

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

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**COMPARACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO
ANTIMICROBIANO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS:
BIOROOT FLOW Y BIO-C SEALER**

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

PRESENTA

C.D. ANDREA LIZETH BADILLA PEÑA

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

MC LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

JUNIO 2024

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO
ANTIMICROBIANO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS:
BIOROOT FLOW Y BIO-C SEALER**

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas
afromexicanas"

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a, 30 de mayo de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIOROOT FLOW Y BIO-C SEALER.**

Propuesto por la C.D. ANDREA LIZETH BADILLA PEÑA, 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"**



DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO
PRESIDENTE

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas
afromexicanas"

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, Baja California a, 30 de mayo de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIOROOT FLOW Y BIO-C SEALER.**

Propuesto por la C.D. ANDREA LIZETH BADILLA PEÑA, 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"**


DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ
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, 30 de mayo de 2024


AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIOROOT FLOW Y BIO-C SEALER.**

Propuesto por la C.D. ANDREA LIZETH BADILLA PEÑA, 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”**



MC LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ
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, 30 de mayo de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS: BIOROOT FLOW Y BIO-C SEALER.**

Propuesto por la C.D. ANDREA LIZETH BADILLA PEÑA, 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"**



DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE
SINODAL

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO
ANTIMICROBIANO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS:
BIOROOT FLOW Y BIO-C SEALER**

PRESENTA



C.D. ANDREA LIZETH BADILLA PEÑA

**PRESIDENTE
(DIRECTORA DEL PROYECTO)**

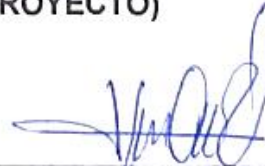


DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES
HOFMANN SALCEDO

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



DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO
GUTIÉRREZ



M.C. LUIS HERNÁN CARRILLO
VÁRGUEZ



DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, JUNIO 2024

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos institucionales

Quiero agradecer a las siguientes instituciones por su apoyo para la realización de este proyecto de investigación:

A CONACyT por la beca otorgada, No. CVU: 1226236.

A *la Universidad Autónoma de Baja California* y al *Posgrado de Endodoncia*, por permitirme ser parte de esta institución y llevar a cabo mi proyecto en sus instalaciones. En especial al laboratorio de la Dra. Eva Viviana Sarmiento Gutiérrez por brindarme las herramientas y el espacio para la experimentación.

Y al Laboratorio Zapata por la generosa donación de *Enterococcus Faecalis*.

Agradecimientos personales

A *mi familia*, en primer lugar, a *mi mamá*, quien me impulsó a dar el paso de empezar este viaje; le agradezco profundamente por siempre estar a mi lado, asegurándome que podríamos cumplir esta meta juntas. También a *mi abuela, mi hermano y mis tíos Alegria y Emilio* por ser mi red de apoyo incondicional a lo largo de los años; su respaldo me ha dado la seguridad y la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A *mi novio Eric*, por motivarme a perseguir mis sueños; y por las palabras de aliento en los momentos difíciles. Agradezco su apoyo infinito a lo largo de los años.

A *mi tío Adalberto*, por las valiosas enseñanzas, orientación y cada consejo que ha compartido conmigo. Sin su influencia no sería la profesional que soy hoy en día.

A *mis amigas, Naomi, Esperanza, Araceli, Rossy, Karina, Alondra y Carolina* por siempre alentarme. Les agradezco en especial por su amistad, que sido un respiro en el alma, en medio de las exigencias académicas.

A *la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez*, agradezco por su calidez al recibirnos en este posgrado y su acompañamiento durante cada etapa, sus enseñanzas y motivación para mejorar. También por su compromiso a darnos herramientas necesarias para enriquecer nuestra formación profesional y abrir camino para muchas oportunidades de aprendizaje

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. *María Elena de los Ángeles Hoffman Salcedo*, directora de este proyecto, le agradezco por su apoyo, consejos y disponibilidad para la elaboración de esta investigación. Su contribución como guía fue fundamental para concluir este trabajo.

A la Dra. *Eva Viviana Sarmiento Gutiérrez*, agradezco profundamente por su paciencia, valiosas enseñanzas. Por dedicar su tiempo y esfuerzo en la planificación y gestión de este proyecto. Aprecio enormemente su amabilidad al brindarnos su orientación; su colaboración fue pieza clave para alcanzar los objetivos.

Al MC *Luis Hernán Carrillo Vázquez*, por su contribución y orientación de inicio a fin en este proyecto. También por su manera de transmitir sus enseñanzas, que se distinguen por paciencia, empatía y palabras de motivación; valoro enormemente todo lo aprendido.

A la Dra. *Lizzett López Yee*, le agradezco por su apoyo y atenciones para la conclusión satisfactoria de este proyecto de investigación, así como por las palabras de aliento.

Finalmente, quiero agradecer a mis hermanas de la especialidad, *Dayana y Mishell*, por su compañía durante estos años, su ayuda incondicional y por tanto cariño. Gracias por hacer esta etapa inolvidable, siempre tendrán un cachito de mi corazón.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xvi
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
2.1 ENDODONCIA.....	3
2.1.1. COMPLEJO DENTINO PULPAR.....	3
2.1.2. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS	4
2.1.2.1. Objetivo del tratamiento de conductos.....	5
2.2. DETERMINANTES DEL ÉXITO.....	5
2.3. PROBLEMAS EN EL TRATAMIENTO	6
2.3.1. FALLA DEL SELLADO APICAL.....	6
2.3.2. PERSISTENCIA DE INFECCIÓN.....	7
2.3.2.1. Microbiota endodóntica.....	7
2.3.3. MICROORGANISMOS RESISTENTES EN ENDODONCIA	8
2.3.3.1. <i>Enterococcus faecalis</i>	9
2.4. TRIADA ENDODÓNTICA	10
2.4.1 PREPARACIÓN BIOMECÁNICA.....	10
2.4.2 DESINFECCIÓN.....	10
2.4.3 OBTURACIÓN.....	11
2.4.3.1 Objetivo de la obturación	12
2.4.3.2. Características de la obturación ideal.....	12

CONTENIDO

2.5. MATERIAL DE OBTURACIÓN	13
2.5.1 GUTAPERCHA.....	14
2.5.2. CEMENTOS SELLADORES.....	14
2.5.2.1. Propiedades del cemento sellador ideal	14
2.5.3. TIPOS DE CEMENTOS SELLADORES	15
2.5.3.1. Óxido de zinc y eugenol	15
2.5.3.2. Hidróxido de calcio	16
2.5.3.3. Ionómero de vidrio	17
2.5.3.4. Siliconas	17
2.5.3.5. Resina epóxica	17
2.5.3.6. Metacrilato	17
2.5.3.7. MTA.....	18
2.5.4. CEMENTOS SELLADORES BIOCERÁMICOS.....	19
2.5.4.1. BioRoot Flow (Septodont).....	20
2.5.4.2. Bio-C Sealer (Angelus).....	21
2.5.4.3. Composición BioRoot Flow y Bio-C Sealer.....	21
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
IV. JUSTIFICACIÓN.....	24
V. HIPÓTESIS.....	25
VI. OBJETIVOS.....	26
6.1 OBJETIVO GENERAL	26
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
VII. VARIABLES.....	27
7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	27
7.2 VARIABLE DEPENDIENTE	27

CONTENIDO

7.3 OPERACIÓN DE VARIABLES.....	27
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
8.1 TIPO DE ESTUDIO.....	28
8.2 UNIVERSO DE ESTUDIO.....	28
8.3 MATERIALES.....	29
8.4. METODOLOGÍA.....	30
8.4.1. PRUEBAS ANTIMICROBIANAS.....	30
8.4.1.1. Resiembra de <i>E. faecalis</i>	30
8.4.1.2. Pesaje de discos de papel adicionados con cemento.....	31
8.4.1.3. Clasificación de las placas de agar.....	32
8.4.1.4. Inoculación del <i>E. faecalis</i> en las placas de Agar.....	33
8.4.1.5. Colocación de los discos de cemento en las placas.....	34
8.4.1.6. Placas con grupos de control.....	35
8.4.1.7. Incubación de las placas.....	35
8.4.1.8. Registro de resultados sobre la actividad microbicida por contacto en pruebas de difusión en agar.....	36
8.4.1.9. Registro de halos de inhibición en pruebas de difusión en agar.....	37
8.4.2. PRUEBAS DE MEDICIÓN DEL PH.....	37
8.4.2.1. Medición del pH a las 0 horas.....	37
8.4.2.2. Preparación de cámara húmeda para cementos.....	39
8.4.2.3. Toma de resultados a las pruebas de medición del pH.....	39
8.4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	40
IX. RESULTADOS.....	41
X. DISCUSIÓN.....	46
XI. CONCLUSIONES.....	49

CONTENIDO

XII. RECOMENDACIONES 50

XIII. BIBLIOGRAFÍA 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del tratamiento de conductos.	4
Figura 2. Cronología del establecimiento de la salud periodontal.	11
Figura 3. Esquema de los componentes de la obturación.	13
Figura 4. Producto BioRoot Flow.	20
Figura 5. Producto Bio-C Sealer.	21
Figura 6. Facultad de odontología UABC.	28
Figura 7. Presentación de cementos biocerámicos.	29
Figura 8. Resiembra bacteriana e incubación.	31
Figura 9. Pesaje del cemento en discos de papel.	32
Figura 10. Rotulación de placas.	33
Figura 11. Proceso de transferencia de la bacteria al agar.	33
Figura 12. Proceso de posicionamiento de las muestras.	34
Figura 13. Creación de pocillos para placa control.	35
Figura 14. Proceso de incubación.	36
Figura 15. Registro de resultados en pruebas de difusión en agar Müller Hinton.	36
Figura 16. Registro de resultados de los halos de inhibición. n.	37
Figura 17. Prueba medición del pH.	38
Figura 18. Prueba de los cementos para pruebas de pH a las 0 horas.	38
Figura 19. Preparación de los cementos para pruebas de pH a las 24, 48 y 168 horas.	39
Figura 20. Obtención de la muestra para pruebas de pH después de las 24 horas.	40
Figura 21. Resultados de las pruebas de difusión en agar técnica evaluada por contacto a las 24 y 48 horas.	41
Figura 22. Resultados de las pruebas de difusión en agar técnica evaluada por halos de inhibición a las 24 y 48 horas.	42
Figura 23. Registro de los resultados de la medición del pH.	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de la composición del cemento BioRoot Flow y Bio-C Sealer 22

Tabla 2. Operación de variables..... 27

Tabla 3. Registro de los resultados en las pruebas para evaluar la actividad microbiciada por contacto 42

Tabla 4. Registro de la extensión del diámetro de los halos de inhibición y los resultados de la media de cada cemento y los controles a las 24 y 48 horas 43

Tabla 5. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de una vía para los resultados de las pruebas de difusión de los cementos y controles 43

Tabla 6. Análisis estadístico del pH de los cementos con una comparación *t de student*..... 45

ÍNDICE DE GRÁFICAS

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Representación de la comparación de medias de los halos de inhibición de cada grupo y cotejo de su significancia estadística	44
Gráfica 2. Representación de la medición del pH de los cementos desde las 0 hasta 168 horas.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de varianza (por sus siglas en inglés)
C. albicans	Cándida albicans
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
E. faecalis	Enterococcus faecalis
et. al	Y otros (del latín)
g	Gramos
h	Horas
mm	Milímetros
MTA	Agregado trióxido mineral (por sus siglas en inglés)
NaOCl	Hipoclorito de sodio
° C	Grados centígrados
pH	Potencial hidrógeno
SSF	Suero salino fisiológico
µL	Microlitros
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
UV	Ultravioleta
ZOE	Óxido de zinc-eugenol

I. RESUMEN

Introducción: El fracaso del tratamiento endodóntico se atribuye a la presencia de bacterias persistentes, por lo tanto, es crucial que los cementos tengan cierta capacidad microbicida. Los cementos biocerámicos han demostrado mejoras tanto en sus propiedades físicas como biológicas para el tratamiento de conductos en endodoncia, en comparación con otro tipo de cementos. Prometen ser biocompatibles, tener estabilidad química, ausencia de contracción y un pH alcalino.

Objetivo: Comparar la capacidad microbicida de cementos biocerámicos, BioRoot Flow y Bio-C Sealer, frente a una cepa clínica de *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*).

Metodología: Se evaluó la actividad microbicida de los cementos biocerámicos, BioRoot Flow y Bio – C Sealer, mediante pruebas de difusión por dos técnicas para evaluar su capacidad por contacto y formación de halos de inhibición, en placas de agar Müller Hinton y agar gelosa sangre al 5% exponiéndolos a una cepa clínica *E. faecalis*. De manera complementaria se realizaron pruebas de medición de pH.

Resultados: Las comparaciones intergrupos arrojaron una diferencia estadísticamente significativa en el efecto microbicida del cemento “A” con respecto al cemento “B” frente al *E. faecalis*, con un valor de P (0.0262).

Conclusiones: Ambos cementos biocerámicos mostraron una capacidad microbicida importante al contacto que se pudo relacionar con su alto pH y su composición química. No obstante, la actividad antimicrobiana del BioRoot Flow se vio favorecido con respecto al Bio-C Sealer.

Palabras clave: Cementos biocerámicos, actividad microbicida, pruebas de difusión.

I. RESUMEN

ABSTRACT

Introduction: The failure of endodontic treatment is attributed to the presence of persistent bacteria. Therefore, it is crucial that cements have a certain microbicidal capacity. Bioceramic sealers have demonstrated improvements in both their physical and biological properties for the treatment of root canals, compared to other types. They promise to be biocompatible, have chemical stability, absence of shrinkage alongside an alkaline pH.

Objective: Compare the microbicidal activity of BioRoot Flow and Bio-C Sealer bioceramic cements against a clinical strain of *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*).

Methodology: The microbicidal activity of the bioceramic sealers, BioRoot Flow and Bio-C Sealer, was evaluated through diffusion tests using two techniques to evaluate their capacity by contact and formation of inhibition halos on Müller Hinton and Blood agar plates exposing them to a clinical strain of *E. faecalis*. In addition, pH measurement tests were carried out.

Results: Intergroup comparisons showed a statistically significant difference in the microbicidal effect of cement "A" with respect to cement "B" against *E. faecalis*, with a P value (0.0262).

Conclusion: The two bioceramic cements displayed an important microbicidal capacity on contact that could be related to their high pH and chemical composition. However, the antimicrobial activity of BioRoot Flow was favored over Bio-C Sealer.

Keywords: Bioceramic sealers, microbicidal activity, diffusion tests.

II. INTRODUCCIÓN

2.1 ENDODONCIA

El término de “*endodoncia*” deriva de las palabras griegas εντός, ento’s (adentro) y οδοντώ, odonto’ (diente). La endodoncia es el área de la odontología dedicada al estudio de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental; así como la prevención y el tratamiento de las alteraciones pulpares y de sus repercusiones sobre los tejidos perirradiculares. Esta disciplina involucra intervenciones de prevención, no quirúrgicas y quirúrgicas, en condiciones de inflamación e infección de la pulpa dental y del tejido periapical; con la finalidad de preservar el órgano dentario y mantener la función del aparato masticatorio (1-4).

2.1.1. COMPLEJO DENTINO PULPAR

El órgano dentario constituye una unidad biológica estructural conformada por tejido pulpar y dentinario, denominada complejo dentino-pulpar. A pesar de las diferencias estructurales y de composición entre ambos tejidos, estos están íntimamente trabajando en sinergia durante toda la vida vital del diente; así como en relación con sus reacciones fisiológicas y patológicas; por lo que un daño a alguna de estas estructuras también impacta de manera negativa al otro (5,6).

Este concepto es importante para comprender la biopatología de la dentina y la pulpa. Las células pulpares producen dentina, nervios, y vasos sanguíneos, mientras que la dentina está conformada en su mayoría por contenido mineral; no obstante, su poca similitud estructural, una vez formadas reaccionan frente al estímulo como una unidad funcional. Estas reacciones son llevadas a cabo con cambios en los fibroblastos, nervios, vasos sanguíneos, odontoblastos, leucocitos, y el sistema inmune. Siempre que la dentina esté cubierta periféricamente por esmalte en las superficies coronales y cemento en las superficies radiculares, la pulpa dental generalmente permanecerá saludable de por vida, a menos que el suministro de sangre apical se vea interrumpido por fuerzas ortodóncicas excesivas o traumatismo por impacto severo. La mayoría de las condiciones pulpares

II. INTRODUCCIÓN

patológicas comienzan con la eliminación de una o ambas de estas barreras protectoras a través de caries, fracturas o abrasión (7,8).

2.1.2. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

La endodoncia es el procedimiento que implica la eliminación de la pulpa dental. El tratamiento de conductos en endodoncia incluye varias etapas: diagnóstico, acceso a la cavidad pulpar, determinación de la longitud de trabajo, instrumentación quimiomecánica, y obturación del sistema de conductos radiculares. Sin embargo, todos estos factores deben ser complementados por la irrigación, la medicación intraconducto (cuando el caso lo requiera) y un buen sellado coronal mediante una adecuada rehabilitación del diente con la finalidad de restituir su función (9,10).



Figura 1. Etapas del tratamiento de conductos. En este esquema se muestran cinco etapas del tratamiento de conductos, iniciando con el diagnóstico, acceso, conductometría, instrumentación biomecánica y concluyendo con la etapa de obturación.

El tratamiento de conductos es realizado para prevenir o lograr la cicatrización de una periodontitis apical y lograr la permanencia en boca el diente tratado. El éxito del tratamiento se evalúa no solo con la conservación del diente, sino cuando el diente tratado no presenta síntomas y/o signos clínicos y radiográficos de lesión apical; resultando como consecuencia del tratamiento, la disminución de tamaño o su completa ausencia (9).

II. INTRODUCCIÓN

2.1.2.1. Objetivo del tratamiento de conductos

El objetivo del tratamiento de conductos es la retención a largo plazo en función de los dientes con patología pulpar o periapical. De manera más específica, su propósito primordial es prevenir y tratar la periodontitis apical, eliminando la mayor parte de microorganismos y el tejido pulpar necrótico mediante un desbridamiento quimiomecánico, para promover un sellado hermético y obturación tridimensional de los conductos para prevenir de futuras infecciones, evitando una respuesta inflamatoria en los tejidos de soporte del órgano dentario afectado (11,12).

2.2. DETERMINANTES DEL ÉXITO

Se ha propuesto que el tratamiento de conductos realizado adecuadamente no se limita solamente a los aspectos de la triada endodóntica. Más bien se sostiene que estos factores deben de ser complementados por etapas adicionales para asegurar un buen resultado. Estas etapas incluyen lograr una desinfección, la administración de medicación intraconducto cuando el caso lo precise y la implementación de un sellado coronario temporal y definitivo. El tratamiento de conductos representa una serie interconectada de fases que culminan con la restauración de la función del diente (13).

Existen algunos criterios que sugieren el logro exitoso del tratamiento endodóntico. Estos se basan en aspectos como: conseguir la permanencia del órgano dentario en boca del paciente y conservando su función; evidenciar la ausencia de lesiones periapicales bajo la utilización de elementos radiográficos; favorecer la reparación y/o regeneración de los tejidos periapicales, promoviendo condiciones para que estos recuperen su estado histológico normal; evitar el desarrollo de un proceso patológico; y estimular la formación de una barrera biológica (13).

La recuperación de la salud de los tejidos periapicales depende de la erradicación de procesos infecciosos que contribuyen en la evolución de las lesiones periapicales, así como la total resolución de la sintomatología de la periodontitis apical. Esto se logra mediante el potencial de cicatrización de los tejidos afectados por la patología pulpar o periapical, y los procedimientos implementados durante el tratamiento del conducto radicular (14,15).

II. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso del tratamiento, es esencial garantizarla detención del desarrollo de afecciones patológicas. Se pretende propiciar una adecuada estabilidad en el sellado apical, la cual desempeña un rol crucial en el control y prevención de la reinfección encapsular a los microorganismos residuales mediante la actividad antimicrobiana de los selladores endodónticos (15).

2.3. PROBLEMAS EN EL TRATAMIENTO

El fracaso en el tratamiento de conductos engloba varios aspectos que pueden afectar los resultados como: una obturación inapropiada; sobre extensiones excesivas de los materiales de obturación hacia zonas radiculares no deseadas; un sellado coronal defectuoso que resulta en filtraciones; la omisión del tratamiento de conductos adicionales; inconvenientes relacionados con la instrumentación como perforaciones; separación de instrumentos; y la persistencia de infecciones debido a la presencia de microorganismos (16).

Se ha comprobado que el 60% de las situaciones de fracaso están asociadas con una obturación que no cumple con los estándares adecuados. Cuando la obturación no es realizada de manera óptima, pueden surgir filtraciones a lo largo del tiempo, lo cual también puede acarrear la desintegración del material sellador empleado e invasión bacteriana. La identificación de estas problemáticas y su abordaje resultan esenciales para mejorar las tasas de éxito de los procedimientos (17,18).

2.3.1. FALLA DEL SELLADO APICAL

Las fallas en el sellado apical representan un desafío que puede impactar significativamente en la efectividad de los tratamientos. El sellado apical se refiere al cierre hermético y completo del extremo del conducto radicular más cercano al foramen apical. El éxito de la terapia endodóntica requiere de una obturación completa del sistema de conductos con biomateriales no irritantes ya que la mayoría de las fallas son causadas por un sellado incompleto del conducto radicular (13).

El hecho de que la falta de un sellado completo y eficiente sea una de las causas principales de fracaso en los tratamientos endodónticos subraya la relevancia de seleccionar los materiales de obturación adecuados y llevar a cabo esta fase con

II. INTRODUCCIÓN

precisión. A través de la obturación completa y eficaz del sistema de conductos, se busca eliminar los potenciales nichos para la proliferación bacteriana y permitir que los tejidos periapicales se recuperen sin interferencias (13,19).

Las discrepancias morfológicas provocadas por la instrumentación y la anatomía variable de los conductos representan dificultades para la obturación, por este motivo para llenar esos espacios son necesarios los cementos. La elección de los materiales de obturación y cementos selladores también influye en la efectividad del sellado apical. Algunos materiales pueden experimentar contracción al fraguar, lo que resulta en espacios no sellados. La incompatibilidad de los materiales con las propiedades del conducto y la falta de adhesión a las paredes internas también pueden contribuir a una falla en el sellado (2).

2.3.2. PERSISTENCIA DE INFECCIÓN

La persistencia de infecciones representa una de las causas primordiales del fracaso en los tratamientos endodónticos. Esta problemática se debe a que los microorganismos, a pesar de los esfuerzos terapéuticos, pueden subsistir en diferentes zonas dentro de la estructura dental, contribuyendo a la persistencia de los problemas y la recurrencia de síntomas desfavorables (13).

En ocasiones la completa desinfección de los tubulillos dentinarios puede plantear un desafío, debido a la biopelícula formada por bacterias y detritus; lo ideal es eliminar el material orgánico e inorgánico de los tubulillos para facilitar la distribución de los cementos selladores. No obstante, se convierten en ubicaciones comunes para microorganismos residuales, lo que dificulta su eliminación y permite la reaparición de infecciones. Debido a la falta de la formación de una interfase efectiva entre el material de obturación y el diente a través de los tubulillos dentinarios; estos espacios que no alcanza el cemento sellador y las áreas de lesiones periapicales brindan un refugio para los microorganismos (20–22).

2.3.2.1. *Microbiota endodóntica*

La mayoría de las bacterias que se encuentran dentro del sistema de conductos son susceptibles a los procedimientos convencionales de tratamiento. Sin embargo,

II. INTRODUCCIÓN

existen casos en los que ciertas bacterias logran sobrevivir a estos procesos y su presencia en el momento de la obturación, es un elemento de riesgo para la aparición de periodontitis apical posterior al tratamiento (23).

La terapia endodóntica se centra en la descontaminación integral del sistema de conductos radiculares mediante la irrigación y activación de diversos agentes microbianos. Estas soluciones desempeñan un papel fundamental en la instauración y perpetuación de los procesos patológicos que causan daño tanto en la pulpa dentaria como en la región periapical (24).

La persistencia bacteriana en los conductos radiculares en relación con los resultados de los tratamientos es un tema de gran relevancia en el fracaso del tratamiento. Esto se debe a que existe evidencia que señala el papel significativo que desempeñan las bacterias en la persistencia o incluso la formación de lesiones de periodontitis apical después de la realización de tratamientos de conductos (23).

La microflora endodóntica es un conjunto diverso de microorganismos, presenta una abundancia considerable, incluyendo variantes que incluso se diferencian en la porción apical y coronal del conducto radicular. Esta se asocia a lesiones perirradiculares, sugiriendo la posibilidad de que estos microorganismos sean los causantes de tales afecciones. Es importante destacar que se ha observado una relación entre la persistencia de la infección microbiana en el sistema de conductos radiculares y la existencia de rarefacción perirradicular previa al tratamiento en los casos en que los procedimientos endodónticos han fracasado (13).

2.3.3. MICROORGANISMOS RESISTENTES EN ENDODONCIA

Los microorganismos juegan un papel importante en la etiología y el desarrollo de las respuestas inflamatorias perirradiculares. Estos son capaces de sobrevivir a los procedimientos de desinfección y eliminación de los conductos radiculares, lo que puede llevar a la persistencia de infecciones o a la recurrencia de síntomas adversos en el futuro (25).

La resistencia microbiana en endodoncia puede estar asociada a diversos factores. Uno de los más relevantes es la capacidad de algunos microorganismos de formar biopelículas, que son estructuras protectoras que los resguardan de los agentes

II. INTRODUCCIÓN

antimicrobianos y de las acciones mecánicas durante el tratamiento. La capacidad de las bacterias para adherirse a las superficies de las paredes del conducto radicular propicia que puedan acumularse y formar estructuras de biopelículas, adquiere relevancia en términos de resistencia bacteriana y su persistencia incluso después del tratamiento endodóntico (23).

Las lesiones periapicales son una composición polimicrobiana, con diferentes niveles de virulencia. Sin embargo, ciertos grupos de microorganismos parecen ser asociados con infecciones endodónticas persistentes; como *Actinomyces israelii*, *Actinomyces naeslundii*, *Candida albicans* (*C. albicans*) y *E. faecalis*. Se ha reportado que el *E. faecalis* es el microorganismo con más prevalencia en la persistencia de lesiones periapicales (26–28).

2.3.3.1. *Enterococcus faecalis*

El microorganismo *E. faecalis*, una bacteria grampositiva y miembro del grupo de bacterias ácido-lácticas, se destaca como uno de los principales agentes causantes de infecciones nosocomiales. Además, el estrés oxidativo representa uno de los desafíos principales que las bacterias enfrentan durante el proceso infeccioso (29). En casos de tejido pulpar necrótico, el microorganismo que resulta más difícil de eliminar es el *E. faecalis*. Este microorganismo emerge como el más preponderante en los conductos radiculares con lesiones periapicales persistentes. Tiene una capacidad de supervivencia y adaptación, incluso en condiciones de escasos nutrientes. Se ha comprobado que el *E. faecalis* puede infiltrar los túbulos dentinarios, brindándole la posibilidad de eludir los efectos de los tratamientos antimicrobianos realizados dentro del conducto. Además, tiene la habilidad de formar biopelículas, lo cual adquiere un papel trascendental en términos de su resistencia y persistencia bacteriana tras la ejecución de procedimientos endodónticos. Resulta relevante mencionar que *E. faecalis* también presenta una resistencia notable al hidróxido de calcio, un medicamento intraconducto de uso frecuente para alcalinizar el conducto creando un ambiente desfavorable para microorganismos (26).

II. INTRODUCCIÓN

Este microorganismo ha sido objeto de amplias investigaciones como indicador biológico. Hay varios factores de preocupación por este patógeno en el contexto de infecciones endodónticas; dado a su alta prevalencia en casos de enfermedad posterior al tratamiento, junto con su asociación a factores de virulencia tales como sustancia de agregación, proteínas de superficie enterocócica, gelatinasa, toxina citolisina, producción extracelular de superóxido, polisacáridos capsulares y determinantes de resistencia a antibióticos, podría potenciar su capacidad para adherirse a las células huésped y a la matriz extracelular, invadir tejidos, ejercer un efecto inmunomodulador y causar daño mediado por toxinas (30).

En general, este patógeno ha demostrado una notable capacidad de supervivencia en condiciones extremadamente desafiantes. Su potencial patogénico abarca desde enfermedades potencialmente mortales en individuos con sistemas inmunológicos comprometidos hasta condiciones menos severas, como la infección de conductos radiculares obturados con periodontitis apical crónica (31).

2.4. TRIADA ENDODÓNTICA

El tratamiento endodóntico se ha enfocado en la tríada de preparación biomecánica, desinfección y obturación, para el éxito del tratamiento de conductos. (10).

2.4.1 PREPARACIÓN BIOMECÁNICA

La preparación biomecánica tiene el objetivo de conseguir la eliminación del tejido pulpar o necrótico y detritos con la instrumentación manual o rotatoria. Este principio permite el ensanchamiento de las paredes para su adecuada limpieza y obturación (10,32).

2.4.2 DESINFECCIÓN

La desinfección consiste en la limpieza del sistema de conductos radiculares con el uso de diferentes soluciones que eliminen bacterias, tejido pulpar remanente, así también como los productos de la instrumentación. Se emplean agentes químicos como el hipoclorito de sodio (NaOCl), clorhexidina, ácido etilendiaminotetraacético

II. INTRODUCCIÓN

(EDTA), por mencionar algunos. Estos irrigantes desempeñan un papel crucial que contribuye a la desinfección del sistema de conductos (10,33).

2.4.3 OBTURACIÓN

La fase de la obturación representa el último eslabón del tratamiento de conductos. Esta etapa consiste en el llenado de la porción de los conductos, posterior a la conformación biomecánica y su desinfección; esto se logra mediante el uso de materiales inertes o antisépticos que favorecen un sellado en tres dimensiones y contribuyen a la regeneración de los tejidos periapicales, sin interferir en dicho proceso. El sellado tridimensional del conducto radicular a través de la obturación es un procedimiento de suma relevancia, ya que su adecuada adaptación es un factor esencial para el éxito del tratamiento. Al ocupar el espacio creado mediante la conformación, los materiales de obturación impiden la supervivencia de los microorganismos, evita el estancamiento de líquidos, brinda un entorno propicio para la regeneración apical (11,34).

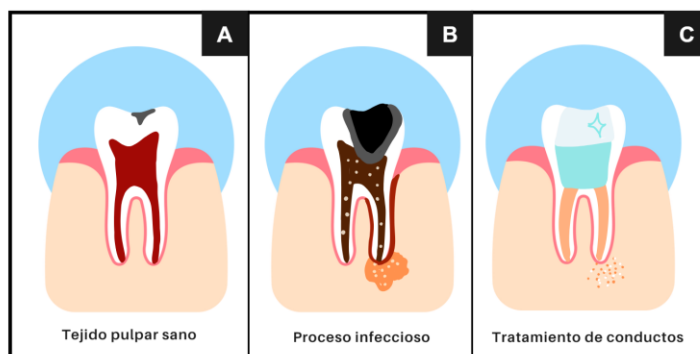


Figura 2. Cronología del establecimiento de la salud periodontal. En el esquema A se muestra un diente con una lesión cariosa no comunicante con tejido pulpar sano. En el esquema B se muestra un órgano dentario con comunicación profunda a los conductos con invasión bacteriana los tejidos periapicales. En C, se puede observar un diente tratado endodónticamente el cual tiene un proceso de cicatrización a nivel periapical.

Esta fase se pretende eliminar cualquier vía de comunicación entre los conductos radiculares y los tejidos perirradiculares, lo cual contribuye a restablecer la salud del periodonto, como se observa en la Figura 2 (11).

Por lo tanto, los conductos radiculares deben llenarse lo más completo posible para evitar la entrada de nutrientes o microorganismos orales. Sin embargo, ninguna de

II. INTRODUCCIÓN

las técnicas establecidas para la obturación de conductos radiculares proporciona un sellado definitivo coronal, lateral y apical. En la actualidad, se han desarrollado cementos selladores que fluyen a través de los istmos de los conductos radiculares para proporcionar un mejor llenado del espacio (11).

2.4.3.1 *Objetivo de la obturación*

Schilder destaca que el objetivo final de los procedimientos de endodoncia es lograr "*la obturación completa del espacio del conducto radicular*". Esta meta conlleva la creación de un sellado altamente efectivo y hermético en el foramen apical, así como la obliteración del conducto en su totalidad. Este enfoque es crucial para garantizar condiciones óptimas que aumenten las posibilidades de un tratamiento exitoso y duradero (7).

La finalidad de la obturación implica conseguir la adaptación adecuada del material de obturación a lo largo de las paredes que han sido previamente instrumentadas; asegurando así que no queden espacios o fugas que puedan permitir la entrada de microorganismos. Este nivel de sellado preciso contribuye significativamente en la preservación y la salud a largo plazo del órgano dentario tratado (34).

2.4.3.2. *Características de la obturación ideal*

Se deben considerar diversas características cruciales al realizar la fase de obturación. Primeramente, debe ser realizada de forma tridimensional para prevenir la microfiltración hacia los tejidos periapicales del contenido del sistema de conducto radicular y también en sentido inverso. En términos radiográficos, la obturación debe extenderse lo más cerca posible de la unión cemento dentinaria y observarse denso. La forma de la obturación debe reflejar una conformación que se aproxime a la morfología radicular y exponer una preparación continua en forma de embudo y estrecha en el ápice. Es importante evitar la excesiva eliminación de estructura dentinaria en cualquier nivel del sistema del conducto, dado a que el material obturador no fortalece la raíz ni compensa la pérdida de dentina. Asimismo, se debe utilizar la mínima cantidad de cemento sellador, el cual debe ser biológicamente compatible al igual que el material de relleno sólido. De manera química, debe

II. INTRODUCCIÓN

establecer una unión de los cementos selladores son necesarios para ocupar el espacio entre la pared dentinaria y el material obturador; llenar los espacios y las irregularidades del conducto radicular, los conductos laterales y accesorios (35).

2.5. MATERIAL DE OBTURACIÓN

La obturación del espacio en el conducto radicular implica la utilización de dos componentes esenciales: un material de obturación principal y un cemento sellador para el conducto, como se observa en la Figura 3. La gutapercha es el material biocompatible utilizado en la mayoría de los casos para ocupar el espacio; sin embargo, este material por sí solo no es suficiente para producir un sellado tridimensional completo del sistema de conductos radiculares (36).

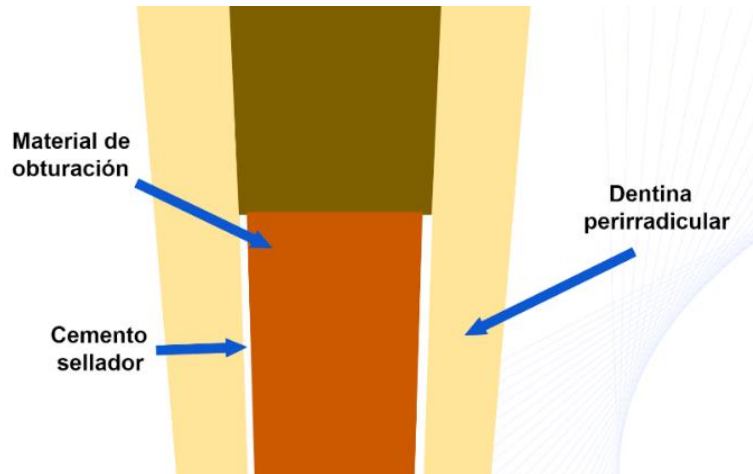


Figura 3. Esquema de los componentes de la obturación. Se observa un esquema en representación de un conducto radicular previamente conformado y obturado con el material de obturación principal y cemento sellador, que forma una interfase con la dentina perirradicular.

Aunque los materiales se adaptan íntimamente a las paredes dentarias, debe ser acompañado por un cemento sellador de conductos radiculares, ya que no logra la distribución total del material para rellenar los conductos accesorios, las discrepancias menores y las irregularidades. El sellado tridimensional de todo el espacio del conducto radicular con un material de obturación biocompatible es una tarea desafiante en algunos casos (36).

II. INTRODUCCIÓN

2.5.1 GUTAPERCHA

La gutapercha es el material utilizado para la etapa de obturación, este material es crítico en el tratamiento de conductos, ya que busca llenar los espacios previamente limpiados y conformados. Este es un material termoplástico de origen vegetal derivado del árbol de gutapercha. De esta manera logra una buena adaptación sobre los conductos cuando el material se vuelve maleable con el calor (35).

Para prevenir infecciones ocasionadas por invasión microbiana hacia los espacios que no logran ser alcanzados por el material de obturación principal, es decir la gutapercha, es un requisito indispensable un sellado adecuado con cementos para disminuir cualquier posibilidad de proliferación de bacterias y la futura aparición de cualquier patología (36).

2.5.2. CEMENTOS SELLADORES

Los cementos selladores llenan los espacios y las irregularidades del conducto radicular los conductos laterales y accesorios, así como los espacios entre la pared dentinaria y el material obturador. Estos cementos selladores endodónticos deben tener ciertas propiedades para ser eficaces, como ser biocompatibles, adhesivos para unirse adecuadamente a las paredes del conducto radicular y radiopacos. Los primeros selladores eran cementos de óxido de zinc-eugenol (ZOE) modificados basados en la fórmula de Grossman o Rickerts que se usaban ampliamente en todo el mundo. Es importante mencionar que los avances en la investigación y la tecnología continúan influyendo en el desarrollo de nuevos materiales y técnicas en el campo de la endodoncia (35,36).

2.5.2.1. *Propiedades del cemento sellador ideal*

Se ha establecido que un cemento sellador ideal debe poseer una serie de características fundamentales. En primer lugar, debe tener la capacidad de adhesión, para evitar filtraciones indeseadas; debe demostrar propiedades microbicidas, o al menos no favorecer el crecimiento bacteriano; debe contar con cierta radiopacidad para permitir su visualización en radiografías, lo que facilita el seguimiento y evaluación del tratamiento; insoluble en fluidos tisulares para

II. INTRODUCCIÓN

asegurar su durabilidad a lo largo del tiempo; cierta fluidez ya que debe ser lo suficientemente fácil de aplicar en el conducto radicular, permitiendo un control preciso durante su colocación; debe mantener una estabilidad química que preserve sus propiedades en condiciones cambiantes en la cavidad oral; y debe ser biocompatible, garantizando que sea bien tolerado por los tejidos y evitando reacciones adversas o irritaciones en los tejidos circundantes (35,37).

Estas propiedades en conjunto son importantes para asegurar que el cemento sellador logre un sellado efectivo y duradero, contribuyendo al éxito y longevidad del tratamiento endodóntico. La capacidad de desencadenar la cicatrización efectiva se encuentra vinculada a la eliminación de agentes irritantes, ya sea derivados de productos metabólicos bacterianos o de componentes químicos en los materiales de sellado. Consecuentemente, para fomentar el proceso de cicatrización, el sellador utilizado debe ser completamente inofensivo para los tejidos periapicales, e incluso sería ventajoso si tuviera la capacidad de inducir la formación de tejido duro, contribuyendo así a lograr un sellado biológico óptimo (15,35,37).

2.5.3. TIPOS DE CEMENTOS SELLADORES

Los selladores endodónticos se clasifican por categorías según su composición. Con el paso del tiempo fueron desarrollándose nuevos selladores, con la finalidad de implementar mejoras en las propiedades. Algunos ejemplos son el ZOE, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio, silicona, resina epóxica, metacrilato y biocerámicos (38).

2.5.3.1. *Óxido de zinc y eugenol*

La fórmula del sellador de ZOE se originó en la década de 1930 con las formulaciones desarrolladas por Rickert y Dixo lo que condujo al sellador de Kerr y la fórmula desarrollada por Grossman en 1936. Desde entonces, los selladores ZOE han sido un estándar en la práctica de la endodoncia, apoyados por un historial de éxitos a largo plazo. Estos cementos contienen polvo de óxido de zinc y líquido de eugenol, un aceite esencial derivado del clavo. Al mezclarse y aplicarse en dentina radicular húmeda, el óxido de zinc y el eugenol forman un complejo para formar un

II. INTRODUCCIÓN

gel amorfo. El polvo de óxido de zinc residual permanece en el gel, formando una matriz rígida (38).

Entre las principales ventajas de las propiedades de ZOE, se puede mencionar su notable característica de lubricante, su tiempo de trabajo extendido de más de 30 minutos y su acción germicida; esta última característica se ha demostrado que se debe a la presencia de eugenol libre, que permanece hasta que el cemento alcanza su endurecimiento final. También posee un mayor volumen que cualquier otro sellador, lo que convierte su elección óptima para técnicas de condensación. Dentro de sus desventajas, puede provocar irritación, tiene una absorción reducida, puede provocar la tinción del diente y presenta un tiempo de fraguado rápido en calor o humedad (39,40).

2.5.3.2. Hidróxido de calcio

Los selladores de conductos radiculares a base de hidróxido de calcio presentan excelentes propiedades tanto físicas como biológicas. Una de las características más importantes de los cementos con hidróxido de calcio es su actividad antimicrobiana. El hidróxido de calcio libera iones de calcio e hidróxido en el medio circundante, lo que crea un ambiente alcalino hostil para las bacterias (39,41).

Este tipo de cementos cuentan con un pH alcalino que juega un papel importante para la eliminación bacteriana. Esta característica también interviene en la neutralización del ácido láctico de los osteoclastos y previene la disolución de componentes mineralizados de los dientes como reabsorciones. Una de las desventajas que han demostrado estos cementos es su alta solubilidad (41).

Un ejemplo de selladores a base de hidróxido de calcio son Apexit plus y Sealapex. Estos productos tienen una base y el catalizador. La base contiene óxido de zinc, hidróxido de calcio, butilbenceno, sulfonamida, estearato de zinc. El catalizador se compone de sulfato de bario, dióxido de titanio como radiopacificadores y salicilato de isobutilo. Cabe destacar que este tipo de sellador requiere de aproximadamente tres semanas para el fraguado final en presencia de humedad (39).

II. INTRODUCCIÓN

2.5.3.3. Ionómero de vidrio

El ionómero de vidrio como sellador de conductos radiculares se introdujo con la marca Keto-Endo. Estos selladores generalmente poseen las propiedades de adhesividad de hidroxiapatita y liberación constante de fluoruro que es de naturaleza anticariogénica. Los selladores de ionómero de vidrio exhiben buenas características físicas y de unión química cuando se unen a la dentina y son biocompatibles y muestran una buena adhesión a la dentina (39).

Estos cementos se fabrican mezclando un polvo fino de vidrio de silicato con poliacrílico y ácidos relacionados. Esta combinación genera subunidades repetitivas de monómeros orgánicos y iones inorgánicos, dando lugar a la formación de un ionómero (38).

Entre sus ventajas más notables se encuentran su facilidad de manipulación, su mejor adhesión a la dentina, una menor presencia de vacíos, menor tensión superficial y un mejor flujo. No obstante, se plantea una preocupación principal con los selladores de ionómero de vidrio con relación a la dificultad que podrían presentar en casos de retratamiento, dado que actualmente no se conoce un solvente específico para su eliminación (39).

2.5.3.4. Siliconas

Los selladores a base de silicona surgieron de una idea de utilizar material de impresión de silicona inyectable dentro de los conductos radiculares preparados para su obturación. Estos materiales se componen de polimetilvinilsiloxano que se se fija a los conductos mediante una reacción por adición forman un polímero. Algunos ejemplos son GuttaFlow, GuttaFlow 2 y RoekoSeal (38).

2.5.3.5. Resina epóxica

Los selladores a base de resina epóxica presentan un flujo mejorado que facilita su penetración en los túbulos dentinarios, optimizando de esta manera la adhesión. Uno de estos ejemplos es el cemento AH Plus (Dentsply, Alemania), un cemento sellador considerado como el "estándar de oro" por su popularidad. Es un sistema de dos pastas basado en la reacción de polimerización de aminas de resina epoxi.

II. INTRODUCCIÓN

La pasta de epóxido contiene principalmente un compuesto de diepóxido (bisfenol A diglicidil éter) y rellenos radiopacos, mientras que la pasta de amina contiene tres tipos de amina, aceite de silicona y rellenos como componentes principales (42).

Su estabilidad dimensional a largo plazo, biocompatibilidad y fuerte adherencia a la dentina, lo convierten en una elección confiable para lograr un sellado apical eficaz en comparación con otros productos, tanto es así que se utiliza como material de control en investigaciones. Se ha demostrado que este sellador tiene capacidad de penetración de manera más profunda en las irregularidades del conducto radicular, principalmente debido a su largo tiempo de fraguado y capacidad de flujo, lo que aumenta su unión micromecánica a la dentina de la raíz. Sin embargo, es importante destacar que AH Plus carece de la capacidad de adherirse a la gutapercha, lo que podría contribuir a posibles filtraciones en esta interfaz (42,43).

2.5.3.6. Metacrilato

Recientemente, los selladores de resina de metacrilato siguen el concepto de “monoblock”. En este tipo de cemento, la adhesión del sellador se establece entre el cono de polímero termoplástico y las paredes de dentina del conducto radicular. Una propiedad importante de los selladores es su buena compatibilidad con los tejidos y su capacidad de lograr un sellado tridimensional y duradero del conducto radicular. Su efectividad depende de la estabilidad dimensional, incluyendo la contracción, expansión y solubilidad; además de su capacidad de adhesión tanto a la dentina como a los conos aplicados (39).

2.5.3.7. MTA

Torabinejad (1993) introdujo el agregado trióxido mineral (MTA, por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos, marcando un avance significativo en la endodoncia. Estos selladores, disponibles en tonos gris o blanco, han demostrado ser valiosos en diversas aplicaciones. La composición de estos cementos de color gris incluye silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminoferrita tetracálcica. El componente blanco es igual al gris solo que con ausencia de ferrita de aluminio tetracálcico. El proceso de tiempo de fraguado es de aproximadamente 2 horas y 45 minutos, cuenta con

II. INTRODUCCIÓN

un pH de alcalino de 12.5 y se fija extensamente en ambientes húmedos. Está hecho de material a base de silicato de calcio. Suele utilizarse como material de apexificación. Uno de los aspectos más destacados de estos selladores es su alta biocompatibilidad y actividad antimicrobiana. Sin embargo, su limitación radica en que, una vez utilizado, el diente no puede ser retratado con facilidad debido al agregado de trióxido mineral. A pesar de esta limitación, los biomateriales alcalinos, como los selladores a base de MTA, han ganado amplia aceptación en la comunidad endodóntica debido a sus excelentes propiedades fisicoquímicas y biológicas. La aplicación ideal del material involucra la utilización de un transportador para llevar el MTA al conducto radicular y luego conformarlo en un espacio específico. Con el tiempo, se produce una biomineralización al adherirse a la dentina radicular. El MTA teóricamente contribuye al fortalecimiento de la raíz y aumenta su resistencia a la fractura. Ejemplos de selladores basados en MTA incluyen MTA Fillapex, Endo CPM Sealer y MTA Obtura. Estos productos son el ejemplo de la continua evolución y mejora en el campo de la endodoncia, donde la investigación y la innovación han llevado a soluciones más efectivas y prometedoras (39).

2.5.4. CEMENTOS SELLADORES BIOCERÁMICOS

Los cementos biocerámicos fueron elaborados a partir de la década pasada, se han desarrollado cementos selladores premezclados a base de silicato de calcio que presentan propiedades fisicoquímicas y biológicas mejoradas. Estos materiales cuentan con las características de ser biocompatible; liberar iones de calcio; presentar un pH elevado, estabilidad dimensional y radiopacidad. Además, el óxido de zirconio utilizado como radiopacificador en un material a base de silicato de calcio que ha demostrado estimular la proliferación de fibroblastos y la formación de colágeno en el tejido subcutáneo de ratas (44,45).

La biocompatibilidad y la bioactividad son propiedades de gran importancia para los selladores endodónticos, ya que mantienen contacto con los tejidos periapicales y puede influir en el proceso de reparación. Estas cualidades están directamente relacionadas con la composición del material. Se ha comprobado que los selladores

II. INTRODUCCIÓN

de silicato de calcio cuentan con una baja citotoxicidad e inducen una reacción inflamatoria leve a moderada (44).

Estos cementos han despertado un gran interés debido a sus notables propiedades físicas y biológicas, que incluyen un pH alcalino, una estabilidad química en armonía con el entorno biológico, ausencia de contracción, carácter no tóxico y su marcada biocompatibilidad. A nivel del ápice radicular, el sellador endodóntico está en contacto con los tejidos periapicales; por lo tanto, su biocompatibilidad es una propiedad fundamental. En ocasiones estos pueden ser extruidos a través de los conductos radiculares, causando inflamación y dolor, evitando la adecuada cicatrización apical (37,46).

2.5.4.1. BioRoot Flow (Septodont)

Es un cemento sellador de un mineral bioactivo, basado en la química de microagregados minerales patentada por *Septodont*, con la “tecnología de biosilicato activo”. Consiste en un material con alta pureza mineral y con una formulación libre de monómeros, la cual disminuyen el riesgo de reacciones adversas en los tejidos, prometiendo buenos resultados por su alta biocompatibilidad. Cuenta con propiedades bioactivas dado a la formación de hidroxiapatita en la interfaz diente-sellador y mineralización de la estructura dentinaria. El fabricante promete un pH alcalino; buenas propiedades de sellado y fácil de retirar. Cuenta con una presentación de jeringa premezclada, lista para su uso; con un tiempo de fraguado de 4-8 horas (47).

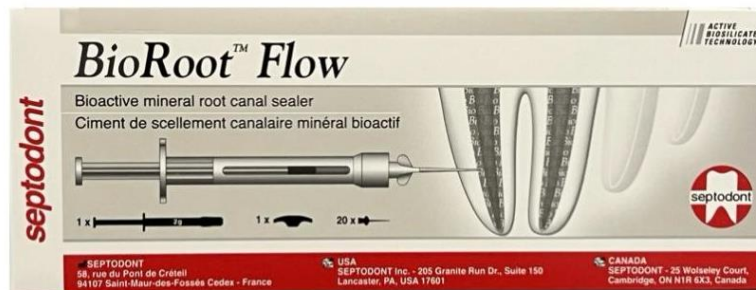


Figura 4. Producto BioRoot Flow. Presentación comercial del cemento sellador endodóntico biocerámico de la marca comercial Septodont.

II. INTRODUCCIÓN

2.5.4.2. Bio-C Sealer (Angelus)

El cemento biocerámico Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) es un sellador de conductos radiculares que contiene silicatos de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de zirconio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agente dispersante en su composición. Según su fabricante, este sellador tiene una formulación biocerámica con alta biocompatibilidad; bioactividad dado a la liberación de iones de calcio; alta alcalinidad influyendo en su acción antibacteriana; interacción con la dentina por su alta adhesión; alta radiopacidad que propicia su visualización radiográfica y excelente fluidez. Además, cuenta con una presentación de jeringa inyectable con material premezclado listo para su uso; con un tiempo de fraguado de este material es de 60 minutos a 4 horas (48).

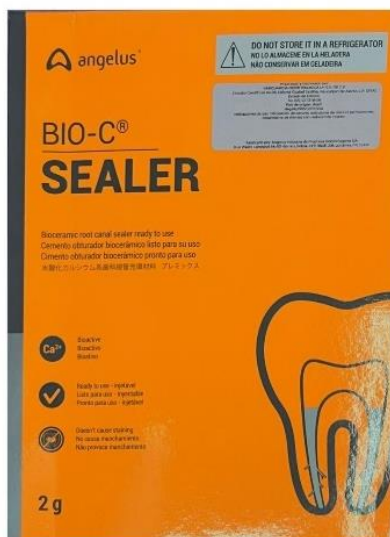


Figura 5. Producto Bio-C Sealer. Presentación comercial del cemento sellador endodóntico biocerámico del fabricante Angelus.

2.5.4.3. Composición BioRoot Flow y Bio-C Sealer

La composición de estos cementos se basa en los silicatos de calcio, basados en los materiales del cemento Portland. Este cemento proviene de años de mejoramiento del hidróxido de calcio hasta el desarrollo del cemento hidráulico. El cemento Portland es un material que resulta del producto a altas temperaturas de caliza y arcillas en diferentes proporciones. Dentro de sus recciones cuenta con diferentes fases donde se desarrolla silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato

II. INTRODUCCIÓN

tricálcico y solución sólida de ferrito; los dos primeros son los componentes principales de los cementos biocerámicos en endodoncia desarrollados en la actualidad (49).

La diferencia entre el silicato dicálcico y tricálcico, radica en que este último es más sensible al contacto con el agua y fragua de una manera más rápida. No obstante, los fabricantes adicionan componentes para que se forme un gel coloidal, donde su fraguado será activado al momento del contacto con la humedad del conducto. Durante la etapa de fraguado los cementos no se contraen ni se reabsorben, si no que poseen una ligera capacidad de expansión (49–51).

El cemento Bio-C Sealer y BioRoot Flow cuentan con derivados del cemento Portland como el silicato de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio y silicato tricálcico. El óxido de zirconio es un óxido cristalino que brinda radiopacidad a los cementos. En la Tabla 1 se compara la composición química de ambos cementos en base a lo que los fabricantes comparten de sus productos (47,52).

Tabla 1. Comparación de la composición del cemento BioRoot Flow y Bio-C Sealer

MATERIAL	MANUFACTURADOR	COMPOSICIÓN
BioRoot Flow	Septodont, Saint-Maur-des-Fosse's; Francia	Silicato tricálcico, propilenglicol, povidona, carbonato de calcio, aerosil, óxido de zirconio, copolímero de crilamida/acrilodimetiltaurato de sodio, isohexadecano, polisorbato
Bio-C Sealer	Angelus, Londrina, Paraná; Brazil	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, óxido de zirconio, óxido de silicio, óxido de hierro, glicol polietileno

La composición de los materiales fue extraída por los manuales de uso de cada producto.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las razones más importantes que contribuyen al fracaso del tratamiento endodóntico es la invasión bacteriana. Si bien se ha comprobado que la instrumentación biomecánica y desinfección no eliminan en su totalidad a las bacterias que invaden los tubulillos dentinarios, istmos y conductos accesorios que, en ocasiones pueden resultar inalcanzables para la instrumentación biomecánica y desinfección. Es crucial evaluar e investigar las propiedades microbidas de los cementos selladores biocerámicos, con el propósito de comprobar su efectividad contra los microorganismos que pueden comprometer el pronóstico del tratamiento de conductos.

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta, ¿cuál cemento biocerámico exhibirá una capacidad microbida superior ante una cepa clínica de *E. faecalis*, BioRoot Flow o Bio-C Sealer?

IV. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, existen diversos tipos de cementos selladores endodónticos, cada uno exhibiendo mejoras en sus propiedades. La actividad antimicrobiana es una característica fundamental para el sellador ideal. Por lo tanto, la inclusión de propiedades microbicidas en los cementos selladores es esencial para evitar el crecimiento no deseado de microorganismos residuales.

El presente estudio tiene como cometido analizar el efecto antimicrobiano de nuevos cementos biocerámicos, utilizados para el sellado de la obturación del tratamiento endodóntico, para determinar si existe alguna diferencia significativa entre ellos. A su vez, se pretende proporcionar información que pueda ser considerada para la práctica clínica, brindando opciones de cementos que puedan aumentar la probabilidad de éxito en procedimientos endodónticos.

V. HIPÓTESIS

V. HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

El cemento biocerámico BioRoot Flow exhibirá actividad microbicida superior en comparación con el cemento Bio-C Sealer ante la exposición de la cepa clínica de *E. faecalis*, con diferencias estadísticamente significativas.

5.2 HIPÓTESIS NULA (H0)

Ninguno de los cementos biocerámicos, BioRoot Flow y Bio-C Sealer, exhibirá actividad microbicida frente a la exposición de la cepa clínica de *E. faecalis*.

5.3 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

El cemento biocerámico Bio-C Sealer exhibirá actividad microbicida superior en comparación con el cemento BioRoot Flow ante la exposición de la cepa clínica de *E. faecalis*, con diferencias estadísticamente significativas.

VI. OBJETIVOS

VI. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar actividad microbica *in vitro* contra una cepa clínica de *E. faecalis* de los cementos selladores biocerámicos BioRoot Flow y Bio-C Sealer.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la actividad microbica de los cementos biocerámicos frente a *E. faecalis*, con pruebas de difusión en agar mediante dos técnicas (por contacto y zonas de inhibición).
2. Evaluar de manera complementaria el pH de los cementos a las 0, 24, 48 y 168 horas.
3. Realizar un análisis estadístico utilizando el método ANOVA de una vía con una posterior comparación múltiple de Tukey; para determinar si existe una diferencia significativa entre los resultados de actividad microbica de ambos cementos biocerámicos. Y una prueba de *t de student* para los resultados de la medición del pH.

VII. VARIABLES

VII. VARIABLES

7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Cemento sellador biocerámico (dos grupos: BioRoot Flow y Bio-C Sealer)

7.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Actividad microbica de los cementos ante la exposición de *E. faecalis*.

7.3 OPERACIÓN DE VARIABLES

Se llevó a cabo la evaluación del efecto antibacteriano *in vitro* de los cementos biocerámicos BioRoot Flow y Bio-C Sealer, frente a la cepa clínica del microorganismo *E. faecalis*. Las pruebas se realizaron mediante pruebas de difusión en agar por dos métodos, donde se evaluaron los resultados de la actividad microbica por contacto y del desarrollo de halos de inhibición propiciada por los cementos biocerámicos a las 24 y 48 horas. Además, de forma complementaria se determinó el pH de los cementos en registros a las 0, 24, 48 y 168 horas. Finalmente se realizó el análisis ANOVA de una vía y una posterior comparación múltiple de Tukey para los resultados de las pruebas antimicrobianas y una prueba *t de student* para la prueba de medición de pH.

Tabla 2. Operación de variables

Variable	Definición de variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Actividad microbica	Capacidad de un material para evitar el desarrollo bacteriano	Difusión en agar método por contacto	Presencia o ausencia de desarrollo bacteriano (Visual)	Luz
		Difusión en agar método por halos de inhibición	Diámetro de halos de inhibición (Milímetros)	Vernier digital
pH	Grado de alcalinidad o acidez de una solución	Medición del pH	Escala pH (0-14)	Tiras reactivas pH

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 TIPO DE ESTUDIO

Experimental *in vitro* y longitudinal

8.2 UNIVERSO DE ESTUDIO

Cementos selladores biocerámicos distribuidos en 2 placas de agar (n=12).

Grupo 1: (n=6) Cemento “A” (BioRoot Flow)

Grupo 2: (n=6) Cemento “B” (Bio-C Sealer)

Grupo de control (n=3): Hipoclorito de sodio al 5.25% (NaOCl)

Grupo de control (n=3): Suero salino fisiológico (SSF)

En el laboratorio de microbiología de la Facultad de Odontología de UABC campus Tijuana, se llevaron a cabo pruebas de difusión en agar por dos métodos, así como la medición del pH, para evaluar el efecto microbicida de los cementos selladores biocerámicos BioRoot Flow y Bio-C Sealer.

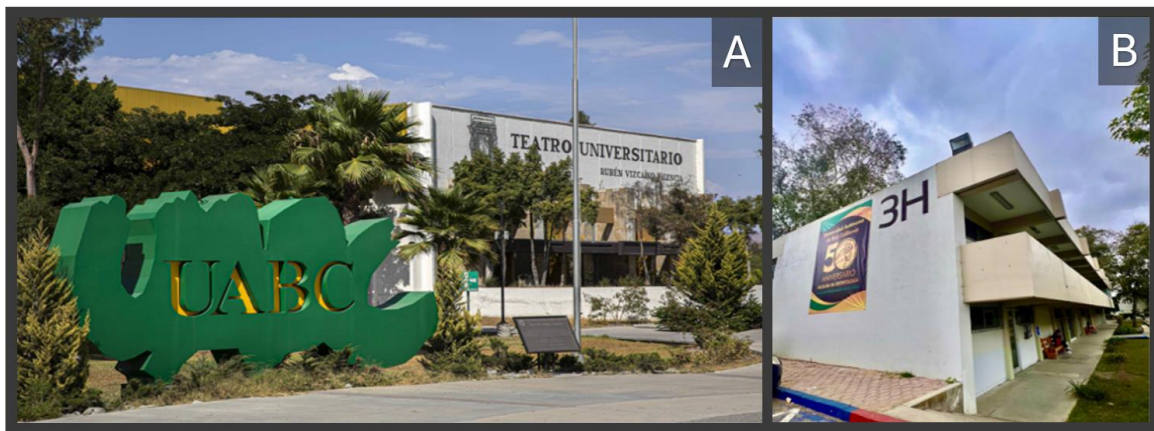


Figura 6. Facultad de odontología UABC. A la izquierda A, el logotipo de UABC en el campus Tijuana; a la derecha, B muestra el edificio 3H de la facultad de odontología donde se llevó a cabo el proyecto de investigación.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.3 MATERIALES

Los cementos biocerámicos de interés en este estudio experimental fueron el cemento BioRoot Flow (Septodont, Francia) y Bio-C Sealer (Angelus, Brasil) con una presentación de jeringa inyectable. Ambos cementos fueron fácilmente manipulados según las instrucciones del fabricante en su presentación “listo para su uso”.

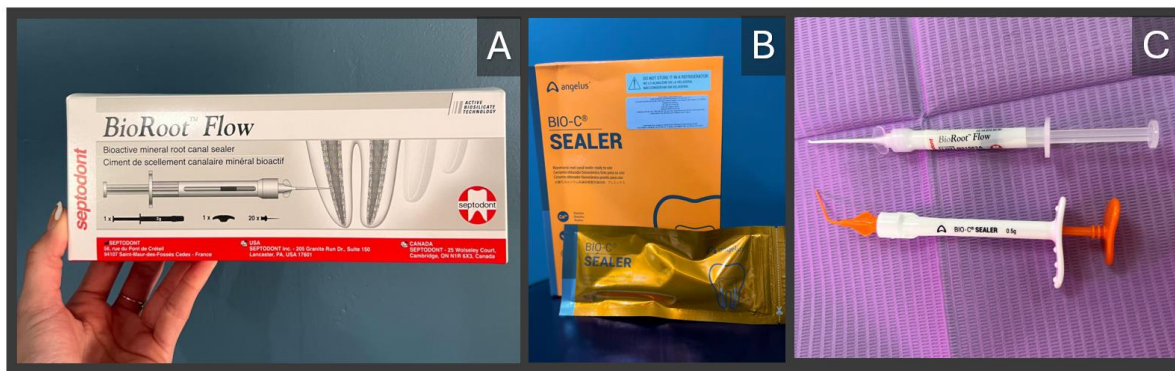


Figura 7. Presentación de cementos biocerámicos. En la fotografía A, se presenta la caja del producto BioRoot Flow; en B se observa la caja del producto Bio-C Sealer y la presentación de su bolsa sellada de la jeringa; y en C se puede apreciar la presentación de las jeringas de ambos cementos.

Los microorganismos utilizados para la exposición de los cementos fue una muestra de **cepa clínica de *E. faecalis*** (proporcionada por Laboratorio Clínico Zapata, México) y medio de cultivo en placas de agar Müller Hinton y agar gelosa sangre al 5% (del laboratorio Microbiología Médica CMI, México).

Para la manipulación óptima de los materiales, durante el proceso de resiembra de *E. faecalis* y las pruebas de difusión en agar, se propició un ambiente de esterilidad mediante el uso de 3 fuentes de calor con alcohol sólido, y la previa desinfección de la superficie a trabajar con alcohol etílico de 70°.

Para la resiembra de *E. faecalis* se utilizaron hisopos estériles, micropipeta de la marca VWR, papel Parafilm, tubo con caldo Phoenix AST, placas de agar gelosa sangre al 5% y Müller Hinton, pipeta Pasteur de vidrio, termómetro y una incubadora.

Para el pesaje y colocación de los cementos se utilizaron losetas de papel, papel filtro, perforadora, pinzas de curación, espátulas de cemento, bolsas de esterilizado,

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

autoclave, luz ultravioleta (UV), microbalanza analítica. Para la medición de los halos de inhibición se utilizó un vernier.

Para la medición de pH se utilizaron los respectivos cementos, cajas Petri, solución salina, jeringas hipodérmicas, losetas de papel, espátula de cemento, algodón estéril, tiras reactivas de pH y microbalanza analítica.

La experimentación se llevó a cabo bajo las medidas de seguridad y el uso de indumentaria básica de protección como bata de laboratorio, cubrebocas y guantes.

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1. PRUEBAS ANTIMICROBIANAS

8.4.1.1. Resiembra de *E. faecalis*

Con el fin de obtener una muestra con una concentración adecuada de microorganismos de *E. faecalis* y para su futura distribución en las placas de Agar, fue necesario promover la multiplicación de la bacteria en un medio líquido.

Primero se desinfectó el área de trabajo con alcohol etílico al 70%, y creo un campo estéril formado con un triángulo de 3 fuentes de calor con alcohol sólido. Después, se tomó una muestra de manera cuidadosa con un hisopo estéril de la muestra de la cepa clínica la bacteria y se inoculó en un tubo con caldo Phoenix AST, un medio de cultivo enriquecido para propiciar la multiplicación de *E. faecalis*.

El cultivo fue incubado a una temperatura de 37.2 °C durante un periodo de 24 horas para fomentar el desarrollo bacteriano, para su futura distribución en las placas que se utilizarían este proyecto.

Posterior a las 24 horas, el caldo de cultivo mostraba una turbidez notable y evidente a simple vista, siendo un indicativo de una proliferación exitosa del microorganismo.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

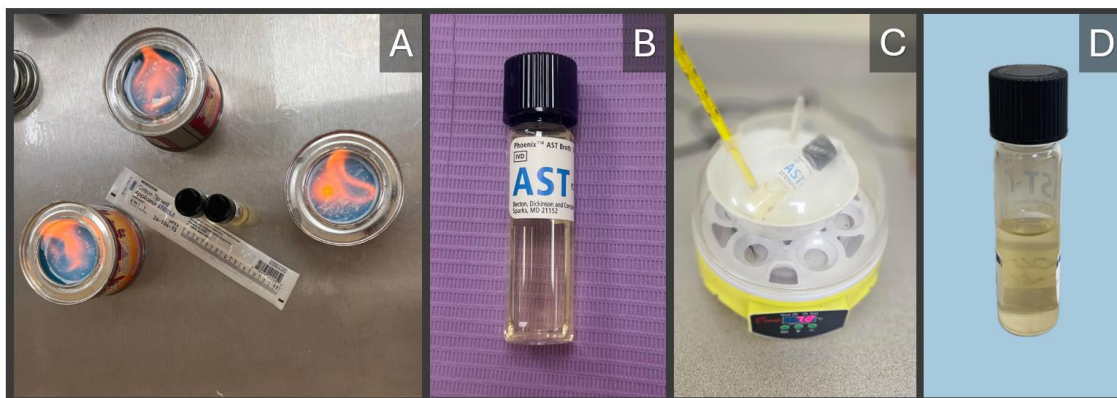


Figura 8. Resiembra bacteriana e incubación. En A se observa el campo formado para un ambiente estéril. Seguido de B se presenta el tubo con caldo Phoenix AST donde se propiciaría el crecimiento bacteriano. En C se observa la incubadora donde se colocó el tubo a 37.2 °C. Y en D se aprecia la turbidez de medio de cultivo, donde se desarrolló la bacteria.

8.4.1.2. Pesaje de discos de papel adicionados con cemento

Para la preparación de los discos con cementos, se llevó a cabo mediante el uso de una microbalanza analítica para el depósito de los cementos a estudiar sobre los discos de papel filtro previamente esterilizados.

Primero se posicionó sobre la microbalanza una loseta de papel encerado pequeña y sobre esta un disco de papel filtro; se procedió a realizar la tara de la balanza para descontar el peso del papel. Y seguido, se agregó una cantidad aproximada de 0.0455 g en 6 discos de papel para cada cemento.

La manipulación de los materiales en esta etapa se realizó en condiciones de desinfección en la medida que sus características permitían. Con el fin de prevenir la contaminación de los discos durante esta fase, se sometieron a una exposición de 30 minutos bajo luz UV para propiciar las condiciones estériles mientras se preparaban las placas.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

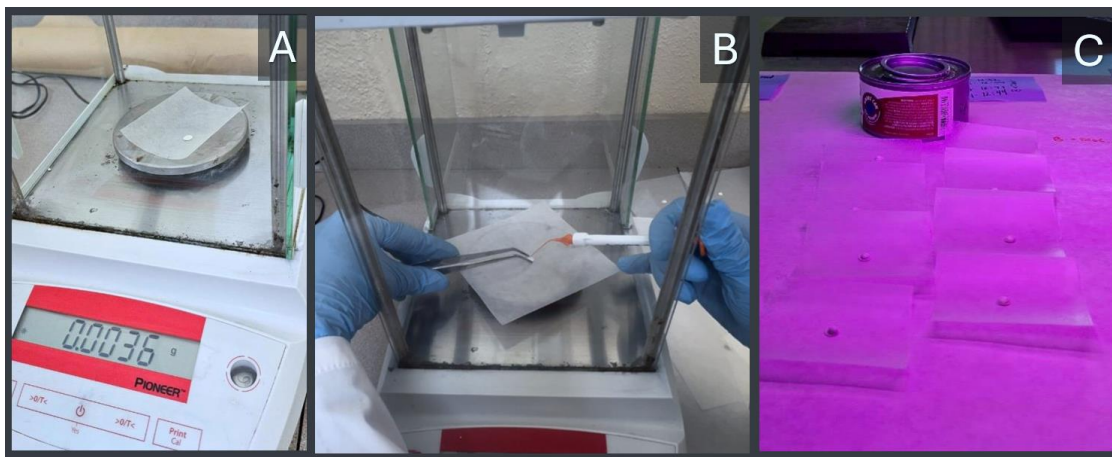


Figura 9. Pesaje del cemento en discos de papel. En A observamos el momento de la colocación de una loseta de papel y un disco de papel filtro, previo a tarar la microbalanza para restar el peso de estos y colocar con exactitud los materiales. En B se muestra la colocación del material mediante la utilización de la jeringa premezclada con las puntas plásticas que el mismo fabricante brinda. En C se colocaron los discos de cemento a esterilizar debajo de la luz UV.

8.4.1.3. Clasificación de las placas de agar

Las tres placas con agar Müller Hinton y tres placas con agar gelosa sangre al 5% fueron clasificadas por el exterior con un rotulador permanente. Todas fueron marcadas con una división a la mitad para poner diferentes materiales en cada lado y poder contar con una comparación visual en cada una. Las placas que contendrían los discos de cemento se marcaron en el lado izquierdo de la división con un “1” y “2” para identificarlas y en la parte superior con una “A” referente al cemento “A” y en la parte inferior con una “B” de acuerdo con el cemento “B”. Las placas con los materiales de control se marcaron como “C+” al control positivo, el cual se le agregaría 50 microlitros de NaOCl al 5.25%; y la parte inferior con una “C-” referente al control negativo que contendría SSF, solución que a base de cloruro de sodio al 0.9%.

A su vez se marcaron 6 puntos distribuidos en cada una de manera que no se traslaparan los resultados entre sí; y contar con una referencia exacta para la colocación de los discos y la elaboración de los pocillos en la placa de control.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

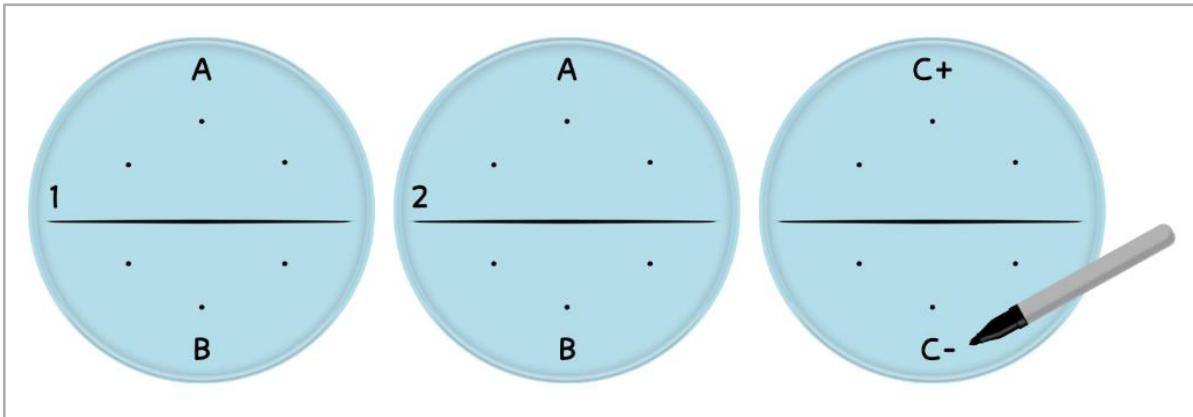


Figura 10. Rotulación de placas. Ilustración de la clasificación para las placas en ambos tipos de agar, mediante la rotulación de 2 placas para los cementos y 1 placa de control. Donde A sería el espacio para cemento "A", B para cemento "B"; C+ para el control positivo y C- para el control negativo.

8.4.1.4. Inoculación del *E. faecalis* en las placas de Agar

Dentro del campo estéril, se realizó la transferencia de *E. faecalis* a las placas con agar Müller Hinton o gelosa sangre al 5%. Con una micropipeta se tomó 100 microlitros (μL) de la muestra del cultivo para depositarla en cada placa por medio de un hisopo estéril realizando una siembra por agotamiento en la extensión de toda la superficie para conseguir una siembra uniforme y evitar dejar espacios vacíos.

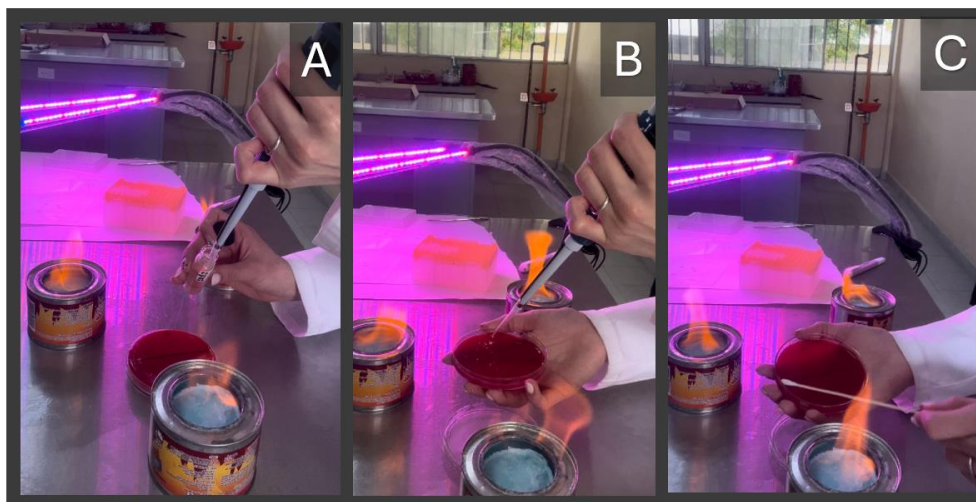


Figura 11. Proceso de transferencia de la bacteria al agar. En A se observa el campo estéril con la placa de agar gelosa sangre al 5% a utilizar y una micropipeta retirando 100 μL de la muestra de *E. faecalis*. En B se muestra el depósito hacia la superficie del agar. Y en C se comenzó con la técnica de siembra con un hisopo estéril.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.4.1.5. Colocación de los discos de cemento en las placas

Acto seguido, se trasladaron los discos de cemento de la luz UV siguiendo al campo estéril con calor para evitar contaminación, donde se realizaría la colocación dentro de las placas.

En el método para la determinar la **capacidad microbica por contacto**, fue utilizado el medio de cultivo agar Müller Hinton, donde las muestras se dispusieron de manera que los discos fueron colocados hacia arriba y presionados sobre la superficie del agar, siendo el papel filtro un intermediario.

Se realizó una segunda prueba para evaluar la **capacidad de difusión de halos de inhibición** a través del medio, donde se utilizó un medio de cultivo con agar gelosa sangre al 5%. En este caso los discos de papel solo fueron un accesorio para trasladar y pesar las muestras, dado a que se colocaron de manera invertida y directa hacia el agar para permitir su dispersión.

En ambos casos los discos fueron posicionados cuidadosamente con pinzas estériles 3 discos del cemento "A" en la parte superior (previamente rotulada como A) y 3 discos del cemento "B" en la parte inferior (rotulada con la letra B).

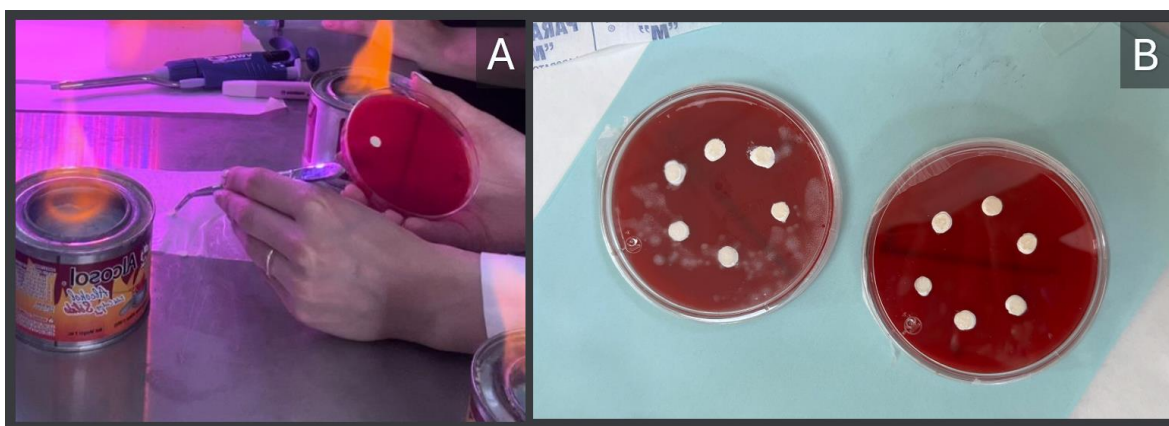


Figura 12. Proceso de posicionamiento de las muestras. En A la toma de la muestra previamente pesada en un disco de cemento, para su colocación dentro de la placa de agar. En B se presentan las placas con las muestras debidamente colocadas listas para la incubación.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.4.1.6. Placas con grupos de control

En cada método se hicieron controles con la misma técnica, para tener una referencia de los resultados y evaluar la validez de las pruebas.

En una tercera placa se realizaron 6 pocillos distribuidos en el agar con una pipeta Pasteur de vidrio expuesta al calor. Los tres pocillos en la parte superior correspondieron al control positivo donde se vertió 50 μ L de NaOCl en cada pocillo. En la parte inferior se adicionaron 50 μ L de SSF en los tres pocillos restantes.

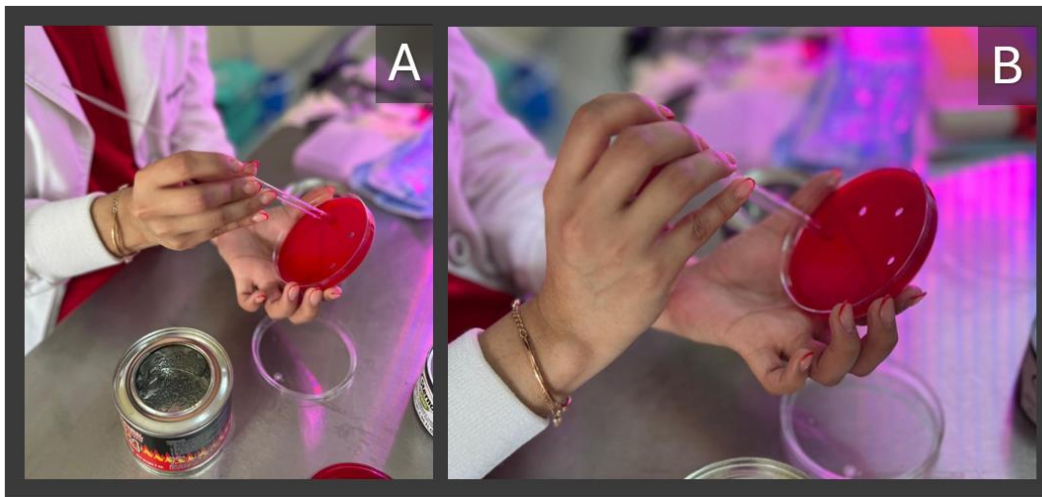


Figura 13. Creación de pocillos para placa control. En A se observa la utilización de una pipeta de Pasteur para la perforación del agar y en B se ve el resultado de los 3 pocillos de uno de los grupos control, mientras se realizan los del segundo grupo.

8.4.1.7. Incubación de las placas

Las placas fueron selladas con papel Parafilm, dejando un espacio para una mínima entrada de oxígeno y propiciar un ambiente adecuado para el crecimiento bacteriano. Después de asegurarlas, fueron colocadas una encima de otra en posición invertida y se introdujeron en la incubadora a 37.2° C.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 14. Proceso de incubación. En la primera fotografía se aprecia la colocación de las placas dentro de la incubadora. En la segunda fotografía se muestra el ajuste de la temperatura a 37.2 °C.

8.4.1.8. Registro de resultados sobre la actividad microbiciada por contacto en pruebas de difusión en agar

Después de las 24 horas de incubación de las placas Müller Hinton, se retiraron para apreciar si había crecimiento bacteriano. A simple vista el cemento "A" no mostró desarrollo de colonias debajo del disco de la muestra; sin embargo, para corroborar la ausencia de bacterias era necesario retirar el disco. Por lo tanto, a las 48 horas se procedió a tomar el segundo registro de resultados, antes y después de extraer las muestras del medio de cultivo.

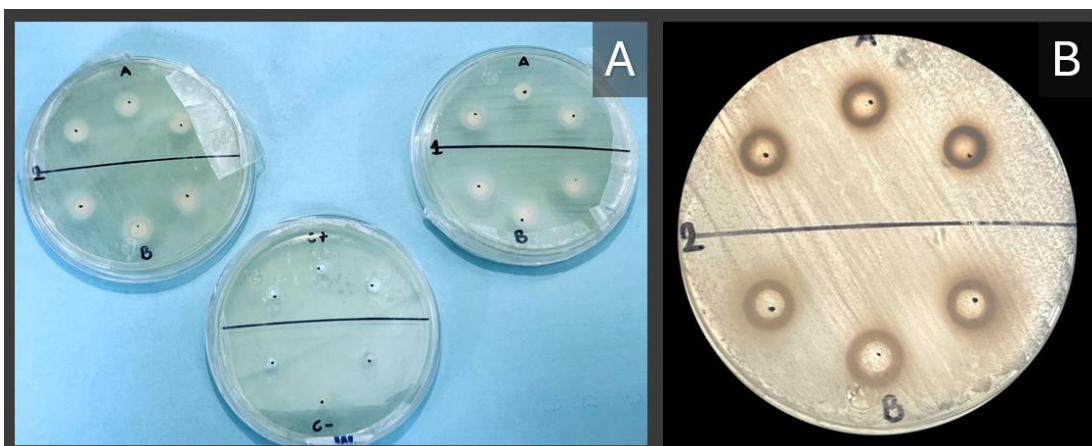


Figura 15. Registro de resultados en pruebas de difusión en agar Müller Hinton. De lado izquierdo, en A, se muestra el registro fotográfico a las 24 horas; de lado derecho, en B, un ejemplo de la placa al retiro de las muestras.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.4.1.9. Registro de halos de inhibición en pruebas de difusión en agar

Al transcurrir las 24 y 48 horas se retiraron las placas de la incubadora para revisar los resultados. Para la evaluación de los halos de inhibición se propició un campo estéril para una detenida examinación con la placa abierta. Después, se tomó una medida de la extensión diámetro de los halos con un vernier digital, así como el registro fotográfico de los resultados.

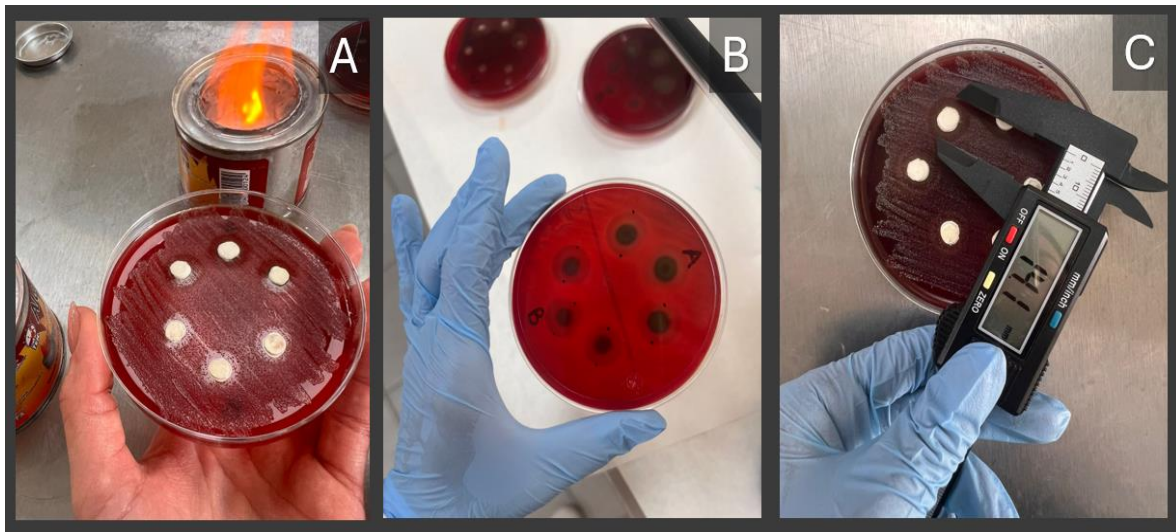


Figura 16. Registro de resultados de los halos de inhibición. En la fotografía A se expone una de las placas a las 24 horas, dentro de un campo estéril donde se examinaron los resultados; en B, se marcó la extensión de la dispersión de los cementos. En C se expone una fotografía de la toma de medición de los halos de inhibición.

8.4.2. PRUEBAS DE MEDICIÓN DEL PH

8.4.2.1. Medición del pH a las 0 horas

Se realizaron pruebas sobre los cementos frescos para medir su pH al momento de su uso. Se colocaron sobre una loseta de papel 0.0422 g de cada material identificándolos como cemento “A” y cemento “B”.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

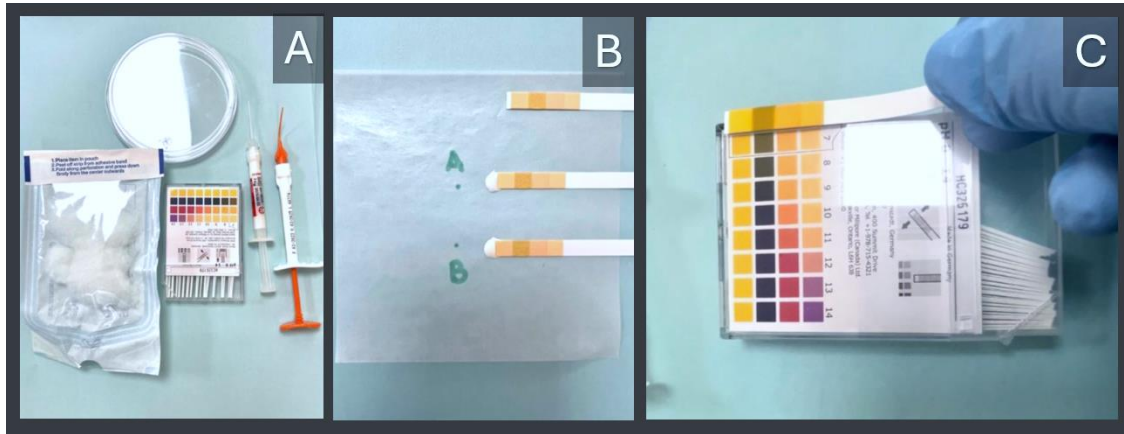


Figura 17. Prueba medición del pH. El A se muestran los materiales a utilizar, los cementos, tiras reactivas, caja Petri y algodón. En B se aprecia una loseta de papel con las tiras reactivas que se utilizarían: la superior para el control; la segunda a lado de A con 0.0422 g del cemento “A”; y la tercera a lado de B con el cemento “B”. En C se compara la tira reactiva control con SSF con un pH de 7.

Sobre una tira reactiva de pH se colocó SSF resultando un pH 7 neutro, el cual se tomaría de referencia y se agregaría a los cementos para propiciar la formación de un líquido el cual podría exponerse a las tiras reactivas. Posteriormente se mezcló cemento “A” con SSF y se tomó la prueba y seguido el cemento “B”.

Se capturaron con fotografías los resultados y se llevó a cabo el registro de resultados, donde se encontraron diferencias de pH entre ambos cementos.

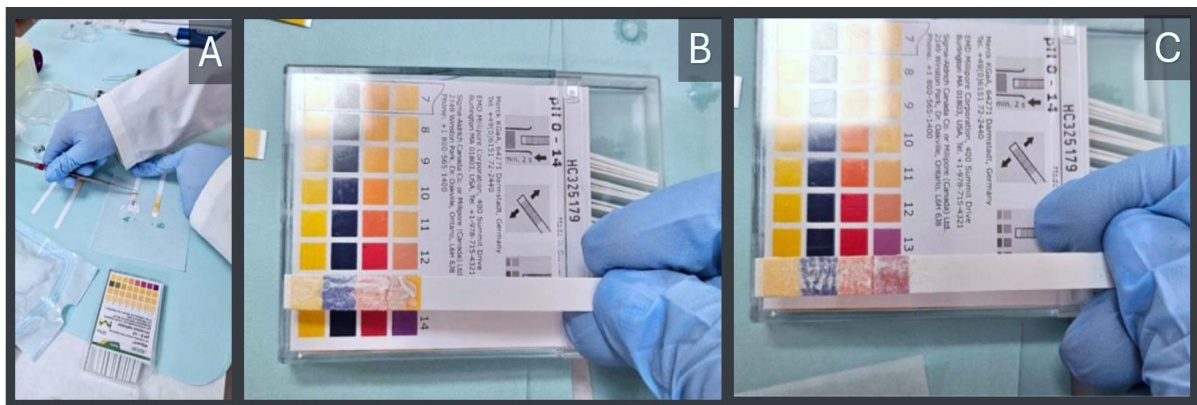


Figura 18. Prueba de los cementos para pruebas de pH a las 0 horas. En A podemos apreciar la manipulación de estos cementos en la loseta de papel para ponerlos a la prueba reactiva de pH. En B se comparó el cemento “A” con la escala de las tiras reactivas. En C se puso a prueba el cemento “B”.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.4.2.2. Preparación de cámara húmeda para cementos

Para realizar las pruebas a las 24, 48 y 168 horas, se rotularon 3 cajas Petri con 6 puntos distribuidos y una división en el centro para poder identificar los cementos A y B. Se colocó la base de la caja en la microbalanza y se taró el peso para la colocación de 0.0422 g aproximadamente de en cada punto. Se agregaron algodones humedecidos con SSF alrededor de los cementos para propiciar una cámara de humedad y finalmente colocarlos en la incubadora a 37.2° C.

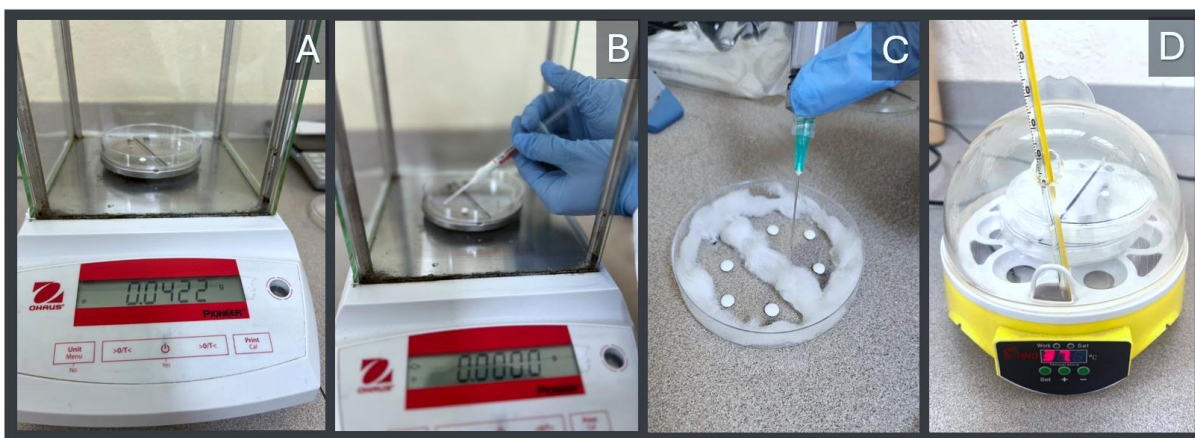


Figura 19. Preparación de los cementos para pruebas de pH a las 24, 48 y 168 horas. En la primera fotografía se muestra la colocación del cemento A con un peso de 0.0422 g. La segunda fotografía es una demostración de la colocación del cemento posterior a que se taró la microbalanza después del agregado de cada muestra de cemento. En la tercera fotografía se observa la adecuación con algodones y adición de SSF para propiciar la humedad. En la última fotografía se colocaron las cajas Petri a 37.2 °C.

8.4.2.3. Toma de resultados a las pruebas de medición del pH

A las 24 horas se retiró la caja Petri de la incubadora para la medición del pH tomando la muestra y colocándola en una loseta de papel. Después se agregó SSF para promover que se formara una solución con el cemento y se lograra obtener una muestra para las tiras de papel reactivas.

Se capturaron con fotografías los resultados de cada cemento donde se obtuvieron resultados diferentes a la toma de pH a las 0, 24, 48 y 168 horas.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

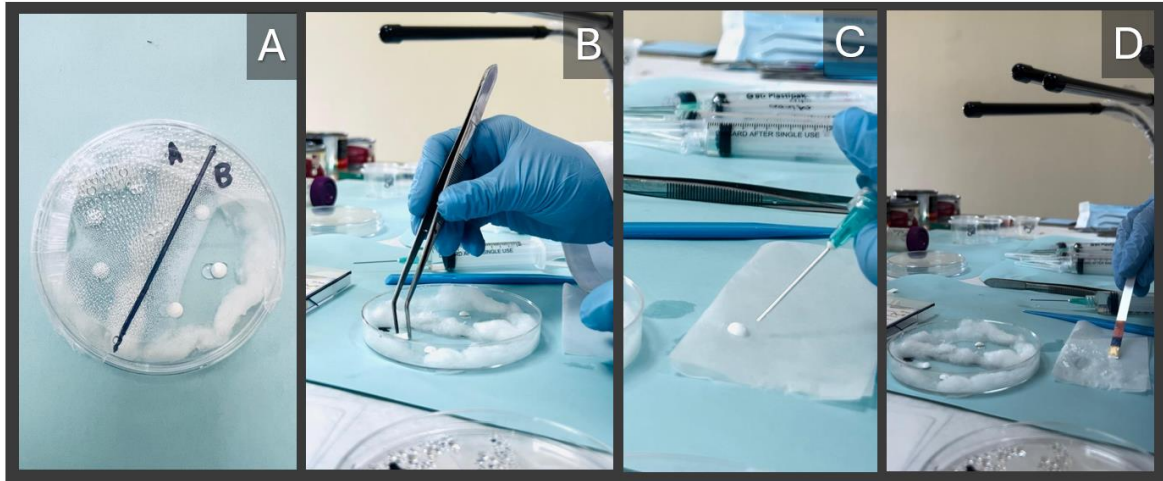


Figura 20. Obtención de la muestra para pruebas de pH después de las 24 horas. En A se observa la caja Petri clasificada con sus respectivos cementos de cada lado y la presencia de humedad. En B es una fotografía de demostración donde se tomó la muestra de cada cemento para colocarlo en una loseta de papel, agregarle SSF como en C y finalmente exponerlos a las tiras reactivas como se demuestra en D.

8.4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos se analizaron en el software GraphPad Prisma 10.1.3, utilizando el método de ANOVA de una vía con una posterior prueba comparativa Tukey, para determinar la significancia de un factor para las pruebas antimicrobianas. Y de manera complementaria, se realizó una prueba de *t* de student para la medición del pH.

IX. RESULTADOS

IX. RESULTADOS

En las pruebas microbiológicas ambos cementos consiguieron resultados positivos a la actividad microbicida por medio de las pruebas de difusión en agar ante la cepa clínica de *E. faecalis*.

En las **pruebas de difusión por contacto** a las 24 horas, se apreció el crecimiento bacteriano en la superficie del agar, sin interferir el área de contacto de las muestras, apreciándose una zona libre de bacterias. Al transcurrir las 48 horas, se procedió a retirar los discos de cemento, donde se observó la falta de crecimiento bacteriano en la zona de contacto, tal como se aprecia en la Figura 21.

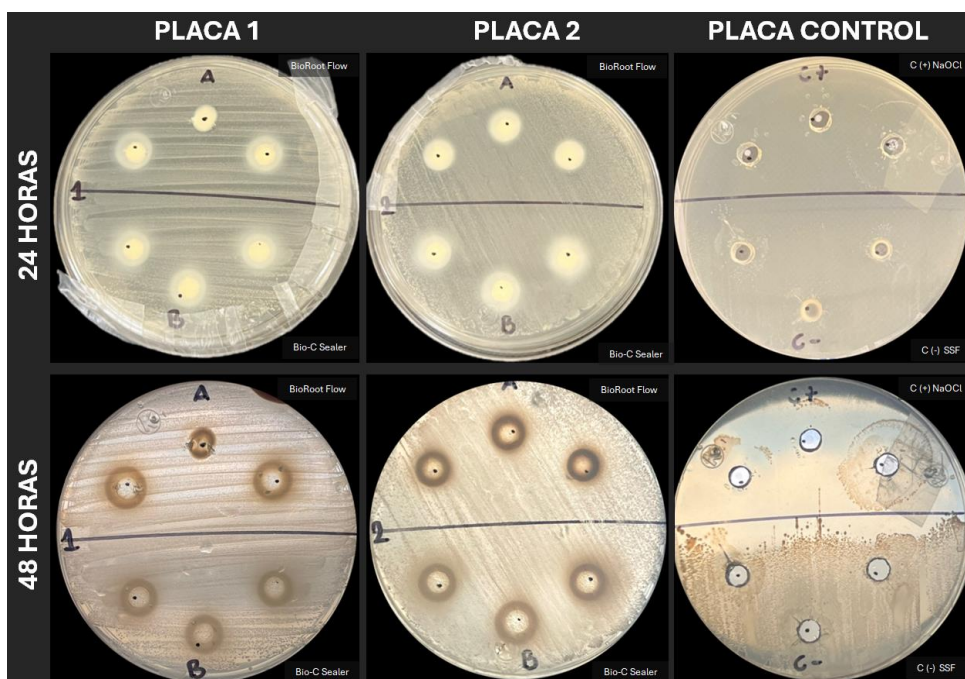


Figura 21. Resultados de las pruebas de difusión en agar técnica evaluada por contacto a las 24 y 48 horas. En este esquema se expone la comparación de los resultados de las placas de agar Müller Hinton donde se llevaron a cabo las respectivas pruebas a las 24 y 48 horas. Donde (A): cemento "A"; (B) cemento "B"; (C+): control positivo/NaOCl; (C-): control negativo/SSF.

A las 48 horas cemento "A", cemento "B" y el control positivo no presentaron crecimiento bacteriano, exponiendo resultados positivos a la presencia de actividad microbicida frente a la cepa clínica de *E. faecalis*. Por otro lado, en el control negativo se observó crecimiento bacteriano, y finalmente los resultados fueron registrados en la Tabla 3.

IX. RESULTADOS

Tabla 3. Registro de los resultados en las pruebas para evaluar la actividad microbicida por contacto

Tiempo (h)	Cemento A	Cemento B	Control (+)	Control (-)
24	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
48	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo

(Positivo): presencia de actividad microbicida; (Negativo): ausencia de actividad microbicida.

En las **pruebas de difusión para evaluar halos de inhibición**, a las 24 horas ambos cementos presentaron actividad microbicida formando halos de inhibición de diferente diámetro, como se registró en la Tabla 4. Se observaron que las zonas de inhibición de los cementos obtuvieron una difuminación no homogénea; presentando halos de inhibición irregulares con presencia de pequeñas colonias satélites no medibles, que se observaban como puntos blancos, tal como se aprecia en la Figura 22; dichos resultados se mantuvieron constantes hasta las 48 horas.



Figura 22. Resultados de las pruebas de difusión en agar técnica evaluada por halos de inhibición a las 24 y 48 horas. Esquema del registro fotográfico de resultados de la segunda prueba por difusión de cementos en agar gelosa sangre al 5%. Donde (A): cemento "A"; (B) cemento "B"; (C+): control positivo/NaOCl; (C-): control negativo/SSF.

IX. RESULTADOS

En la placa control, el control positivo expuesto ante NaOCl, presentó halos de inhibición medibles; por otro lado, el control negativo con SSF no mostró efecto antimicrobiano, registrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Registro de la extensión del diámetro de los halos de inhibición y los resultados de la media de cada cemento y los controles a las 24 y 48 horas

Tiempo (h)	Cemento A	Cemento B	Control (+)	Control (-)
24	13.2 mm	10.0 mm	21.6 mm	0 mm
	14.1 mm	11.3 mm	19.5 mm	0 mm
	12.3 mm	10.1 mm	23.8 mm	0 mm
	11.8 mm	8.5 mm	21.6 mm	0 mm
	11.4 mm	9.1 mm	19.5 mm	0 mm
	10.3 mm	10.4 mm	23.8 mm	0 mm
48	13.2 mm	10.0 mm	22.4 mm	0 mm
	14.1 mm	11.3 mm	19.0 mm	0 mm
	12.3 mm	10.1 mm	24.1 mm	0 mm
	11.8 mm	8.5 mm	22.4 mm	0 mm
	11.4 mm	9.1 mm	19.0 mm	0 mm
	10.3 mm	10.4 mm	24.1 mm	0 mm
Media	12.18 mm	9.9 mm	21.73 mm	0 mm

Los resultados antes mencionados, se analizaron con ANOVA de una vía con una prueba posterior de comparación múltiple de Tukey. Este análisis nos arrojó una media de 12.18 mm para el cemento “A”; 9.9 mm para el cemento “B”; 21.73 mm para el control positivo y 0.0 mm el control negativo.

Tabla 5. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de una vía para los resultados de las pruebas de difusión de los cementos y controles

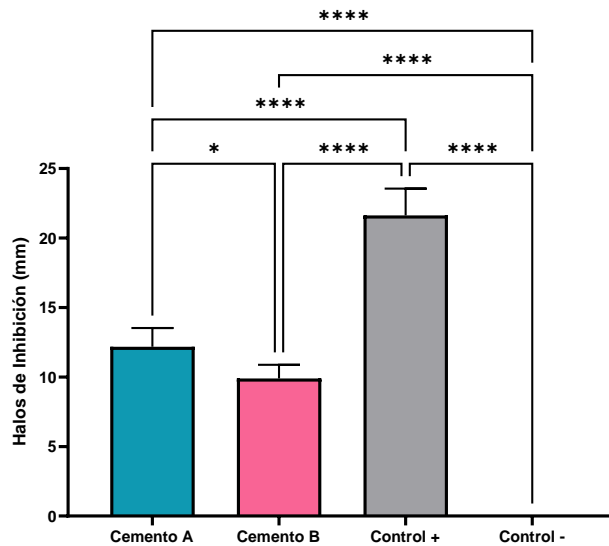
Comparación entre grupos	Valor de P	Resumen
Cemento B vs. Cemento A	0.0262	*
Control + vs. Cemento A	<0.0001	****
Control – vs. Cemento A	<0.0001	****
Control + vs. Cemento B	<0.0001	****
Control – vs. Cemento B	<0.0001	****
Control – vs. Control +	<0.0001	****

(*): $P \leq 0.05$; (****): $P \leq 0.0001$.

Las diferencias intergrupos, en la comparación múltiple de Tukey, del cemento “A” contra el cemento “B” arrojaron una diferencia estadísticamente significativa con un valor de P (0.0262); como se muestra en la Tabla 5. Así mismo, en dicho análisis,

IX. RESULTADOS

el cotejo entre los grupos control con los cementos arrojaron diferencias estadísticamente significativas en la con un valor de $P (<0.0001)$.



Gráfica 1. Representación de la comparación de medias de los halos de inhibición de cada grupo y cotejo de su significancia estadística

Finalmente, los resultados de las **pruebas de medición del pH** en un transcurso de tiempo de 0, 24, 48 y 168 horas, pueden apreciarse en la Figura 23 y registrados en la Tabla 6. En cada una de las pruebas se tomó como control de calidad una tira reactiva expuesta a SSF para corroborar su pH 7.

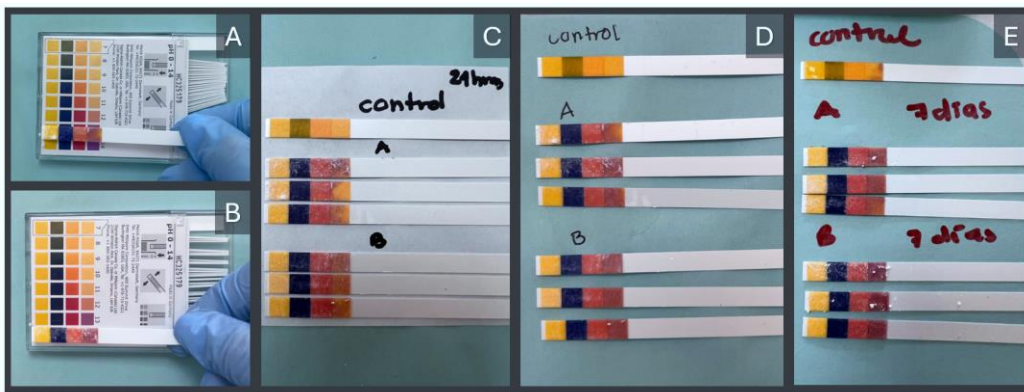


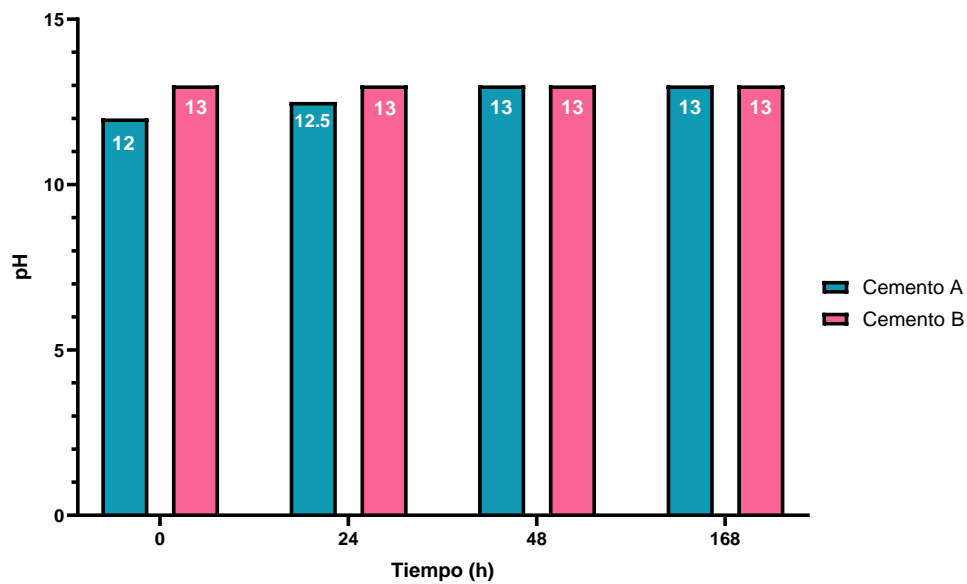
Figura 23. Registro de los resultados de la medición del pH. En A se presenta el resultado del cemento "A" comparándola con la escala de pH a las 0 horas; y en B se muestra el resultado del cemento "B". En C se exhibe el registro de los resultados de las muestras a las 24 horas; en D a las 48 horas y finalmente en E a las 168 horas.

IX. RESULTADOS

Tabla 6. Análisis estadístico del pH de los cementos con una comparación *t de student*

Tiempo (h)	Cemento A	Cemento B	t student
0	12	13	P=0.2152 (t=1.567)
24	12.5	13	
48	13	13	
168	13	13	

En el análisis se realizó con una prueba de *t de student* de acuerdo con el pH de los cementos comparados entre sí, donde arrojaron un valor de P (0.2152) y el valor de $t = 1.567$, lo que demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas. Los resultados fueron representados en la Gráfica 2.



Gráfica 2. Representación de la medición del pH de los cementos desde las 0 hasta 168 horas.

X. DISCUSIÓN

La actividad microbicida de los cementos endodónticos es una propiedad importante para la eliminación de microorganismos residuales dentro de las ramificaciones apicales, conductos laterales, istmos y los tubulillos dentinarios (22,54). Bajo este enfoque, el propósito de este proyecto de investigación fue la evaluación *in vitro* de la capacidad microbicida de los cementos biocerámicos BioRoot Flow y Bio-C Sealer, utilizando una cepa bacteriana de *E. faecalis*.

De acuerdo con la literatura, las pruebas de difusión en agar, las pruebas de contacto directo para el conteo de unidades formadoras de colonias y las pruebas de contacto directo con lectura de densidad óptica son las técnicas más comunes para la evaluación de la actividad antimicrobiana de los cementos en endodoncia (55). Para esta investigación elegimos la prueba de difusión en agar mediante dos técnicas, la primera para evaluar la efectividad microbicida de los materiales al contacto y en la segunda bajo el análisis de las zonas de inhibición.

Se ha demostrado que, en la mayoría de los casos del fracaso del tratamiento endodóntico, la especie bacteriana aislada con más frecuencia es el *E. faecalis*. Esta tiene la capacidad de persistir agentes antimicrobianos, a la falta de nutrientes y resiste a altos niveles de pH (56). Nosotros utilizamos una cepa clínica del microorganismo *E. faecalis*, con el propósito de reflejar una aproximación a las condiciones actuales que enfrentan los materiales, y a su vez brindar una relevancia clínica a los resultados. En las pruebas, observamos que la cepa clínica de *E. faecalis* es susceptible a ambos cementos biocerámicos.

En la primera prueba, se comprobó que, tanto el cemento "A" (BioRoot Flow) como el "B" (Bio-C Sealer), propiciaron un área de inhibición al contacto de sus componentes a través del papel filtro del que fueron colocados. En una segunda prueba, para el análisis de la formación de las zonas de inhibición, se observaron halos con una media de 12.18 mm en el cemento "A" y de 9.9 mm en el cemento "B". Comparando los resultados de los halos entre el cemento "A" y "B" se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa con un valor de P (0.0262), tal como se muestra en la Tabla 5. En ambos casos los resultados fueron constantes sin cambios hasta las 48 horas. Por otro lado, con respecto a los controles, también se

X. DISCUSIÓN

obtuvieron diferencias estadísticamente significativas con un valor de P (<0.0001) al comparar cada control con los cementos.

Los resultados que observamos son atribuidos a la composición del cemento, con respecto a los halos de inhibición. Creemos que no lograron difusión extensa debido a que este tipo de cementos están compuestos de macromoléculas que forman una red nanocompuesta tipo gel mezclada con hidroxiapatita, que al fraguarse permite la estabilidad del material sin que sus componentes se distribuyan (36). Esto impide una difusión libre a través del medio sólido a nivel molecular. Dado a que las zonas de inhibición que se mostraron obtuvieron una difuminación no homogénea, con presencia de colonias satélites en ellas que, si bien no eran medibles, se observaban como pequeños puntos blancos, tal como se aprecia en la Figura 22. Sin embargo, cabe resaltar que cementos cuentan con una importante capacidad microbicida, principalmente por actividad por contacto.

La actividad antes citada, se puede atribuir a diversos factores. En relación con el fraguado de los cementos biocerámicos, se ha sugerido que favorece las propiedades antimicrobianas de los materiales de manera mecánica, debido a que la precipitación promueve el secuestro de bacterias. La humedad facilita reacciones de hidratación de los silicatos de calcio, presentes en el cemento, formando un hidrogel de silicato de calcio e hidróxido de calcio que reaccionan con el fosfato para formar hidroxiapatita, generando superficies con nanocristales que impiden la adhesión microbiana. Esto último, favorece que cualquier microorganismo quede sepultado y permite que los cementos tengan actividad microbicida contra bacterias residuales como por ejemplo el *E. faecalis* (57,58).

Otro factor que puede propiciar un efecto antibacteriano es el pH de los materiales; diversos estudios han demostrado que microorganismos como el *E. faecalis* no pueden sobrevivir un pH cercano a 11. Candeiro *et al.* evaluaron el pH del cemento biocerámico EndoSequence BC Sealer comparándolo con el cemento AH Plus a las 3, 24, 72, 168 y 240 horas. El biocerámico obtuvo un pH máximo de 11.21; mientras que el AH Plus, siendo un material a base de resina epoxica, demostró ser un cemento ligeramente neutral (56,59). Bajo esta premisa, resulta beneficioso que el pH de los cementos se mantenga por encima de 11 para garantizar un efecto

X. DISCUSIÓN

bactericida prolongado. En este trabajo, adicional a la evaluación microbicida, realizamos pruebas complementarias para la medición del pH de los cementos. Dado a que se les atribuye, parte de su efecto microbicida con la relación a su pH, realizamos este análisis con la finalidad de evaluar cuanto se mantiene el pH en un nivel superior a 11 y su efecto prolongado desde las 0 hasta las 168 horas. Los resultados demostraron que los cementos "A" y "B" en general se mantuvieron constantes de inicio a fin de las pruebas. Si bien se presentaron fluctuaciones en los resultados entre sí, el análisis estadístico arrojó que no existió una diferencia estadísticamente significativa en la evaluación del pH de los cementos; con un valor de P (0.2152) y un valor de $t = 1.567$, como se muestra en la Tabla 6. Dichos resultados nos sugieren una similitud entre ambos cementos que se mantiene hasta los 7 días (168 horas).

Los hallazgos de estos ensayos confirman que este tipo de materiales, posterior a su colocación, seguirá ejerciendo un efecto microbicida sobre las bacterias al entrar en contacto directo; siendo el pH una cualidad importante para propiciar las propiedades antimicrobianas de los materiales. Sin embargo, considerando que estos cementos son materiales que se colocan de manera permanente en el conducto radicular, se recomienda en un futuro evaluar el material por un lapso mayor para analizar si pierden alcalinidad.

La actividad de los cementos que fueron evaluados ejercen su efecto por contacto. Dichos cementos cuentan con una presentación de jeringa premezclada que les permite tener cierta fluidez en comparación con los cementos selladores menos actuales. Si bien la anatomía del conducto radicular presenta irregularidades, que en ocasiones resultan inaccesibles para la preparación biomecánica y obturación del conducto, esta presentación les favorece entrar en contacto con todos los espacios y que se ejerza una acción microbicida por contacto.

Los resultados presentados en los ensayos respaldan que estos materiales van a ejercer una actividad microbicida importante contra posibles bacterias residuales como el *E. faecalis*, lo que los convierte en una opción prometedora para mejorar los resultados del tratamiento endodóntico y reducir el riesgo de fracaso.

XI. CONCLUSIONES

1. En este proyecto de investigación, se logró evaluar la actividad microbicida de ambos cementos por medio de dos técnicas de difusión en agar, frente a la cepa clínica de *E. faecalis*, tanto por su capacidad de contacto como sus zonas de inhibición. Se validó que ambos cementos cuentan con una importante capacidad microbicida por contacto, atribuido principalmente a su composición. A su vez se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en el efecto microbicida del cemento “A” con respecto al cemento “B” frente al *E. faecalis*, con un valor de P (0.0262). A su vez, en las comparaciones intergrupo de cada cemento contra cada grupo control, los resultados arrojaron diferencias estadísticamente significativas, con un valor de P (<0.0001).

3. De manera adicional, se logró medir el pH de ambos cementos en un lapso de 0 a 168 horas; donde no se arrojaron diferencias estadísticamente significativas; con un valor de P (0.2152) y un valor de $t = 1.567$. Se observó que cementos cuentan con un pH igual o mayor a 12, dentro de los parámetros establecidos que los hacen capaces de afectar al microorganismo *E. faecalis*; y que se mantiene hasta los 7 días.

4. De acuerdo con los resultados, este estudio demostró que ambos cementos biocerámicos cuentan con una capacidad microbicida importante al contacto que se relaciona con su alto pH y su composición química. No obstante, en una de las pruebas, la actividad antimicrobiana del cemento “A” se vio favorecido con respecto al cemento “B”, lo que valida la hipótesis de trabajo y descarta la hipótesis alternativa.

5. Los hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar el cemento “A” como una opción prometedora en la práctica clínica, que puede contribuir en la prevención de infecciones persistentes ocasionadas por el *E. faecalis* y promover el éxito a largo plazo de los tratamientos en endodoncia.

XII. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios de investigación, se sugiere realizar pruebas adicionales sobre el efecto antifúngico de ambos cementos, frente a cepas clínicas de *C. albicans* encontradas en las lesiones periapicales persistentes.

También se recomienda evaluar la capacidad de sellado y estabilidad dimensional de los cementos biocerámicos, lo que contribuiría con el sepultamiento de bacterias brindando un efecto microbicida, y podría ser crucial para evitar espacios vacíos y filtración bacteriana.

A su vez, dado a que los cementos selladores en endodoncia se colocan de manera permanente en el diente, se recomienda evaluar el efecto prolongado del pH en un lapso mayor para comprobar si mantiene su pH.

Por otro lado, sería de relevante estudiar otras propiedades de los cementos biocerámicos, como su biocompatibilidad y citotoxicidad.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Zohaib K, Muhammad Z, Shariq N, Jithendra R. Biomaterials in Endodontics. 1ra ed. Vol. 1. Elsevier; 2021.
2. Soares I, Goldberg F. Endodoncia: Técnica y fundamentos. 2da ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2012. 21–22 p.
3. Ordinola-Zapata R, Peters OA, Nagendrababu V, Azevedo B, Dummer PMH, Neelakantan P. What is of interest in Endodontology? A bibliometric review of research published in the *International Endodontic Journal* and the *Journal of Endodontics* from 1980 to 2019. *Int Endod J*. Enero 2020;53(1):36–52.
4. Antrim DD. Evaluation of the cytotoxicity of root canal sealing agents on tissue culture cells in vitro: Grossman's sealer, N2 (permanent), Rickert's sealer, and Cavit. *J Endod*. Abril 1976;2(4):111–6.
5. Braz A, Kyotoku B, Gomes A. In Vitro Tomographic Image of Human Pulp-Dentin Complex: Optical Coherence Tomography and Histology. *J Endod*. Septiembre 2009;35(9):1218–21.
6. Figueroa M, Gil M. Órgano dentino pulpar: sensibilidad dentaria. Cátedra de Odontología Operatoria Fac Odontología UCV. 2013
7. Ingle J, Rotstein I. Ingle's Endodontic. 7a ed. Ontario: PMPH USA; 2019.
8. Abreu J, Marbán R, Morffi I, Ortiz de la Cruz I. Complejo dentino pulpar - Estructura y diagnóstico. *Revista de Medicina Isla de la Juventud*. 2011;12(1).
9. Pineda E, Lucena E, Marín A, Escobar A, Tamayo W. Factores relacionados con el resultado de los tratamientos endodónticos realizados en una institución universitaria con odontólogos en formación. *CES Odontol*. Junio 2021;34(1):14–24.
10. Pérez E, Burguera E, Carvall M. Tríada para la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. *Acta Odontol Venez*. 2003;41(2).
11. American Association of Endodontics. Canal Preparation and Obturation: An Updated View of the Two Pillars of Nonsurgical Endodontics. Endodontics: Colleagues for Excellence. 2016.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

12. Colombo M, Bassi C, Beltrami R, Vigorelli P, Spinelli A, Cavada A, et al. Radiographic technical quality of root canal treatment performed by a new rotary single-file system. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017;8(1):18–22.
13. Hilú R, Balandro F. El éxito en endodoncia. *Endodoncia (Mex)*. Junio 2009;27(3):131–8.
14. Miccoli G, Seracchiani M, Zanza A, Giudice A Del, Testarelli L. Possible Complications of Endodontic Treatments. *J Contemp Dent Pract*. Mayo 2020;21(5):473–4.
15. Sipert CR, Hussne RP, Nishiyama CK, Torres SA. In vitro antimicrobial activity of Fill Canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate, Portland cement and EndoRez. *Int Endod J*. Agosto 2005;38(8):539–43.
16. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Europe J Dent*. 2016;10(1):144–7.
17. El Deeb E, Mabmoud E. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha. *J Endod*. Febrero 1985;11(2):84–6.
18. El Ayouti A, Kiefner P, Hecker H, Chu A, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of endodontic fillings in root canals with enlarged apical preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. Septiembre 2009;108(3):141–6.
19. Friedman S, Lost C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod*. Julio 1995;21(7):384–90.
20. Gettleman B, Messer H, El Deeb M. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod*. Enero 1991;17(1):15–20.
21. Huang Y, Celikten B, De Faria Vasconcelos K, Ferreira L, Lippiatt N, Buyuksungur A, et al. Micro-CT and nano-CT analysis of filling quality of three different endodontic sealers. *Dentomaxillofacial Radiology*. Diciembre 2017;46(8):20170223.
22. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Topics*. 2015;32(1):3–30.

XIII. BIBLIOGRAFIA

23. Siqueira J, Rôças I. Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. *J Endod.* Noviembre 2008;34(11):1291-1301.e3.
24. De Oliveira B, Aguiar C, Câmara A. Photodynamic therapy in combating the causative microorganisms from endodontic infections. *Eur J Dent.* Julio 2014;08(03):424–30.
25. Xia T, Baumgartner J. Occurrence of Actinomyces in Infections of Endodontic Origin. *J Endod.* Septiembre 2003;29(9):549–52.
26. Singh K, Kumar P, Das P, Marandi M, Panda S, Mahajan A, et al. Association of specific microorganisms with endodontic signs and symptoms. A comparative study. *J Family Med Prim Care.* Agosto 2020;9(8):3965–9.
27. Bronzato JD, Davidian MES, de Castro M, de-Jesus-Soares A, Ferraz CCR, Almeida JFA, et al. Bacteria and virulence factors in periapical lesions associated with teeth following primary and secondary root canal treatment. *Int Endod J.* Mayo 2021;54(5):660–71.
28. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Habahbeh N, Qualtrough A, Worthington H, et al. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* Julio 2004;37(7):438–46.
29. Riboulet E, Verneuil N, La Carbona S, Sauvageot N, Auffray Y, Hartke A, et al. Relationships between Oxidative Stress Response and Virulence in *Enterococcus faecalis*. *Microb Physiol.* 2007;13(1–3):140–6.
30. Estrela C, Silva J, Alencar A, Leles C, Decurcio D. Efficacy of sodium hypochlorite and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis*: a systematic review. *Journal of Applied Oral Science.* Diciembre 2008;16(6):364–8.
31. Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine.* Septiembre 2004;15(5):308–20.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

32. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* Agosto 1975;1(8):255–62.
33. Anselmi A, Peña G, Reyes M, Barrera M, González J, Salerno A. Protocolo de irrigación utilizado entre especialistas en endodoncia y odontólogos generales de la provincia de Mendoza, República Argentina. *Universidad Nacional de Cuyo.* 2022;16(1).
34. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of Root Canal Obturation by Warm Gutta-Percha versus Cold Lateral Condensation: A Meta-analysis. *J Endod.* Febrero 2007;33(2):106–9.
35. Cohen S, Hargreaves K, Berman L. *Pathways of the Pulp.* 10a ed. Vol. 10. Missouri: Mosby Elsevier; 2011.
36. Tyagi S, Mishra P, Tyagi P. Evolution of root canal sealers: An insight story. *European J Gen Dent.* el Septiembre 2013;2(03):199–218.
37. Kebudi M, Schembri P, Camilleri J. Interfacial Characteristics and Cytocompatibility of Hydraulic Sealer Cements. *J Endod.* Junio 2018;44(6):1007–17.
38. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Vol. 39, *Dental Materials Journal.* Japanese Society for Dental Materials and Devices; 2020. 703–20.
39. Thejeswar E, Ranjan M. Evolution of root canal sealers and its impact on success of endodontics. *International Journal of Scientific Development and Research.* Febrero 2020;5(2):264–9.
40. Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Palhão M, Watanabe E, Y Ito I. Actividad antimicrobiana de diferentes tipos de cementos endodónticos. *Acta Odontol Venez.* 2009;47(3):3–10.
41. Desai S, Chandler N. Calcium Hydroxide–Based Root Canal Sealers: A Review. *J Endod.* Abril 2009;35(4):475–80.
42. Borges R, Sousa-Neto M, Versiani M, Rached-Júnior F, De-Deus G, Miranda C, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J.* Mayo 2012;45(5):419–28.
43. Zmener O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *Int Endod J.* Octubre 2003;30(5):332–4.
44. Alves E, Tanomaru-Filho M, Da Silva G, Delfino M, Cerri P, Guerreiro-Tanomaru J. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate-based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod.* Octubre 2020;46(10):1470–7.
45. Donnermeyer D, Schemkämper P, Bürklein S, Schäfer E. Short and Long-Term Solubility, Alkalizing Effect, and Thermal Persistence of Premixed Calcium Silicate-Based Sealers: AH Plus Bioceramic Sealer vs. Total Fill BC Sealer. *Materials.* Octubre 2022;15(20):7320.
46. Zhou H, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod.* Octubre 2013;39(10):1281–6.
47. Septodont. BioRoot® Flow Active Biosilicate Technology® Bioactive mineral root canal sealer. 2022.
48. Zordan-Bronzel C, Torres E, Ferrari F, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade G, Bosso-Martelo R, et al. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod.* Octubre 2019;45(10):1248–52.
49. Rómulo Ochoa, Elena Flores B. Química del cemento. *Revista de Química.* 1994; VIII(2):207–2011.
50. Corral Núñez C, Fernández Godoy E, Martín Casielles J, Estay J, Bersezio Miranda C, Cisternas Pinto P, et al. Revisión del estado actual de cementos de silicato de calcio en odontología restauradora. *Revista Facultad de Odontología.* Febrero 2016;27(2).
51. Alberdi JC, Martín G. Selladores biocerámicos y técnicas de obturación en endodoncia. *Rev Fac Odontol Univ Nac, Cordoba.* Junio de 2021;14(1):17.
52. Angelus. Manual cemento Bio-C Selaer. <https://angelus.ind.br/produto/bio-c-sealer/?lang=en>.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

53. Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *J Endod.* Febrero 1999;25(2):109–13.
54. Candeiro GTM, Moura-Netto C, D’Almeida-Couto RS, Azambuja-Júnior N, Marques MM, Cai S, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J.* Septiembre 2016;49(9):858–64.
55. Munitić MS, Peričić TP, Utrobičić A, Bago I, Puljak L. Antimicrobial efficacy of commercially available endodontic bioceramic root canal sealers: A systematic review. *PLoS One.* Octubre 2019;14(10).
56. Rodríguez-Niklitschek C, Oporto G. Implicancias clínicas de la contaminación microbiana por *Enterococcus faecalis* en conductos radiculares de dientes desvitalizados: Revisión de la literatura. *Revista Odontológica Mexicana.* 2015;19(3).
57. Hermansson L, Lööf J. *Advances in Ceramic Armor, Bioceramics, and Porous Materials.* 2017.
58. Dreger LAS, Felipe WT, Reyes-Carmona JF, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MCS. Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement Promote Biomineralization In Vivo. *J Endod.* Marzo 2012;38(3):324–9.
59. Candeiro GTDM, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod.* Junio 2012;38(6):842–5.