

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

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EVALUACIÓN *IN VITRO* DE TRES CEMENTOS SELLADORES SOBRE LA
EXISTENCIA DE ALTERACIONES EN SUS COMPONENTES DESPUÉS DE
APLICACIÓN DE CALOR**

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

PRESENTA

C.D. VERÓNICA MARLENE CRUZ RODRIGUEZ

PRESIDENTE

DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO

SINODAL

SINODAL

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ DR. HÉCTOR ALFONSO MAGAÑA BADILLA

SINODAL

M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

JUNIO 2022

**EVALUACIÓN *IN VITRO* DE TRES CEMENTOS SELLADORES SOBRE LA
EXISTENCIA DE ALTERACIONES EN SUS COMPONENTES DESPUÉS DE
APLICACIÓN DE CALOR**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 25 de mayo de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN *IN VITRO* DE TRES CEMENTOS SELLADORES SOBRE LA EXISTENCIA DE ALTERACIONES EN SUS COMPONENTES DESPUÉS DE APLICACIÓN DE CALOR**

Propuesto por la C.D. VERÓNICA MARLENE CRUZ RODRIGUEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO
PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 25 de mayo de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN *IN VITRO* DE TRES CEMENTOS SELLADORES SOBRE LA EXISTENCIA DE ALTERACIONES EN SUS COMPONENTES DESPUÉS DE APLICACIÓN DE CALOR**

Propuesto por la C.D. VERÓNICA MARLENE CRUZ RODRIGUEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



**DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 25 de mayo de 2022

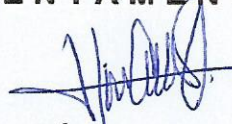
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN *IN VITRO* DE TRES CEMENTOS SELLADORES SOBRE LA EXISTENCIA DE ALTERACIONES EN SUS COMPONENTES DESPUÉS DE APLICACIÓN DE CALOR**

Propuesto por la C.D. VERÓNICA MARLENE CRUZ RODRIGUEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 25 de mayo de 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN *IN VITRO* DE TRES CEMENTOS SELLADORES SOBRE LA EXISTENCIA DE ALTERACIONES EN SUS COMPONENTES DESPUÉS DE APLICACIÓN DE CALOR**

Propuesto por la C.D. VERÓNICA MARLENE CRUZ RODRIGUEZ, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



DR. HÉCTOR ALFONSO MAGAÑA BADILLA
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**EVALUACIÓN *IN VITRO* DE TRES CEMENTOS
SELLADORES SOBRE LA EXISTENCIA DE ALTERACIONES
EN SUS COMPONENTES DESPUÉS DE APLICACIÓN DE
CALOR**

PRESENTA

C.D. VERONICA MARLENE CRUZ RODRIGUEZ

**PRESIDENTE
(DIRECTORA DEL PROYECTO)**

DRA. MARIA ELENA DE LOS ANGELES HOFMANN SALCEDO

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

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO
VÁRGUEZ

M.C. LUIS HERNÁN CARRILLO
VÁRGUEZ

DR. HÉCTOR ALFONSO MAGAÑA BADILLA

Tijuana, Baja California, 03 de junio de 2022

AGRADECIMIENTOS

Por medio de la presente extiendo este agradecimiento primeramente a Dios y a mis padres que con mucho amor me brindaron su apoyo en esta etapa que con esfuerzo a acabado.

A la coordinadora de este programa de especialidad en Endodoncia, Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez, agradezco grandemente por brindarme la oportunidad de ingresar a este posgrado y crecer como profesional.

Quiero agradecer también a mi directora de tesis Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo, a mis asesores, Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez, M.C.S. Luis Hernán Carrillo Vázquez, Dr. Héctor Alfonso Magaña Badilla y por su apoyo en el proceso de la elaboración de este proyecto.

Por último, quiero agradecer a mi hermano Alan Alberto, por siempre impulsarme a crecer como persona y profesional.

A mi novio, Yukío, te agradezco por tu apoyo incondicional, por tu paciencia, por siempre impulsarme a lograr todas mis metas.

Muchas gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer a las siguientes instituciones:

A CONACYT por la beca otorgada No. CVU 1082589

A la Facultad de Odontología por brindarme sus instalaciones.

A la facultad de ciencias químicas e ingenierías por brindarnos sus equipos e instalaciones para esta investigación.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
CONTENIDO	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN	2
2.1. ENDODONCIA	2
2.2. OBJETIVO DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS.....	2
2.3. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS	3
2.4. OBTURACIÓN	4
2.5. COMPONENTES PARA LA OBTURACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS	5
2.6. TÉCNICAS DE OBTURACIÓN	14
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
IV. JUSTIFICACIÓN	23
V. HIPÓTESIS	24
5.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	24
5.2 HIPÓTESIS NULA (H0)	24
5.3 HIPÓTESIS ALTERNATIVAS (H1).....	24
VI. OBJETIVOS	25
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	25

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
VII. VARIABLES.....	26
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	26
7.2. VARIABLES DEPENDIENTES	26
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES.....	26
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	27
8.1 TIPO DE ESTUDIO	27
8.2 UNIVERSO DE ESTUDIO.....	27
8.3 MATERIALES E INSTRUMENTAL.....	28
8.4 METODOLOGÍA.....	28
IX. RESULTADOS.....	34
X. DISCUSIÓN.....	40
XI. CONCLUSIONES	44
XII. RECOMENDACIONES.....	45
XIII. BIBLIOGRAFÍA.....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Obturación del sistema de conductos.4

Figura 2. Conos de gutapercha.6

Figura 3. Pulp Canal Sealer.8

Figura 4. Presentación comercial de cemento AH Plus. 10

Figura 5. Cemento sellador Sealapex 11

Figura 6. Cemento sellador MTA Fillapex. 13

Figura 7. Cemento sellador Bio-C Sealer. 14

Figura 8. Técnica de condensación lateral. 15

Figura 9. Técnica de condensación vertical. 16

Figura 10. Thermafil. 16

Figura 10. Thermafil. 17

Figura 11. Cono único. 19

Figura 12. Técnica de onda continua. 20

Figura 13. Tubos eppendorf. 29

Figura 14. Mezcla de cementos selladores 30

Figura 15. Colocación de cementos en tubos eppendorf 30

Figura 16. Colocación de cemento biocerámico en tubos eppendorf 30

Figura 17. Sistema Fast Pack. 31

Figura 18. Aplicación de calor. 31

Figura 19. Incubación de las muestras. 32

Figura 20. Análisis de las muestras 33

Figura 21. Gráficas de resultados FTIR de cemento AH Plus 35

Figura 22. Gráficas de resultados FTIR de cemento AH Plus 36

Figura 23. Gráficas de resultados FTIR de cemento Bio C Sealer. 37

Figura 24. Gráfica resultado final de cemento AH Plus 38

Figura 25. Gráfica resultado final de cemento Sealapex 39

Figura 26. Gráfica resultado final de cemento Bio C Sealer. 39

LISTA DE ABREVIATURAS

CL	Condensación lateral
CWC	Condensación de onda continua
EDTA	Ácido etilendiaminotetracético
FTIR	Espectroscopía infraroja por transformada de fourier
GP	Gutapercha
MTA	Agregado de trióxido mineral
NaOCl	Hipoclorito de sodio
S-PRG	Ionómero de vidrio reaccionado
SC	Cono único
TM	Thermafil
ZOE	Óxido de zinc y eugenol

I. RESUMEN

Introducción: Hoy en día las técnicas termoplastificadas tienen una gran demanda debido a que se adaptan mejor al conducto radicular, como la técnica de onda continua, la cual genera calor para mejorar la compactación de la gutapercha y el cemento sellador. Recientemente se han introducido al mercado cementos selladores biocerámicos como Bio -C sealer que no se han sometido a este tipo de estudios, para la obturación del sistema de conductos, así como los cementos selladores más utilizados por los clínicos son AH Plus y Sealapex, por lo que el objetivo de la presente investigación es analizar cuál es el tipo de sellador que presenta alteraciones en sus componentes al entrar en contacto con calor en la obturación de conductos radiculares y cuál es el cemento más adecuado para realizar la técnica de onda continua.

Metodología: Se realizaron 40 muestras de 3 cementos selladores (Sealapex, AH Plus y Bio C – Sealer, para posteriormente dividirse en 9 grupos (n=4), de los cuales se le aplicó calor a los grupos 4,5,6,7, 8 y 9 durante 10 y 20 segundos para su posterior análisis con FTIR.

Resultados: Para AH Plus, la señal correspondiente al enlace N–H presente a 2900 cm^{-1} , se aprecia a 2980 cm^{-1} una banda intensa asignada al enlace de estiramiento C-H y a 1610 y 1550 cm^{-1} bandas correspondientes al enlace C=C (aromático). En cemento Sealapex también estuvo presente el enlace N-H, en número de onda $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$, en la onda 3400 cm^{-1} está presente el enlace OH, el grupo amida (C=O) se encuentra en la onda 1700 cm^{-1} . En el cemento biocerámico Bio C Sealer, estuvo presente una banda intensa a 1100 cm^{-1} asignada al estiramiento Si-O, en la longitud de onda 1500 cm^{-1} , también el enlace OH en la longitud de onda 3400 cm^{-1} , el enlace CH, en la longitud de onda 2900 cm^{-1} . Conclusiones: A medida que aumenta la temperatura, existe una diferencia en la intensidad de las bandas de los cementos AH Plus y Sealapex, debido a la polimerización de los cementos. Un indicativo de esta polimerización es la mayor rigidez del material y por consecuencia una diferencias en la absorción, evidenciado por la técnica de FTIR.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y los tejidos perirradiculares. Su estudio y práctica abarcan las ciencias básicas y clínicas, incluida la biología de la pulpa normal y la etiología, diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades y lesiones de la pulpa y afecciones perirradiculares asociadas (1).

El éxito del tratamiento del sistema de conductos radiculares depende de la metodología y calidad de la instrumentación, irrigación, desinfección y obturación tridimensional del espacio del conducto radicular; para ello diferentes tipos de instrumentos manuales, mecanizados y soluciones irrigadoras han sido empleadas con el objetivo de obtener un espacio limpio y conformado para recibir la obturación. Las fallas del tratamiento de endodoncia generalmente se relacionan con una desinfección insuficiente del conducto radicular, conductos radiculares sin relleno o con relleno insuficiente y restauraciones coronales inadecuadas (2).

2.2. OBJETIVO DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

El objetivo del tratamiento de conductos es eliminar o prevenir la infección del conducto radicular mediante la preparación biomecánica del sistema de conductos, esta consiste en modelar de forma completa y centrada los conductos originales en la preparación, lo que significa que todas las superficies de los conductos radiculares deben prepararse mecánicamente, manteniendo mayor cantidad posible de dentina cervical y radicular para no debilitar la estructura radicular, evitando así fracturas radiculares, otro paso importante del tratamiento de conductos que nos permite eliminar los microorganismos planctónicos de la cavidad pulpar y los conductos radiculares es la irrigación con soluciones como hipoclorito de sodio y quelantes para finalmente llenar completamente el espacio del conducto tridimensionalmente para prevenir la penetración coronal y apical de líquidos y microorganismos, etapa que se revisará a fondo posteriormente (2).

2.3. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

Para lograr exitosamente los objetivos del tratamiento de conductos debemos realizar correctamente los 5 pasos de la preparación del sistema de conductos radiculares (3):

1. Preparación de la cavidad de acceso: la preparación de la cavidad de acceso es esencial para el tratamiento del conducto radicular. Una cavidad de acceso debidamente preparada crea un camino liso y en línea recta hacia el sistema de conductos y finalmente hacia el vértice o posición de la primera curvatura. El acceso en línea recta brinda la mejor posibilidad de desbridamiento de todo el espacio del conducto; reduce el riesgo de fractura del instrumento; y da como resultado una entrada directa en el orificio del conducto, con los ángulos de la línea formando un embudo que cae suavemente en el conducto (o conductos).

2. Establecimiento de longitud de trabajo: para determinar la longitud de la raíz, se han utilizado radiografías, sensación táctil, la presencia de humedad en las puntas de papel y el conocimiento de la morfología de la raíz para determinar la longitud de los sistemas de conductos radiculares. Se debe colocar una lima endodóntica manual dentro del conducto y realizar la medición con una regla milimétrica.

3. Preparación biomecánica del conducto radicular: a lo largo de los años se ha mejorado este paso con diferentes instrumentos con diferentes características de acuerdo al órgano dentario a tratar, los instrumentos rotatorios nos ayudan a preparar mecánicamente el sistema de conductos radiculares de una manera cónica y de acuerdo a la anatomía del sistema de conducto, eliminando microorganismos y dando una forma adecuada para la obturación.

4. Irrigación a fondo del conducto radicular: la irrigación es el lavado del sistema de conductos y sus objetivos son mecánicos, químicos y biológicos. Los objetivos mecánicos y químicos son los siguientes: 1) eliminar el barrillo dentinario, 2) lubricar el conducto, 3) disolver el tejido orgánico e inorgánico y 4) prevenir la formación de una capa de frotis durante la instrumentación o disolverla una vez que se ha formado.

5. Obturación tridimensional del conducto radicular: este paso en el tratamiento es de vital importancia, ya que este evita la filtración de microorganismos en el sistema de conductos mediante el llenado tridimensional, el cual se describirá a detalle en el siguiente subtema.

2.4. OBTURACIÓN

Entendiendo como obturación el relleno del espacio del conducto moldeado y desbridado con un material de obturación temporal o permanente (Figura 1). La obturación del conducto radicular es necesaria cuando el tejido pulpar se extrae del sistema del conducto radicular dejando un espacio muerto que puede ser recolonizado por microorganismos. Para lograr una buena obturación, el conducto radicular debe limpiarse quimio-mecánicamente. Esto se realiza mediante una combinación de técnicas mecánicas de limpieza y modelado del conducto radicular y varios protocolos de irrigación. La irrigación sirve para eliminar los microorganismos y también para eliminar la capa de frotis, dejando así los túbulos dentinarios permeables y así el conducto se deja limpio y seco, listo para la obturación (4).



Figura 1. Obturación del sistema de conductos.

En la figura se observan los componentes de la obturación (gutapercha y cemento sellador (5)).

2.5. COMPONENTES PARA LA OBTURACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS

La elección de los materiales radica en la elección del cono principal y el tipo de sellador da una indicación del tipo de técnica de obturación que se puede emplear. Hay diferentes tipos de conos sólidos que se pueden utilizar. Estos incluyen conos de plata, gutapercha, portadores de plástico recubiertos de gutapercha y conos de resina. La mayoría de los tratamientos de conductos son obturados con conos de gutapercha en combinación con un cemento sellador endodóntico, estos son componentes esenciales para la obturación del conducto radicular y establecer un buen sellado (6).

2.5.1. GUTAPERCHA

La gutapercha se obtiene a partir de jugos secos de árboles de la familia de las *Sapotaceae*. Es un isómero del caucho, pero es más duro, más quebradizo y menos elástico. La gutapercha cristalina puede ocurrir en una fase α . Solo hay diferencias menores en el comportamiento químico y las propiedades físicas entre los dos. La fase α aparece en la naturaleza; la fase β ocurre durante el refinado y es dominante en los productos utilizados en endodoncia. La gutapercha fase α es más fluida y se ablanda a menor temperatura. Algunas declaraciones sofisticadas describen un núcleo de β bajo una superficie de gutapercha. Hay poca o ninguna documentación de que esta distinción sea de importancia (7). La primera gutapercha disponible para uso clínico fue fabricada por SS White en 1887. La gutapercha dental está compuesta principalmente de óxido de zinc, que explica sus propiedades antimicrobianas inherentes. La gutapercha se puede utilizar sin modificar o modificada por calor o solventes orgánicos. En su forma final, las puntas de gutapercha consisten en un 20 por ciento de gutapercha y hasta 80 por ciento de óxido de zinc (Figura 2). Se agregan un tinte y sales metálicas para el contraste de color y radiográfico. Algunos fabricantes agregan antimicrobianos, por ejemplo hidróxido de calcio (8), clorhexidina o yodoformo, para impartir algunas propiedades desinfectantes a los materiales (9).

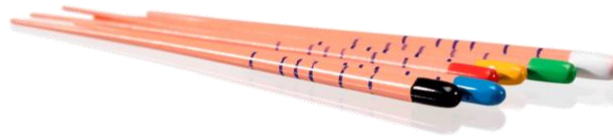


Figura 2. Conos de gutapercha.

En la figura se puede observar conos de gutapercha de diferentes calibres (10).

2.5.2. CEMENTO SELLADOR

La principal función del cemento sellador es llenar los espacios entre el material duro y las paredes del conducto radicular y entre los conos de gutapercha, para obtener una masa de material de obturación sin huecos (2). No se puede obtener un sello hermético sin el uso de un sellador, porque la gutapercha no se adhiere espontáneamente a las paredes de la dentina (11). Según Grossman, el cemento sellador ideal de obturación de conductos radiculares debe poseer los siguientes requisitos (6):

1. Proveer un sellado excelente una vez endurecido
2. Producir adhesión adecuada entre sí, así como con las paredes del conducto y el material de obturación
4. Ser radiopaco
5. No pigmentar el diente
6. Ser estable dimensionalmente
7. Ser fácil de mezclar e introducir a los conductos
8. Ser fácilmente removido si es necesario
9. Ser insoluble a los fluidos bucales

10. Ser bactericida o no favorecer el crecimiento bacteriano
11. No ser irritante a los tejidos periapicales, tener un fraguado lento para permitir tiempo de trabajo suficiente
12. No debe generar una respuesta inmune en los tejidos periapicales, no debe ser mutagénico ni carcinogénico

Además, la adhesión de un sellador de conducto radicular tanto a la gutapercha como a la dentina radicular sería deseable para estabilizar el sello apical durante la preparación del espacio posterior sin que se desprenda o pierda el sello. Por lo tanto, el material de relleno siempre consiste en gutapercha asociada con un sellador de conducto radicular (8).

2.5.3. TIPOS DE CEMENTOS SELLADORES

Los cementos selladores se encuentran disponibles comercialmente un gran número y una variedad diferente. Estos selladores se separan en varios grupos según el ingrediente químico. Los selladores del conducto radicular tienen diferentes funciones, como tener propiedades antibacterianas, actuar como lubricante para el material del núcleo, aumentar la radioopacidad del núcleo o material de relleno. Se han introducido cinco tipos diferentes de selladores de conductos radiculares en endodoncia. Los primeros selladores eran cementos de óxido de zinc-eugenol modificados basados en las fórmulas de Grossman o Rickert, otros de ionómero de vidrio, a base de resina, hidróxido de calcio y recientemente los cementos biocerámicos. Están ampliamente disponibles y se utilizan en todo el mundo y se describirán a continuación (8).

2.5.3.1. CEMENTOS A BASE DE ÓXIDO DE ZINC Y EUGENOL

El óxido de zinc es el ingrediente principal de todos los selladores a base de ZOE. Algunos de los selladores a base de ZOE consisten en agentes medicinales como paraformaldehído, corticosteroides y metales pesados. Algunos cementos selladores comercializados son, fórmula de Rickert, cemento de Grossman, cemento de Wach, endometasona y Pulp Canal Sealer (12).

II. INTRODUCCIÓN

Los selladores de óxido de zinc y eugenol tienen un historial de uso exitoso en la obturación del conducto radicular durante más de 100 años. Se reabsorbe si se extruye en el tejido periapical, tiene un tiempo de fraguado prolongado, contracción al fraguar, alta solubilidad y puede manchar la estructura del diente. Otra ventaja del sellador de óxido de zinc y eugenol es su actividad antimicrobiana y su popularidad entre los clínicos, especialmente cuando se usa con la técnica de obturación termoplastificada. Una desventaja de este tipo de selladores es su citotóxicidad y mutagenicidad, es por esto que existen controversias sobre su uso. Se ha observado inflamación localizada con selladores de eugenol de óxido de zinc, tanto en los tejidos blandos como en los huesos , por lo que actualmente no es comúnmente utilizado (13).

Un ejemplo de cemento sellador comercializado actualmente es, Pulp canal sealer (Figura 3) sus componentes son: óxido de zinc, Plata (molecular/precipitada), oleorresinas, yoduro de Timol.



Figura 3. Pulp Canal Sealer.

En la figura se puede observar el cemento sellador Pulp Canal Sealer (Kerr), el cual es a base de óxido de zinc y eugenol (14).

2.5.3.2. CEMENTOS A BASE DE RESINA

El sellador que contiene resina se introdujo en endodoncia ya que tiene buenas propiedades físicas, excelente unión entre la gutapercha y los conductos radiculares y un excelente sellado apical con mínima microfiltración. Existen cuatro generaciones de este tipo de selladores, las cuales son: Diaket sellador a base de resina de polivinilo, Diaket A, sellador que contiene resina de metacrilato de 1ª generación (Hydron), 2ª generación (EndoREZ, Realseal), 3ª generación (Epiphany, Fibrefill), 4ª generación (Realseal SE, Metaseal SE, Smartseal), finalmente sellador que contiene resina epoxi AH 26 y AH plus, este último es el más utilizado recientemente (15).

Los selladores a base de resina epoxi se utilizaron en endodoncia como un estándar de oro, y las modificaciones actuales de los originales fórmula inicial son ampliamente utilizados para el procedimiento de relleno del conducto radicular (16).

Los selladores a base de resina epoxi también se han utilizado durante muchos años con éxito clínico, ya que tiene buenas propiedades físicas, excelente unión entre gutapercha y los conductos de raíz y un sellado excelente con un mínimo de micro filtraciones. Según el estudio de Huang Y y colaboradores, informan que el sellador AH Plus (Figura 4), tiene una capacidad de sellado sobresaliente en la pared del conducto radicular, especialmente en el tercio medio y coronal de la raíz, también muestra la menor solubilidad en comparación con el hidróxido de calcio, el sellador ZOE y el sellador MTA Filapex (17).

El cemento sellador AH plus, se comercializa en presentación de dos pastas, pasta de epóxido (pasta a) y pasta de amina (pasta b) y sus componentes químicos son: Tungstato de calcio, resinas epoxi, sílice, óxido de circonio, pigmentos de óxido de hierro 1-adamantano amina, N, N'-dibencil-5-oxanonandiamina-1,9, TCD-diamina, óxido de circonio, tungstato de calcio, sílice, aceite de silicona.



Figura 4. Presentación comercial de cemento AH Plus.

En la figura se observa el cemento sellador AH Plus, a base de resina epóxica. Pasta A (blanca) y B (morada) (18).

2.5.3.3. CEMENTOS A BASE DE HIDRÓXIDO DE CALCIO

Los cementos de hidróxido de calcio en endodoncia fueron introducidos por primera vez por Herman en 1920. Este tipo de cementos son ideales para endodoncia ya que tiene buenas propiedades osteogénicas y cementogénicas. También es útil en caso de lesión periapical ya que promueve la cicatrización periapical: Sealapex (Figura 5) (Componentes: Catalizador Base Resina de salicilato de isobutilo N-etiltoluenosulfonamidaresina Trióxido de bismuto Sílice ahumada (dióxido de silicio) Óxido de zinc Dióxido de titanio Óxido de calcio pigmento), Apexit, Apexit plus, (15).

Las dos razones más importantes para usar hidróxido de calcio como material de relleno de raíces son la estimulación de los tejidos periapicales para mantener la salud o promover la cicatrización y, en segundo lugar, sus efectos antimicrobianos. Se desconocen los mecanismos exactos, pero se han propuesto los siguientes mecanismos de acción (19):

II. INTRODUCCIÓN

1. El hidróxido de calcio es antibacteriano según la disponibilidad de hidroxilo libre. Tiene un pH muy alto (grupo hidroxilo) que favorece la reparación. y calcificación activa.
2. El pH alcalino del hidróxido de calcio neutraliza el ácido láctico de los osteoclastos y previene la disolución de los componentes mineralizados de los dientes. Este pH también activa fosfatasa alcalina que juega un papel importante en la formación de tejido duro.
3. El hidróxido de calcio desnaturaliza las proteínas que se encuentran en el conducto radicular y las reduce tóxico.
4. El hidróxido de calcio activa la adenosina trifosfatasa dependiente de calcio reacción asociada con la formación de tejido duro.
5. El hidróxido de calcio se difunde a través de los túbulos dentinarios y puede comunicarse con el espacio del ligamento periodontal para detener la reabsorción radicular externa y acelerar la cicatrización.



Figura 5.Cemento sellador Sealapex

En la figura se puede observar el cemento sellador Sealapex en su presentación comercial, se compone a base de hidróxido de calcio (20).

2.5.3.4. CEMENTOS A BASE DE IONÓMERO DE VIDRIO

Los cementos selladores ya no comercializados, se consideró que eran biocompatibles y mostraban cierta adherencia a la dentina, ambas consideradas propiedades deseables en una obturación radicular. Desde su introducción hace unos 20 años, se han utilizado ampliamente a pesar de los hallazgos de laboratorio de filtración y desintegración (9).

Recientemente, se ha desarrollado un cemento liberador de iones, relleno de ionómero de vidrio reaccionado (S-PRG), se ha aplicado para tratamiento dental. Los rellenos S-PRG exhiben muchas bioactividades, como la prevención de la desmineralización, remineralización dental, capacidad tampón ácido y efectos antibacterianos, a través de la liberación de seis iones (fluoruro, sodio, estroncio, aluminio, silicato y borato). Se espera que el sellador S-PRG sea beneficioso para el tejido blando periodontal y el hueso alveolar después del relleno del conducto radicular (21).

2.5.3.5. CEMENTOS A BASE DE BIOCERÁMICOS

Más recientemente el sellador de conductos radiculares a base de biocerámicos es una nueva tecnología que se introdujo en endodoncia para mejorar la bioactividad y mejorar la capacidad de sellado de los materiales de relleno radicular (22).

Los materiales bioactivos favorecen el proceso de cicatrización periapical. Por lo tanto, se han desarrollado nuevos selladores endodónticos a base de silicato de calcio basados en sus excelentes propiedades biológicas y potencial bioactivo. Selladores a base de silicato de calcio premezclados y listos para usar presentan biocompatibilidad y bioactividad, y su radiopacidad y flujo cumplen con la norma ISO 6876: 2012. Estos selladores promueven un pH alto, permiten la liberación de iones calcio y presentan una fuerza de unión similar a AH Plus. Sin embargo, también se informa una alta

solubilidad para los selladores endodónticos a base de silicato de calcio listos para usar. Por lo tanto, los estudios que evalúan las propiedades fisicoquímicas de silicato de calcio recientemente desarrollado se necesitan materiales antes de considerar sus aplicaciones clínicas. Sobre la base de la biocompatibilidad superior y la alta actividad alcalina del agregado de trióxido mineral (MTA), se fabricaron selladores de conductos radiculares. Se ha introducido un sellador de conductos radiculares a base de MTA, MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brasil) (Figura 6), que está compuesto de cemento Portland sintético, que son materiales nodulares de color gris oscuro. De acuerdo con la descripción del fabricante, MTA Fillapex cuya composición es: resina natural, Sílice nanoparticulada, resina de salicilato, Partículas de resina en MTA diluyente, óxido de bismuto, exhibió alta radiopacidad, tiempo de fraguado lento, suficiente tiempo de trabajo, flujo perfecto para permitir el llenado de los conductos accesorios, baja solubilidad, remoción sin esfuerzo si se requiere reingreso y fácil manejo con pequeñas puntas de mezcla (23).

Otro cemento es Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brasil) (Figura 7) es un nuevo sellador de conductos radiculares que contiene silicatos de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de circonio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agente dispersante en su composición. Según su fabricante, este sellador tiene biocompatibilidad; bioactividad; y pH alto, radiopacidad y valores de flujo, propiedades altamente importantes en un cemento sellador (24).



Figura 6. Cemento sellador MTA Fillapex.

En la figura se puede observar la jeringa de cemento sellador biocerámico MTA-Fillapex (25).



Figura 7.Cemento sellador Bio-C Sealer.

En la figura se puede observar la jeringa y empaque del cemento biocerámico Bio-C Sealer (26).

2.6. TÉCNICAS DE OBTURACIÓN

Estas son el método utilizado para rellenar y sellar un conducto radicular limpio y con forma utilizando un sellador del conducto radicular y material de obturación del núcleo. Las técnicas de obturación involucraron principalmente una combinación de cono sólido y sellador. Inicialmente, se utilizó un solo cono junto con el sellador del conducto radicular; luego, las técnicas evolucionaron hacia la condensación lateral y la compactación vertical cálida para mejorar la calidad tridimensional del relleno del conducto radicular. El núcleo actúa como un pistón en el sellador fluido, lo que hace que se extienda, llene los huecos y se moje y se adhiera a la pared de dentina instrumentada. Es el sellador que entra en contacto con la dentina y los tejidos

periodontales. Por lo tanto, es importante que el sellador posea las propiedades materiales ideales como las describe Grossman (9).

2.6.1. CONDENSACIÓN LATERAL

El sellador se coloca en el canal seguido de un punto maestro de gutapercha (u otro material) ajustado, compactado apical y lateralmente por un esparcidor cónico para dejar espacio para puntos adicionales (Figura 8). La técnica de condensación lateral fría sigue siendo una de las más frecuentes. técnicas utilizadas con frecuencia. Una desventaja declarada del lateral frío de la condensación es que en ningún momento se desarrolla una masa homogénea de gutapercha. El relleno final está compuesto por un gran número de conos de gutapercha apretados juntos y unidos por agarre por fricción y sustancia cementante (27).

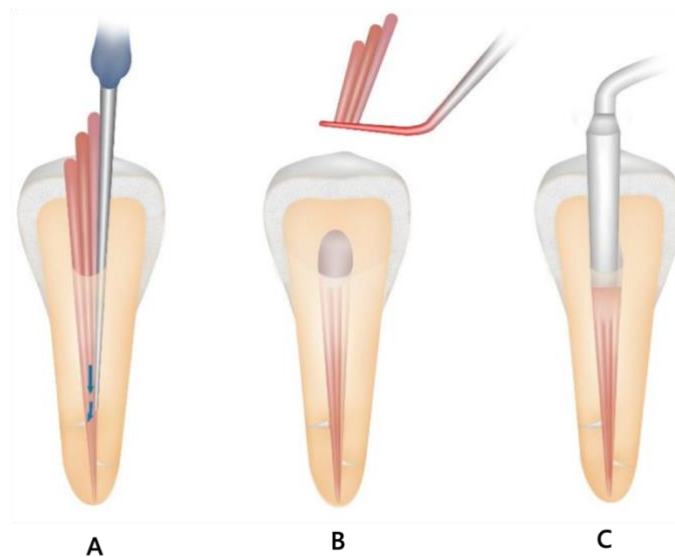


Figura 8. Técnica de condensación lateral.

En la figura se puede observar en la imagen a) condensación de conos de gutapercha con un esparcidor, b) recorte de conos de gutapercha a nivel cervical con un instrumento caliente, c) compactación de gutapercha en cervical (28).

2.6.2. CONDENSACIÓN VERTICAL

El sellador se coloca en el conducto seguido de un cono maestro encajado, que se calienta y compactado verticalmente por un obturador para dejar espacio para segmentos de relleno calentados adicionales (Figura 9). Estudios posteriores demostraron que la gutapercha produjo un sello similar al producido por condensación lateral, y esa réplica de la morfología del sistema de conductos fue superior a la lograda por la condensación lateral (29).

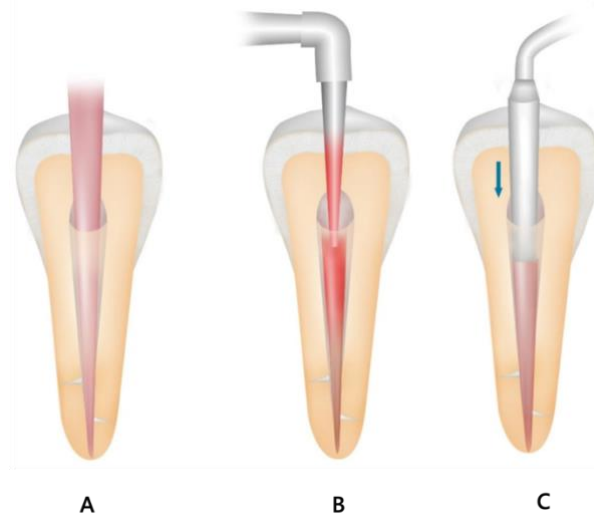


Figura 9. Técnica de condensación vertical.

En la figura se puede observar, a) colocación de cono principal, b) colocación de obturador caliente, c) compactación de gutapercha verticalmente (28).

2.6.3. OBTURACIÓN A BASE DE PORTADOR

El sellador se coloca en el conducto seguido de un portador central de metal, plástico o gutapercha, que se recubre con gutapercha u otros materiales; el dispositivo portador se calienta antes de su colocación. La obturación basada en portador se describió por primera vez en 1978 e implicó el recubrimiento de limas endodónticas con gutapercha termoplastificada. Un sistema actual basado en portadores, Thermafil (TF; Tulsa Dental, Tulsa, OK) (Figura 10) utiliza especialidades soportes de plástico recubiertos

II. INTRODUCCIÓN

con GP que están termoplastificados en un horno especial antes de la inserción en el canal. La técnica se ha estudiado utilizando modelos in vitro que han dado como resultado en ninguna diferencia estadísticamente significativa o significativa rendimiento significativamente mejor que CL con respecto al sellado capacidad y llenado de irregularidades del conducto. Después de la limpieza y el modelado, esta técnica consiste en colocar un verificador de tamaño que corresponderá al tamaño correcto del obturador que se utilizará. A continuación, se recubren ligeramente las paredes del conducto con sellador y se inserta un obturador TF calentado con presión firme pero pasiva. Posteriormente, el portador de plástico se corta en el orificio del conducto dejando el portador de plástico y la GP como relleno permanente. La ventaja de esta técnica es el uso de un portador para compactar la GP termoplastificada y el sellador tanto lateral como verticalmente más rápidamente que otras técnicas (30).

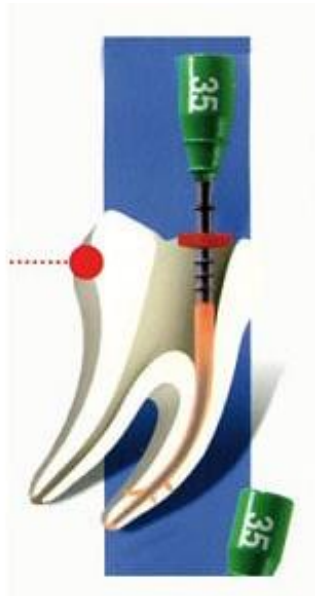


Figura 10. Thermafil.

En la figura se puede observar el portador Thermafil y su colocación en el conducto radicular (31).

2.6.4. TÉCNICA TERMOPLASTIFICADA

El sellador se coloca en el conducto seguido de un material de relleno que se ha ablandado con calor o productos químicos para compactarlo en los conductos. Una técnica de obturación de gutapercha termoplástica recomendada por Schilder sella el conducto radicular principal y sus excentricidades; sin embargo, es un procedimiento sensible a la técnica que requiere un cuidado cuidadoso manejo de la fuente de calor y buenas habilidades clínicas, por lo que requiere mucho tiempo. Los estudios han demostrado que esta técnica de obturación proporciona una buena adaptación a la pared del conducto radicular, pero con fugas. A pesar de los hallazgos contradictorios, la mayoría de los estudios informaron una buena adaptación de la GP cuando se utilizaron técnicas de obturación termoplástica en comparación con las técnicas de compactación lateral en frío (32).

2.6.5. TÉCNICA DE CONO ÚNICO

El sellador se coloca en el conducto (generalmente con una jeringa) y el cono maestro de gutapercha se usa para agitar y mover el sellador apical y lateralmente dentro del conducto (Figura 11). El cono maestro se calienta al nivel del piso pulpar con compactación solo para adaptar la gutapercha al orificio (no apicalmente). Se ha sugerido la técnica de obturación de cono único para su uso con selladores hidráulicos a base de silicato tricálcico. Una comparación de la obturación de un solo cono con la compactación vertical cálida mostró que el volumen porcentual de huecos fue similar en los dos grupos y fue influenciado por la técnica de obturación solo en el tercio cervical (33).



Figura 11. Cono único.

En la figura se puede observar la colocación de un cono único en el conducto radicular (34).

2.6.6. TÉCNICA DE ONDA CONTINUA

Esta técnica es una variación de la compactación vertical cálida en la que un punto maestro se coloca en un conducto revestido con sellador y se compacta mediante un enchufe eléctrico preinstalado y calentado por la punta. El punto ablandado se compacta verticalmente, se retira el obturador y se rellena el conducto con material termoplastificado (Figura 12). La técnica de condensación de onda continua parece proporcionar un mejor llenado de las irregularidades del conducto principal y los conductos laterales. De hecho, según algunos estudios, la técnica de cono único proporciona una obturación inadecuada en conductos radiculares ovalados. Actualmente, este método es aplicado por varios sistemas de instrumentación mecánica (35).

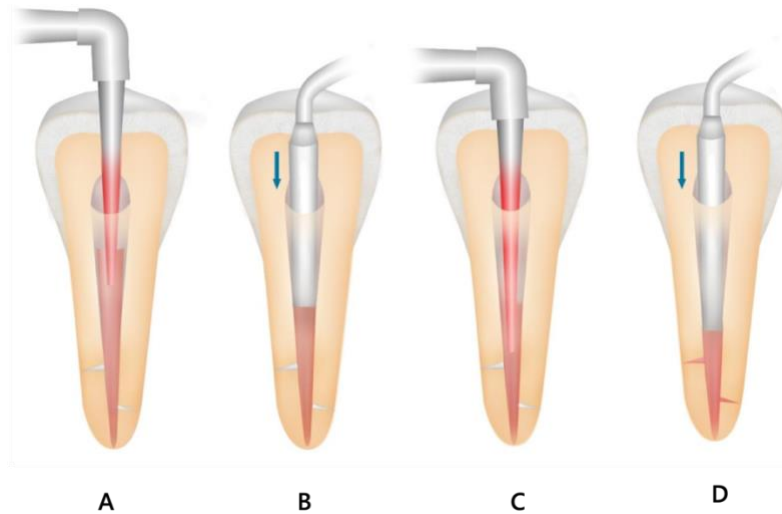


Figura 12. Técnica de onda continua.

En la figura se puede observar a) la colocación de una punta caliente dentro del conducto radicular para cortar a nivel apical el cono maestro, b) se muestra el cono de gutapercha cortado a nivel apical c) se coloca la punta caliente dentro del conducto en contacto con la gutapercha d) se muestra la condensación hacia apical de la gutapercha con un instrumento plugger (28).

A lo largo de los años se han realizado estudios para analizar los componentes de cada uno de los cementos selladores, como su biocompatibilidad, solubilidad, y pH, también se ha estudiado la existencia de alteraciones en sus componentes químicos en las diferentes técnicas de obturación con el uso de calor. Durante la obturación con el uso de calor, los selladores del conducto radicular con diferentes composiciones químicas absorben el calor generado dentro del conducto radicular (36).

Por lo que en el presente estudio se plantea la evaluación de las alteraciones de los componentes de cementos selladores a base de resina, hidróxido de calcio, y biocerámicos, después de la aplicación de calor con el sistema de obturación fast pack.

El análisis de los cementos selladores se llevará a cabo mediante FTIR, debido a que es una forma de espectroscopia vibratoria que proporciona una excelente selectividad para la identificación de materiales. El gráfico resultante de absorción (o transmisión)

II. INTRODUCCIÓN

versus longitud de onda (o frecuencia) es el espectro IR. La espectroscopia infrarroja examina el espectro térmico básico de los materiales que se debe principalmente a las vibraciones y las bandas de absorción rotacional de las moléculas que las acompañan. Dado que las bandas de absorción están asociadas con vibraciones de grupos funcionales particulares dentro de la molécula, la identificación de bandas puede resultar en la identificación de las moléculas que componen un material(37).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente estudio se plantea la evaluación de las alteraciones de los componentes químicos de cementos selladores a base de resina, hidróxido de calcio, y biocerámicos, después de aplicación de calor con el sistema fast pack.

Por lo que surge la pregunta ¿Qué tipo de cemento presenta alteraciones en sus componentes a la aplicación de calor en la obturación de los conductos radiculares y cuál es el más adecuado?

IV. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día las técnicas termoplastificadas tienen una gran demanda debido a que se adaptan mejor al conducto radicular, como la técnica de onda continua, la cual genera calor para mejorar la compactación de la gutapercha y el cemento sellador. Recientemente se han introducido al mercado cementos selladores biocerámicos como Bio -C sealer que no se han sometido a este tipo de estudios, para la obturación del sistema de conductos, así como los cementos selladores más utilizados por los clínicos son AH Plus y Sealapex, por lo cual la presente investigación se enfocará en estudiar cuál es el tipo de sellador que presenta alteraciones en sus componentes después aplicación de calor con el sistema fast pack directamente en los cementos selladores y en cuál es el cemento más adecuado para realizar la técnica de onda continua.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La caracterización planteada en este trabajo de investigación fisicoquímica nos permitirá identificar las diferencias -si las hay- en las alteraciones de los componentes químicos en los tres cementos selladores después de aplicación de calor con el sistema fast pack.

5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)

No existirán diferencias estadísticamente significativas (con un nivel de confianza del 95%) en las alteraciones de los componentes químicos en los tres cementos selladores después de la aplicación de calor con el sistema fast pack.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

Existirá diferencia significativa (con un nivel de confianza del 95%) en las alteraciones de los componentes químicos de los tres cementos selladores después de la aplicación de calor en los tres cementos selladores con el sistema fast pack.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar *in vitro* las alteraciones en los componentes de los cementos selladores Bio-C Sealer, AH Plus y Sealapex después de aplicación de calor con el sistema Fast pack.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar mediante espectroscopía infrarroja el estado de los componentes químicos de los cementos selladores antes de la aplicación de calor con el sistema Fast pack.
2. Evaluar mediante espectroscopía infrarroja si existen alteraciones en los componentes de los cementos selladores Bio-C Sealer, AH Plus y Sealapex después de aplicación de calor con el dispositivo Fast pack.
3. Evaluar si el cemento sellador biocerámico Bio –C Sealer es apto para el uso de la técnica de onda continua.
4. Realizar análisis cualitativo de los resultados obtenidos.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Temperatura de sistema de obtuación de onda continua (Fast pack).

Segundos de aplicación de calor con sistema fast pack a los cementos selladores.

Cementos selladores (Bio-C Sealer, AH Plus y Sealapex).

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Alteraciones en componentes químicos de cementos selladores.

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Los tres cementos selladores se evaluaron antes y después de la aplicación de calor mediante un ensayo *in vitro*. Se dividieron en 9 grupos y cada cemento sellador fue mezclado de acuerdo a las instrucciones del fabricante, colocando una muestra en tubos eppendorf para la aplicación de calor con el sistema de onda continua Fast pack programado a 250°C por un tiempo de 10 segundos y 20 segundos de acuerdo al grupo correspondiente, posteriormente se incubaron las muestras en un ambiente bucal simulado a 37 °C y 100% humedad durante 3 semanas, para su análisis se obtuvieron partículas de polvo con limas hedstrom número 40, el cual se evaluó mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental *in vitro*.

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

40 muestras de cementos selladores divididas en 9 grupos (n=4):

Grupos control:

Grupo 1: mezcla (pasta a y pasta b) de cemento sellador AH Plus sin aplicación de calor.

Grupo 2: mezcla (pasta a y pasta b) de cemento sellador Sealapex sin aplicación de calor.

Grupo 3: cemento sellador Bio-C Sealer premezclado sin aplicación de calor.

Grupos con aplicación de calor:

Grupo 4: mezcla (pasta a y pasta b) de cemento sellador AH Plus con aplicación de calor durante 10 segundos.

Grupo 5: mezcla (pasta a y pasta b) de cemento sellador AH Plus con aplicación de calor durante 20 segundos.

Grupo 6: mezcla (pasta a y pasta b) de cemento sellador Sealapex con aplicación de calor durante 10 segundos.

Grupo 7: mezcla (pasta a y pasta b) de cemento sellador Sealapex con aplicación de calor durante 20 segundos.

Grupo 8: cemento sellador Bio-C Sealer premezclado con aplicación de calor durante 10 segundos.

Grupo 9: cemento sellador Bio-C Sealer premezclado con aplicación de calor durante 20 segundos.

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Para la mezcla de los cementos selladores AH Plus (Dentsply Sirona, York, PA, USA), Sealapex (Kerr, SybronEndo, New York, USA) y Bio- C Sealer (Angelus, Londrina-PR – Brazil) se utilizaron losetas de papel (3M, USA) y espátulas de metal (TBS, INOX, MX). Los cementos AH Plus y Sealapex fueron aplicados en tubos eppendorf de 0.5 ml (HEATHROW SCIENTIFIC, IL) con una jeringa (ADVOCATE, CA, NV) el cemento Bio C sealer fue aplicado en el tubo directamente de su jeringa ya que este se encuentra pre mezclado.

Para la aplicación de calor de las muestras se utilizó el sistema Fast Pack (Eighteenth, Changzhou City, Jiangsu Province, China). Posteriormente se incubaron (Thelco,) a 37 °C a 100% de humedad.

Se utilizaron limas hedstrom 40 (Kerr, Sybron Endo, Switzerland) para la recolección de polvo de cemento sellador para su análisis en un espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA).

8.4. METODOLOGÍA

PREPARACIÓN LA MUESTRA

Previo a la mezcla de los cementos selladores se rotularon tubos eppendorf con marcador permanente del número 1 al 40 para registrar el contenido de cada uno y dividir las muestras en 9 grupos. (Figura 13)

La mezcla de los cementos AH Plus y Sealapex se realizó de acuerdo con las instrucciones del fabricante, se colocó una gota de cada tubo (pasta a y b) respectivamente en losetas de papel y se procedió a mezclar con espátula de metal cada uno de los cementos. (Figura 14)

Para aplicar una muestra de los cementos AH Plus y Sealapex dentro de los tubos eppendorf para grupos 1,2,4,5,6 y 7 se utilizaron jeringas de 31G .3cc, las cuales transportaron cada cemento a la punta del tubo eppendorf. (Figura 15)

La aplicación del cemento Bio C sealer para los grupos 3,8,9 se realizó directamente de su jeringa.(Figura 16)

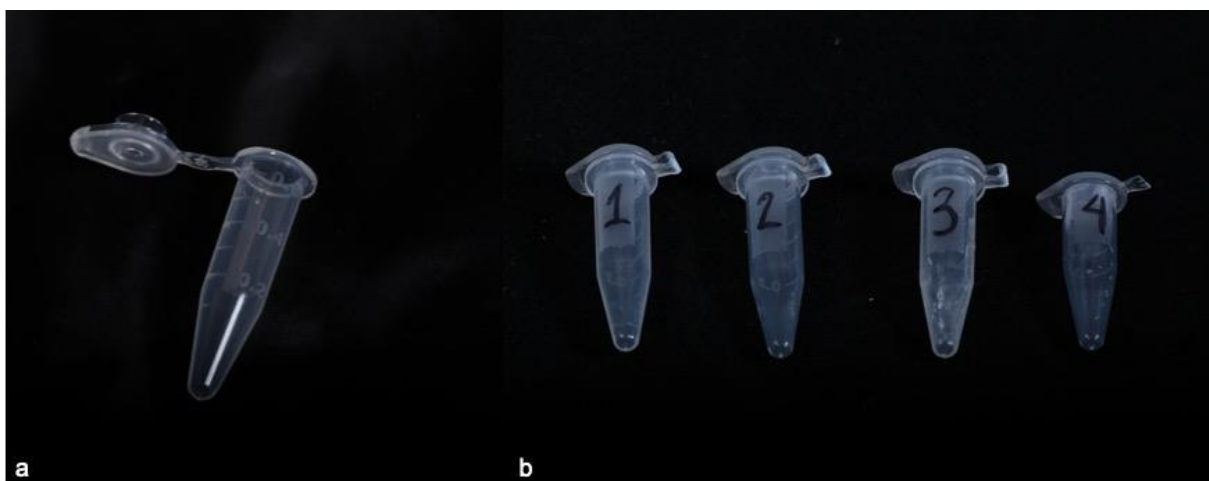


Figura 13. Tubos eppendorf

Se puede observar en figura a. tubo eppendorf y en figura b. tubos rotulados con marcador permanente.



Figura 14. Mezcla de cementos selladores

En la figura a. se muestra gota de pasta a y b de cemento sellador AH Plus, en figura b. se muestran gotas de pasta a y b de cemento sellador Sealapex, se puede observar en figura c. mezcla de gotas mezclarse con espátula de metal en loseta de papel y en figura d. se observa completamente mezclada la muestra de cemento.

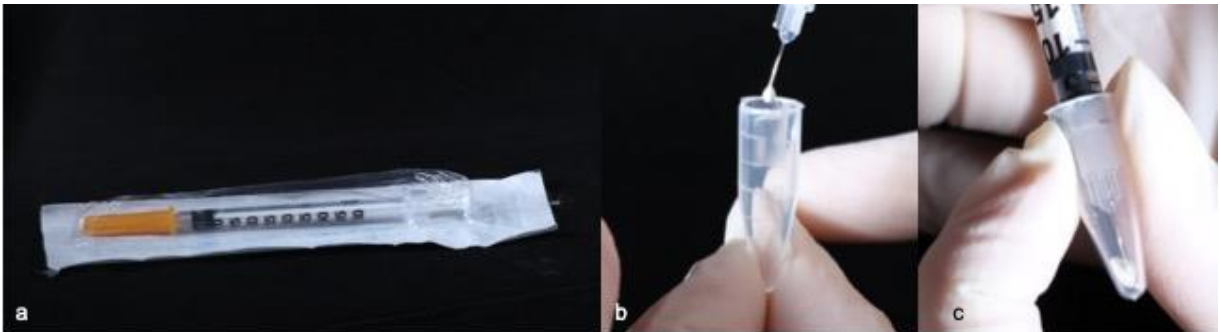


Figura 15. Colocación de cementos en tubos eppendorf

En figura a. se puede observar jeringa estéril y en figuras b y c colocación de cementos selladores dentro del tubo eppendorf.

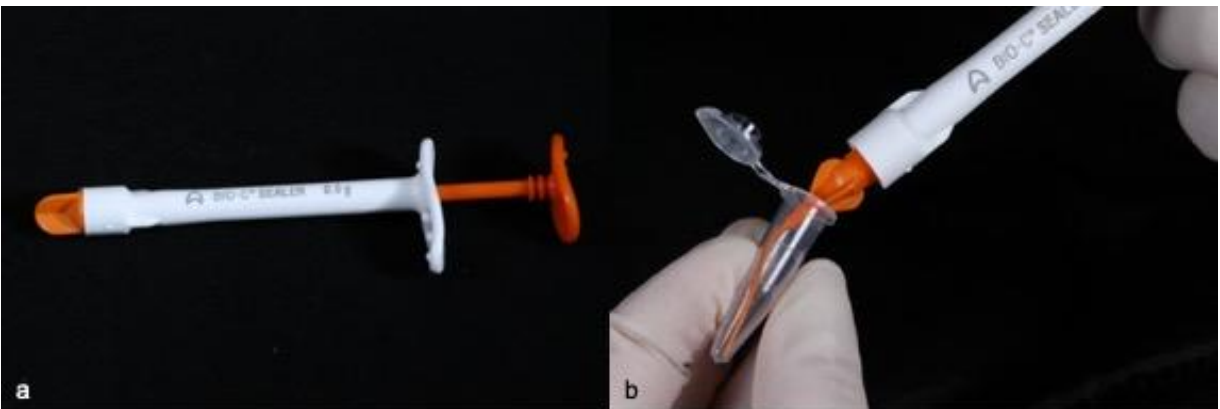


Figura 16. Colocación de cemento biocerámico en tubos eppendorf

En figura a. se puede observar jeringa de cemento Bio C Sealer sellado y en figura b. la colocación del cemento con su punta dispensadora dentro del tubo eppendorf.

APLICACIÓN DE CALOR

Se procedió a programar el dispositivo Fast pack a temperatura de 250 °C y se colocó punta azul (60.06)(Figura 17) para realizar la aplicación de calor (Figura 18) en grupo 4: durante 10 segundos, grupo 5: durante 20 segundos, grupo 6: durante 10 segundos, grupo 7: durante 20 segundos, grupo 8: durante 10 segundos y grupo 9: durante 20 segundos.

Posteriormente los tubos fueron sellados y colocados en algodones humedecidos con solución salina para su almacenamiento, se colocaron en bolsas de esterilizar y se incubaron a 37 °C por tres semanas. (Figura 19)



Figura 17. Sistema Fast Pack

Se puede observar en figura a. sistema Fast Pack, en figura b. se puede observar su programación a 250 °C y en figura c. colocación de punta azul.



Figura 18. Aplicación de calor

Se puede observar en figuras a y b. aplicación de calor dentro del tubo eppendorf , en figura c. se puede observar el retiro de punta del sistema fast pack.

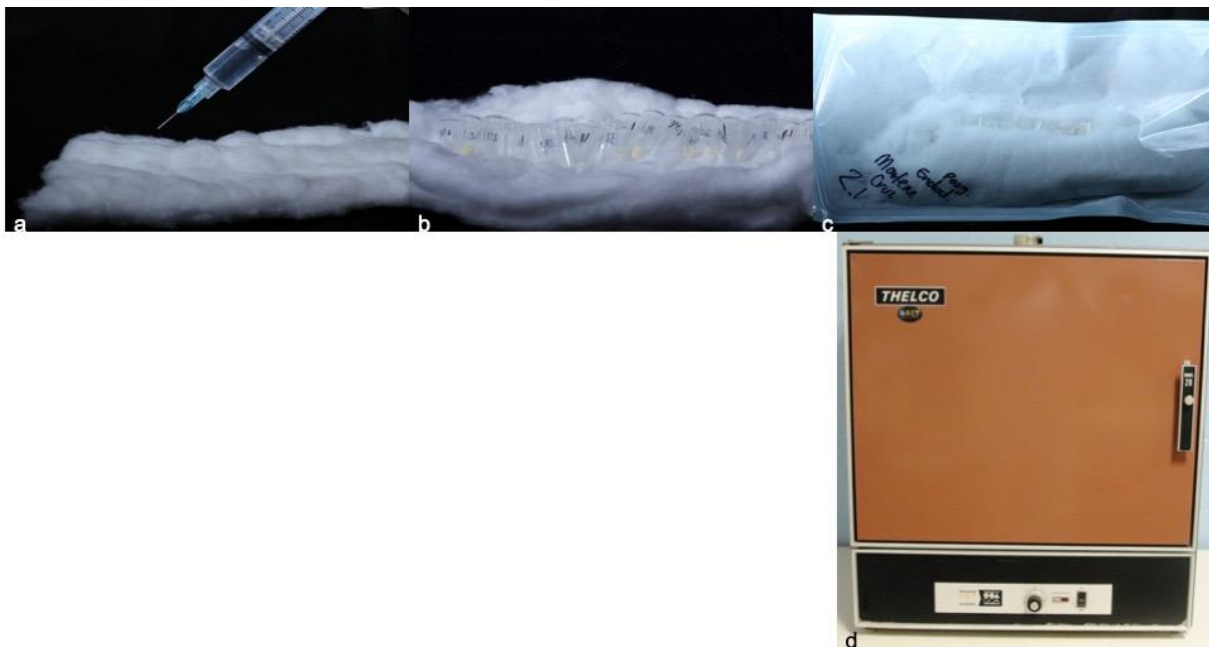


Figura 19. Incubación de las muestras

Se puede observar en figura a. colocación de solución salina para humedecer el algodón, en figura b. la colocación de tubos eppendorf en el algodón previamente humedecido, en figura c. colocación de muestras dentro de bolsa de esterilizar y en figura d. incubadora donde se colocaron las muestras.

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Se recolectó la muestra del cemento utilizado con limas hedstrom #40(Figura 20), para su análisis mediante FTIR en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, cada una de las muestras de polvo de los cementos selladores fue llevada a la platina del aparato Thermo espectrómetro con una espátula de metal hasta cubrir la platina con el polvo suficiente, posteriormente los resultados se obtienen en forma de gráficas en las que

se muestran las bandas de absorción y estas se compararon entre los grupos control y los grupos con la aplicación de calor.

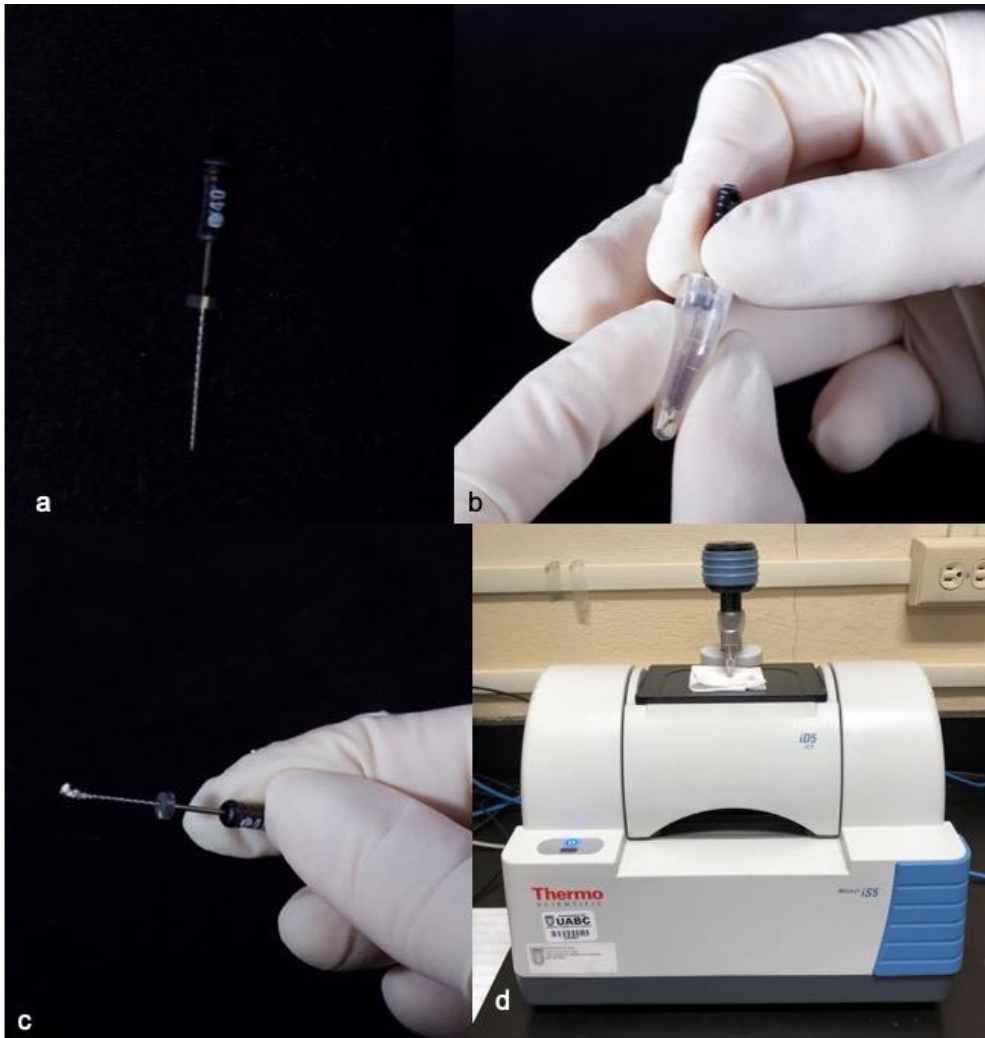


Figura 20. Análisis de las muestras

Se puede observar en figura a. y b. lima hedstrom para recolección de partículas de cemento sellador dentro de tubo eppendorf, en figura c.se observa polvo extraído para posteriormente colocarlo en equipo mostrado en la figura d.

IX. RESULTADOS

Los datos se evaluaron mediante gráficas realizadas en el software DataGraph (Visual Data Tools en Chapel Hill, NC.), fueron graficados los 40 resultados de IR en archivos csv de cada muestra por grupos de cemento sellador y se eligió un gráfico de cada grupo con el menor ruido para su análisis final.

Efecto de la aplicación de calor sobre las propiedades químicas

Para AH Plus, se observa en el espectro de infrarrojo una banda correspondiente al enlace de estiramiento oxígeno-hidrógeno (O–H) presente a 3400 cm^{-1} . A 3100 cm^{-1} un sobretono correspondiente al estiramiento N-H. También se aprecia a 2980 cm^{-1} una banda intensa asignada al enlace de estiramiento C-H y a 1610 y 1550 cm^{-1} bandas correspondientes al enlace C=C (aromático). A 1300 cm^{-1} una banda asignada al estiramiento C-N y a 1100 cm^{-1} una banda intensa atribuida a estiramiento Si-CH. Se presentaron en todos los tiempos de calentamiento, se detectaron mayores porcentajes de transmitancia en ambos tiempos de aplicación de calor (10 segundos y 20 segundos) en comparación con el grupo control, lo que nos indica que la aplicación de calor mayor a 20 segundos afecta la estructura química de este cemento a base de resina epóxica (Figura 24).

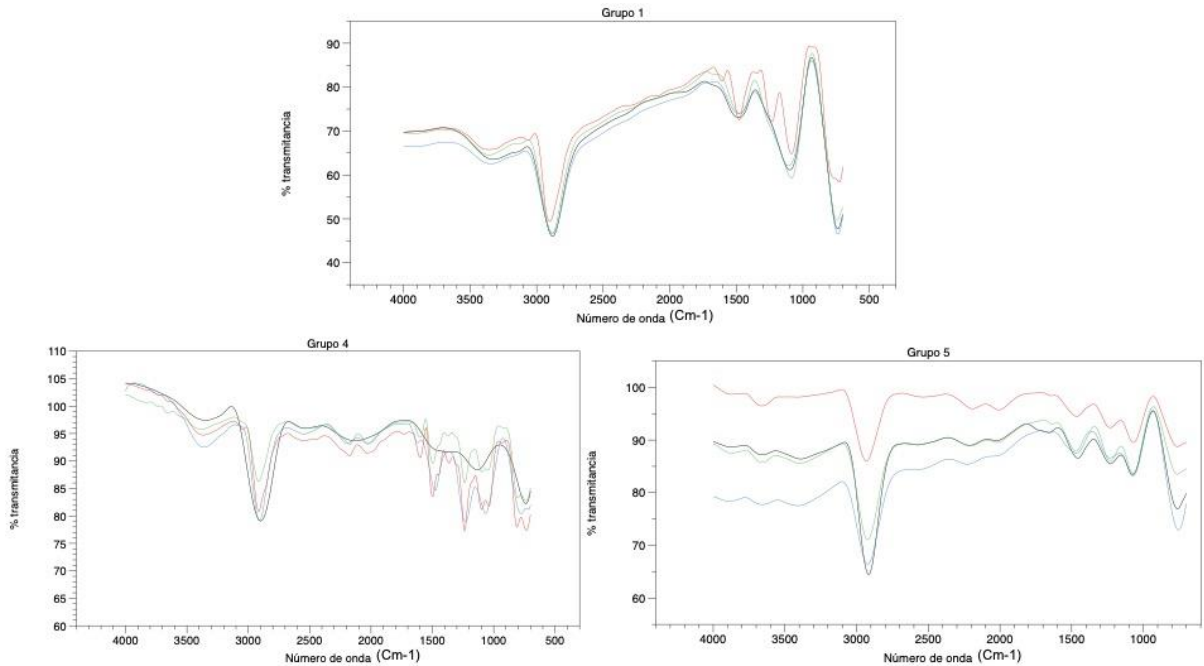


Figura 21. Gráficas de resultados FTIR de cemento AH Plus

En figura a. se puede observar la gráfica de los resultados FTIR del grupo 1 (control), en

En la figura a se pueden observar los espectros de las 4 muestras fueron incubadas a 37°C sin aplicación de calor. en la figura b. se observa la gráfica del grupo 4, a las muestras se les aplicó calor durante 10 segundos a 250°C. en la figura c. se observa la gráfica del grupo 5, a las muestras se les aplicó calor durante 20 segundos a 250°C.

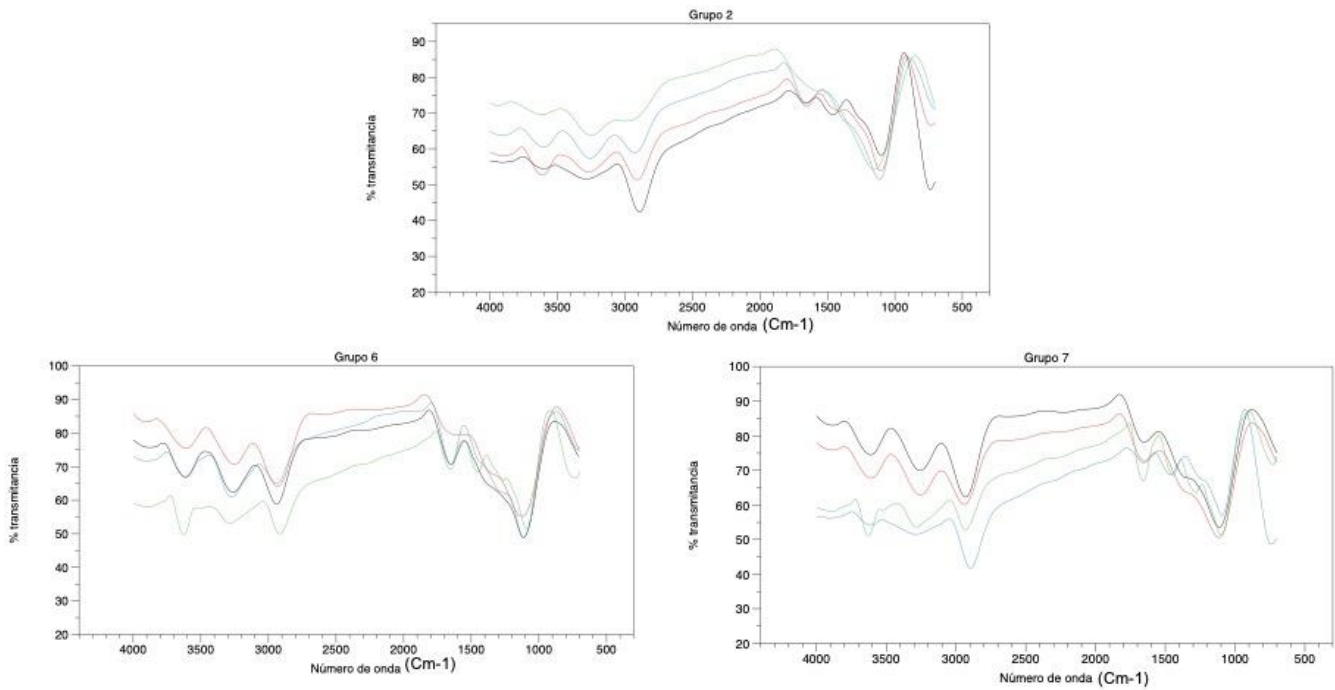


Figura 22. Gráficas de resultados FTIR de cemento Sealapex

En figura a. se puede observar la gráfica de los resultados FTIR del grupo 2 (control), en el cual las 4 muestras fueron incubadas a 37°C sin aplicación de calor. en la figura b. se observa la gráfica del grupo 6, a las muestras se les aplicó calor durante 10 segundos a 250°C. en la figura c. se observa la gráfica del grupo 7, a las muestras se les aplicó calor durante 20 segundos a 250°C.

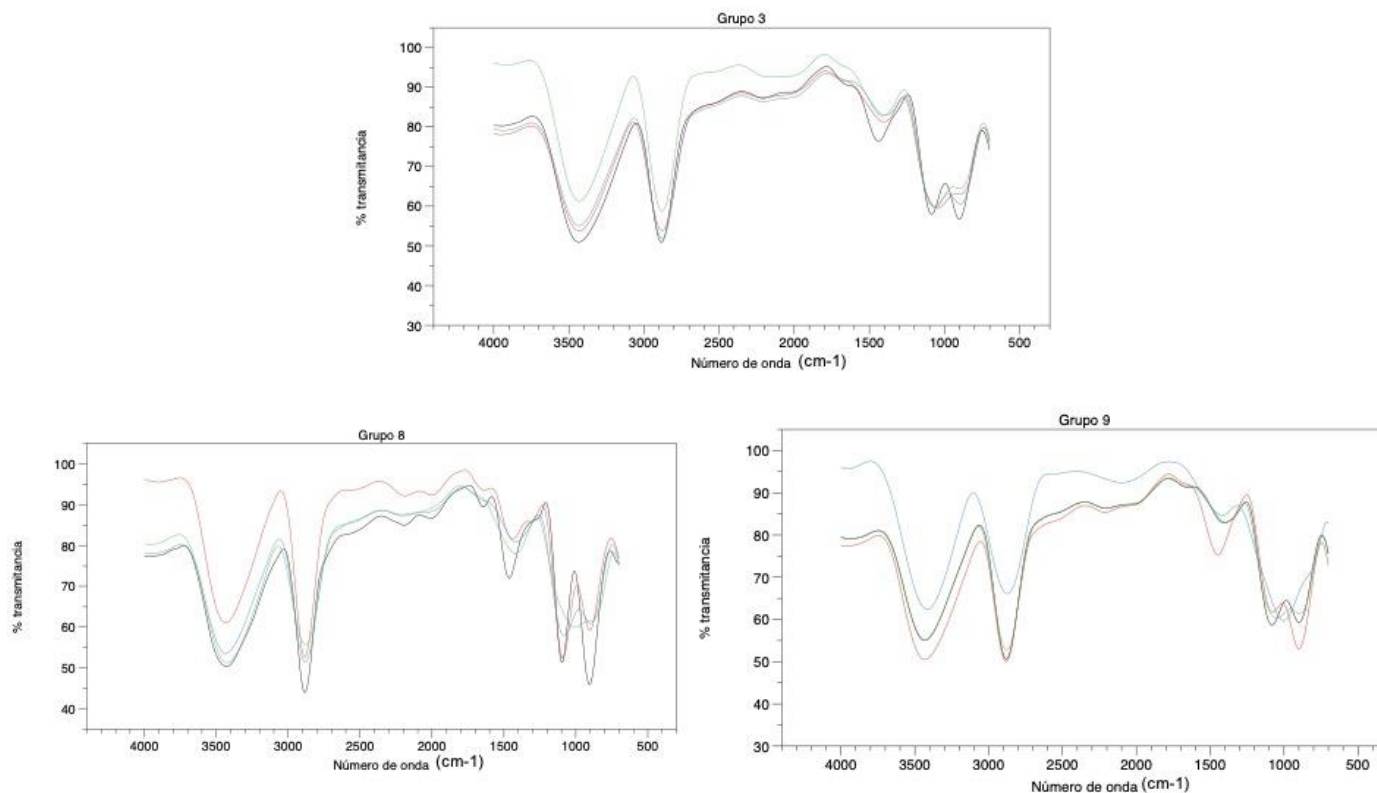


Figura 23. Gráficas de resultados FTIR de cemento Bio C Sealer

En figura a. se puede observar la gráfica de los resultados FTIR del grupo 3 (control), en la cual las 4 muestras fueron incubadas a 37°C sin aplicación de calor. en la figura b. se observa la gráfica del grupo 8, a las muestras se les aplicó calor durante 10 segundos a 250°C. en la figura c. se observa la gráfica del grupo 9, a las muestras se les aplicó calor durante 20 segundos a 250°C.

En cemento Sealapex también estuvo presente el enlace C-H, en número de onda 2900-3000 cm^{-1} , a 3400 cm^{-1} está presente el enlace de estiramiento O-H, el carbonilo (C=O) de amida se encuentra a 1690 cm^{-1} , los espectros rojo (20 segundos) y azul (10 segundos) se observaron con mayor porcentaje de transmitancia y cambios en las

señales roja y azul (10 y 20 segundos de aplicación de calor) correspondientes a los grupos funcionales señalados en comparación al grupo control, lo que nos indica que la aplicación de calor, mayor a 20 segundos, afecta la estructura química de este cemento a base de hidróxido de calcio (Figura 25).

En el cemento biocerámico Bio C Sealer, estuvo presente una banda intensa a 1100 cm^{-1} asignada al estiramiento Si-O correspondiente al silicato de calcio presente en el cemento, también el enlace O-H en un número de onda de 3400 cm^{-1} , el enlace C-H a 2900 cm^{-1} . En este cemento sellador no se observan cambios en los porcentajes de transmitancia en las señales correspondientes a los grupos funcionales mencionados en ningún espectro con aplicación de calor a 10 y 20 segundos, lo que nos indica que la aplicación de calor no afectó la estructura química de este cemento a base de silicato de calcio (Figura 26).

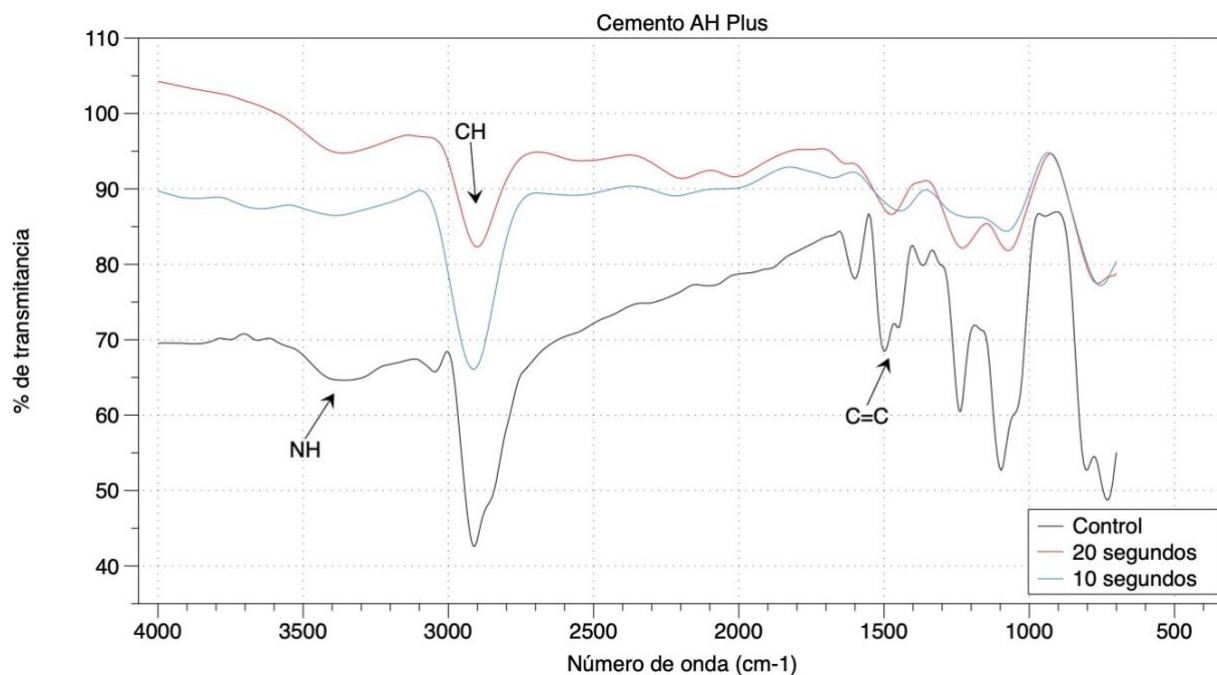


Figura 24. Gráfica resultado final de cemento AH Plus

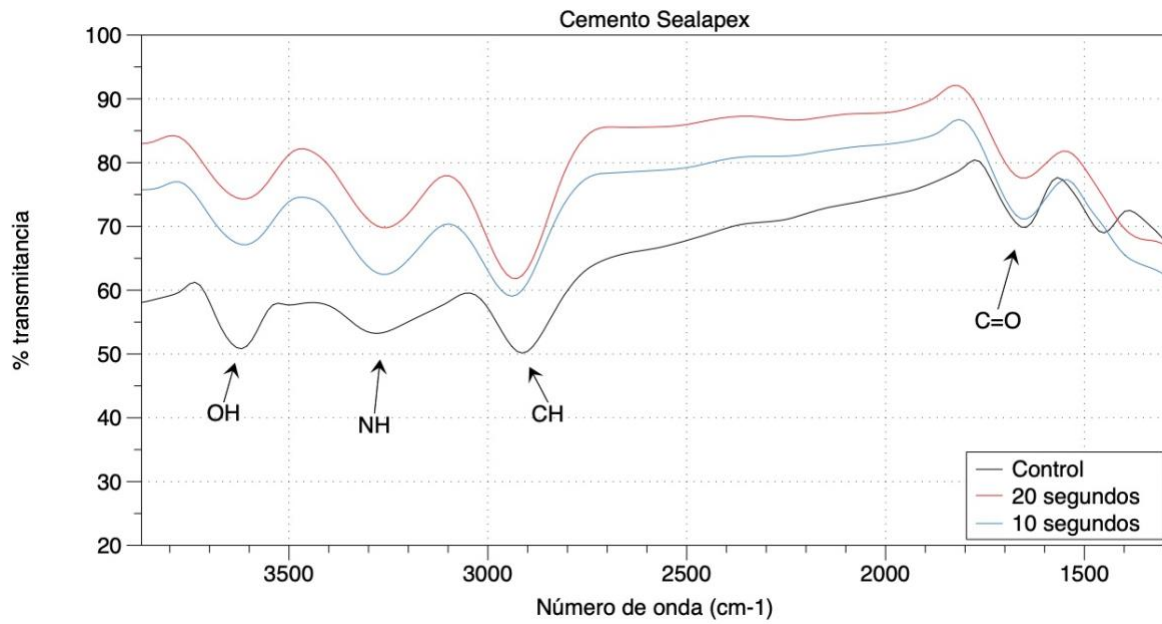


Figura 25. Gráfica resultado final de cemento Sealapex

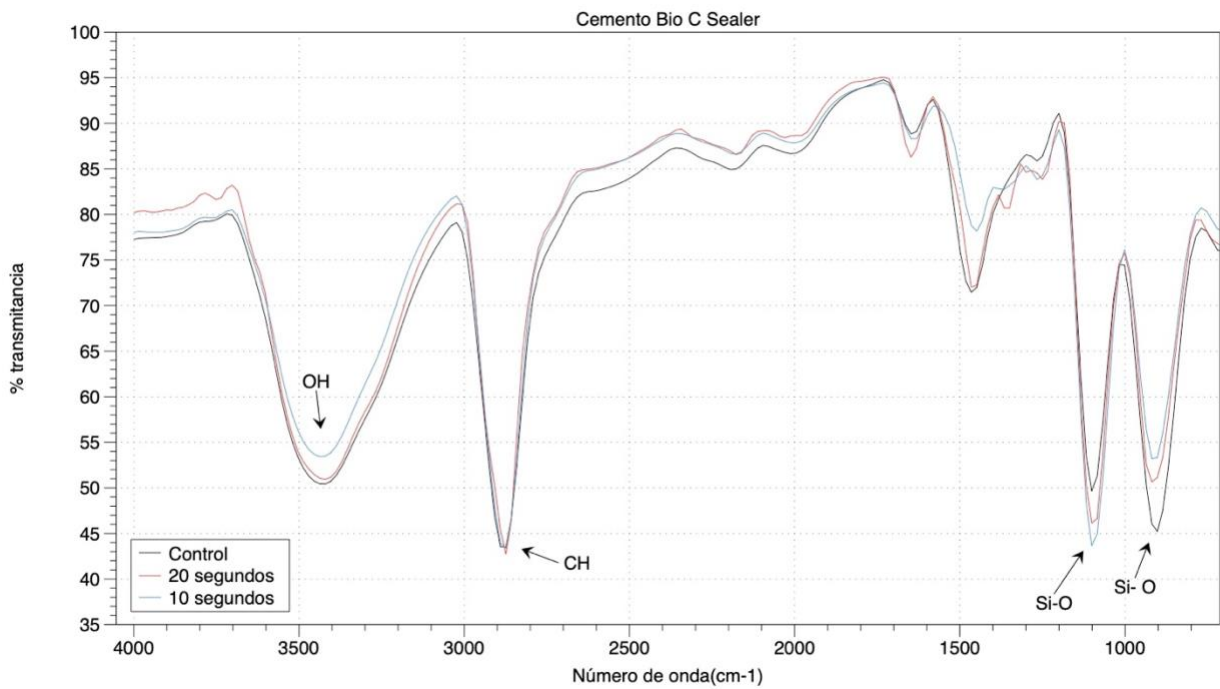


Figura 26. Gráfica resultado final de cemento Bio C Sealer

X. DISCUSIÓN

Debido a ventajas como, fácil manejo, fácil acceso, menor tiempo en obturación del sistema de conductos, mejor adaptación de la gutapercha en el conducto, los sistemas de obturación de onda continua son los más utilizados por los clínicos con práctica en endodoncia a nivel mundial, debido a esto se han desarrollado diferentes tipos de sistemas a lo largo de los años, los cuales han ido mejorando en sus configuraciones, tales como la temperatura y el diámetro de las puntas que son introducidas al conducto para realizar el corte de la gutapercha debido a su fuente de calor. Aunque la transformación de fase alpha de la gutapercha se produce alrededor de los 60 °C, muchos de los portadores de calor disponibles están programados a 200 °C o 250 °C, tal como el sistema Fast pack utilizado en este estudio programado a 250 °C, las puntas utilizadas en este sistema constan de diferentes diámetros, chica (40/0.025), mediana (50.05) y grande (60.06) de las cuales los últimos 4-5 mm son los que aumentan de temperatura que realiza el corte de la gutapercha, su tiempo de enfriamiento es de 2 segundos(38).

Para la selección de la duración de aplicación de calor en las muestras de cementos selladores se tomó en consideración el estudio Buchanan, el tiempo recomendado de aplicación de la fuente de calor es de 10 segundos para facilitar el corte y calentamiento de la gutapercha para su compactación. Sin embargo, puede extenderse hasta 30 segundos o más dependiendo de la experiencia del clínico y el nivel de dificultad del caso, de acuerdo con estos tiempos fueron utilizados el presente estudio 10 y 20 segundos de calentamiento prolongados en situaciones clínicas complejas para reflejar intervalos ya que la aplicación prolongada de calor puede poner en peligro los tejidos y afectar la integridad de los cementos selladores. Las muestras también se incubaron para su fraguado a la temperatura corporal 37°C a 100 % de humedad para imitar la disipación de temperatura in vivo(39).

Atmeh y Col. (2020) Realizaron un estudio en el cual el uso de portadores de calor en modo continuo sin corte automático correría el riesgo de calentamiento prolongado y niveles de temperatura más altos, por esta razón fue programado el sistema utilizado en el presente estudio Fast pack, con corte automático de 5 segundos para controlar el tiempo de la temperatura en contacto con el cemento sellador dentro de los tubos de plástico(40).

De acuerdo al estudio de Atmeh y AlShwaimi (2017) el uso de dentina como sustrato puede parecer más relevante para la situación clínica, si bien los selladores se examinaron en portaobjetos de vidrio o placas de metal, lo cual era necesario para evaluar las muestras de cementos selladores. Es posible que esto no afecte los resultados, ya que se estaban investigando los cambios que afectaban a los materiales de obturación radicular mientras las puntas de calentamiento estaban en contacto directo con los materiales, que es exactamente la situación en la clínica(41).

Los selladores analizados en este estudio, AH Plus y Sealapex se utilizan comúnmente con técnicas de obturación de onda continua, aunque no hay estudios previos en el que se investigue si existen cambios en la estructura química de Sealapex al ser expuesto a altas temperaturas al momento de la obturación, por lo tanto fue un detonante para incluirlo en el presente estudio, ya que es utilizado tanto en práctica privada como en clínicas de pregrado de nuestra institución, de lo contrario, AH Plus se ha investigado en diferentes estudios, Donnermeyer y Col. (2020) aplicaron diferentes temperaturas (37 °C, 47, 57, 67, 77, 87 y 97 °C) durante 30 segundos aplicado con system B, los resultados arrojaron que no existieron cambios en la estructura química si no se excede el tiempo mayor de 1 minuto del cemento a base de resina epóxica, lo cual difiere con el presente estudio en el que existieron cambios en la estructura química del cemento AH Plus(42).

Viapiana y Col. (2014) concluyó que hubo cambios en la composición química del cemento AH Plus al aplicar calor por 1 minuto a 200 °C con system B, lo que resultó en la reducción del tiempo de fraguado y fuerza compresiva(36).

Camilleri y Col. (2015) aplicó calor por 1 minuto a 100 °C y dio como resultado cambios en la estructura química del cemento AH Plus, en los cuales los resultados se obtuvieron en espectros FTIR, como en el presente estudio(43).

Últimamente, se han introducido selladores a base de silicato de calcio diseñados para su uso en técnicas de obturación vertical en caliente por lo que se eligió un cemento biocerámico Bio C Sealer del que no se reportan estudios previos sobre su uso con la técnica de onda continua.

Se han investigado cementos como MTA Fillapex ya que fue uno de los primeros selladores fabricados a base de agregado de trióxido mineral, se aplicó calor 100 °C por un minuto, posteriormente fue analizado con FTIR y se tuvo como conclusión que es un cemento apto para utilizarse en técnicas de obturación con calor debido a no detectarse cambios en su estructura química(43).

Existen otros cementos como Total Fill y Bio Root previamente investigados por Athmeh y col. (2020) realizaron un estudio en el que se analizaron los cementos Total Fill y Bio Root aplicando calor 100 °C, posteriormente se analizaron con FTIR, este pudo detectar la caída irreversible de las ondas FTIR de BioRoot a 1650 y 3400 cm^{-1} que representan los modos de vibración del grupo OH en el agua. Esto confirma la pérdida de agua por encima de los 100 °C por evaporación, que no pudo revertirse, por lo cual no se recomienda la aplicación de calor a mayor de 100 °C, por el contrario, Total Fill se recomienda su uso en técnicas de onda continua debido a que no se reportan cambios en su estructura química al estar en contacto con calor durante 1 minuto a 100 °C(40).

Aksel y col. (2021), analizaron el cemento biocerámico Endosequence BC, BioRoot, HiFlow en el que se aplicó a cada uno calor a 200 °C por 10 y 30 segundos, posteriormente se analizó su estructura química y física mediante FTIR, concluyendo que no existen diferencias en sus estructuras, recomendando los tres cementos para su uso en la técnica de onda continua. El presente estudio utilizando el cemento biocerámico Bio C Sealer, coincide con los resultados anteriores con los diferentes cementos los cuales son recomendados para su uso con técnicas de obturación con

aplicación de calor, ya que no hay reporte de cambios en su estructura química, lo cual nos da las herramientas para elegir el cemento más adecuado para la obturación del sistema de conductos radiculares(44).

XI. CONCLUSIONES

En conclusión, se debe considerar la técnica de obturación y la selección de cemento sellador un paso no menos importante que cualquier otro del tratamiento de conductos, ya que la durabilidad, biocompatibilidad y sellado son esenciales para el éxito del tratamiento.

Dentro de los límites de este estudio, los cementos de resina epóxica (AH Plus) e hidróxido de calcio (Sealapex), a medida que aumenta la temperatura a 250°C con el sistema Fast pack, existe una diferencia en la intensidad de las bandas (10 y 20 segundos), debido a la polimerización de los cementos selladores comparado al grupo control, un indicativo de esta polimerización es la mayor rigidez del material y por consecuencia una diferencia en la absorción, evidenciado por la técnica de FTIR, por lo que se recomienda no exponer los cementos antes mencionados a altas temperaturas. Debido a los resultados anteriores en los espectros FTIR del cemento biocerámico Bio C Sealer, podemos concluir que la aplicación de calor no afectó los porcentajes de absorbancia en ambos tiempos (10 y 20 segundos) comparado con el grupo control, por lo que no hubo cambios en la polimerización de este cemento sellador al aplicar calor a 250°C, no obstante, se tendría que valorar por otros métodos o técnicas potenciales modificaciones estructurales de los cementos selladores, los cuales serán importantes a considerar en la selección de cemento sellador y técnica de obturación.

XII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las limitaciones este estudio se recomienda lo siguiente:

1. Aumentar la duración de aplicación de calor a los cementos selladores a 30 segundos o más, para obtener datos semejantes a las condiciones clínicas donde se aplica calor en un caso complejo que excede el tiempo de trabajo estándar.
2. Se recomienda el análisis después de la aplicación en diferentes intervalos de tiempo, ya sea, inmediatamente después, a las 12,24,48 horas, para detectar si existen cambios y/o si estos son reversibles.
3. Agregar el análisis de los cambios físicos de los cementos después de la aplicación de calor, tales como: tiempo de fraguado, viscosidad y fluidez.
4. También es recomendable agregar el análisis termogravimétrico para evaluar el cambio de peso (%) de los cementos selladores al calentarse desde temperatura ambiente a 37 °C o 250 °C, lo cual nos ayudará a determinar la estabilidad de los materiales a altas temperaturas analizando la pérdida de peso al calentarlos.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. AAE special committee of full-time educators. Glossary of Endodontic Terms 2016. Gloss Endod Terms. 2015;9:43.
2. Gutmann JL et al. Solución de problemas en endodoncia. 4a. ed. Elsevier Mosby. Madrid. 2007. 2007.
3. Cohen S y HK. Vías de la pulpa. 2013. 209, 210, 211, 212, 213, 214 p.
4. JI. I. A new paradigm for filling and sealing root canals. Compend Contin Educ Dent. 1995;16(3):306, 308, 310.
5. El tratamiento de conducto radicular: descripción [Internet]. Available from: <https://demo.staywellhealthlibrary.com/spanish/az-search/Content/healthsheets-v1/el-tratamiento-de-conducto-radicular-descripcion/>
6. Grossman L. Endodontic Practice. 11th. ed. Lea & Febiger. Philadelphia. Págs.. 242 a 270.
7. Combe EC, Cohen BD, Cummings K. Alpha- and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. Int Endod J. 2001;34(6):447–51.
8. Lohbauer U, Gambarini G, Ebert J, Dasch W, Petschelt A. Calcium release and pH-characteristics of calcium hydroxide plus points. Int Endod J. 2005;38(10):683–9.
9. ORSTAVIK D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. Endod Top. 2005;12(1):25–38.
10. PDTM Gutapercha points . 2% [Internet]. Available from: <https://pd-dental.com/product/pdtm-gutta-percha/>

11. Skinner RL, Himel VT. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers. *J Endod.* 1987;13(7):315–7.
12. Camps J, Pommel L, Bukiet F, About I. Influence of the powder/liquid ratio on the properties of zinc oxide-eugenol-based root canal sealers. *Dent Mater.* 2004;20(10):915–23.
13. Gutmann JL. Clinical, radiographic, and histologic perspectives on success and failure in endodontics. *Dent Clin North Am.* 1992;36(2):379–92.
14. Pulp Canal Sealer™ EWT [Internet]. Available from: <https://www.kerrdental.com/kerr-endodontics/pulp-canal-sealer-ewt-zinc-oxide-eugenol-root-canal-sealer>
15. Rathi CH, Chandak M, Nikhade P, Mankar N, Chandak M, Khatod S, et al. Functions of Root Canal Sealers- A Review. *J Evol Med Dent Sci.* 2020;9(17):1454–8.
16. Marciano MA, Guimaraes BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, et al. Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *J Endod.* 2011;37(10):1417–21.
17. Huang TH, Yang JJ, Li H, Kao CT. The biocompatibility evaluation of epoxy resin-based root canal sealers in vitro. *Biomaterials.* 2002;23(1):77–83.
18. AH plus [Internet]. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/es-ib/productos/endodoncia/obturacion.html/Endodoncia/Obturaci%25252525252525c3%25252525252525b3n/Selladores/AH-Plus-AH-Plus-Jet/p/DET-60620110/c/1000311.html>
19. Desai S, Chandler N. Calcium Hydroxide-Based Root Canal Sealers: A Review. *J Endod* [Internet]. 2009;35(4):475–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.026>
20. Sealapex [Internet]. [cited 2021 Sep 30]. Available from:

<https://www.kerrdental.com/es-cl/productos-para-endodoncia/sealapex-obturacion-relleno-endodontico>

21. Miyaji H, Mayumi K, Miyata S, Nishida E, Shitomi K, Hamamoto A, et al. Comparative biological assessments of endodontic root canal sealer containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler or silica filler. *Dent Mater J.* 2020;39(2):287–94.
22. Hassan Abu Zeid ST, Mokeem Saleh AAY. Solubility, pH Changes and Releasing Elements of Different Bioceramic and Mineral Trioxide Aggregate Root Canal Sealers Comparative Study. *J Trauma Treat.* 2014;04(02):2–5.
23. Vitti RP, Prati C, Silva EJNL, Sinhoreti MAC, Zanchi CH, De Souza E Silva MG, et al. Physical properties of MTA fillapex sealer. *J Endod.* 2013;39(7):915–8.
24. Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod.* 2019;45(10):1248–52.
25. MTA-Fillapex [Internet]. Available from: <https://angelus.ind.br/produto/mta-fillapex/?lang=es>
26. Angelus Bio C sealer cemento obturador biocerámico [Internet]. [cited 2021 Sep 1]. Available from: <https://prodontomed.com/shop/marcas/angelus/cementos-angelus/cementos-endodonticos/angelus-angelus-bio-c-sealer/>
27. Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm Gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *J Endod.* 2001;27(11):692–5.
28. The effect of an additional application of sealer during continuous wave of condensation obturation [Internet]. [cited 2021 Sep 1]. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-effect-of-an-additional-application-of-sealer-Ahmed/638bf247e9052064acc3cae0f1bf5121654a311c>

29. Silver GK, Love RM, Purton DG. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch 'n Heat modified and System B. *Int Endod J*. 1999;32(4):287–95.
30. Hale R, Gatti R, Glickman GN, Opperman LA. Comparative analysis of carrier-based obturation and lateral compaction: A retrospective clinical outcomes study. *Int J Dent*. 2012;2012.
31. Thermafil [Internet]. [cited 2021 Sep 2]. Available from: <https://www.feja.by/lekarstvo/thermafil/>
32. Mustaffa M, Nasri HAR, Kamarulzaman I, Mohd Ibrahim MS. GuttaFlow Bioseal as Monocone Obturation Technique in Curved Root Canals: A Scanning Electron Microscopy Study. *Sci Lett*. 2021;15(2):42–59.
33. Krug R, Krastl G, Jahreis M. Technical quality of a matching-taper single-cone filling technique following rotary instrumentation compared with lateral compaction after manual preparation: a retrospective study. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2017;21(2):643–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-016-1931-z>
34. Endodoncia [Internet]. [cited 2021 Sep 2]. Available from: <http://www.dentalyspa.com/uncategorized/endodoncia/>
35. Iglecias EF, Freire LG, de Miranda Candeiro GT, dos Santos M, Antoniazzi JH, Gavini G. Presence of Voids after Continuous Wave of Condensation and Single-cone Obturation in Mandibular Molars: A Micro-computed Tomography Analysis. *J Endod*. 2017;43(4):638–42.
36. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of the effect of sealer use on the heat generated at the external root surface during root canal obturation using warm vertical compaction technique with system b heat source. *J Endod* [Internet]. 2014;40(4):555–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.026>

37. Ones DAEJ. Fourier Transform Infrared Spectra. Fourier Transform Infrared Spectra. 1978;
38. Goodis HE. Commentary on: Filling root canals in three dimensions. J Endod. 2006;32(4):279–80.
39. Buchanan LS. Filling root canal systems with centered condensation: Concepts, instruments, and techniques. Dent Today. 2004;23(11):102–11.
40. Atmeh AR, Hadis M, Camilleri J. Real-time chemical analysis of root filling materials with heating: guidelines for safe temperature levels. Vol. 53, International Endodontic Journal. 2020. p. 698–708.
41. Atmeh AR, AlShwaimi E. The Effect of Heating Time and Temperature on Epoxy Resin and Calcium Silicate–based Endodontic Sealers. J Endod [Internet]. 2017;43(12):2112–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.008>
42. Donnermeyer D, Urban K, Bürklein S, Schäfer E. Physico-chemical investigation of endodontic sealers exposed to simulated intracanal heat application: epoxy resins and zinc oxide–eugenols. Int Endod J. 2020;53(5):690–7.
43. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. J Endod [Internet]. 2015;41(1):72–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.007>
44. Aksel H, Makowka S, Bosaid F, Guardian MG, Sarkar D, Azim AA. Effect of heat application on the physical properties and chemical structure of calcium silicate-based sealers. Clin Oral Investig. 2021;25(5):2717–25.