



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Odontopediatría



“Comparación *in vitro* del efecto antimicrobiano de TheraCal PT®, Biodentine® y NeoMTA® frente a *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis*”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
Especialidad en Odontopediatría

Presenta:

C.D. Julio Alberto Rincón Pereyra

Dirigido por:

C.D.E.O. Mauricio López Jiménez

Santiago de Querétaro, Qro.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Odontopediatría

“Comparación *in vitro* del efecto antimicrobiano de TheraCal PT®, Biodentine® y NeoMTA® frente a *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis*”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
Especialidad en Odontopediatría

Presenta:

C.D. Julio Alberto Rincón Pereyra

Dirigido por:

C.D.E.O. Mauricio López Jiménez

Sinodales:

C.D.E.O. Mauricio López Jiménez
Presidente

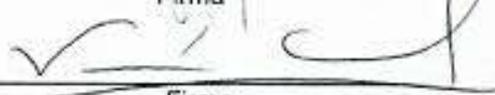
Dr. en C. Claudia Verónica Cabeza Cabrera
Secretario

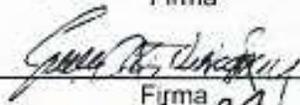
Dr. Guillermo Ortiz Villagómez
Vocal

C.D.E.O. Laura Celeste Herrera Alaniz
Suplente

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez
Suplente


Firma


Firma


Firma


Firma


Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Febrero 2021
México

Resumen

Introducción: Los materiales bioactivos son sustancias que al ponerse en contacto con los tejidos vivos provocan un efecto positivo sobre los mismos, induciendo una respuesta biológica específica en la interfase material-tejido. Estos materiales son empleados con una aplicación específica, en la protección del complejo dentino-pulpar por la capacidad de generar tejido calcificado en la zona de contacto entre el material y el tejido dental. Las propiedades antibacterianas y antifúngicas de los cementos con base silicato de calcio pueden atribuirse a su alto pH. La alcalinidad del cemento inhibe la proliferación y crecimiento de microorganismos, ayudando así a la desinfección. **Objetivo:** Determinar que material, Theracal PT®, Biodentine® o NeoMTA® produce un mayor efecto antimicrobiano contra *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis in vitro*. **Material y métodos:** El diseño de este estudio es experimental *in-vitro*. El universo para estudiar está constituido por cajas Petri inoculadas con *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis*. El tamaño de muestra fue de 10 cajas Petri con agar Trypticase soya inoculadas con *Streptococcus mutans* y 10 cajas Petri con agar cerebro corazón inoculadas con *Enterococcus faecalis*. Las variables de este estudio fueron Biodentine®, Neo MTA®, Theracal PT® y halos de inhibición que presentaron los materiales frente a microorganismos. Análisis estadístico utilizado ANOVA de una vía. Siguiendo las especificaciones de la NORMA-087, el material de desecho previamente esterilizado, sellado y rotulado para un correcto manejo. Fue almacenado en la zona establecida para su recolección. **Resultados:** No existe una diferencia estadísticamente significativa entre la inhibición de los materiales frente a los dos microorganismos. **Conclusiones:** Biodentine® no presentó efecto inhibitorio frente a *Enterococcus faecalis* y presentó un mayor efecto frente a *Streptococcus mutans*. No se encontraron estadísticas significativas niveles de inhibición de los materiales.

(Palabras clave: Efecto antimicrobiano, Biodentine, Neo MTA, Theracal PT, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*)

Summary

Introduction: Bioactive materials are substances that when in contact with living tissues cause a positive effect on them, inducing a specific biological response at the material-tissue interface. These materials are used with a specific application, in the protection of the dentin-pulp complex due to the ability to generate calcified tissue in the contact area between the material and the dental tissue. The antibacterial and antifungal properties of calcium silicate-based cements can be attributed to their high pH. The alkalinity of cement inhibits the proliferation and growth of microorganisms, thus helping disinfection. **Objective:** To determine which material, Theracal PT®, Biodentine® or NeoMTA® produces a greater antimicrobial effect against *Streptococcus mutans* and *Enterococcus faecalis* *in vitro*. **Material and methods:** The design of this study is experimental *in-vitro*. The universe to study is made up of Petri dishes inoculated with *Streptococcus mutans* and *Enterococcus faecalis*. The sample size was 10 Petri dishes with trypticase soy agar inoculated with *Streptococcus mutans* and 10 Petri dishes with brain heart agar inoculated with *Enterococcus faecalis*. The variables of this study were Biodentine®, Neo MTA®, Theracal PT® and inhibition halos that the materials presented against microorganisms. Statistical analysis used one-way ANOVA. Following the specifications of the NORMA-087, the waste material previously sterilized, sealed and labeled for proper handling. It was stored in the area established for collection. **Results:** There is no statistically significant difference between the inhibition of the materials against the two microorganisms. **Conclusions:** Biodentine® did not show an inhibitory effect against *Enterococcus faecalis* and a greater effect against *Streptococcus mutans*. No statistically significant levels of inhibition of the materials were found.

(Key words: Antimicrobial effect, Biodentine, Neo MTA, Theracal PT, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*)

Dedicatorias

A mis padres Angelita Pereyra González y Julio A. Rincón Cruz a quienes amo infinitamente, les dedico esta tesis. Sabiendo que no hay ninguna forma de agradecer una vida llena de oportunidades que me han brindado, a sus sacrificios, esfuerzo y amor, un objetivo alcanzado gracias a ustedes y la fuerza que me llevo a conseguirlo fue su apoyo incondicional, esto es por y para ustedes. Los amo.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Agradecimientos

A Dios por permitirme soñar y hacer de esos sueños realidad, sabes guiarme por el buen camino, dame fuerzas para seguir adelante siendo mejor persona cada día.

Agradezco a mi hermano Jorge Rincón por su gran amor, su apoyo a pesar de la distancia. Gracias no solo por el apoyo para concluir este proyecto, sino por todos los bonitos momentos juntos, el aprendizaje que me brindas y la motivación para sacar lo mejor de mi cada día.

Al grupo de odontopediatría con el que me toco compartir momentos inolvidables, a las 11 niñas quienes serán mis compañeras por siempre y en especial a Mariana Ortiz por todo su amor y paciencia haciendo de mis días difíciles más felices.

A la universidad Autónoma de Querétaro, por permitirme ser parte de ella abriendo las puertas de su seno científico, por darme la oportunidad de aprender y forjarme como profesional.

A mis maestros clínicos y de investigación, agradezco profundamente a cada uno de ellos por la paciencia, vocación y amor con el que ejercen.

A mi director de tesis Dr. Mauricio López Jiménez, por su disponibilidad y apoyo en todo momento, A mis sinodales quienes son profesionales ejemplares dispuestos a transmitir sus conocimientos a las nuevas generaciones.

Al Dr. Rubén Domínguez por su infinito apoyo desde los primeros días del posgrado. Por su profesionalismo y entrega por esta institución siendo un pilar importantísimo para nuestra formación.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado una beca para realizar mis estudios de especialidad y su patrocinio para la realización de este proyecto de tesis.

Índice

Contenido	Página
Resumen	ii
Summary	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Índice	vi
Índice de cuadros	vii
Abreviaturas y siglas	viii
I. Introducción	1
II. Antecedentes/estado del arte	4
III. Fundamentación teórica	7
III.1 TheraCal PT®	7
III.2 Biodentine®	8
III.3 Neo MTA®	9
III.4 <i>Streptococcus mutans</i>	11
III.5 <i>Enterococcus faecalis</i>	12
IV. Hipótesis o supuestos	13
V. Objetivos	14
V.1 General	14
V.2 Específicos	14
VI. Material y métodos	15
VI.1 Tipo de investigación	15
VI.2 Población o unidad de análisis	15
VI.3 Muestra y tipo de muestra	15
VI. Técnicas e instrumentos	16
VI. Procedimientos	17
VII. Resultados	25
VIII. Discusión	28
IX. Conclusiones	31

X. Propuestas	32
XI. Bibliografía	33
XII. Anexos	37

Índice de Figuras

Figura		Página
VI.1	Recolección de materiales para el estudio	17
VI.2	A) peso en gramos; B) recolección de componentes	18
VI.3	Autoclave a 121°C	19
VI.4	Colocación de cajas Petri en área segura	20
VI.5	Preparación de cajas con agar	20
VI.6	Siembra de bacterias	21
VI.7	Colocación de discos con material	21
VI.8	Sellado de cajas Petri	21
VI.9	Anaerobiosis e incubación	22
VI.10	Recolección de resultados	23

Índice de Cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Medida de halos de inhibición de los materiales	25

Índice de Gráficos

Grafico		Página
VII.1	Halos de inhibición en mm de <i>E. faecalis</i>	26
VII.2	Halos de inhibición en mm de <i>S. mutans</i>	27

Abreviaturas y siglas

MTA: Mineral trióxido Agregado
RPBI: Residuos Peligrosos biológicos Infecciosos
B: Biodentine
Th-PT: Theracal PT
N-MTA: Neo MTA
mm: Milímetros
Cm: Centímetros
G: Gramos

Dirección General de Bibliotecas UAQ

I. Introducción

El objetivo de la terapia pulpar vital para el tratamiento de las lesiones pulpares reversibles en los dientes permanentes y primarios es el mantenimiento de la vitalidad y la función de la pulpa, en dentición decidua es importante preservar el diente hasta que su tiempo de exfoliación natural se complete para preservar así la integridad del arco dental (Fuks, 2008).

La pulpotomía continúa siendo el tratamiento más común para las pulpas expuestas por caries en los molares deciduos. La idea de la pulpotomía parte de la suposición de que la inflamación y la alteración de la vascularización causada por la invasión bacteriana se limitan a la parte superficial de la pulpa coronal, mientras que la pulpa radicular estaría aún normal, la meta es conservar el diente en un estado funcional (Kratunova and Silva, 2018).

La exposición de la pulpa causada por la caries muestra un potencial muy limitado para la recuperación como resultado de la infección bacteriana durante un periodo sustancial, lo que afecta la reacción de defensa (Fuks, 2008). Durante la reparación del tejido pulpar, el potencial dentinogénico de las células pulpares se puede expresar a través de los procesos de proliferación, migración y diferenciación de las células progenitoras, dando a lugar a una nueva generación de células reparadoras similares a los odontoblasto (Zhang and Yelick, 2010).

Las características ideales de un medicamento para la pulpotomía incluyen tener propiedades bactericidas, ser biocompatible, promover de la cicatrización de la pulpa radicular, ayudar a la regeneración del complejo dentinopulpar y no interferir en los procesos fisiológicos de la reabsorción o formación radicular (Zhang and Yelick, 2010). Los medicamentos deben tener la propiedad de inducir la diferenciación de nuevos odontoblastos y, por ende, la función de la formación de dentina reparativa en la unión dentinopulpar (Ferracane et al., 2010). Este nuevo tejido tiene características diferentes, pero aun así bloquea el estímulo externo

previniendo la contaminación de la pulpa con microorganismos orales y manteniendo la vitalidad y función pulpar (Kratunova and Silva, 2018).

Los estudios muestran que muchos factores influyen en esta interacción, al incluir la química de los materiales, la degradación de los productos y la manera como el tejido responde a estos agentes terapéuticos. Pocos materiales son realmente inertes y su uso en el medio ambiente dinámico del complejo dentinopulpar puede generar un amplio espectro de efectos físico mecánicos y biológicos (Zhang and Yelick, 2010).

La creciente investigación sobre los materiales pulpares está encaminada a desarrollar nuevos biomateriales, los actuales no solo se encaminan a entender la interacción entre el material y el tejido dental en términos de biocompatibilidad, sino principalmente a entender el potencial del material para modular la respuesta del tejido intervenido (Rajasekharan et al., 2014). Los estudios muestran que muchos factores influyen en esta interacción, al incluir la química de los materiales, la degradación de los productos y la manera como el tejido responde a estos agentes terapéuticos. Pocos materiales son realmente inertes y su uso en el medio ambiente dinámico del complejo dentinopulpar puede generar un amplio espectro de efectos fisicomecánicos y biológicos (Caicedo et al., 2006).

Pregunta de investigación

¿Cuál de los materiales Theracal PT®, Biodentine® o NeoMTA® produce un mayor efecto antimicrobiano contra *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis in vitro*?

Justificación

Este estudio ayudará al clínico a tener bases más sólidas para elegir el material correcto de tratamientos en órganos dentales temporales o permanentes jóvenes con compromiso pulpar en odontopediatría, permitiéndole conocer de mejor manera las características y acción frente a diferentes microorganismos con los cuales puede interactuar como *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* durante su aplicación y posterior a ello.

Factores durante la atención clínica como filtración en aislamiento absoluto, microfiltraciones de restauraciones, tiempo en fraguado, tipo de aplicación y principalmente la conducta del paciente son puntos que en ocasiones pueden disminuir la tasa de éxito en nuestros tratamientos si estos no son completamente controlados, por ello la importancia de evaluar materiales con características antimicrobianas. Es importante mencionar que en ocasiones la atención odontológica en zonas remotas del país se vuelve prácticamente invasiva y órganos dentales con compromiso pulpar de buen pronóstico terminan extrayéndose por no tener un campo adecuado para su aplicación, como clínicos es primordial recordar que mantener órganos dentales funcionales es de suma importancia para el desarrollo de pacientes infantiles, con esto promover la salud y bienestar a la población en donde se desempeñan.

II. Antecedentes

Los productos a base de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 que son utilizados desde 1920. El trióxido de mineral agregado (MTA), fue desarrollado y reportado por primera vez en 1993 por Lee, y asociados en la Universidad de Loma Linda, Estados Unidos, a partir del Cemento Portland, con el que comparte los mismos componentes principales como el calcio, fosfato, sílice y recibió su aprobación por la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos en 1998 año en que comenzó a comercializarse (Giani and Cedrés, 2017).

El MTA fue el primero de este tipo de materiales en ser desarrollado. En respuesta a las favorables propiedades de biocompatibilidad y bioactividad de este primer material, numerosos fabricantes elaboraron productos similares. En general, estos materiales apuntan a su uso en tratamientos endodónticos; sin embargo, también incluyen aplicaciones propias de la odontología pediátrica y restauradora, entre ellas la posibilidad de realizar recubrimiento pulpar directo (Caicedo et al., 2006).

En el año 2008, la compañía francesa Septodont Ltd., desarrolló un material basado en la purificación del silicato de calcio, con propiedades superiores a los ya existentes en relación al tiempo de fraguado, propiedades mecánicas y manipulación (Giani and Cedrés, 2017). Este nuevo material es conocido como Biodentine, apareció en el mercado, el cual se indica para ser usado como remplazo de dentina tanto coronal como radicular. El rápido fraguado de este cemento, en comparación con los silicatos de calcio previos, y la mejora de las propiedades mecánicas, le permiten ser indicado como material de restauración definitiva en remplazo de dentina y como cemento temporal para restituir esmalte (Caicedo et al., 2006).

La compañía Bisco en el año 2010 lanza al mercado el silicato de calcio modificado con resina conocida como SCMR o por su nombre comercial Theracal LC material este fotopolimerizable (Narváez and Rodríguez, 2015). Otros materiales, como el Theracal PT (Bisco), han sido desarrollados más recientemente,

proponiendo el uso de silicatos de calcio mezclados con resinas compuestas, dado que, al ser fotopolimerizables, logran controlar el tiempo de endurecimiento. Una de las grandes ventajas de los silicatos de calcio es la llamada propiedad de bioactividad. Los materiales bioactivos se han definido como aquellos que “provocan una respuesta biológica en la interface de los tejidos con el material, resultando en la formación de una unión entre el material y el tejido”. Esto se ha visto reflejado en las respuestas favorables observadas cuando el material está en contacto con tejidos blandos como el tejido pulpar y el periodontal, o con tejidos duros como la dentina (Kanpandegia and Galván, 2020).

A lo largo del tiempo estos materiales han sido comparados y probados unos a otros para establecer criterios y propiedades que brindan clínicamente, por ejemplo, su biocompatibilidad. Las propiedades biológicas prometedoras del material en cultivos con fibroblastos humanos. Los efectos fueron evaluados de MTA blanco, un cemento de Ionómero de Vidrio (Fuji IX) y del Biodentine en fibroblastos humanos. Durante su observación de 1 a 7 días, el Biodentine y el MTA resultaron menos tóxicos que el Ionómero de vidrio. Se trata, por lo tanto, de un material muy biocompatible (Zhou et al., 2013).

En los últimos años, el Biodentine ha demostrado tener capacidad de promover la síntesis temprana de dentina reparativa. Observaron que tanto el Biodentine como el MTA estaban involucrados en la diferenciación temprana odontoblástica y en el inicio de la mineralización (Zhou et al., 2013).

Ramos y cols, comprobaron que el MTA inducía un mayor cambio de coloración al ser comparado con el Biodentine tras un año de estudio, observando que en el caso del MTA la decoloración aumentó con el paso del tiempo mientras que el Biodentine presentó una mejor estabilidad del color. Compararon la efectividad del Biodentine y del hidróxido de calcio como materiales para el RPI de molares deciduos con caries próximas a pulpa. Los resultados fueron favorables para ambos materiales mostrándose significativamente superior el Biodentine (Zhou et al., 2013).

Muchos estudios se han centrado en valorar el éxito clínico y radiográfico del Biodentine y de compararlo con los materiales más frecuentemente empleados con anterioridad, sobre todo el Formocresol, el Sulfato Férrico, el hidróxido de calcio o el MTA. La revisión de todos estos estudios nos permite observar que el Biodentine consigue niveles de éxito clínico entre el 96 y el 100% y de éxito radiográficos entre el 60 y el 95%. Hay autores que informan de niveles de éxito total entorno al 92% (Zhou et al., 2013).

Sin embargo, la mayoría de los estudios encontrados sobre el uso del Biodentine en la realización de pulpotomías lo comparan con el MTA. Los resultados obtenidos en todos estos trabajos no son concluyentes aún, pero permiten ir teniendo un cuerpo del conocimiento muy interesante (Kusum et al., 2015). Mediante análisis tomográfico observaron que el Biodentine era capaz de formar puentes dentinarios más gruesos que los formados por el MTA u otros materiales. En general los trabajos realizados hasta el momento evidencian un éxito clínico semejante al del MTA, pero un éxito radiográfico menor al conseguido por este (Zhou et al., 2013).

III. Fundamentación teórica

Los materiales bioactivos son sustancias que al ponerse en contacto con los tejidos vivos provocan un efecto positivo sobre los mismos, induciendo una respuesta biológica específica en la interfase material-tejido. Estos materiales son empleados con una aplicación específica, en la protección del complejo dentinopulpar por la capacidad de generar tejido calcificado en la zona de contacto entre el material y el tejido dental (Gamboa, 2019).

Las propiedades antibacterianas y antifúngicas de los cementos con base silicato de calcio pueden atribuirse a su alto pH. La alcalinidad del cemento inhibe la proliferación y crecimiento de microorganismos, ayudando así a la desinfección de la dentina (Kanpandegia and Galván, 2020). Un pH de 10.5-11 ralentiza la proliferación del *Enterococcus Faecalis*, mientras que en pH superiores a 11.5 directamente la proliferación es inviable (Parirokh et al., 2018).

Theracal PT®

Es un silicato de calcio biocompatible, modificado con resina, de curado dual que se utiliza para tratar la dentina o pulpa expuesta. La colocación precisa de Theracal PT permite su uso en preparaciones de cavidades profundas. El fraguado dual permite la colocación inmediata del material de restauración. Su formulación patentada permite un fraguado inicial con una lámpara de fotopolimerización, al tiempo que mantiene su facilidad de colocación debido a sus propiedades (Kanpandegia and Galván, 2020).

Compuesta de óxido de calcio, partículas de silicato de calcio, vidrio de estroncio, sílice, sulfato de bario, zirconato de bario y resina (BisGMA y PEGDMA).
Indicación de uso principal: Pulpotomía. Las Indicaciones de uso secundarias: Exposiciones de la pulpa (recubrimiento pulpar directo) y Liner protector (recubrimiento pulpar indirecto) y base para su uso bajo una variedad de sustratos (Giani and Cedrés, 2017).

Compuesto por silicato de calcio, están basados en los materiales del cemento Portland (75% Silicato tricálcico: 3CaO-SiO_2 , Aluminato tricálcico: $3\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, Silicato di cálcico: 2CaO-SiO_2 , Aluminato férrico tetracálcico: $4\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, 20% Oxido de Bismuto: Bi_2O_3 , 4.4 % Sulfato de calcio di hidratado: $\text{CaSO}_4\text{-}2\text{H}_2\text{O}$), y contienen bajas concentraciones de impurezas metálicas, provenientes de los minerales naturales utilizados como materia prima (Giani and Cedrés, 2017).

Propiedades del Theracal PT (Parirokh et al., 2018):

- Liberación de calcio estimula hidroxiapatita y la formación de puente de dentina secundaria.
- El pH alcalino promueve la curación y la formación dentina.
- La liberación de calcio significativa conduce al sello protector.
- Protege y aísla la pulpa.
- La humedad tolerante y radiopaco - puede ser colocada bajo materiales reconstituyentes y cemento.

Biodentine®

Biodentine es material compuesto de sulfato tricálcico cuya acción bioactiva es la estimulación de la dentina. Es biocompatible y tiene unas propiedades y comportamiento mecánico similar a la dentina sana. El anclaje mecánico de Biodentine permite un sellado hermético de los túbulos dentinarios por lo que elimina el dolor postoperatorio en los que no precisa preparar la superficie (Mexicana et al., 2019).

Este sustituto bioactivo mantiene las condiciones óptimas para la conservación de la vitalidad pulpar y garantiza la ausencia de sensibilidad postoperatoria. El envase contiene 5 cápsulas y 5 envases unidos de líquido. Los fabricantes afirman que Biodentine tiene un tiempo de fraguado notablemente más corto en contraste con otros cementos de silicato como el agregado de trióxido mineral (MTA) y también tiene mejores propiedades mecánicas y de manejo (Mexicana et al., 2019).

La forma de presentación del Biodentine es bicomponente: polvo y líquido. Por un lado, el polvo incluye silicato tricálcico (3CaOSiO_2) que actúa como material principal, silicato dicálcico (2CaO SiO_2), carbonato cálcico (CaCO_3) que actúa como relleno, óxido de hierro que actúa como colorante y el dióxido de zirconio (ZrO_2) que actúa como material de contraste. La parte líquida la componen el cloruro cálcico ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que actúa como acelerador del fraguado y un polímero hidrosoluble que actúa como agente reductor de agua (Rajasekharan et al., 2014).

Otra característica del Biodentine es la liberación de calcio cuando está en solución. Esta liberación ocurre de manera más importante durante las primeras horas tras el mezclado y continua en el tiempo durante los siguientes 15 a 30 días, fomentando así su alcalinidad y sus propiedades antibacterianas (Prati and Gandolfi, 2015).

Los materiales a base de silicato cálcico tienen la habilidad de liberar hidróxido de calcio en la hidrólisis superficial de sus componentes y esto afecta a la flexibilidad dentinaria reduciéndola cuando el contacto es prolongado (Grech et al., 2013) . Esto es considerado por varios autores como una ventaja al favorecer la remineralización del tejido dentinario subyacente (Prati and Gandolfi, 2015).

El colágeno tipo I es el principal componente en la matriz extracelular pulpar y tiene una influencia directa en la formación del tejido duro dental y en la mineralización. Los materiales que contienen silicato cálcico influyen en la expresión del RNA mensajero para la síntesis del colágeno tipo I. Esta influencia va a depender de dos factores: por un lado, como ya se ha mencionado de la concentración del material, en este caso del Biodentine y por otro lado del tamaño de exposición de la pulpa (Kanpandegia and Galván, 2020).

NeoMTA®

NeoMTA NuSmile es un material de silicato de tricálcico similar al primer producto agregado de trióxido mineral, pero con mejoras como disminución del tiempo de ajuste, aumento de la liberación de iones, aumento de la sorción de agua

y radiopacificadores sin manchas (Parirokh et al., 2018). Es un material de aluminosilicatos de calcio recién formulado que tiene un tiempo de ajuste más rápido y una mayor resistencia al ácido y no está manchado. Esta también diseñada para promover la reparación dentinaria y la formación de hidroxiapatita, contribuyendo con la salud y viabilidad dental (Giani and Cedrés, 2017).

El agregado trióxido mineral es un material compuesto por diversos óxidos minerales, donde el calcio es uno de los principales iones. El MTA es un polvo que consiste en finas partículas hidrofílicas y que fragua en presencia de humedad. La hidratación del polvo da lugar a un gel coloidal con un pH medio de 12.5, que solidifica formando una estructura dura que puede contribuir a su menor tiempo de fraguado, mayor liberación de iones, aumento de la absorción de agua y disminución de la porosidad en comparación con MTA (Parirokh et al., 2018).

El polvo que compone del agregado Trióxido Mineral es principalmente cemento de tipo Portland, que está formado por compuestos cálcicos. Así, los principales componentes del MTA son, en un 75% compuestos cálcicos como silicato tricálcico (3Ca-SiO_2), aluminato tricálcico ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$), silicato dicálcico (2CaO-SiO_2) y aluminato férrico tetracálcico (4CaO-SiO_2); en un 20% por óxido de bismuto (Bi_2O_3); en un 4,4% por sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y sílica cristalina; y finalmente por residuos insolubles como óxido de calcio y sulfato de potasio y sodio en un 0,6% (Rajasekharan et al., 2014).

Según estudios de Torabinejad y Hong, mediante espectrómetro de dispersión de rayos X y microscopio de escáner de electrones, la composición del MTA se basa principalmente en la presencia de silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico y silicato dicálcico, siendo las moléculas de calcio y los iones de fósforo las partículas más abundantes (Rajasekharan et al., 2014).

Microorganismos en la cavidad oral

En la prevención de la caries dental se han planteado diferentes estrategias: control inmunológico, control microbiológico, educación específica, control de dieta, detección previa de factores de riesgo, higiene bucodental, ingestión y aplicación tópica de fluoruros, entre otros tratamientos. Las medidas por sí mismas son efectivas, el hecho de reconocer a *Streptococcus mutans* como el microorganismo más importante en la iniciación de la caries, conduce a diseñar medidas de prevención dirigidas hacia la eliminación o disminución de éste en cavidad oral (Gamboa et al., 2004).

En el ecosistema oral existen múltiples especies microbianas en constante interrelación y dinamismo. En esta acción las especies están en continuo anabolismo y catabolismo, tomando nutrientes y aportando productos de su metabolismo al medio oral, pueden producir equilibrio o desequilibrio químico y microbiológico en la cavidad oral (Gamboa et al., 2004).

Streptococcus mutans

Desde el punto de vista estructural, no difieren del modelo general de todos los estreptococos, salvo en la ausencia de cápsula, polisacárido C, complejos fibrilares y las fimbrias que cuando existen, no son muy prominentes. Por el contrario, en la pared destacan proteínas dotadas de diversas funciones, y polisacáridos, distintos del C. Estos polisacáridos muestran distintas especificidades antigénicas, lo que permite distinguirlos de otros serotipos (Rocha et al., 2000).

Los *Streptococcus* del grupo *mutans* son acidogénicos, por lo cual sobreviven y se desarrollan a un pH bajo, y acidúricos o capaces de seguir produciendo ácido en un pH bajo. Estas especies bacterianas consiguen alcanzar rápidamente el pH crítico necesario para iniciar el proceso de desmineralización (Counts and Vivo, 2007). El potencial acidogénico acidúricos es importante en su virulencia. Este microorganismo produce ácido láctico a partir de la sacarosa y otros hidratos de carbono con mayor rapidez que otras bacterias bucales. El ácido láctico

es fundamental en la virulencia, debido a que es el ácido más potente que interviene en la desmineralización del diente (Gamboa et al., 2004).

Enterococcus faecalis

Los *Enterococcus* representan un grupo de bacterias comunes que habitan en varias áreas del organismo humano, siendo considerados en un principio como no virulentos y actualmente son señalados como una de las principales causas de infecciones en los conductos radiculares, encontrando que el *Enterococcus faecalis* se encuentra asociado con la periodontitis crónica y tratamientos fallidos del conducto radicular que incluyen periodontitis apical crónica, siendo aislado en lesiones periapicales refractarias al tratamiento endodóntico (Wang et al., 2012).

Siendo este un coco Gram positivo que puede presentarse de forma individual, en pares o como cadenas cortas, anaerobios facultativos, es decir, con capacidad de crecer en ausencia o presencia de oxígeno, con un tamaño de 0,5 a 0,8 micrómetros y es localizado comúnmente en el trato intestinal del humano (Ro, 2004). Entre los factores de virulencia que posee el *Enterococcus faecalis* se incluyen enzimas líticas, citolisina, sustancia de agregación, feromonas y ácido lipoteicoico, las cuales se adhiere a las células huésped, produciendo proteínas que le permiten competir con otras células bacterianas, alterando las respuestas del huésped (Lov, 2001).

IV. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

- El efecto antimicrobiano del Biodentine® contra *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* es mayor que el efecto de Theracal PT® y NeoMTA®.

Hipótesis nula

- El efecto antimicrobiano del Biodentine® contra *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* no es mayor que el efecto de Theracal PT® y NeoMTA®.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Determinar que material, Theracal PT®, Biodentine® o NeoMTA® produce un mayor efecto antimicrobiano contra *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* *in vitro*.

V.2 Objetivos específicos

- Medir el halo de inhibición de Theracal PT® en cultivos de *Streptococcus mutans* *in vitro*.
- Medir el halo de inhibición de Theracal PT® en cultivos de *Enterococcus faecalis* *in vitro*.
- Medir el halo de inhibición de Biodentine® en cultivos de *Streptococcus mutans* *in vitro*.
- Medir el halo de inhibición de Biodentine® en cultivos de *Enterococcus faecalis* *in vitro*.
- Medir el halo de inhibición de NeoMTA® en cultivos de *Streptococcus mutans* *in vitro*.
- Medir el halo de inhibición de NeoMTA® en cultivos de *Enterococcus faecalis* *in vitro*.
- Comparar cuál de los tres materiales Theracal PT®, Biodentine® o NeoMTA® presenta mayor diámetro de halo de inhibición en cultivos de *Streptococcus mutans* *in vitro*.
- Comparar cuál de los tres materiales Theracal PT®, Biodentine® o NeoMTA® presenta mayor diámetro de halo de inhibición en cultivos de *Enterococcus faecalis* *in vitro*.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Experimental *in-vitro*.

VI.2 Unidad de análisis

Cajas Petri inoculadas con *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis*.

VI.3 Muestra y tipo de muestra

10 cajas Petri con agar tripticasa soya inoculadas con *Streptococcus mutans*.

10 cajas Petri con agar cerebro corazón inoculadas con *Enterococcus faecalis*.

VI.3.1 Criterios de selección

Cajas Petri agar tripticasa soya inoculadas de *Streptococcus mutans* correctamente con discos de papel de 6 mm de diámetro impregnados con Theracal PT®, Biodentine® y NeoMTA®.

Cajas Petri agar cerebro corazón inoculadas de *Enterococcus faecalis* correctamente con discos de papel de 6mm de diámetro impregnados con Theracal PT®, Biodentine® y NeoMTA®.

VI.3.2 Variables estudiadas

Variable dependiente

- Halos de inhibición

Variables Independientes

- Biodentine®
- Theracal PT®
- Neo MTA®

VI.4 Técnicas e instrumentos

Se analizaron 10 cajas Petri agar tripticasa soya inoculadas de *Streptococcus mutans* y 10 cajas Petri agar cerebro corazón inoculadas de *Enterococcus faecalis* cada una con discos de papel de 6mm de diámetro impregnados con Theracal PT®, Biodentine® y NeoMTA®.

VI.5 Procedimientos

Fase 1. Recolección de material e instrumental

Para el presente estudio se contactó a distribuidores para la compra de Theracal PT® de Bisco, Biodentine® de Septodont y NeoMTA® de NuSmile (**Fig.1**). Cajas Petri, Agar Cerebro corazón, agar Trypticasa de soya y materiales faltantes para el proceso experimental. Una vez recaudados se almacenaron con los cuidados y especificaciones de los respectivos proveedores hasta la fase inicial de estudio.



Figura 1. Recolección de materiales para el estudio

El equipo del Laboratorio de Investigación Odontológica Multidisciplinaria, Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro fue utilizado para el proceso experimental.

Fase 2. Preparación de Agar infusión cerebro corazón y Trypticasa de soya.

Agar Trypticasa de Soya dada su composición nutritiva, se ha convertido en un medio de uso muy extendido, ya sea sin suplementos o como base de medios. Se utiliza ampliamente para la recuperación y el cultivo de especies microbianas exigentes y para la determinación de reacciones hemolíticas importantes para las

características de diferenciación de bacterias, especialmente la especie *Streptococcus*.

Formula de gramos por litro:

- Tripticasa de soya.....40g
- Extracto de levadura.....10g
- Sucrosa.....200g
- Bacitracina liquida.....244 ml

Preparación: Para 10 cajas Petri, se pesaron 10g de agar Tripticasa de soya, 2.5g de extracto de levadura, 50g de sucrosa, estos se almacenaron en un matraz y agregó 250ml de agua destilada. Se uso movimiento frecuente y calor mediante parrilla eléctrica para una mezcla homogénea hasta el punto de ebullición, manteniéndolo durante 1 minuto. (Fig.2) Se ingreso a la autoclave a 121°C durante 15 minutos. (Fig.3)

Una vez estéril se dejo enfriar y se añadió 1ml de Bacitracina liquida diluida. Se vació el medio en cajas Petri estériles (en un área estéril), hasta que gelificaron.

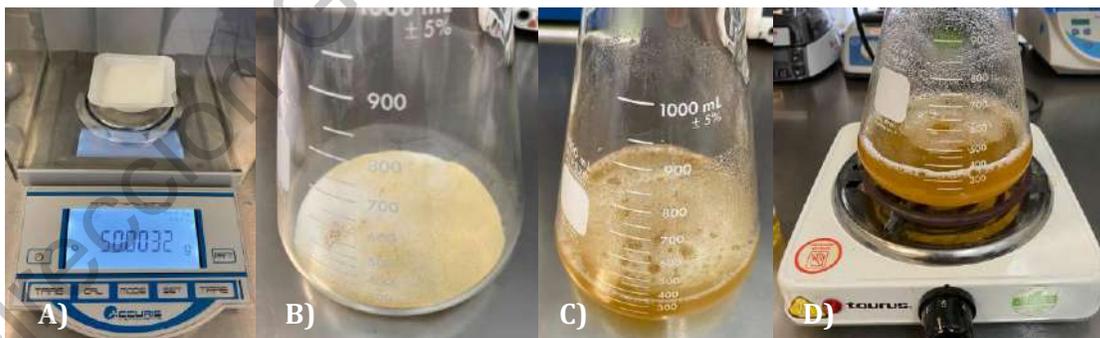


Figura 2. A) peso en gramos; B) recolección de componentes; C) Mezcla de componentes; D) Calentamiento y ebullición del agar



Figura 3. Autoclave a 121°C

Agar Infusión Cerebro Corazón es un medio sólido rico en nutrientes, adecuado para el cultivo de varias variedades de bacterias, hongos y levaduras, para el cultivo de una gran variedad de microorganismos exigentes. El agar se recomienda en métodos estándar para pruebas de agua y en pruebas de susceptibilidad antimicrobiana. La base nutricionalmente rica de infusiones de corazón de ternera y cerebro de ternera y mezcla de peptona proporcionan nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos que favorecen el crecimiento de una variedad de microorganismos. El fosfato disódico actúa como tampón. La dextrosa es el carbohidrato fermentable que proporciona carbono y energía. El cloruro de sodio mantiene el equilibrio osmótico. El agar bacteriológico es el agente solidificante.

Fórmula en gramos por Litros

- Infusión cerebro corazón.....8.0g
- Peptona de carne.....5.0g
- Peptona de caseína.....16.0g
- Cloruro de sodio.....5.0g
- Dextrosa.....2.0g
- Fosfato disódico.....2.5g
- Agar.....13.5g

Preparación: Para la preparación del agar únicamente se realizó la conversión de la infusión, los componentes necesarios estaban incluidos en la solución. Se agregó 250 ml de agua destilada. Se mezcló homogéneamente, se llevó a la parrilla eléctrica para su calentamiento, una vez en el punto de ebullición se mantuvo 1 minuto. Posterior a ello se esterilizó a 121°C por 15 minutos. (Fig.3)

Fase 3. Inoculación de sepas *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* en cajas Petri.

Todo el material empleado en el manejo de microorganismos fue previamente esterilizado. Todas las manipulaciones se realizaron en un radio de 10 a 15 cm (conocida como zona aséptica), alrededor de la llama del mechero. (Fig. 4) Se evitaron desplazamientos innecesarios y el abandono de las cajas fuera del perímetro aséptico. (Fig.5) Fue necesaria rapidez para una buena ejecución de las técnicas.

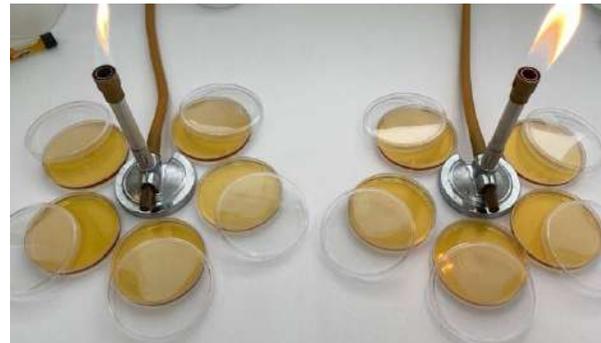


Figura 4. Colocación de cajas Petri en área segura Figura 5. Preparación de cajas con agar

La siembra se realizó con un hisopo estéril sobre el agar de las cajas Petri, con movimiento de zigzag en tres direcciones para lograr una distribución de *Streptococcus mutans* en agar Trypticosa de soya y *Enterococcus faecalis* en agar infusión cerebro corazón por toda la superficie de sus respectivas cajas. (Fig.6)



Figura 6. Siembra de bacterias

Fase 4. Colocación de los materiales en Agar

Posterior al proceso de siembra de los microorganismos. Se mezclaron los materiales Theracal PT®, Biodentine® y NeoMTA® de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Los materiales fueron colocados en los discos de 6mm estériles y posteriormente los discos se colocaron en las cajas Petri rotuladas, enumeradas y membretadas con su respectivo grupo. (Fig.7 y 8)



Figura 7. Colocación de discos con material Figura 8. Sellado de cajas Petri

Fase 5. Incubación de cajas Petri

Una vez finalizada la colocación de las muestras en las placas Petri, estas fueron colocadas en un frasco de sellado hermético, con una vela dentro para lograr el proceso de anaerobiosis y llevadas a la incubadora a una temperatura de 36°C, durante 24 horas, para favorecer la adecuada incubación del microorganismo. Se incubaron las placas invertidas con el agar en la parte superior. (Fig.9)



Figura 9. Anaerobiosis e incubación

Fase 6. Evaluación del efecto inhibitorio mediante los halos de inhibición

Los resultados obtenidos se evaluaron después de la incubación de las cajas Petri, considerando las medidas de los halos de inhibición, mediante el programa ImageJ por conteo de píxeles.

Los resultados fueron registrados en una base de datos Excel y fotografiados para su documentación. (Fig.10)

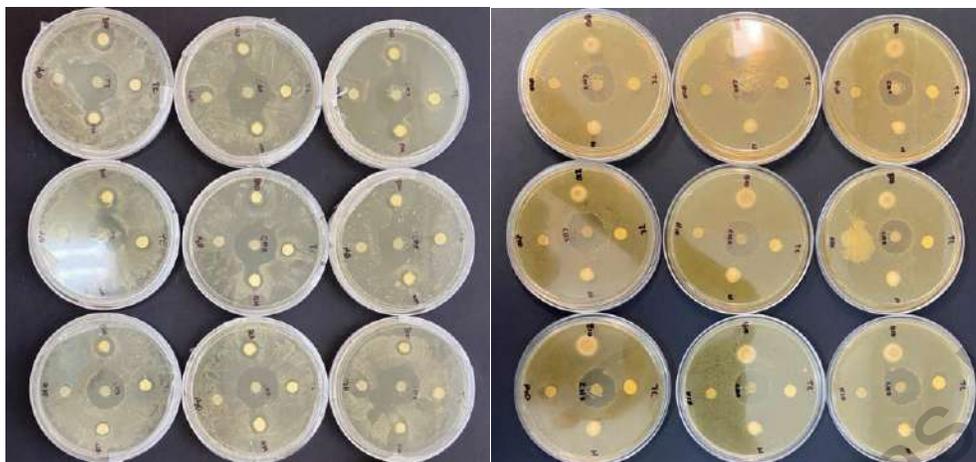


Figura 10. Recolección de resultados

Fase 7. Eliminación y manejo de desechos.

Los materiales y desechos del proceso experimental se eliminaron siguiendo el protocolo de la NORMA Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002 para el manejo de Residuos peligrosos biológicos infecciosos.

Los cultivos de agentes infecciosos, como cajas Petri y los instrumentos para manipular, mezclar o inocular microorganismos fueron recolectados en recipientes específicos rotulados. Estos recipientes se colocaron en una autoclave a 134°C por 30 minutos y enfriado por 30 minutos.

Siguiendo las especificaciones de la NORMA-087, el material de desecho previamente esterilizado se selló con cinta y se colocó en una bolsa roja brindada por la empresa recolectora de RPBI y ubicada en una zona establecida por esta misma, rotulándola con la siguiente información: Contenido, peso, fecha y persona responsable.

VI.5.1 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos que se realizaron para la obtención de resultados fue ANOVA de una vía.

VI.5.2 Consideraciones éticas

El estudio se realizó en el laboratorio de investigación odontológica multidisciplinaria, facultad de medicina de la universidad autónoma de Querétaro con previa autorización de autoridades pertinentes siguiendo los protocolos de seguridad de residuos peligrosos biológicos infecciosos.

Siguiendo las especificaciones de la NORMA-087, el material de desecho previamente esterilizado, sellado y rotulado para un correcto manejo. Fue almacenado en la zona establecida para su recolección.

VII. Resultados

Esta investigación tiene como propósito indagar si el efecto antibacteriano de materiales relativamente nuevos en el mercado contra una de las marcas líderes hoy en día, valorando el nivel de inhibición que presentan frente a *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus mutans* tomando en cuenta las variables previamente mencionadas nos permitió obtener los resultados.

Posterior a la recolección de datos, se tabulo la información en una hoja del programa Microsoft Excel, para organizar y realizar las tablas y gráficos que se muestran a continuación.

Tabla 1. Medida de halos de inhibición de los materiales.

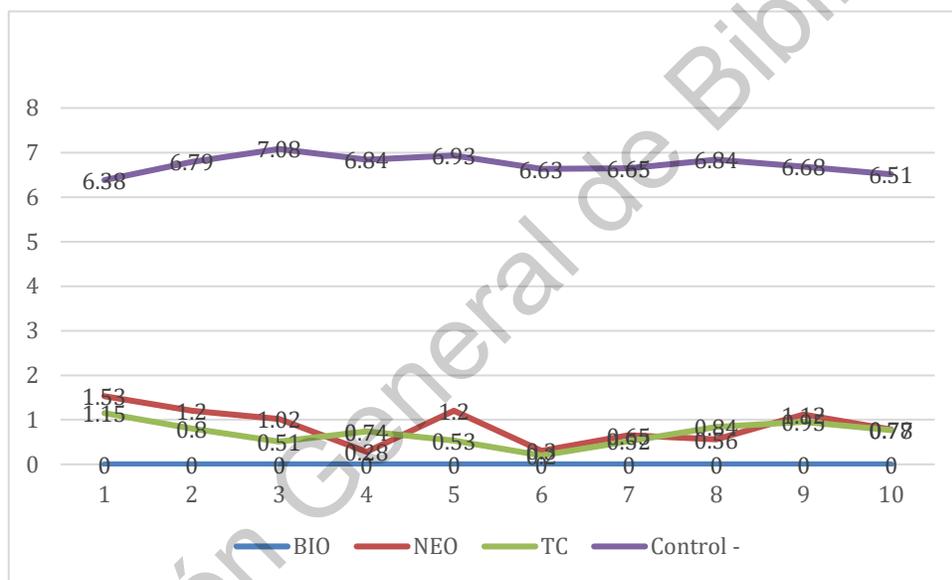
Grupo	Control (n=10)	B (n=10)	Th-PT (n=10)	N-MTA (n=10)	Valor de P
	Media ± D.E. (Rango)				
<i>E. faecalis</i>	6.73 ± 0.20 (6.38 - 7.08)	0.0 ± 0.0 (0-0)	0.70 ± 0.26 (0.2 - 1.15)	0.86 ± 0.41 (0.28 - 1.53)	< 0.0001
<i>S. mutans</i>	7.77 ± 0.93 (5.98 - 8.75)	2.41 ± 0.50 (1.77 - 3)	1.15 ± 0.32 (0.86 - 1.8)	1.55 ± 0.45 (0.91 - 2.28)	< 0.0001

Medida reportada en milímetros; B: Biodentine; Th-TP: Theracal PT; N-MTA: Neo MTA; D.E.: Desviación estandar.

La **Tabla 1** muestra la media y desviación estandar de cada variable posterior a 24 horas de siembra y colocación de sensidiscos con material. Valorando los resultados encontramos que Biodentine® como marca líder presento una nula inhibición (0.0 ± 0.0) frente a *Enterococcus faecalis*, reflejando una diferencia estadísticamente significativa a Theracal PT® (0.70 ± 0.26) y NeoMTA® (0.86 ± 0.41) y estos a su vez no presentaron diferencia estadísticamente significativa (Theracal PT® y Neo MTA®).

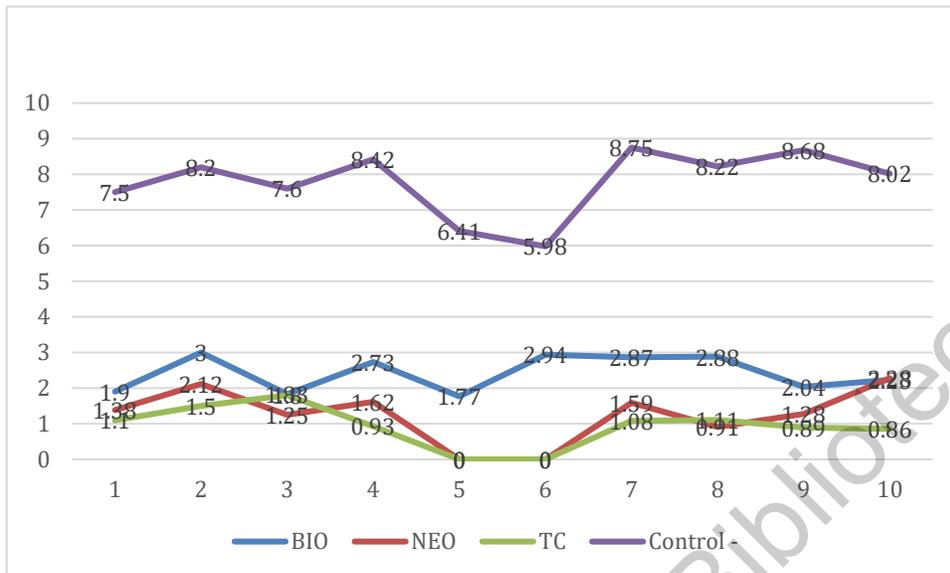
A diferencia de los primeros resultados con *Enterococcus faecalis* el segundo resultado frente a bacterias *Streptococcus mutans* Biodentine presento mayor efecto inhibitorio (2.41 ± 0.50) que Theracal PT® (1.15 ± 0.32) y Neo MTA® (1.55 ± 0.45) demostrando con ello una diferencia estadísticamente significativa frente a estos dos materiales que a su vez ambos (Theracal PT® y Neo MTA®) no mostraron una diferencia estadísticamente significativa presentando niveles muy similares de inhibición.

Gráfico 1. Halos de inhibición en milímetros de *Enterococcus faecalis*



Las cajas fueron valoradas, los datos en milímetros interpretados por el programa ImageJ e ingresados a la base de datos en Excel, en el **Gráfico 1** podemos observar la respuesta de los materiales frente a bacterias de *Enterococcus faecalis* el grupo control (Clorhexidina) presento niveles más elevados de inhibición con picos de 7.08 mm a diferencia de Theracal PT® con pico mayor de 1.15 mm y Neo MTA® 1.53 mm, rangos mucho mayores del grupo control a los 3 materiales estudiados y a su vez Biodentine® presentando un nulo efecto inhibitorio.

Gráfico 2. Halos de inhibición en milímetros de *Streptococcus mutans*



Por su parte la fase frente a *Streptococcus mutans* representado en el **Gráfico 2** el grupo control presentó picos de 8.75 mm (más elevado que la fase anterior), en Theracal PT® en valor más alto fue de 1.8 mm y Neo MTA® de 2.12 mm. A diferencia de los resultados anteriores Biodentine® tuvo un mayor efecto inhibitorio frente a *Streptococcus mutans* con un pico mayor de 3 mm y un mínimo de 1.77 mm presentando un mayor efecto que los 2 materiales más en comparativa.

VIII. Discusión

El método más comúnmente utilizado in vitro para la evaluación de la actividad antimicrobiana de selladores de conductos radiculares recién manipulados es la prueba de difusión en agar a pesar de sus limitantes. Sus resultados son influenciados por la solubilidad y difusibilidad del material en el medio de cultivo (Morgental, 2011), esto depende de muchas variables entre ellas la carga y la concentración del antimicrobiano, la viscosidad del gel de agar, la temperatura y la concentración iónica del material probado. Otro factor importante es el tiempo, ya que tiene que ser suficiente para que el agente antimicrobiano pueda difundirse en el agar antes de que el microorganismo alcance una densidad específica (Matuschek, 2014).

Theracal PT al ser un material nuevo en el mercado no cuenta con estudios sólidos que respalden o indaguen el efecto inhibitorio frente algunas bacterias, Neo MTA es un caso similar. Biodentine a diferencia ha sido estudiado frente a cementos endodónticos, materiales a base de hidróxido de calcio, MTA, Cemento portland y otros.

Ojeda et al. (2013) compararon el potencial antibacteriano del MTA y Biodentine contra *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis*, evaluaron el diámetro de las zonas de inhibición bacteriana con un calibrador digital; las zonas de inhibición obtenidas para el Biodentine fueron de 3.11mm y del MTA fue 2.1 mm concluyendo que el Biodentine posee mayor eficacia antimicrobiana frente al MTA concordando con la presente investigación.

Por otro lado, Parirokh et al. (2018) utilizó MTA Angelus y Biodentine comprobando que el diámetro medio de la zona de inhibición del MTA fue de 3.250 cm y para Biodentine 3.983 cm, determinando una diferencia significativa en la eficacia antibacteriana del Biodentine sobre el MTA frente a *Enterococcus faecalis* ($p < 0.05$).

Taha et al. (2009) analizó la actividad antimicrobiana del Biodentine y el Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Angelus frente a; *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Echerichia coli* y *Enterococcus* luego de 24 horas de incubación a 37 °C, las zonas de inhibición formadas por el Biodentine contra *Enterococcus*, *Echerichia coli* y *Staphylococcus aureus* 27 fueron significativamente más grandes de 11.4 mm que las zonas formadas por MTAAngelus de 8.2 mm, demostrando una mayor eficacia antibacteriana del Biodentine.

Ayala et al. (2012) evaluaron las propiedades antibacterianas y antifúngicas del Mineral Trioxide Aggregate (MTA), ionómero de vidrio modificado con resina (RMGIC) Y Biodentine contra *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*, presentando un diámetro de inhibición del crecimiento alrededor de cada material contra los microorganismos, la cual se midió después de 24 horas de incubación dando como resultado; Biodentine contra *Enterococcus faecalis* (11.4 mm) y *C. Candida albicans* (24.33 mm) significativamente mayor en comparación con el MTA que presento (13.16 mm) y RMGIC (12.33 mm) sin embargo RMGIC mostro significativamente mayor (22.5 mm) zona de inhibición contra *Staphylococcus aureus* pero no mostro inhibición contra *Candida albicans*, concordando con mi investigación que el Biodentine presenta una mayor actividad antimicrobiana en comparación a MTA y RMGIC.

Morgental (2011) realizaron pruebas antibacterianas en agar como en contacto directo, llegando a la conclusión de que el cemento sellador a base de MTA no tiene efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis*, a pesar de su alto pH. *Enterococcus faecalis* es incapaz de vivir en un pH de 11.5 o mayor, por lo tanto, se asume que la alcalinidad no fue suficiente para hacer el entorno inadecuado para la supervivencia de este microorganismo.

En contraste con lo reportado por Faria-Júnior (2013), en donde los cementos a base de MTA e Hidróxido de Calcio sí presentaron propiedades antimicrobianas. El cemento a base de MTA produjo zonas de inhibición de 7.32

mm en la prueba de difusión en agar, mientras que por contacto directo no mostraron alguna acción.

Por otro lado, Ayala et al. (2012) evaluaron las propiedades antimicrobianas y fúngica de cementos a base de calcio en comparación con cementos de ionómero de vidrio, lo cual el Biodentine demostró una mayor actividad antimicrobiana, mostrando una zona de inhibición media de 3.2 mm presentando así una mayor inhibición frente a *Enterococcus faecalis*, *Echerichia coli* y *Candida albicans* ($p < 0.05$).

Heredia et al. (2017) utilizó Biodentine, Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Angelus y Dycal contra *Enterococcus faecalis* y su durabilidad a través del tiempo; el crecimiento bacteriano se evaluó mediante un espectrofotómetro de microplacas a temperaturas controladas durante intervalos de 1 hora entre 24 horas; el MTA mostro una actividad antibacteriana significativamente mayor que la del Dycal ($p < 0.05$), el Biodentine y MTA mostraron diferencias significativas con respecto al Dycal; la efectividad antibacteriana del Biodentine se mantuvo en los mismos niveles estándar en un periodo de una semana, aunque la efectividad antibacteriana de MTA disminuyó al pasar el tiempo.

IX. Conclusiones

- Biodentine® presento un mayor efecto inhibitorio que Theracal PT® y Neo MTA® frente a *Streptococcus mutans*.
- Biodentine® no presento efecto inhibitorio frente a *Enterococcus faecalis* mientras que Theracal PT® y Neo MTA® tuvieron respuesta.
- No se encontraron estadísticas significativas niveles de inhibición por parte de Theracal PT® y Neo MTA® frente ambas bacterias *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus mutans*.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

IX. Propuestas

Realizar el estudio clínico, permitiéndonos tener una nueva línea de investigación *in vivo*. En ocasiones la adaptación de materiales para adultos en pacientes pediátricos es común, no obstante, podemos mejorar la atención odontológica conociendo de mejor manera los materiales e instrumentos que aplicamos día a día en el ámbito de atención infantil.

Estudio de materiales relativamente nuevos como Theracal PT y Neo MTA indicados principalmente en pacientes pediátricos por sus características, conformando con ello un mejor criterio de elección.

Es indispensable seguir las instrucciones del fabricante de los cementos, sin improvisar, para evitar que durante la manipulación se cometan errores que alteren los valores de inhibición de las bacterias.

X. Bibliografía

Ayala M, Solórzano A, Tapias G. 2012. Efecto Antimicrobiano Agregado Trióxido Mineral y del Hidróxido In Vitro del Cemento de Calcio sobre el *Enterococcus Faecalis*. Informe Médico, 14(9), 1-12.

Caicedo, Abbott, Alongi and Alarcon. 2006. Clinical, radiographic and histological analysis of the effects of mineral trioxide aggregate used in direct pulp capping and pulpotomies of primary teeth. Australian Dental Journal, 51(4), 297–305.

Counts, M., and Vivo, I. N. 2007. Effect of a propolis extract on *Streptococcus*. 15(0005), 420–423.

Faria-Júnior NB, Tanomaru-Filho M, Berbert FL, Guerreiro-Tanomaru JM. 2013. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. Int Endod J. 46(8):755-62.

Ferracane, J., Cooper, P. and Smith, A. 2010. Can interaction of materials with the dentin-pulp complex contribute to dentin regeneration? Odontology, 98(1), 2–14.

Fuks, A. 2008. Vital Pulp Therapy with New Materials for Primary Teeth: New Directions and Treatment Perspectives. Journal of Endodontics, 34.

Gamboa, F., Herazo A. and Cecilia M. 2004. Control microbiológico sobre *Streptococcus Mutans*. Universitas Scientiarum, 9(2), 55.

Gamboa, J. 2019. Management of bioactive dental materials in conservative dentistry. Biodentine®. Investigacion Médico Quirúrgica, 11(3), 1-14.

Giani A., and Cedrés C. 2017. Avances en protección pulpar directa con materiales bioactivos. *Actas Odontológicas*, 14(1), 4.

Grech L., Mallia B. and Camilleri J. 2013. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dental Materials*, 29(2), e20–e28.

Heredia D, Abad D, Villavicencio E. 2017. Eficacia antibacteriana de tres selladores endodónticos frente al *Enterococcus faecalis*. *Rev Estomatol Herediana*, 27(3), 132-140

Kanpandegia W., and Galván G. 2020. Biodentine® y su uso en dentición temporal. Revisión de la literatura. 19(1), 49–63.

Kratunova E. and Silva D. 2018. Pulp therapy for primary and immature permanent teeth: An overview. *General Dentistry*, 66(6), 30–38.

Kusum, B., Rakesh K. and Richa K. 2015. Clinical and radiographical evaluation of mineral trioxide aggregate, biodentine and propolis as pulpotomy medicaments in primary teeth. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 40(4), 276.

Lov, R. 2001. *Enterococcus faecalis* a mechanism for its role in endodontic failure. 399–405.

Matuschek E, Brown DF, Kahlmeter G. 2014. Development of the EUCAST disk diffusion antimicrobial susceptibility testing method and its implementation in routine microbiology laboratories. *Clin Microbiol Infect*. 20(4):O255-66.

Mexicana R., Gurr A., Ang S., Rodr V., Rodr G. and Le N. 2019. Uso de biodentine como alternativa de recubrimiento pulpar. 6(2), 29–33.

Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SD, Antunes FC, Cogo DM, Kopper PM. 2011. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *Int Endod J*. 44(12):1128-33.

Narváez S. and Rodríguez, A. 2015. Biodentine: Un nuevo material en terapia pulpar / Biodentine: A New Material for Pulp Therapy. *Universitas Odontologica*, 34(73), 69–76.

Ojeda J., Oviedo E. and Andr L. 2013. Streptococcus mutans and dental caries Streptococcus mutans y caries dental Revisiones Te m a Revisiones Te m a. 26(1), 44–56.

Parirokh M., Torabinejad M. and Dummer P. 2018. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part I: vital pulp therapy. *International Endodontic Journal*, 51(2), 177–205.

Prati C. and Gandolfi M. 2015. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dental Materials*, 31(4), 351–370.

Rajasekharan S., Martens L., Cauwels R. and Verbeeck, R. M. H. 2014. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: A review of the literature. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 15(3), 147–158.

Ro I. 2004. Association of Enterococcus faecalis With Different Forms of Periradicular Diseases. (19), 23–26.

Rocha C., Torres G., Kubo C. and Rodrigues T. 2000. Agentes antimicrobianos e seu potencial de uso na. 43–52.

Taha M, Al-Bazzaz M, Shehab E. 2009. Evaluation of Antimicrobial Activity of Mineral Trioxide Aggregate (MTA). Dent J, 9(2), 216-219.

Wang Q., Zhang C., Chu C. and Zhu X. 2012. Prevalence of Enterococcus faecalis in saliva and filled root canals of teeth associated with apical periodontitis. (November 2011), 19–23.

Zhang W. and Yelick P. 2010. Vital Pulp Therapy Current Progress of Dental Pulp Regeneration and Revascularization. International Journal of Dentistry, 2010, 1–9.

Zhou, H., Shen Y., Wang Z., Li L., Zheng F., Häkkinen L. and Haapasalo, M. 2013. In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. Journal of Endodontics, 39(4), 478–483.

XI. Anexos

X1.1 Hoja de recolección de datos

Placa	Biodentine	Theracal PT	Neo MTA	Control +	Control -
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Media					
Desviación Estándar					

X1.2 Instrumentos

1. TheraCal PT® (Bisco)
2. Biodentine® (Septodont)
3. NeoMTA® (NuSmile)
4. Amalgamador
5. Cajas Petri (Senna®, 60 x 15, producto previamente estéril).
6. Agar infusión tripticasa de soya en polvo (bhi ®, Fco 500 gr).
7. Agar cerebro corazón (bhi ®, Fco 500 gr).
8. Mechero de bunsen
9. Matraz de Erlenmeyer
10. Espátula de Digrafsky (Asa de siembra de vidrio)

11. Jarra de anaerobiosis
12. Solución salina (PiSa ®)
13. Mortero de vidrio
14. Porta amalgamas
15. Sensidiscos
16. Cuchara dosificadora
17. Cuchara dosificadora
18. Vernier
19. Regla milimétrica
20. Plumón indeleble
21. Hipoclorito de sodio 2.5%
22. Cronometro
23. Espátula metálica
24. Espátula de plástico
25. Loseta de vidrio
26. Papel encerado estéril
27. Termómetro
28. Guantes
29. Cubre bocas.
30. Campos estériles
31. Bata de algodón
32. Gasas.
33. Lentes de protección