y la causa y la naturaleza de estas (2). Sin embargo, ni el arte ni la ciencia resultan eficaces por si solas.

Para lograr establecer un diagnóstico diferencial en endodoncia se necesita una mezcla singular de conocimientos, destreza y capacidad de distintas ciencias básicas de la salud como la microbiología, histología, bioquímica, inmunología y algunas ciencias clínicas como la periodoncia, medicina interna y cirugía (2,3).

Por lo tanto, el objetivo final del tratamiento endodóntico es eliminar los microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares, eliminar el tejido pulpar desintegrado que podría servir de sustrato para el crecimiento microbiano y rellenar el espacio endodóntico para impedir la recolonización bacteriana, con el fin de prevenir la periodontitis apical o permitir su resolución(4).

2.2. MICROORGANISMOS PATOLOGICOS EN ENDODONCIA

Un concepto tradicional que explica los procesos infecciosos que ocurren en los seres humanos sugiere que las enfermedades se producen como resultado de la

invasión agresiva de microorganismos nocivos, que luchan contra las defensas del huésped humano y desencadenan mecanismos de defensa (5).

La pulpa y la dentina forman un complejo funcional, el cual está protegido tanto por sustancias exógenas de la cavidad bucal como por estructuras dentarias (esmalte y cemento). Los dientes comparten el microambiente de la cavidad bucal con alrededor de 500 especies bacterianas, y si esta protección se rompe, algunos microorganismos pueden llegar a ella (1,3).

Los microorganismos llegan a la cámara pulpar por diferentes vías; por fractura del tejido dentinario, como resultado de la historia natural de la caries dental y por procedimientos odontológicos. Otras fuentes de infección son los túbulos dentinarios expuestos a la superficie de la raíz debido a fisuras en el cemento, caries radicular, o enfermedad periodontal (3). En esta situación, el tejido pulpar impotente, no consigue impedir la infiltración y la diseminación de los microorganismos o de sus productos y comienzan a desintegrarse porciones de la pulpa (1).

Se ha detectado la presencia de hongos y, más recientemente, arqueas y virus en las infecciones endodónticas, pero las bacterias constituyen los principales microorganismos implicados en la infección endodóntica (2).

2.2.1 BACTERIAS

Las bacterias son microorganismos unicelulares que pueden estar presentes en el ambiente, en el cuerpo humano, y también en el ámbito estomatológico. En el campo de la endodoncia, las bacterias juegan un papel crucial en la patología de la pulpa dental y en la respuesta del tejido perirradicular (2).

En los casos de pulpitis irreversible, las bacterias pueden extenderse a través de los conductos radiculares y llegar al tejido periapical, desencadenando una respuesta inflamatoria en el tejido perirradicular. Esta inflamación puede resultar en un absceso periapical o en una lesión granulomatosa o quística alrededor de la raíz del diente afectado (1–3). En estos casos, el tratamiento endodóntico, como la

realización de una endodoncia o de una cirugía periapical, es necesario para eliminar las bacterias y preservar el diente.

Las bacterias presentes en las infecciones endodónticas suelen ser principalmente bacterias anaerobias, que se desarrollan en ausencia de oxígeno, como por ejemplo las especies de *Porphyromonas*, *Prevotella* y *Fusobacterium*. Estas bacterias son resistentes a los tratamientos convencionales con antibióticos y su eliminación requiere de un tratamiento de conducto efectivo y de una desinfección adecuada(1–3).

Asimismo, el avance en el conocimiento de genética bacteriana ha proporcionado herramientas muy importantes en el desarrollo tecnológico para diagnóstico de enfermedades infecciosas y adelantos en el conocimiento de patogenia de enfermedades infecciosas y no infecciosas. Las características del material genético de las bacterias y la plasticidad para modificarlo o intercambiarlo de manera horizontal, así como los múltiples mecanismos de regulación de su expresión ante diferentes condiciones ambientales hacen que estos microorganismos puedan adaptarse, vivir como comensales, ser oportunistas o francamente patógenos (3).

2.2.2 Biopelícula (Biofilm)

La biopelícula se puede definir como una comunidad microbiana multicelular sésil que se caracteriza por la presencia de células que se unen firmemente a la superficie y que se encuentran inmersas en una matriz de sustancia poliméricas extracelulares, normalmente polisacáridos (2).

La capacidad de formar comunidades se puede considerar esencial para la supervivencia microbiana, prácticamente en cualquier entorno, la mayoría de los microorganismos de la naturaleza tiene a crecer y funcionar invariablemente como miembros de comunidades o biopelículas integrados metabólicamente (6).

En este sentido, la investigación continua sobre la biopelícula bacteriana en endodoncia es crucial para comprender mejor la dinámica de estas infecciones, así

como para desarrollar nuevas estrategias terapéuticas que mejoren la eficacia de los tratamientos endodónticos y reduzcan la recurrencia de las infecciones (1–3).

La identificación de las especies bacterianas presentes en la infección, junto con la elección de los tratamientos más apropiados, son aspectos fundamentales para lograr resultados exitosos en la endodoncia y para preservar la integridad del diente y del tejido perirradicular (2,5).

2.3. INFECCIONES ENDODÓNTICAS

Las infecciones endodónticas son aquellas infecciones que se producen en el interior de la pulpa dental, la cual está formada por tejido conectivo, nervios y vasos sanguíneos. Estas infecciones pueden ser de diferentes tipos y presentar distintas características clínicas, dependiendo del momento en que se producen y de la localización de la infección en el diente. Las infecciones endodónticas se desarrollan en un lugar previamente estéril que no contiene una microbiota normal. Cualquier especie que allí se encuentre tiene la posibilidad de ser un patógeno endodóntico, o al menos de participar en la ecología de la comunidad microbiana endodóntica (1,2,5,7).

2.3.2. Infecciones extraradiculares

Son aquellas que se desarrollan fuera de la raíz del diente, en los tejidos que rodean la raíz, como el hueso alveolar o los tejidos blandos de la encía.

Una de las principales características de las infecciones extraradiculares endodónticas es la formación de biofilm, actuando como una comunidad microbiana adherida en la superficie extraradicular, recubierta por una matriz de polisacáridos extracelulares producidos por las propias bacterias. Este biofilm protege a las bacterias del sistema inmunológico del hospedero y de los agentes antimicrobianos, lo que dificulta su erradicación y hace que las infecciones sean más persistentes y recurrentes (8,9).

2.3.1. Infecciones intraradiculares

Las infecciones intraradiculares son aquellas que se producen dentro de la pulpa dental y se extienden a lo largo de las raíces del diente. Es importante diagnosticar y tratar las infecciones intraradiculares de manera oportuna, ya que, si se dejan sin tratar, pueden provocar complicaciones más graves, como la formación de quistes periapicales, la destrucción del hueso alveolar y la pérdida del diente afectado. Además, estas infecciones también pueden tener repercusiones en la salud general del paciente, ya que se ha demostrado que existe una relación entre las enfermedades periodontales y sistémicas, como enfermedades cardíacas, diabetes y enfermedades respiratorias (2,8).

2.3.1.1 infecciones primarias

Son aquellas que se producen por primera vez en un diente que no ha sido tratado previamente o que no ha sufrido daño previo, generalmente son causadas por la invasión de bacterias (dominada por bacterias anaerobias), a través de caries profundas o fracturas del esmalte dentario (1,7).

2.3.1.2 infecciones secundarias

Son aquellas que se desarrollan en un diente que ha sido previamente tratado endodónticamente pero que ha vuelto a infectarse debido a la presencia de bacterias en el conducto radicular (7). Para que las bacterias persistan después de realizar el tratamiento, deben resistir a los procedimientos de desinfección intraradicular y adaptarse al entorno drásticamente modificado (1,10).

Varias estrategias pueden ayudar a las bacterias a resistir el tratamiento. Por ejemplo, las bacterias pueden adherirse a las paredes del conducto radicular, acumularse y formar comunidades organizadas en biopelículas (mencionadas anteriormente), que pueden ser importantes para la resistencia bacteriana y persistencia tras procedimientos antimicrobianos intraconductos (2). Es probable que las bacterias localizadas en ramificaciones, istmos y otras irregularidades escapen a los efectos de los instrumentos (debido a las limitaciones físicas) e

irrigantes (por falta de tiempo) utilizados durante los procedimientos quimio mecánicos (1,5).

2.3.1.3 Infecciones persistentes

Las infecciones endodónticas persistentes son una de las complicaciones más comunes que pueden surgir luego de una endodoncia. Estas infecciones se caracterizan por la presencia de bacterias en el interior del diente, que continúan proliferando y causando síntomas en el paciente (3,7,11).

Las causas de las infecciones endodónticas persistentes pueden ser diversas, entre las que se encuentran una mala técnica en el procedimiento de endodoncia, la presencia de canales radiculares complejos que dificultan la limpieza adecuada, resistencia bacteriana, la presencia de retratamientos endodónticos previos que no fueron efectivos, entre otros factores (1,2,12).

2.4. ENTEROCOCCUS FAECALIS

2.4.1. Fisiología

Los Enterococos son cocos inmóviles Gram positivos, que pueden crecer individualmente, en pares o en cadenas cortas. Son anaerobios facultativos, que poseen la capacidad de crecer en presencia o ausencia de oxígeno. Además, es capaz de fermentar diversos azúcares para obtener energía, lo que le permite vivir en ambientes extremos que incluyen pH altamente alcalino de 9,6 y elevadas concentraciones de sal (3,13).

2.4.1. Prevalencia

El *Enterococcus faecalis* es una bacteria Grampositiva que habitualmente se encuentra en el tracto gastrointestinal humano, pero también puede ser responsable de infecciones en el tracto urinario, heridas, cavidades bucales y en el sistema nervioso central. Esta bacteria ha adquirido importancia clínica debido a su

capacidad de resistir a varios tipos de antibióticos, lo que la convierte en una causa común de infecciones hospitalarias y postoperatorias (2,9).

Una de las características más destacadas del *E. faecalis* es su resistencia a la desecación, los desinfectantes y a algunos antibióticos, lo que hace que sea difícil de erradicar una vez establecida la infección. Esta resistencia se debe en parte a la presencia de una gruesa capa de peptidoglicano en su pared celular, que actúa como barrera protectora contra los agentes antimicrobianos (2,14).

Además, el *E. faecalis* posee la capacidad de formar biofilms, comunidades bacterianas adheridas a superficies bióticas o abióticas, lo que les confiere una mayor resistencia a los tratamientos antimicrobianos y al sistema inmune del huésped. Estos biofilms pueden formarse en distintos lugares, como catéteres, prótesis o cavidades dentales, facilitando la persistencia de la infección (2,13,15).

El *E. faecalis* revela una bacteria versátil, capaz de adaptarse a diferentes condiciones ambientales y resistir a múltiples mecanismos defensivos. Su capacidad de formar biofilms y su resistencia a los antibióticos lo convierten en un desafío para el tratamiento de las infecciones que causa, por lo que es crucial una identificación temprana y un enfoque terapéutico adecuado (6,13,16).

2.5. TRIADA ENDODÓNTICA

La triada endodóntica, formada por la asepsia, preparación biomecánica y sellado apical, es fundamental en el tratamiento de las enfermedades de la pulpa dental. En este ensayo, analizaremos en detalle cada uno de estos aspectos y la importancia que tienen en el éxito del tratamiento endodóntico (1,2).

La asepsia es el primer paso en cualquier procedimiento endodóntico, ya que es fundamental asegurar un ambiente libre de microorganismos patógenos en el conducto radicular. La contaminación bacteriana es la principal causa de fracaso en los tratamientos endodónticos, por lo que es crucial tomar medidas para asegurar la esterilización de todo el material utilizado durante el procedimiento. Esto incluye el uso de barreras de protección, esterilización adecuada de los instrumentos y

desinfección del campo operatorio. Además, es importante utilizar técnicas asépticas durante todo el tratamiento para minimizar el riesgo de reinfección (2,5,7).

La preparación biomecánica se refiere al proceso de remoción del tejido pulpar infectado o necrótico, así como la limpieza y conformación de los conductos radiculares. Para lograr una adecuada preparación biomecánica, es necesario utilizar instrumentos rotatorios, como limas y fresas, para eliminar los restos de tejido pulpar y dentina infectada. Además, es importante utilizar soluciones irrigantes para limpiar los conductos radiculares y eliminar los microorganismos presentes en ellos. La forma y la limpieza adecuada de los conductos radiculares contribuyen significativamente al éxito del tratamiento endodóntico, ya que facilitan la obturación tridimensional de los mismos (2,17).

El sellado apical es el último paso en el tratamiento endodóntico y tiene como objetivo prevenir la filtración de fluidos y microorganismos desde el periápice hacia el conducto radicular. Para lograr un sellado apical efectivo, es necesario utilizar materiales de obturación compatibles con los tejidos periapicales y que proporcionen una barrera hermética en el ápice radicular. Los materiales más utilizados para el sellado apical son el gutapercha y los selladores endodónticos, que se introducen en el conducto radicular de forma tridimensional para asegurar un sellado completo y duradero (1,2).

2.6. OBTURACIÓN TRIDIMENSIONAL ENDODÓNTICA

La obturación en endodoncia es uno de los pasos más importantes en el tratamiento de conductos radiculares, ya que representa la fase final en la preservación del órgano dentario para ser restaurado. La obturación tiene como objetivo sellar de forma hermética y tridimensional el sistema de conductos radiculares, impidiendo la filtración de bacterias y evitando la recolonización de microorganismos que puedan causar una reinfección (18).

Para obtener una obturación de calidad, es fundamental realizar una adecuada preparación del conducto radicular, eliminando todo el tejido pulpar infectado o

necrótico, así como los restos de dentina infectada y otras sustancias irritantes presentes en el sistema de conductos. Además, es importante llevar a cabo una irrigación metódica con soluciones antimicrobianas para eliminar las bacterias presentes en el conducto radicular (19).

Una vez que el conducto radicular ha sido preparado adecuadamente, se procede a la obturación de este. Para ello, se utilizan materiales obturadores como la gutapercha, un material inerte y biocompatible que se adapta perfectamente al interior del conducto radicular. La gutapercha se inserta en el conducto utilizando técnicas de compactación lateral, vertical o lateral-obturación, dependiendo de la anatomía del conducto y las preferencias del clínico (20).

La obturación en endodoncia no solo consiste en rellenar el conducto radicular con gutapercha, sino que también se deben utilizar selladores de conductos para asegurar la hermeticidad y prevenir la filtración de fluidos y bacterias. Estos selladores actúan como una barrera que impide la extravasación de material obturador y aseguran que el sellado del conducto sea completo y duradero(21).

La obturación en endodoncia es un paso fundamental en el tratamiento de conductos radiculares, ya que impulsa la preservación de la pieza dental y la prevención de reinfecciones. Para lograr una obturación de calidad, es esencial realizar una adecuada preparación del conducto radicular, seguida de una obturación con materiales obturadores y selladores de conductos que garanticen un sellado hermético y duradero (17–21).

2.7. CEMENTOS ENDODÓNTICOS

El cemento en endodoncia es un material utilizado para sellar y rellenar los conductos radiculares una vez que se ha limpiado adecuadamente el tejido pulpar infectado. Su función principal es sellar herméticamente el conducto radicular para evitar la entrada de microorganismos y prevenir la recurrencia de la infección (1,2,16).

II. INTRODUCCIÓN

La historia de los cementos endodónticos se remonta a principios del siglo XX, cuando los odontólogos comenzaron a buscar formas más efectivas para sellar y restaurar los canales radiculares después de un tratamiento endodóntico. En la década de 1920, se desarrollaron los primeros cementos endodónticos, compuestos principalmente por cementos inorgánicos como el zinc-óxido y el aluminio-óxido. Sin embargo, estos materiales no ofrecían la resistencia y durabilidad necesarias para un sellado efectivo (22,23).

En la década de 1950, se introdujeron los cementos resinosos, compuestos por monómeros y polímeros, que mejoraron significativamente la resistencia y durabilidad. Sin embargo, también tenían limitaciones, como la posibilidad de descomposición y la formación de bolsas de aire (8).

La erradicación completa de las bacterias de los conductos radiculares con las estrategias terapéuticas puede no ser posible debido a las limitaciones de la instrumentación mecánica. Los espacios vacíos y las burbujas de aire, a menudo atrapados en el conducto radicular obturado, pueden servir de foco infeccioso para microorganismos que provocan micro fugas y el fracaso a largo plazo del tratamiento endodóntico(10,24). Un dato clínicamente relevante son los poros abiertos que se producen en la interfase entre el sellador y la pared dentinaria o la gutapercha, que pueden ofrecer una vía de crecimiento y migración de microorganismos hacia la región periapical (24).

Sería ventajoso que los materiales de obturación del conducto radicular tuvieran una sustantividad antimicrobiana para eliminar los microbios residuales que sobreviven al proceso inicial de desinfección del conducto radicular dentro de los túbulos dentinarios o en forma de biopelícula en los conductos radiculares intactos (25).

En la década de 1980, se desarrollaron los primeros cementos endodónticos biocerámicos, que combinaban las propiedades biomecánicas y biocompatibles de los materiales cerámicos con las características de sellado y restauración de los cementos. Estos materiales eran más resistentes y duraderos que los anteriores, y

también presentaban una mayor tolerancia a la carga y una menor probabilidad de descomposición.

La selección del cemento adecuado y su correcta aplicación pueden marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un tratamiento endodóntico (12).

2.7.1. Materiales biocerámicos en endodoncia

En las disciplinas médica y odontológica, los biocerámicos son materiales inorgánicos, no metálicos y biocompatibles utilizados en contacto directo con tejidos vivos (15)

los biocerámicos se consolidan como una excelente opción para el sellado de conductos radiculares en endodoncia, gracias a sus propiedades biológicas, mecánicas y antimicrobianas. Su capacidad de estimular la formación de tejido de reparación, su resistencia a la compresión y su fácil manipulación los convierten en una alternativa segura y eficaz en el tratamiento endodóntico (2,26,27).

2.7.2. Ventajas de los biocerámicos

La filosofía subyacente de los selladores a base de silicato cálcico se basa en el agregado de trióxido mineral (MTA) y su favorable éxito clínico y biológico. Estos selladores son biocompatibles y forman una superficie biomimética superficial de apatita al interactuar con soluciones corporales simuladas que contienen fosfatos. Tienen capacidad de liberación de calcio y combinan bien con diversos materiales de muñones gracias a su adecuada fluidez y a sus buenas propiedades de manipulación (10,24,28)

En comparación con otros materiales de obturación, los biocerámicos presentan una mayor resistencia a la compresión y una menor contracción, lo que puede llegar a garantizar un sellado hermético y duradero de los conductos radiculares (10).

2.7.3. Biocerámicos como cementos en endodoncia

Los selladores endodónticos tienen una función importante en el control de la infección endodóntica al bacterias residuales y evitando la fuga de nutrientes y la reinfección del conducto radicular. Además, algunos selladores tienen actividad antimicrobiana, lo que se considera beneficiosa para reducir y prevenir el crecimiento de bacterias residuales (12).

Los selladores de conductos radiculares están destinados a enterrar los microbios restantes y evitar una mayor contaminación microbiana. La mayoría de los selladores de conductos radiculares tienen actividad antimicrobiana a corto plazo, principalmente debido a la liberación de sus componentes no reactivos y no unidos. La actividad antimicrobiana continuada de los selladores es beneficiosa para reducir y prevenir el crecimiento de microbios residuales (16,26).

2.7.4. Efecto antibacteriano de cementos biocerámicos

Diferentes microorganismos en la infección del conducto radicular pueden invadir los túbulos dentinarios, donde las bacterias viables pueden estar mejor protegidas de los irrigantes desinfectantes que en el conducto principal. El uso de selladores debería de disminuir aún más el número de microorganismos remanentes, con el fin de reducir el riesgo de infección y eliminación de bacterias en la dentina infectada (15).

Estos biocerámicos poseen composiciones únicas, y un componente clave responsable de sus efectos antimicrobianos es el silicato de calcio. Los selladores a base de silicato cálcico contienen este componente que presenta propiedades antimicrobianas inherentes. Cuando estos selladores entran en contacto con bacterias, el silicato de calcio libera iones de hidróxido de calcio que crean un entorno alcalino. Esta alcalinidad altera los procesos celulares de los microorganismos, inhibiendo su crecimiento y promoviendo efectos antimicrobianos (28).

2.7.5. Selección de cementos

2.7.5.1. *Bio C Sealer*

Bio C Sealer, es un cemento endodóntico biocerámico premezclado de la casa comercial Angelus, fabricado a base de silicato de calcio, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, óxido de zirconio, óxido de silicio, polietilenglicol y óxido de hierro. Un estudio realizado por Zordan-Bronzel y cols. en 2019, demostraron que dentro de sus características se encuentra un tiempo de fraguado menor comparado con otros cementos (AH Plus y Totalfill BC); además de mostrar mejor capacidad de fluidez, y buena radiopacidad; sin embargo, presenta mayor solubilidad que otros cementos, esto debido a su potencial bioactivo. Su capacidad de alcalinización juega un papel importante en la cicatrización apical, contribuyendo a la mineralización de tejidos cicatrizados (29).

La biocompatibilidad y bioactividad son propiedades importantes de los cementos endodónticos, por su contacto con los tejidos periapicales y de esta manera influir en su reparación. Los selladores de silicato de calcio proveen baja citotoxicidad e inducen una reacción inflamatoria leve a moderada. Silva y cols. en 2020, determinaron que Bio C Sealer®, presentó un menor índice de células inflamatorias, que el resto de los cemento evaluados (AH Plus y Sealer Plus BC) (29,30).

2.7.5.2. *EndoSeal*

EndoSeal MTA es un sellador de conductos radiculares en pasta a base de cemento de puzolana, un material que, con su ingrediente principal, la ceniza volcánica, se utiliza en la odontología por sus propiedades hidráulicas, biocompatibles, y posee excelentes propiedades físicas y biológicas del MTA. Está premezclado y precargado en una jeringa que permite la aplicación directa del sellador en el conducto radicular sin necesidad de mezclar polvo/líquido, a diferencia de otros productos.

EndoSeal MTA se ha desarrollado para la obturación del conducto radicular y la reparación de perforaciones radiculares, previniendo eficazmente la irritación del tejido periapical, así como la infección secundaria.

EndoSeal MTA puede utilizarse como sellador bioactivo del conducto radicular para mejorar la biomineralización de los túbulos dentinarios cuando se combina con presión de condensación vertical y del núcleo. En su composición química contiene óxido de bismuto como material radiopaco que tiene potencial de decoloración. Sin embargo, las reacciones puzolánicas evitan la decoloración radicular (31).

2.8 PRUEBAS DE SENSIBILIDAD ANTIMICROBIANA

Las pruebas de sensibilidad antimicrobiana son procedimientos que evalúan la capacidad de los antibióticos o agentes antimicrobianos para inhibir el crecimiento de microorganismos, como bacterias, hongos o virus. Estas pruebas son fundamentales en el área de la salud ya que impactan en la investigación en microbiología, odontología y medicina. Lo anterior, permite determinar la eficacia y seguridad de los tratamientos antimicrobianos (32–34).

Existen varios tipos de pruebas de sensibilidad antimicrobiana, incluyendo:

Método de disolución en caldo: En este método, se disuelve un antibiótico en un medio de cultivo y se adiciona un sujeto microbiano. La concentración mínima inhibitoria se determina midiendo la turbidez del medio (3).

técnica de Kirby Bauer: La prueba de sensibilidad de Kirby-Bauer es una técnica estandarizada utilizada para determinar la sensibilidad de las bacterias a diferentes antibióticos. Se desarrolló en 1959 y se ha convertido en un método fundamental en el diagnóstico microbiológico (3,33).

En este método, se coloca un disco con un antimicrobiano en un medio de cultivo sobre una bacteria o microorganismo que fue sembrado previamente en el agar. La zona de inhibición alrededor del disco se mide para determinar la sensibilidad del

microorganismo. Los resultados se interpretan basándose en la leyenda de Kirby-Bauer, que clasifica las bacterias en sensibles, resistentes o intermedias (3,34).

La prueba tiene varias aplicaciones prácticas en medicina, como la determinación de la sensibilidad a los antibióticos, la evaluación de nuevos antibióticos, el seguimiento de la resistencia a los antibióticos y la prevención de la resistencia. Sin embargo, también tiene limitaciones, como la falta de especificidad para determinadas especies bacterianas, la no evaluación de la actividad bactericida y la no idoneidad para evaluar la resistencia a antifúngicos o antimicóticos (3,33).

2.8.1. Pruebas de sensibilidad microbiana en odontología

Las pruebas de sensibilidad antimicrobiana son fundamentales en la investigación para la detección de resistencias: Permiten detectar la resistencia de los microorganismos a los antibióticos e identificar los patógenos que pueden desarrollar resistencias. Diseño de tratamientos: Ayudan a determinar la eficacia y seguridad de los tratamientos antimicrobianos y a diseñar nuevas estrategias (32). Desarrollo de nuevos antibióticos: Permiten evaluar la actividad antimicrobiana de nuevos agentes químicos y biológicos (34). Monitorización del efecto del tratamiento: Ayudan a evaluar el efecto del tratamiento antimicrobiano en pacientes y a determinar si es necesario ajustar el tratamiento (33) .

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la práctica de la endodoncia, uno de los desafíos más importantes es la erradicación completa de microorganismos patógenos del sistema de conductos radiculares para prevenir futuras reinfecciones. *Enterococcus faecalis* es una de las bacterias más comunes encontradas en los conductos radiculares y se ha asociado con un alto nivel de resistencia a los tratamientos convencionales. Por lo tanto, la elección de un cemento endodóntico con propiedades antimicrobianas efectivas es crucial para el éxito del tratamiento.

Tanto Bio C Sealer como EndoSeal MTA son cementos endodónticos biocerámicos que se utilizan en la actualidad en la obturación de conductos radiculares. Sin embargo, existe una falta de estudios comparativos que evalúen la eficacia antimicrobiana de estos dos materiales contra *E. faecalis*.

Por lo tanto, surge la necesidad de investigar y comparar el efecto antimicrobiano de Bio C Sealer y EndoSeal MTA contra *E. faecalis*, con el objetivo de determinar cuál de estos dos cementos endodónticos presenta una mayor actividad antimicrobiana y, por lo tanto, resulta más efectivo en la eliminación de este microorganismo patógeno en el sistema de conductos radiculares.

Esta investigación contribuirá al conocimiento científico en el campo de la endodoncia al proporcionar información relevante sobre la eficacia antimicrobiana de estos dos cementos endodónticos, lo que permitirá a los profesionales de la salud dental tomar decisiones fundamentadas en la elección del material más adecuado para garantizar el éxito del tratamiento endodóntico y la prevención de reinfecciones.

IV. JUSTIFICACIÓN

Uno de los microorganismos más resistentes y más comúnmente encontrado dentro de los conductos radiculares, es *E. faecalis* estando presente hasta en el 70% de los casos de tratamientos endodónticos fallidos de las piezas dentales con lesiones perirradiculares.

Múltiples estudios se han realizado evaluando las propiedades del Cemento Bio C Sealer, en los materiales biocerámicos, demostrando su superioridad frente a otros cementos. Existen estudios en los cuales se evalúa la actividad antimicrobiana y propiedades de sellado de este cemento, sin embargo, la documentación de EndoSeal MTA en su efecto antibacteriano es poco en comparación, esto probablemente debido a su corto tiempo en el mercado.

El presente estudio pretende evaluar el efecto antibacteriano de dos cementos biocerámicos, Bio C Sealer® y EndoSeal MTA® frente a un microorganismo frecuentemente encontrado en infecciones del sistema de conductos y tejidos periapicales: *E. faecalis*.

V. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis de trabajo

Los cementos endodónticos presentan efecto antibacteriano frente a *E. faecalis*.

5.2 Hipótesis Nula (H0)

No existe efecto antibacteriano de los dos cementos sobre *E. Faecalis* con un nivel de confianza del 95% $P < 0.05$.

5.3 Hipótesis Alternativa (H1)

Se presentará diferencia estadísticamente significativa en el efecto antimicrobiano del cemento EndoSeal MTA sobre Bio C Sealer con un nivel de confianza del 95% $P < 0.05$.

VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar el efecto antibacteriano in vitro de los cemento biocerámicos: Bio C Sealer y EndoSeal MTA frente a *E. faecalis*.

6.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto antibacteriano del cemento endodóntico Bio C Sealer frente a *E. faecalis* a las 24 horas.
2. Evaluar el efecto antibacteriano del cemento endodóntico EndoSeal MTA frente a *E. faecalis* a las 24 horas.
3. Comparar si existe diferencia antimicrobiano entre Bio C Sealer y EndoSeal MTA frente a *E. Faecalis* a las 24 horas.

VII. VARIABLES

7.1 Variables independientes

- Cemento Bio C Sealer
- Cemento EndoSeal MTA
- Tiempo de incubación: 24 horas.

7.2 Variables dependientes

- Sensibilidad de *E. Faecalis* frente a los cementos biocerámicos.

7.3 Operación de variables

Se evaluará el efecto antibacteriano *in vitro* de los cementos biocerámicos Bio C Sealer y EndoSeal MTA frente a *E. faecalis*. Se analizará la inhibición bacteriana de los cementos en contacto con el microorganismo a las 24 horas de incubación; se determinará la presencia o ausencia de halos de inhibición de cada una de las muestras para determinar el crecimiento bacteriano a través de un Análisis de ANOVA de una vía y la prueba comparativa de Tukey y Dunn.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Tipo de estudio

El estudio se llevó a cabo de manera experimental *in vitro*.

8.2 Universo de estudio

Cementos endodónticos biocerámicos

Unidad de análisis:

Cementos Biocerámicos Bio C Sealer y EndoSeal MTA

En el laboratorio de microbiología de la Facultad de Odontología de UABC Mexicali (Imagen 1) se realizó el cultivo y observación del efecto antibacteriano de los cementos endodónticos Bio C Sealer (Angelus) y EndoSeal MTA (Maruchi) (Imagen 2), sobre la cepa de ATCC 29212 *E. faecalis*, a través de un estudio comparativo *in vitro*, en el cual se utilizará el método de difusión de agar de Müller Hinton, empleando como grupos control de agua destilada estéril y agua destilada estéril e hipoclorito de sodio.



Imagen 1. Facultad de Odontología UABC Mexicali



Imagen 2. EndoSeal MTA (izquierda) y Bio C Sealer (derecha)

8.3. Materiales e instrumental

Los cementos selladores utilizados para este estudio fueron Bio C Sealer (Angelus, Brasil), EndoSeal MTA (Maruchi, Corea), estos fueron utilizados siguiendo las instrucciones del fabricante. El microorganismo utilizado fue *E. faecalis* ATCC 29212, cepa aislada en el laboratorio microbiología de la facultad de Ciencias de la Salud de Valle de las Palmas de la UABC. El medio de cultivo utilizado fue de Agar Müller Hinton. además, como parte del equipo que principalmente se utilizó fue el autoclave, mechero y micro balanza analítica.

Otros materiales y equipo utilizado:

- o Micropipeta
- o Asa plástica de siembra o Gradilla
- o Hisopos estériles
- o Pinzas de curación
- o explorador dental
- o agujas
- o Marcador o Campos
- o Toallas germicidas

- o Papel rosa para esterilizar
- o Guantes de látex
- o Indumentaria de protección personal

8.4 METODOLOGÍA

8.4.1 Esterilización

Previo a nuestro ingreso al laboratorio de microbiología nos aseguramos de cumplir con las medidas de asepsia y bioseguridad, mismas que incluyen el uso de la indumentaria de protección personal. Se desinfecto y preparo la superficie de trabajo, utilizando toallas con alcohol y cloro.

Posteriormente se empaquetaron las pinzas de curación, agujas, agua alcalina (estéril) y los caldos de cultivo individualmente en bolsas de esterilización para y se esterilizaran en autoclave (Imagen 3).



Imagen 3. Caldos y material estériles por autoclave

8.4.2 Clasificación de cajas Petri

Se procedió a rotular las cajas Petri: se rotularon las cajas en cuatro secciones, cada una representada por la letra “B” para Bio C Sealer, “E” representando Endoseal MTA, “NaOCl” para el hipoclorito de sodio y “H₂O” para el agua estéril utilizada como grupo negativo (Imagen 4).



Imagen 4. Rotulado de cajas

8.4.3 Pesaje de cementos

Para obtener un peso promedio estandarizado y tener un control de la cantidad de cemento que se colocó en el agar, se sacó un promedio de los miligramos utilizados en la báscula analítica. Primero se colocó el tubo de cemento completo y se registró su peso (Imagen 5). Posteriormente se colocó una gota de cemento (aproximando a lo necesario que se utilizase para un conducto radicular) para ser pesada individualmente, este se resta del pesaje inicial.

Este mismo procedimiento se repitió tres veces sacando un promedio de peso entre todas las muestras y así manejar una cantidad uniforme al momento de ser colocadas en los agares.

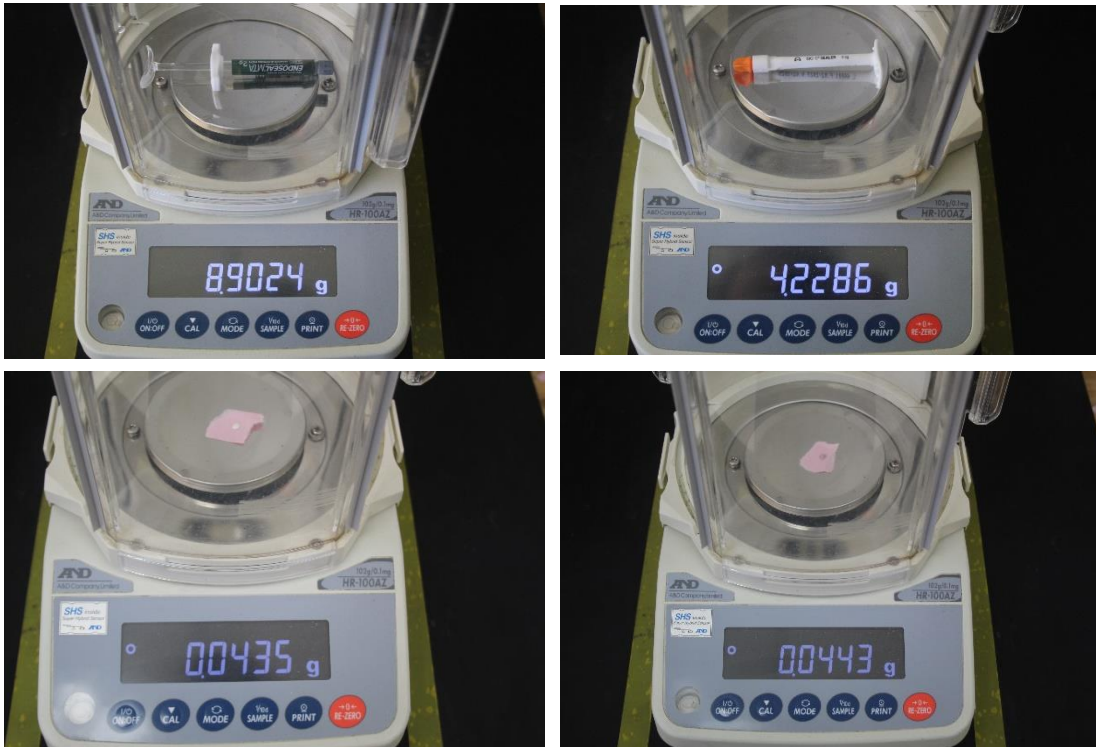


Imagen 5. Pesaje de cementos

8.4.4 Perforación de agar

Con ayuda de una punta estéril de micropipeta estéril de 100 μ l, por su lado más ancho (de un diámetro de 0.6mm) se procedió a perforar el agar realizando una presión controlada y precisa evitando la ruptura de este, y así estas perforaciones servir como “pocillos” para los materiales al ser colocados y así tener un contacto directo con el agar en zona de esterilidad (Imagen 6).

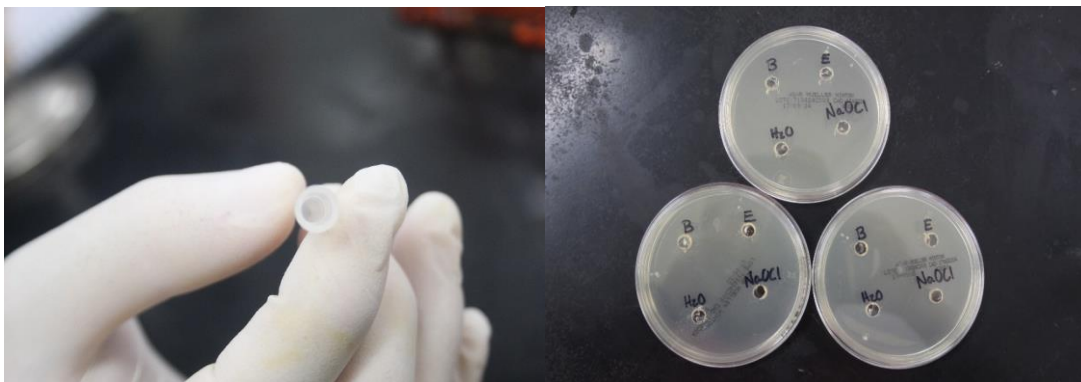


Imagen 6. Punta de pipeta estéril (izquierda) y cajas con perforaciones (derecha)

8.4.5 Inoculación de las placas

Una vez realizada la asepsia del área de trabajo se conectó la manguera del mechero bunsen en la llave de la toma de gas, cuidadosamente abriendo la llave de paso para poder encender el mechero. Se organizó la zona de trabajo de manera que todo estuviera lo más cerca dentro del área del mechero y por lo tanto dentro de una zona estéril.

Para la inoculación, de un cultivo de 24 horas se tomaron de 2-3 colonias de bacterias en un caldo cerebro-corazon (BHI) y se incubó a 37 grados centígrados con aerobiosis hasta llegar a 0.5 Mcfarland. Una vez lograda esta concentración, cuidadosamente se sumergió un hisopo estéril dentro del tubo de ensayo en condiciones de esterilidad frente a mechero.

Posteriormente se abrió la primera caja Petri y en el agar Müller-Hinton se sembró e inoculó con estría cerrada, empleando el método Kirby Bauer. Esto se realizó girando el hisopo por toda la superficie en tres direcciones, rotando la placa 60° cada vez y finalmente pasándola por el borde del agar para conseguir una siembra uniforme (Imagen 7). Se dejó secar por 15 minutos aproximadamente antes de colocar las muestras de cementos en su respectivo pocillo, y de igual manera el grupo control y el negativo.

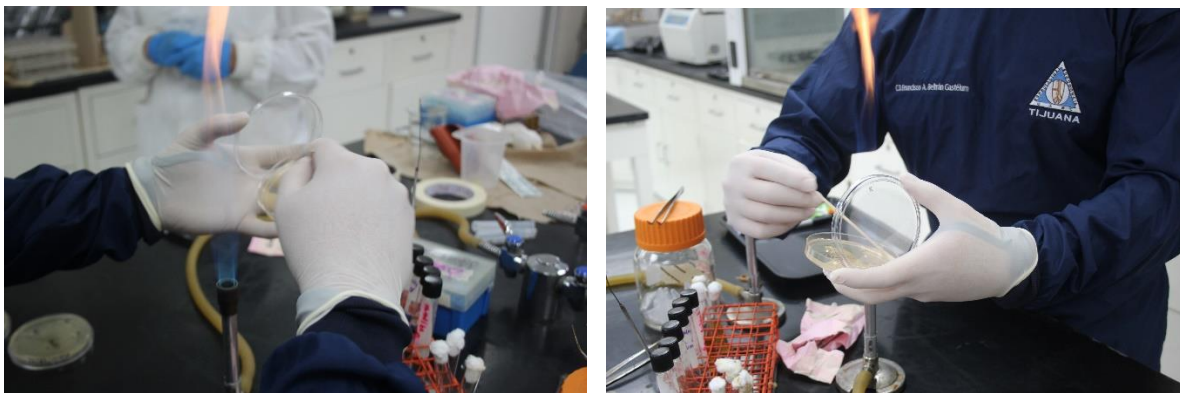


Imagen 7. inoculación de placas

8.4.6 Preparación y colocación de cementos

los cementos se colocaron directamente en los pozos de las cajas Petri asegurando su contacto sobre el agar, esparciéndolo cuidadosamente con la ayuda de un explorador para que todo el diámetro estuviera cubierto de cemento (en cada una de las divisiones de la caja: B y E). Los grupos se colocaron a una distancia mínima de 2 cm del borde de la placa y distribuidos de una manera que no se superpusieran los halos de inhibición de un disco con otro (Imagen 8).

Este mismo procedimiento se realizó en triplicado con el grupo de control positivo de NaOCl y el grupo negativo de agua estéril con ayuda de la micropipeta con despejes 30µl.

Las muestras se colocaron en posición invertida en la incubadora a 37° C por 24 horas en condiciones aeróbicas (la hora fue registrada para el control de resultados).

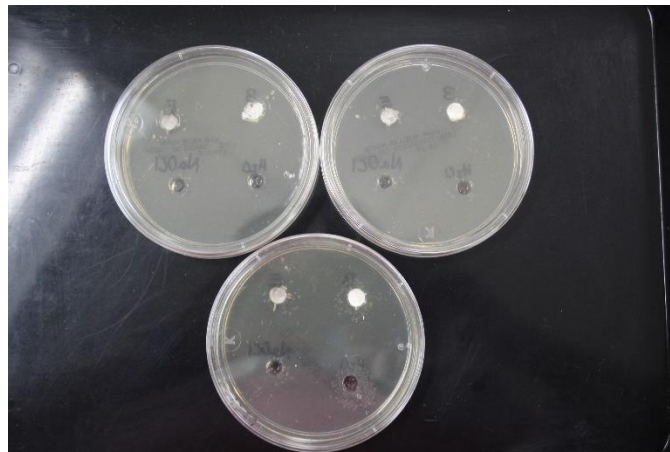


Imagen 8. Colocación de todos los grupos en cajas

8.4.7 Registro de resultados

Una vez transcurridas las 24 h, se procedió a realizar el registro. Se retiraron de la incubadora las cajas Petri y se realizó el registro; las cajas se colocaron en posición invertida sobre la mesa de trabajo (cuidadosamente para evitar destapar las cajas y que estas se contaminen) y utilizando una regla se midió el halo de inhibición de

cada uno de los discos (de ambos cementos y del grupo de control) (Imagen 9.
Halos de inhibición y sus mediciones

).

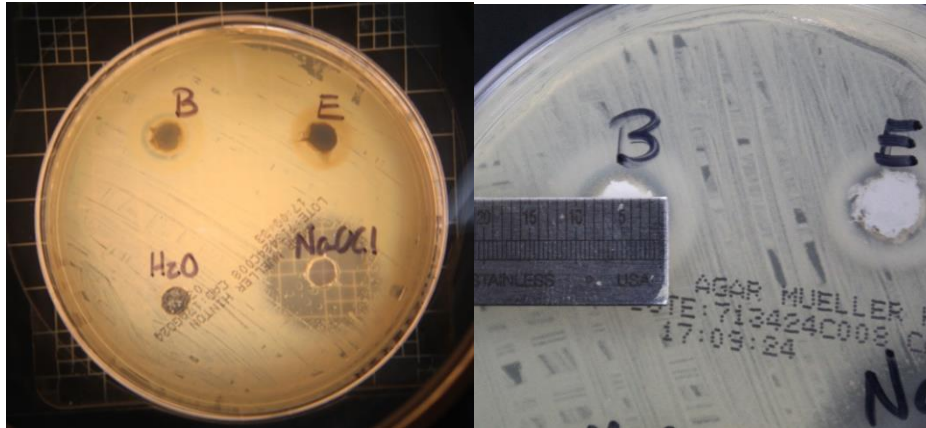


Imagen 9. Halos de inhibición y sus mediciones

8.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los registros se realizó a través del programa de IBM SPSS Statistics® utilizando el método de Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía, y a través del Método de Dunn para comparaciones múltiples. Se consideraron resultados significativos niveles iguales o menores al 5% ($p \leq 0,05$)

IX. RESULTADOS

9.1 inhibición de microorganismo después de incubación

Las muestras del estudio realizado para conocer el efecto antibacteriano de los cementos endodónticos Bio C Sealer® y EndoSeal MTA® en presencia de *E. faecalis* arrojaron los siguientes resultados los cuales se muestran en las tablas de ANOVA de una vías para múltiples comparaciones y prueba de Tukey.

En la siguiente tabla (Imagen 10) podemos observar un comparativo de las dimensiones de crecimiento que mostraron los halos de inhibición para los dos cementos y el grupo de control en las muestras de *E. faecalis* después de las 24h; donde podemos observar que solo en el grupo control (NaOCl) el valor de p fue menor que ,05 en la comparativa de 24 horas.

Estadísticos Descriptivos

	mm			
	BCS	ES MTA	H2O	NaOCl
n	3	3	3	3
Media	10.00	7.000	6.000	23.33
Desviación Típica	0.000	0.000	0.000	0.5774

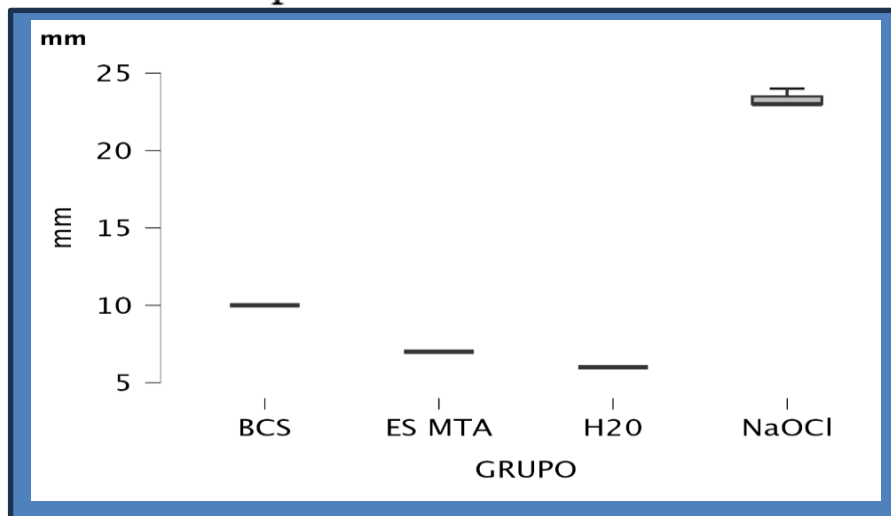


Imagen 10. Comparativas de las dimensiones de crecimiento bacteriano

Los datos obtenidos del comparativo para la prueba de Dunn (Imagen 11) demostraron que existe diferencia significativa entre la inhibición que mostraba Bio C Sealer® y EndoSeal MTA® en presencia de *E. faecalis*.

Comparaciones Post-hoc de Dunn - GRUPO						
Comparación	z	W_i	W_j	p	pBonf	pHolm
BCS - ES MTA	1.043	8.000	5.000	0.297	1.000	0.891
BCS - H2O	2.086	8.000	2.000	0.037	0.222	0.185
BCS - NaOCl	-1.043	8.000	11.000	0.297	1.000	0.891
ES MTA - H2O	1.043	5.000	2.000	0.297	1.000	0.891
ES MTA - NaOCl	-2.086	5.000	11.000	0.037	0.222	0.185
H2O - NaOCl	-3.129	2.000	11.000	0.002	0.011	0.011

Imagen 11. Resultados de pruebas de Dunn

X. DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio fue evaluar *in vitro* el efecto antibacteriano de los cementos endodónticos biocerámicos Bio C Sealer® (Angelus, Brasil) y EndoSeal MTA® (Maruchi Corea), utilizando *E. Faecalis*, un microorganismo fuertemente asociada a infecciones periapicales persistentes y fracasos endodónticos. Se ha reportado resistente a varios agentes antimicrobianos. No forma parte de la flora común del sistema de conductos radiculares, sin embargo, una vez dentro muestra una gran resistencia a la instrumentación y a los medicamentos intraconductos y persiste incluso tras la obturación del conducto radicular (22).

Aunque los resultados de las investigaciones no pueden inferir a las situaciones *in vivo*, son una forma de aproximación que nos permite evaluar y comparar la eficacia de estos materiales de obturación. El éxito del tratamiento endodóntico requiere principalmente de la eliminación eficaz de la población microbiana y subproductos bacterianos (LPS, citotoxinas, material genético etc.) persistentes en la región intra y extraradicular de un diente. Esto ocurre a través del desbridamiento mecánico asociado a compuestos de irrigación. Además, el efecto antimicrobiano de los selladores endodónticos contribuye a conseguir este resultados (35).

Investigaciones anteriores de *Lim et al.* han demostrado que las propiedades antimicrobianas de los selladores de conductos radiculares dependen de su alcalinidad. La alcalinidad de los selladores de silicato cálcico es mayor que la de AH Plus, el Gold estándar actual de los cementos selladores. Además, la hidrofobicidad y la difusión del hidróxido de calcio también afectan a las propiedades antimicrobianas. La hidrofobicidad reduce el ángulo de contacto del sellador y aumenta la penetración del sellador en el túbulo dentinario. La difusión del hidróxido de calcio ayuda a transportar el ion hidroxilo a través del conducto radicular, incluidos los túbulos dentinarios, los istmos, conductos laterales y conductos accesorios, donde pueden localizarse bacterias residuales(23).

En el presente trabajo, Bio-C Sealer fresco mostró la mayor actividad antimicrobiana en comparación de EndoSeal MTA contra el *E. Faecalis*. La bibliografía de literatura muestra que Bio-C Sealer tiene capacidad de alcalinización alcanzando pH de 10, hasta 21 días, sin embargo, la alcalinidad de EndoSeal MTA alcanzando un pH de 12. Se sabe que un pH superior a 9 puede inactivar las enzimas de la membrana celular de los microorganismos causando pérdida de actividad biológica o integridad de la membrana plasmática. Por lo tanto, es necesario mantener niveles de pH elevados, ya que varias especies permanecen estables a pH 9 o superior (35).

Dentro de los límites de la revisión de *Emad AlShwaimi et al.*, las pruebas indican que diferentes categorías de selladores de conductos radiculares demostraron diferente actividad antimicrobiana contra *E. faecalis*, y las pruebas fueron limitadas para algunas categorías de selladores. En todas las categorías los selladores recién mezclados mostraron algún tipo de actividad antimicrobiana positiva frente a *E. faecalis* excepto los selladores a base de silicona (22). La actividad antimicrobiana se perdía a medida que el material se endurecía, y no se observó ningún efecto inhibitor en las muestras de selladores envejecidos de 2 a 7 días lo cual puede contribuir al mayor efecto de antibacteriano de Bio C sealer con un tiempo de fraguado de 3 horas en comparación de aquel de EndoSeal MTA siendo de tan solo 15 minutos.

Las pruebas de susceptibilidad antimicrobiana son un factor clave para la predicción del resultado terapéutico. Existe una gran variedad de pruebas de laboratorio Para evaluar o cribar in vitro un extracto o un compuesto puro. En el presente estudio, el método de difusión en agar, reconocido como el método más básico, se utilizó para realizar un primer cribado de la capacidad antimicrobiana de Bio-C Sealer y EndoSeal MTA. Sin embargo, esta prueba presenta algunas limitaciones ya que la inhibición del crecimiento bacteriano no significa la muerte bacteriana, este método no puede distinguir los efectos bactericidas bactericida y bacteriostático, y los resultados deben ser interpretarse con cautela (35).

En el presente estudio, se observaron diferencias en efectos antibacterianos contra *E. faecalis* evaluados por el método de difusión en agar. La prueba de difusión en agar y la prueba de contacto directo se utilizan habitualmente para evaluar la actividad antimicrobiana de los selladores de conductos radiculares

A diferencia del método de difusión en agar, no se observó actividad antimicrobiana en biopelículas bacterianas formadas en los selladores ensayados. En el presente estudio, se utilizó una bacteria mono-específica para investigar la actividad antibacteriana de los selladores seleccionados dándonos los resultados obtenidos. Sin embargo, el conducto radicular infectado suele contener comunidades de biopelículas multiespecies, que probablemente, comparando la actividad bacteriana de los cementos ensayados el resultado pudo ser distinto (35). Esto podría explicarse por las diferencias en la configuración de los selladores o por las características de la biopelícula.

El método de difusión en agar utilizó sellador fresco en discos fraguados. Se ha informado anteriormente de que la actividad antimicrobiana puede perderse a medida que se endurece el material inhibidor en discos de sellador envejecidos de 2 a 7 días, dándonos el resultado de 24 horas evaluados en este estudio debido a la reducción de la actividad antimicrobiana del sellador, esto probablemente a la reducción de los componentes antimicrobianos liberados de la matriz del sellador (35,36). Los efectos antimicrobianos de los selladores dependen del material, el método y el tiempo, ya que disminuyen tras el fraguado (23).

La supervivencia de las bacterias en los conductos radiculares tras el tratamiento se basa en la capacidad de los organismos individuales para adaptarse al entorno dentro del conducto radicular. Por tanto, el estudio de los mecanismos de adaptación utilizados por los organismos para sobrevivir en un entorno tan altamente controlado, con nutrientes limitantes más los efectos de los medicamentos antibacterianos, es importante para comprender la persistencia de las infecciones del conducto radicular (28).

E. faecalis se encuentra entre las principales causas de fracaso endodóntico. Es una bacteria oportunista con gran potencial de resistencia a los compuestos utilizados para la desinfección del conducto radicular, además de a su capacidad para producir biofilm, invadir los tejidos periapicales tejidos, e inhibir la acción defensiva de los linfocitos, promoviendo un mayor grado de patogenicidad (35).

Diferentes bacterias comparten funciones y privilegios en la comunidad de biopelículas. Así pues, es razonable sospechar que el biofilm multiespecie sea menos sensible a la actividad antibacteriana de los selladores. Además, la susceptibilidad de las biopelículas formadas por clínicas de infecciones endodónticas postratamiento podría ser diferente a la de las diferentes de las cepas de laboratorio (36).

XI. CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo la experimentación planteada para analizar el efecto antimicrobiano de los cementos biocerámicos Bio C Sealer® y EndoSeal MTA® en presencia de *E. faecalis* y así poder demostrar que la naturaleza de estos materiales podemos concluir lo siguiente:

Los dos cementos biocerámicos de estudio demostraron tener capacidad para inhibir el microorganismo, sin embargo, el grupo control superó la capacidad inhibitoria de los cementos en ambas pruebas.

Independientemente de lo anterior, la experimentación demostró que las muestras de Bio C Sealer® lograron muchos mejores resultados de inhibición de *E. faecalis* que las obtenidas por EndoSeal MTA® siendo estos casi nulas.

A pesar de que el grupo control demostró tener los mejores resultados inhibitorios en todas las pruebas, es importante tomar en cuenta que los cementos biocerámicos poseen propiedades físicas superiores frente a otros cementos endodónticos cuyo ingrediente principal no es un material bioactivo, el cual contribuye a la eliminación de microorganismos patógenos causantes de un fracaso endodóntico, resultado en un mejor pronóstico para el tratamiento.

XII. RECOMENDACIONES

Ya al analizar los resultados obtenidos y con el objetivo de enriquecer aún más nuestros conocimientos sobre el tema, se recomienda para futuros estudios de investigación la utilización de cepas clínicas obtenidas de órganos dentarios extraídos por tratamientos de conductos que fracasaron, muestras de presencia de una cepa clínica y una de referencia.

Tomando en cuenta el relativamente poco tiempo que llevan estos cementos en el mercado y los pocos estudios que existen comparándolos, se recomienda realizar estudios donde se incluyan cementos no biocerámicos (a base de hidróxido de calcio, resina epóxica etc.) y evaluar el efecto antibacteriano que tienen también en un lapso más extenso.

Como estudios paralelos se recomienda también analizar, sus propiedades físicas, citotoxicidad, entre otros.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Soares Ilson Jose, Goldberg. ENDODONCIA TECNICAS Y FUNDAMENTOS. Buenos Aires, Argentina: Editorial Medica Panamericana; 2012.
2. Hargreaves. Cohen. Vias de la Pulpa. 11va. Vol. 1. ELSEVIER; 2016.
3. Negroni Martha. Microbiología Estomatológica Fundamentos y guía práctica. 3a. Edicion. Negroni Martha, editor. Editorial Medica Panamericana; 2018.
4. Ricucci D, Siqueira JF, Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic Investigation of Root Canal-treated Teeth with Apical Periodontitis: A Retrospective Study from Twenty-four Patients. *J Endod.* 2009;35(4):493–502.
5. de Paz LC. Redefining the Persistent Infection in Root Canals: Possible Role of Biofilm Communities. *J Endod.* 2007;33(6):652–62.
6. Mathew S, Yaw-Chyn L, Kishen A. Immunogenic Potential of *Enterococcus faecalis* Biofilm under Simulated Growth Conditions. *J Endod.* 2010 May;36(5):832–6.
7. Hong BY, Lee TK, Lim SM, Chang SW, Park J, Han SH, et al. Microbial analysis in primary and persistent endodontic infections by using pyrosequencing. *J Endod.* 2013 Sep;39(9):1136–40.
8. Ricucci D, Candeiro GTM, Bugea C, Siqueira JF. Complex apical intraradicular infection and extraradicular mineralized biofilms as the cause of wet canals and treatment failure: Report of 2 cases. *J Endod.* 2016 Mar 1;42(3):509–15.
9. Zhang C, Du J, Peng Z. Correlation between *Enterococcus faecalis* and Persistent Intraradicular Infection Compared with Primary Intraradicular Infection: A Systematic Review. Vol. 41, *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc.; 2015. p. 1207–13.
10. Chen CC, Ho CC, David Chen CH, Ding SJ. Physicochemical Properties of Calcium Silicate Cements for Endodontic Treatment. *J Endod.* 2009 Sep;35(9):1288–91.
11. Vieira AR, Siqueira JF, Ricucci D, Lopes WSP. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: A case report. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):250–4.
12. Kapralos V, Koutroulis A, Ørstavik D, Sunde PT, Rukke HV. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers against Planktonic Bacteria and Bacteria in Biofilms. *J Endod.* 2018 Jan 1;44(1):149–54.
13. Xu J, He J, Shen Y, Zhou X, Huang D, Gao Y, et al. Influence of Endodontic Procedure on the Adherence of *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2019 Jul 1;45(7):943–9.

14. AlShwaimi E, Bogari D, Ajaj R, Al-Shahrani S, Almas K, Majeed A. In Vitro Antimicrobial Effectiveness of Root Canal Sealers against *Enterococcus faecalis*: A Systematic Review. Vol. 42, *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc.; 2016. p. 1588–97.
15. Du T, Wang Z, Shen Y, Ma J, Cao Y, Haapasalo M. Combined Antibacterial Effect of Sodium Hypochlorite and Root Canal Sealers against *Enterococcus faecalis* Biofilms in Dentin Canals. *J Endod*. 2015 Aug 1;41(8):1294–8.
16. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod*. 2014;40(4):505–8.
17. Torabinejad. Mahmoud. *Endodoncia: Principios y Practica*. 4ta. Elsevier.; 2010.
18. Eymirli A, Sungur DD, Uyanik O, Purali N, Nagas E, Cehreli ZC. Dentinal Tubule Penetration and Retreatability of a Calcium Silicate–based Sealer Tested in Bulk or with Different Main Core Material. *J Endod*. 2019 Aug 1;45(8):1036–40.
19. Roberts S, Kim JR, Gu L sha, Kim YK, Mitchell QM, Pashley DH, et al. The Efficacy of Different Sealer Removal Protocols on Bonding of Self-etching Adhesives to AH Plus-contaminated Dentin. *J Endod*. 2009 Apr;35(4):563–7.
20. Marchi V, Scheire J, Simon S. Retreatment of Root Canals Filled with BioRoot RCS: An In Vitro Experimental Study. *J Endod*. 2020 Jun 1;46(6):858–62.
21. Kim J hyung, Cho SY, Choi Y, Kim D hyun, Shin SJ, Jung IY. Clinical Efficacy of Sealer-based Obturation Using Calcium Silicate Sealers: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2022 Feb 1;48(2):144–51.
22. AlShwaimi E, Bogari D, Ajaj R, Al-Shahrani S, Almas K, Majeed A. In Vitro Antimicrobial Effectiveness of Root Canal Sealers against *Enterococcus faecalis*: A Systematic Review. Vol. 42, *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc.; 2016. p. 1588–97.
23. Lim M, Jung C, Shin DH, Cho Y bum, Song M. Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restor Dent Endod*. 2020;45(3).
24. Milanovic I, Milovanovic P, Antonijevic D, Dzeletovic B, Djuric M, Miletic V. Immediate and Long-Term Porosity of Calcium Silicate–Based Sealers. *J Endod*. 2020 Apr 1;46(4):515–23.
25. Bukhari S, Karabucak B. The Antimicrobial Effect of Bioceramic Sealer on an 8-week Matured *Enterococcus faecalis* Biofilm Attached to Root Canal Dentinal Surface. *J Endod*. 2019 Aug 1;45(8):1047–52.
26. Marashdeh M, Stewart C, Kishen A, Levesque C, Finer Y. Drug-Silica Coassembled Particles Improve Antimicrobial Properties of Endodontic Sealers. *J Endod*. 2021 May 1;47(5):793–9.
27. Hage W, Sarkis DK, Kallasy M, Sfeir G, Mallah M, El Hachem R, et al. Antimicrobial Activity of Five Calcium Silicate Based Root Canal Sealers against a Multispecies Engineered Biofilm: An In Vitro Study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2023 Sep 1;24(9):707–14.

28. Hage W, Sarkis DK, Kallasy M, Sfeir G, Mallah M, El Hachem R, et al. Antimicrobial Activity of Five Calcium Silicate Based Root Canal Sealers against a Multispecies Engineered Biofilm: An In Vitro Study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2023 Sep 1;24(9):707–14.
29. Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod*. 2019 Oct 1;45(10):1248–52.
30. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate–based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod*. 2020 Oct 1;46(10):1470–7.
31. Maruchi USA. EndoSeal MTA [Internet]. 2024.
32. Ernest MA, Come M V, Keudeu KC, Louis S. Antibiotic sensitivity patterns of facultative and obligate anaerobic bacteria from pulp canals. Vol. 3, *JOURNAL OF ENDODONTICS I*. 1977.
33. Carroll K. Jawetz, Melnick & Adelberg *Microbiología medica*. 27th ed. Mcgraw Hill Education (Medicina); 2018.
34. Heintz PRDD and SODP. Antibiotic sensitivities of enterococci isolated from treated root canals . *J Endod*. 1975;
35. Barbosa VM, Pitondo-Silva A, Oliveira-Silva M, Martorano AS, Rizzi-Maia C de C, Silva-Sousa YTC, et al. Antibacterial activity of a new ready-to-use calcium silicate-based sealer. *Braz Dent J*. 2020 Nov 1;31(6):611–6.
36. Kapralos V, Koutroulis A, Ørstavik D, Sunde PT, Rukke HV. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers against Planktonic Bacteria and Bacteria in Biofilms. *J Endod*. 2018 Jan 1;44(1):149–54.