

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

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EVALUACIÓN *IN VITRO* DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL DEL
CONDUCTO RADICULAR UTILIZANDO DOS SISTEMAS DE
OBTURACIÓN TERMOPLASTIFICADA**

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

PRESENTA

C.D. ALMA CECILIA PÉREZ PULIDO

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

**DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN
SALCEDO**

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
“2023, año de la concienciación sobre las personas con trastorno del espectro autista”**

Tijuana, Baja California a, 26 de mayo de 2023

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: *EVALUACIÓN IN VITRO DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL DEL CONDUCTO RADICULAR UTILIZANDO DOS SISTEMAS DE OBTURACIÓN TERMOPLASTIFICADA.*

Propuesto por la C.D. ALMA CECILIA PÉREZ PULIDO, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

**ATENTAMENTE
“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER”**


DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ
PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
“2023, año de la concienciación sobre las personas con trastorno del espectro autista”**

Tijuana, Baja California a, 26 de mayo de 2023

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: *EVALUACIÓN IN VITRO DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL DEL CONDUCTO RADICULAR UTILIZANDO DOS SISTEMAS DE OBTURACIÓN TERMOPLASTIFICADA.*

Propuesto por la C.D. ALMA CECILIA PÉREZ PULIDO, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

**ATENTAMENTE
“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER”**



**DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
“2023, año de la concienciación sobre las personas con trastorno del espectro autista”**

Tijuana, Baja California a, 26 de mayo de 2023

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: *EVALUACIÓN IN VITRO DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL DEL CONDUCTO RADICULAR UTILIZANDO DOS SISTEMAS DE OBTURACIÓN TERMOPLASTIFICADA.*

Propuesto por la C.D. ALMA CECILIA PÉREZ PULIDO, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

**A T E N T A M E N T E
“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER”**



**DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2023, año de la concienciación sobre las personas con trastorno del espectro autista"**

Tijuana, Baja California a, 26 de mayo de 2023

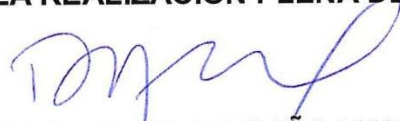
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: *EVALUACIÓN IN VITRO DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL DEL CONDUCTO RADICULAR UTILIZANDO DOS SISTEMAS DE OBTURACIÓN TERMOPLASTIFICADA.*

Propuesto por la C.D. ALMA CECILIA PÉREZ PULIDO, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

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

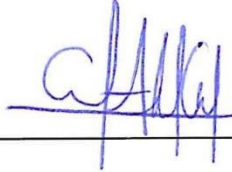


**DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS
SINODAL**

Ccp.- Archivo.

EVALUACIÓN *IN VITRO* DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL DEL CONDUCTO RADICULAR UTILIZANDO DOS SISTEMAS DE OBTURACIÓN TERMOPLASTIFICADA

PRESENTA



C.D. ALMA CECILIA PÉREZ PULIDO

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)



DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

SINODALES

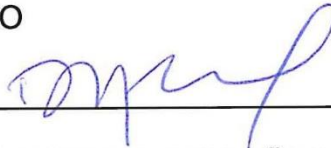
(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)



DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES
HOFMANN SALCEDO



DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ
VELÁZQUEZ



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

Tijuana, Baja California a, 26 de mayo de 2023

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Nicolás y María Isabel, por haberme apoyado de todas las formas posibles a lo largo de este camino, por siempre creer y confiar en mí y darme la oportunidad de explorar mis límites y desarrollarme como profesionalista. Las palabras nunca serán suficientes para agradecerles todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanas: Mónica, Martha y Karina, quienes estuvieron siempre dispuestas a apoyarme hasta lograr mis objetivos; siempre estaré profundamente agradecida porque gracias a ustedes estoy en este momento de mi vida.

A Miguel Ángel, mi novio, por motivarme a seguir adelante y decirme las palabras correctas siempre que lo necesité, gracias por siempre estar. Agradezco mucho que hayas puesto tu granito de arena para realizar mi proyecto compartiéndome tu conocimiento en estadística.

Quiero agradecer profundamente las enseñanzas de mis docentes, quienes me hicieron valorar aún más la nobleza y grandeza de la Endodoncia. A mi coordinadora y directora de tesis, la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez, por la confianza que depositó en mí al momento de elegirme como miembro de este posgrado, además de orientarme a lo largo de toda mi estancia en la institución y motivarme siempre a dar lo mejor en cada caso clínico y cada proyecto. A mi co-directora de tesis, la Dra. María Elena Hofmann Salcedo, por siempre estar dispuesta a resolver una duda o dar un algún consejo, valoro mucho el tiempo y las palabras brindadas. A mi co-directora de tesis, la Dra. Dulce Yicel Magaña Mancillas, cuyas enseñanzas y consejos han sido invaluable, no sólo para lograr el desarrollo de este proyecto, sino también para ser una mejor especialista. A mi co-directora de tesis, la Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez, agradezco profundamente el tiempo brindado, los consejos, la disponibilidad, la motivación y las observaciones que hicieron que este proyecto fuera posible; además de haberme proporcionado el microscopio estereoscópico que fue requerido para

AGRADECIMIENTOS

obtener los resultados de esta investigación. Sin duda alguna su ayuda fue indispensable para alcanzar los objetivos de mi proyecto.

Al Dr. Luis Hernán Carrillo Vázquez, por compartirme su conocimiento y ser una parte importante para la realización de mi análisis estadístico, estoy sumamente agradecida por su disponibilidad y amabilidad a la hora de resolver mis dudas.

A mis amigos Valeria García y Andrés Rico, por haberme facilitado el instrumental necesario para este proyecto.

Por último, quiero agradecer a mis amigos y compañeros de generación, hicieron que estos tres semestres fueran inolvidables, me llevo tantas buenas experiencias y risas como aprendizaje de cada uno de ustedes. Son los mejores compañeros de estudio y aventuras que pude tener.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer a las siguientes instituciones:

A CONACYT por la beca otorgada. No. CVU: 1141326.

A mi alma máter, la Universidad Autónoma de Baja California, por abrirme sus puertas para prepararme como profesionista y como especialista.

Al Centro Universitario de Posgrado e Investigación en la Salud (CUPIS), por permitirme realizar mi formación como especialista en Endodoncia y poder desarrollar mi estudio de tesis dentro de sus instalaciones.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
2.1. ENDODONCIA	3
2.2. OBTURACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS.....	3
2.2.1. MATERIALES DE OBTURACIÓN.....	4
2.2.2. TÉCNICAS DE OBTURACIÓN.....	8
2.3. ERRORES DURANTE LA OBTURACIÓN.....	13
2.3.1. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL.....	14
2.3.2. SELLADO DEFICIENTE	14
2.3.3. ESPACIOS VACÍOS	15
2.4. ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA.....	17
2.5. EVALUACIÓN DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL	18
2.5.1. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO	18
2.5.2. MICRO-CT.....	19
2.5.3. MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO	20
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 ALTERNATIVA (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. VARIABLE DEPENDIENTE	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	27
8.4. METODOLOGÍA.....	30
8.4.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	30
8.4.2. OBTURACIÓN CON EL SISTEMA 3D DE EIGHTEETH....	33
8.4.3. OBTURACIÓN CON EL SISTEMA RTA DE WOODPECKER	34
8.4.4. EVALUACIÓN DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL.....	35
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
IX. RESULTADOS.....	39
9.1. EVALUACION CUALITATIVA DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL	39

9.2. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL	41
X. DISCUSIÓN.....	44
XI. CONCLUSIONES.....	46
XII. RECOMENDACIONES	48
XIII. BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conos de gutapercha	4
Figura 2. Cemento sellador AH Plus	6
Figura 3. Cemento sellador CeraSeal	7
Figura 4. Espaciador MA57	9
Figura 5. Sistema de obturación termoplastificada RTA de Woodpecker.....	11
Figura 6. Condensadores	11
Figura 7. Técnica de onda continua	12
Figura 8. Sistema de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth	13
Figura 9. Espacios vacíos entre el material de obturación	16
Figura 10. Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)	19
Figura 11. Reconstrucción virtual tridimensional usando Micro-CT.....	20
Figura 12. Microscopio Estereoscópico.....	21
Figura 13. 40 premolares unirradiculares humanos de reciente extracción	29
Figura 14. Limas manuales tipo K #10 y sistema rotatorio ProTaper Gold.....	29
Figura 15. Decoronación de las muestras	30
Figura 16. Longitud de trabajo.....	30
Figura 17. Preparación quimiomecánica	31
Figura 18. Protocolo de irrigación.....	32
Figura 19. Puntas de papel y ajuste de cono maestro	32
Figura 20. Sistema de obturación 3D de Eighteeth	33
Figura 21. Obturación con el sistema 3D de Eighteeth	34
Figura 22. Sistema de obturación RTA de Woodpecker	34
Figura 23. Obturación con el sistema RTA de Woodpecker.....	35
Figura 24. Muesca circular para la separación de la muestra	36
Figura 25. Enfriamiento de la muestra.....	36
Figura 26. Microscopio Estereoscópico DM143 (Motic)	37
Figura 27. Imágenes de las muestras vistas en el microscopio estereoscópico ...	37
Figura 28. Software Motic Images Plus 2.0	38

Figura 29. Cortes axiales de las muestras vistos en el microscopio estereoscópico a un aumento de 4X 40

Figura 30. Gráfica de promedios de porcentajes de espacios vacíos por grupo de estudio..... 42

Figura 31. Análisis estadístico 43

LISTA DE ABREVIATURAS

EDTA	Ácido Etilendiaminotetraacético
Micro-CT	Microtomografía Computarizada Tridimensional
nm	Nanómetros
NaOCl	Hipoclorito de sodio
SEM	Microscopio Electrónico de Barrido (por sus siglas en inglés)
µm	Micrómetros

I. RESUMEN

Introducción: La obturación es una etapa determinante del tratamiento de conductos en la cual se decide su éxito a mediano y largo plazo. Lograr un sellado tridimensional permite disminuir el riesgo de filtración de bacterias y fluidos tisulares. Sin embargo, la anatomía compleja del sistema de conductos puede comprometer severamente la calidad de sellado tridimensional al no permitir que los materiales de obturación lleguen hasta estos puntos de difícil acceso. Por ello, es imprescindible disponer de materiales que sean capaces de fluir hasta estos espacios, logrando que la mayor cantidad de material ocupe la totalidad del conducto. El uso de aditamentos calientes para termoplastificar la gutapercha permite que esta tenga una mayor fluidez para alcanzar estas irregularidades anatómicas y minimizar la presencia de espacios vacíos intraconducto. **Objetivo:** El objetivo de este estudio es determinar cuál de los dos sistemas de obturación termoplastificada evaluados (3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker) proporciona un mayor sellado tridimensional del conducto radicular a menor temperatura mediante ensayos *in vitro*. **Materiales y métodos:** 40 premolares unirradiculares fueron seleccionados y divididos en 4 grupos de estudio (n=10). Grupo A: premolares obturados con el sistema 3D de Eighteeth a 150 °C. Grupo B: premolares obturados con el sistema 3D de Eighteeth a 200 °C. Grupo C: premolares obturados con el sistema RTA de Woodpecker a 150 °C. Grupo D: premolares obturados con el sistema RTA de Woodpecker a 200 °C. Cada muestra fue decoronada para posteriormente realizar su preparación quimiomecánica y obturación correspondiente por grupo. Las muestras se seccionaron axialmente a 5 mm del extremo coronal y se estudiaron a través de un microscopio estereoscópico para observar la presencia de espacios vacíos. El análisis por imagen se realizó con el software Motic Images Plus 2.0 y los datos obtenidos se evaluaron estadísticamente utilizando Análisis de Varianza (ANOVA) bidireccional. **Resultados:** Los promedios de porcentajes de espacios vacíos fueron de 2.9% para el grupo A, 3.9% para el grupo B, 2.4% en el caso del grupo C, el cual obtuvo el porcentaje más bajo, y finalmente 8.3% para el grupo D, el

cual obtuvo el porcentaje más alto. No se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre la calidad de sellado tridimensional proporcionado por los sistemas de obturación a 150 °C y a 200 °C. **Conclusiones:** Al no existir diferencia estadísticamente significativa entre ambos sistemas a 150 °C y a 200 °C, se establece que es posible utilizarlos a menor temperatura sin comprometer la calidad de sellado.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es un tratamiento sistemático en el cual cada etapa debe ser realizada de la manera más minuciosa y precisa posible para que los pasos siguientes puedan llevarse a cabo sin dificultades, de esta forma se reduce el margen de error y se logra el objetivo principal del tratamiento. Baugh *et al.* establecen que el objetivo de la endodoncia consiste en minimizar el número de bacterias y restos patológicos intraconducto para prevenir o tratar la periodontitis apical (1). Para lograr este objetivo, algunos autores consideran a la preparación quimiomecánica, es decir la acción conjunta de la instrumentación y la irrigación, como la base del éxito del tratamiento (2). No obstante, la fase que determina el éxito a mediano y largo plazo es la obturación del sistema de conductos (3-4).

2.2 OBTURACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS

Por definición, la obturación “es el llenado tridimensional de la totalidad del conducto radicular lo más cerca posible a la unión cementodentinal utilizando pequeñas cantidades de cementos selladores, los cuales deben ser biológicamente compatibles, junto con el material núcleo de relleno para asegurar un sellado apropiado y aceptable” (3). Un sellado hermético y tridimensional permite disminuir la entrada de fluidos y microorganismos provenientes de los tejidos hacia el interior del conducto gracias a la íntima relación entre el material de obturación y las paredes radiculares. Como se mencionó anteriormente, los materiales de obturación utilizados consisten en un material núcleo, es decir la gutapercha, y un cemento sellador que funcione como medio de unión entre las paredes y el cono maestro (3).

2.2.1. MATERIALES DE OBTURACIÓN

De acuerdo a Grossman *et al.*, un material de obturación ideal debe cumplir con diversos criterios biológicos y físicos que garanticen en medida de lo posible el éxito del tratamiento de conductos. Algunos de los criterios biológicos son: que sea antimicrobiano, insoluble en fluidos tisulares, no debe ser irritante, ser biocompatible y debe estimular la cicatrización de los tejidos periapicales. Mientras que de los criterios físicos destacan: radiopacidad, fluidez, estabilidad dimensional, fácil manipulación y fácil remoción (5).

2.2.1.1. Gutapercha

La gutapercha ha sido ampliamente utilizada como material núcleo debido a que cumple con varios de los criterios ideales establecidos, como lo son: biocompatibilidad, tolerancia tisular, estabilidad dimensional, radiopacidad, plasticidad y fácil remoción, desempeñando un papel muy importante en el llenado tridimensional del conducto (6). No obstante, también presenta algunas desventajas considerables, por ejemplo: poca rigidez, lo que ocasiona que sea difícil de manejar en conductos curvos o muy estrechos y fácil de extruir (5). En la Figura 1 se muestra la presentación comercial de este material.



Figura 1. Conos de gutapercha

Presentación de los conos maestros de gutapercha de la casa comercial Coltene en calibres 15-40 conicidad 0.02 (7).

Si bien la gutapercha por sí sola nos proporciona grandes ventajas como material núcleo, las paredes del conducto presentan irregularidades a lo largo de toda su longitud (sobre todo después de la preparación quimiomecánica) que no permiten una adhesión directa entre dicho material y la estructura dentinaria; es por esto que los cementos selladores complementan el sellado ya que permiten que todas estas irregularidades, ramificaciones o variaciones anatómicas sean obturadas ya sea total o parcialmente (8).

2.2.1.2. Cementos selladores

Las ventajas de utilizar cementos selladores durante la fase de obturación no se limitan solamente al sellado hermético, sino que también proporcionan lubricación para la inserción de la gutapercha y reparación tisular al estar en contacto con los tejidos periapicales (4). Komabayashi *et al.* establecieron una clasificación de los cementos selladores endodónticos de acuerdo a su composición química antes y después de fraguar, categorizándolos en: cementos a base de óxido de zinc y eugenol, hidróxido de calcio, óxido de zinc y ácido graso, ionómero de vidrio, silicona, resina metacrilato, resina epóxica y biocerámicos o a base de silicato tricálcico (9).

Inicialmente, los cementos selladores a base de óxido de zinc y eugenol fueron ampliamente utilizados como material de obturación endodóntico gracias a sus excelentes propiedades antimicrobianas, siendo altamente efectivos contra diversas cepas bacterianas como el *Streptococcus mutans*, tanto en su forma planctónica como en biofilm (10). Esta propiedad se debe en gran medida al desprendimiento de eugenol a partir de la masa de cemento en un periodo de tiempo relativamente corto, lo cual resulta altamente eficaz contra bacterias presentes en la flora oral e intraconducto (9-10). Pese a esta excelente propiedad, los cementos selladores a base de óxido de zinc y eugenol rápidamente cayeron en desuso debido a su alta toxicidad, resultando altamente perjudiciales al estar en contacto con los tejidos periapicales e impidiendo una correcta reparación tisular (11).

II. INTRODUCCIÓN

Los cementos a base de hidróxido de calcio continúan siendo una excelente opción en el mercado gracias a su biocompatibilidad y a que estimulan la formación de tejidos duros mineralizados. Sin embargo, suelen solubilizarse en presencia de humedad por lo que pueden comprometer la calidad del sellado (12).

Un grupo de cementos muy utilizados en la actualidad son los cementos a base de resina epóxica (Figura 2), los cuales presentan buenas propiedades físicas tales como fluidez, buen tiempo de fraguado, baja solubilidad, radiopacidad y alta resistencia (8, 13). Además, poseen una excelente fuerza de unión a la dentina, lo que permite que la relación dentina-gutapercha sea más íntima y, de esta manera, reduce significativamente el riesgo de microfiltración apical (8). Sin embargo, ciertos niveles de toxicidad han sido reportados en diversos estudios, donde se demostró que la liberación de formaldehído puede desencadenar una respuesta citotóxica y genotóxica, sobre todo en el cemento AH-26 (14-15). Otra desventaja que presentan con respecto a los diferentes cementos selladores disponibles es su capacidad antimicrobiana, la cual suele disminuir ligeramente después de las 24 horas de fraguado del material (14).



Figura 2. Cemento sellador AH Plus

Presentación de la pasta base y pasta catalizadora del cemento sellador a base de resina epóxica AH Plus, de la casa comercial Dentsply Sirona (16).

II. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los cementos biocerámicos son materiales obtenidos a partir del silicato de calcio, cuyas propiedades innovadoras se asocian a su excelente capacidad de interactuar con los tejidos vivos gracias a que dentro de su composición presentan elementos inorgánicos similares a los del tejido óseo y la estructura dental, además de poseer una buena fuerza de unión a la dentina reforzando el sellado en las paredes del conducto (17-18). Su bioactividad “estimula la respuesta fisiológica del hueso y la remineralización de la dentina, creando un ambiente favorable para la cicatrización periapical” (17). La Figura 3 muestra un ejemplo de cemento sellador biocerámico de reciente incorporación al mercado.



Figura 3. Cemento sellador CeraSeal

Presentación del cemento sellador biocerámico CeraSeal, de la casa comercial Meta Biomed (19).

Estos cementos ofrecen un excelente efecto antimicrobiano gracias a su pH alcalino y a la liberación de iones de calcio (20). Es por esto que son sumamente efectivos contra cepas de *Enterococcus faecalis* incluso en un periodo de tiempo prolongado, lo cual los posiciona por arriba de los cementos a base de resina epóxica en este aspecto (21).

En razón de lo anterior, los cementos biocerámicos son considerados los cementos selladores más novedosos, ofreciendo grandes beneficios y brindando los mejores resultados en cuanto a calidad de obturación y biocompatibilidad se refiere.

Existen una gran variedad de cementos selladores disponibles en el mercado, cada uno ofrece diferentes propiedades por lo que conocer las ventajas y desventajas de cada uno es un factor importante para alcanzar el éxito.

2.2.2. TÉCNICAS DE OBTURACIÓN

El objetivo de las técnicas de obturación consiste en proporcionar un sellado adecuado que evite cualquier comunicación entre el espacio intraconducto y el periodonto apical, de tal manera que el intercambio de bacterias y fluidos sea nulo o mínimo. Las técnicas de obturación se categorizan dependiendo de la temperatura generada y aplicada dentro del conducto radicular para proporcionarle una consistencia lo más homogénea posible al material, por lo que se clasifican en dos tipos: técnicas en frío y técnicas termoplastificadas (22).

2.2.2.1 Técnicas en frío

Las técnicas de obturación en frío consisten en la colocación y condensación de la gutapercha realizando movimientos de compactación en sentido vertical y lateral empleando aditamentos como los espaciadores y condensadores a temperatura ambiente (Figura 4). Una vez ajustado el cono maestro dentro del conducto, los conos accesorios son compactados lateralmente para empaquetar la masa de material y crear el espacio necesario para introducir un nuevo cono accesorio (23).

Durante años la técnica de condensación lateral en frío ha sido la más utilizada gracias a su simplicidad, además de permitir que el clínico tenga mayor control de la longitud de trabajo y así evitar la extrusión del material. En adición a esta técnica, es necesaria la aplicación de calor a través de un aditamento previamente calentado para recortar el material excedente y realizar movimientos de

condensación vertical que permitan una mayor homogeneidad y mejor compactación de la obturación (23).



Figura 4. Espaciador MA57

Espaciador de conductos MA57 de la casa comercial Hu-Friedy, utilizado principalmente en las técnicas de obturación en frío para realizar movimientos de compactación lateral y crear los espacios necesarios para la colocación de conos accesorios (24).

A pesar de sus ventajas, las técnicas en frío presentan grandes limitantes, ya que la gutapercha, al no encontrarse en su estado plastificado, no puede fluir debidamente a lo largo del conducto dejando espacios sin obturar que se convierten en posibles zonas de reinfección. Otras de sus desventajas son el sellado pobre, adhesión débil a las paredes dentinarias y posibilidad de fracturas radiculares como consecuencia de los movimientos de compactación (6).

Otra variación de las técnicas en frío es la técnica de cono único, la cual consiste en ajustar un cono maestro cuya conicidad sea igual o lo más parecida posible al último instrumento utilizado durante la preparación quimiomecánica, de tal forma que un solo cono sea suficiente para sellar el conducto previamente preparado. Su fácil y rápida realización, así como el requerimiento de poco instrumental para llevarla a cabo, le ganó su popularidad dentro del ámbito clínico (25). Sin embargo, se ha demostrado que esta técnica es sumamente débil en cuanto a ajuste apical del cono, sellado en las paredes del conducto y presencia de espacios sin obturar

en comparación con la técnica de condensación lateral, de tal manera que el cemento sellador empleado en esta técnica desempeña una función aún más importante que en otros casos, ya que debe sellar perfectamente los espacios a los que el cono maestro por sí solo no puede acceder (26).

En razón de mejorar y optimizar la obturación del sistema de conductos, se implementaron nuevas técnicas que incluyan la aplicación de calor para mejorar la consistencia, sellado y tiempo de trabajo, facilitando la consulta endodóntica. Estudios como el de Schafer *et al.* demostraron que la aplicación de un aditamento caliente que plastifique la gutapercha disminuye considerablemente los espacios vacíos y mejora el sellado, proporcionando una masa mucho más regular y homogénea que las técnicas en frío (27).

2.2.2.2. Técnicas termoplastificadas

Actualmente existen técnicas de obturación basadas en el uso de aditamentos que aumenten la temperatura y plastifiquen la gutapercha para mejorar su fluidez y facilitar que llegue a espacios de difícil acceso. En la Figura 5 y Figura 8 aparecen dos ejemplos de dichos aditamentos. Estas técnicas nos permiten introducir una masa más homogénea de alta densidad que sea capaz de sellar todas las vías de comunicación entre el conducto y el periodonto apical. En estos casos, la gutapercha termoplastificada proporciona un mejor sellado tridimensional ya que fluye más fácilmente hacia las irregularidades del conducto, conductos laterales, conductos apicales e istmos (28). En cuanto a mayor volumen de gutapercha se encuentre ocupando el interior del conducto, mayor será la estabilidad dimensional del material (29).



Figura 5. Sistema de obturación termoplastificada RTA de Woodpecker

Sistema de obturación termoplastificada RTA de Woodpecker. Aditamento Fi-P (izquierda) para realizar el recorte del cono maestro y aditamento Fi-E (derecha) para la inyección de gutapercha (30).

Como se mencionó previamente, una adición a la técnica lateral en frío consiste en realizar movimientos de compactación vertical con ayuda de un aditamento caliente, también llamados pluggers o condensadores (Figura 6). Esta técnica fue introducida por Schilder y consiste en realizar un ajuste apical del cono maestro y, una vez ajustado, realizar un corte del mismo a nivel de tercio medio o apical con un transportador de calor, para posteriormente rellenar el resto del conducto con incrementos de 3 a 4 mm de gutapercha precalentada hasta que se haya llenado la totalidad del conducto (29).

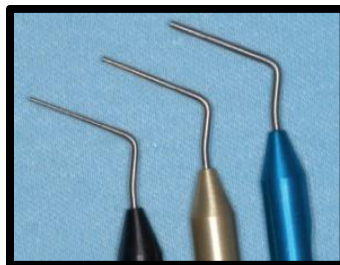


Figura 6. Condensadores

Ejemplos de condensadores utilizados para compactar verticalmente los incrementos de gutapercha precalentada introducidos en el conducto (29).

Una de las técnicas termoplastificadas más utilizadas en la actualidad es la técnica de onda continua, la cual representa una combinación entre la técnica de condensación lateral en frío y la técnica vertical caliente, combinando las ventajas que cada una ofrece (Figura 7). La técnica consiste en ajustar el cono maestro de gutapercha en el tercio apical y, después, realizar un corte del mismo a 5-7 mm de la longitud de trabajo establecida. El resto del conducto es obturado con incrementos de 3-4 mm de gutapercha precalentada, la cual debe ser compactada verticalmente con los condensadores conectados a una fuente de calor (29). De esta manera, la técnica de onda continua permite tener un control adecuado de la longitud de obturación y evitar la extrusión de material, así como proporcionar una mejor homogeneidad a la gutapercha al aplicar el calor necesario. Además, esta técnica requiere menos tiempo de trabajo, proporciona mejor sellado coronal y mejor adhesión del material a las paredes e irregularidades del conducto radicular (6).

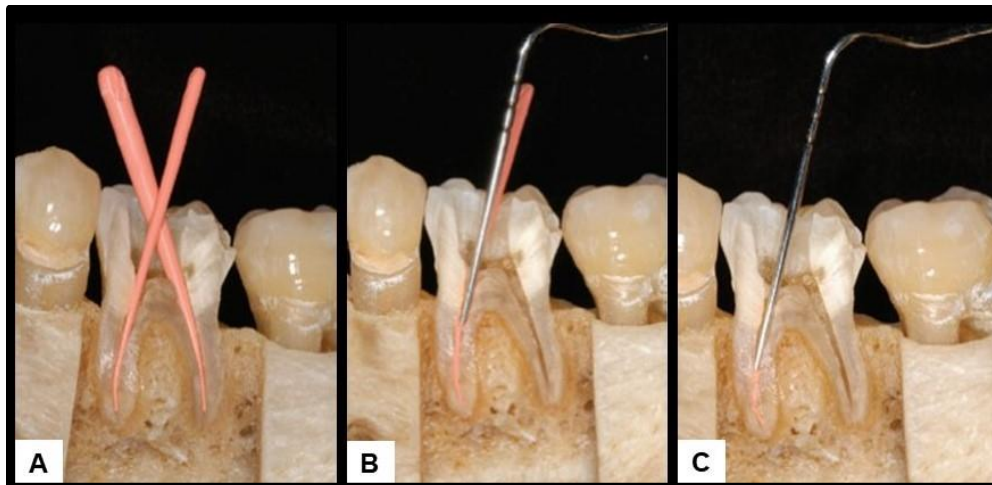


Figura 7. Técnica de onda continua

A) Ajuste apical de los conos maestros. B) Recorte del cono maestro dejando 5-7 mm de gutapercha en el tercio apical. C) Compactación del material con ayuda de los condensadores (29).

Otra variación de las técnicas termoplastificadas consiste en la inyección directa de la gutapercha precalentada dentro del conducto. Esto proporciona la posibilidad

de introducir una masa totalmente homogénea y adherida a las paredes, sin embargo, la gran desventaja de esta técnica consiste en el riesgo de extrusión y en el nulo control que se tiene sobre la longitud de obturación (29-30).

Dado que las técnicas de obturación son diversas y cada una de ellas proporciona diferentes ventajas y desventajas, es importante conocerlas a detalle y determinar cual nos permitirá llevar a cabo una obturación idónea con el menor riesgo de errores posible.



Figura 8. Sistema de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth

Sistema de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth. Aditamento Fast Fill (superior) para la inyección de gutapercha fluida y Fast Pack (inferior) para el recorte del cono maestro (31-32).

2.3. ERRORES DURANTE LA OBTURACIÓN

Durante la obturación el fracaso del tratamiento es un riesgo latente, los errores durante esta etapa pueden conducir a un sellado pobre, extrusión del material a través del foramen, presencia de espacios vacíos a lo largo de la obturación y, por consiguiente, la posibilidad de microfiltración bacteriana. Estudios han demostrado que entre el 55-60% de los casos de fracaso endodóntico son derivados de una obturación deficiente (23-29).

2.3.1. EXTRUSIÓN DEL MATERIAL

La extrusión de materiales de obturación a través del foramen apical es un acontecimiento indeseado que suele presentarse después de realizar movimientos de compactación vertical, siendo más común la extrusión de cemento sellador que de gutapercha (33).

La biocompatibilidad es una de las características más importantes que un material de obturación debe cumplir, ya que, al estar en contacto íntimo o directo con los tejidos periapicales, el material extruido que se albergue en el periodonto puede desencadenar una respuesta indeseable en el huésped (34).

La cantidad de material extruido es un factor importante para determinar el riesgo de fracaso que este error puede ocasionar. Pequeñas cantidades de material extruido pueden ser toleradas por el organismo y reabsorberse paulatinamente por acción del sistema inmunológico (33). Pese a que se ha establecido que los cementos selladores deben ser compatibles con los tejidos circundantes, Bernáth *et al.* establecieron que todos presentan cierto grado de neurotoxicidad, por lo que un efecto nocivo derivado de este error puede ser el dolor postoperatorio (35).

Usualmente, la sobreobturación y/o extrusión de material van asociados a una sobreinstrumentación con las limas rotatorias, lo cual facilita aún más que los cementos selladores alcancen estructuras nerviosas importantes como el conducto del nervio dentario inferior o el agujero mentoniano. Esto puede ocasionar parestesia, hiperestesia, hipoestesia u otras complicaciones que deriven en la necesidad de realizar un retratamiento quirúrgico para eliminar el factor causal y farmacoterapia con antiinflamatorios para el alivio de la sintomatología (36).

2.3.2. SELLADO DEFICIENTE

El proceso de obturación debe concluir con el sellado lo más tridimensional posible de los conductos radiculares, evitando la formación de espacios entre los conos de gutapercha y, sobre todo, entre el cono y las paredes del conducto. Para lograrlo

es necesario utilizar cementos selladores cuyas características físicas sean óptimas para favorecer la adhesión entre estas dos superficies (37).

Un sellado óptimo entre las paredes y el material de obturación reduce el riesgo de microfiltración apical y permite que el tratamiento de conductos tenga un mejor pronóstico a largo plazo, reduciendo el riesgo de recontaminación y reinfección (38).

2.3.3. ESPACIOS VACÍOS

Además de un sellado pobre, la presencia de espacios vacíos, no sólo entre las paredes sino entre la misma gutapercha, facilita el acceso de microorganismos y compromete severamente el resultado de la obturación y, por consiguiente, del tratamiento (37).

La presencia de espacios vacíos es un error durante la obturación que puede estar asociado a diversos factores, como realizar una técnica de obturación inadecuada de acuerdo a las características del diente a tratar, o bien, utilizar algún cemento sellador cuyas características no sean las ideales para el caso. Una adhesión pobre permite que se formen espacios en la interfase entre el material y la estructura dentinaria o entre el mismo material de obturación, favoreciendo el paso de las bacterias desde los tejidos adyacentes hacia el tercio apical ocasionando que el proceso infeccioso continúe (39). En la Figura 9 se ejemplifica esta situación, mostrando los espacios vacíos que pueden persistir después de una obturación deficiente.

Un factor sumamente importante que el clínico debe considerar durante la obturación, es si se enfrenta a una anatomía aberrante. El complejo sistema de conductos radiculares presenta una anatomía diversa, la cual puede incluir istmos, conductos laterales, accesorios o incluso variaciones anatómicas como conductos en "C". Es precisamente por estas situaciones adversas que las diferentes técnicas y materiales de obturación han sido cuestionados y mejorados en los

últimos años con el firme propósito de disminuir esta tendencia a dejar espacios sin obturar (39).

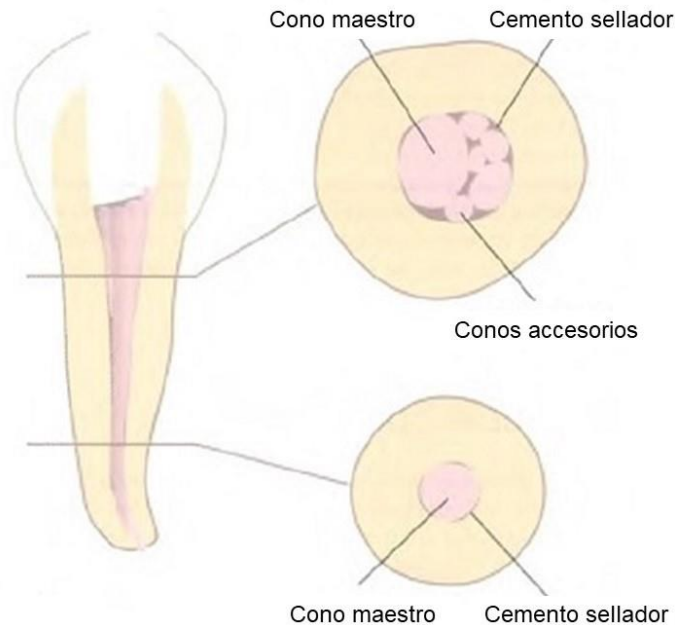


Figura 9. Espacios vacíos entre el material de obturación

Presencia de espacios vacíos entre el material de obturación a nivel de tercio medio y apical después de una obturación deficiente (40).

En el estudio realizado por Holmes *et al.* se determinó que tanto la técnica como los materiales influyen directamente en el volumen de obturación. Además, establecieron que ninguna de las técnicas de obturación evaluadas en su investigación estuvo totalmente libre de espacios vacíos (41). Sin embargo, al igual que otros autores concuerdan que las técnicas de obturación termoplastificadas son las que proporcionan un menor número de espacios vacíos y, cuando éstos se llegan a presentar, se observan más comúnmente en el tercio cervical (39-41).

Aun cuando la obturación hermética del sistema de conductos radiculares no es una meta tangible, hoy en día los objetivos del clínico deben estar orientados en

proporcionar un sellado lo más estable, tridimensional y homogéneo que sus materiales y capacidades le permitan (41).

2.4. ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA

Pese a que las técnicas de obturación termoplastificadas proporcionan resultados significativamente mejores que las técnicas en frío, existen consideraciones importantes que debemos tener en cuenta a la hora de emplearlas en la práctica clínica, tales como el daño a los tejidos dentales, tejidos periapicales y la alteración de las propiedades de los cementos selladores (42-43).

Usualmente, los sistemas de obturación termoplastificada se utilizan a una temperatura no mayor de 200 °C para realizar su función, ya que se ha demostrado que emplearlos a temperaturas más elevadas no proporciona una mejor calidad de obturación (29). Sin embargo, estas altas temperaturas pueden ocasionar alteraciones tanto en los tejidos dentales y periapicales como en los materiales endodónticos. Un ejemplo de éstos últimos son los cementos selladores, los cuales pueden sufrir cambios en sus propiedades físicas y mecánicas, como lo son su viscosidad y su tiempo de fraguado (41-43). Por otro lado, una elevación de 10 °C por arriba de la temperatura corporal normal puede ocasionar daños severos en los tejidos periapicales (42). Es por esto que resulta sumamente importante garantizar una obturación óptima y lo más tridimensional posible, que sea capaz de sellar aquellas variaciones anatómicas presentes en el sistema de conductos radiculares, sin comprometer la integridad de los tejidos circundantes o las propiedades físicas de los cementos selladores (42).

Lipski *et al.* estudiaron la elevación de la temperatura en la superficie externa de la raíz como resultado de la aplicación de calor durante la obturación de los conductos. Los resultados demostraron que utilizar los aditamentos a una temperatura no mayor a 160 °C no provoca elevaciones excesivas de temperatura en la superficie externa radicular y, por lo tanto, no resultan perjudiciales para los tejidos adyacentes (44).

Como se mencionó previamente, las altas temperaturas que generan los aditamentos para la obturación termoplastificada pueden repercutir en las propiedades físicas de los cementos selladores. Un ejemplo claro de esta situación es el cemento a base de resina epóxica AH Plus, el cual sufre una reducción de su tiempo de fraguado y aumento en su espesor y viscosidad cuando se somete a temperaturas superiores a los 100 °C durante 1 minuto; estas alteraciones se reflejan en dificultades durante la compactación, taponamiento del conducto u otras complicaciones (43).

De esta forma se evidencia la importancia de utilizar técnicas de obturación vanguardistas que nos permitan realizar una obturación homogénea y tridimensional, que sea capaz de impedir el paso de bacterias desde los tejidos periapicales u orales hacia el interior del conducto y, por otro lado, tener el suficiente cuidado para respetar la integridad de los tejidos, dando un correcto manejo a cada aditamento que utilicemos durante el tratamiento endodóntico (44-45).

2.5. EVALUACIÓN DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL

Hoy en día se dispone de una gran variedad de métodos para evaluar la calidad de obturación que los diferentes materiales proporcionan, ya sean cementos selladores o gutapercha. El uso de colorantes como el azul de metileno, filtración glucosa, transporte de líquidos y trazadores de radioisótopos son algunos ejemplos de ellos. Además, gracias a los avances tecnológicos en microscopía y en microtomografía computarizada tridimensional (Micro-CT), actualmente los clínicos disponen de herramientas sumamente potentes y eficaces para observar espacios vacíos y deficiencias en la calidad de obturación (46-47).

2.5.1. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

El Microscopio Electrónico de Barrido (SEM por sus siglas en inglés) es un instrumento sumamente útil y eficaz para escanear la superficie de objetos o muestras en aumentos que van desde 1 µm hasta 1 nm. Las muestras son

expuestas a un haz de electrones, lo que permite obtener una imagen detallada de alta definición y resolución donde podemos valorar la composición, morfología y estructura del objeto de estudio (48). En la Figura 10 se observa el SEM Supra 40 de la casa comercial Zeiss.



Figura 10. Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)

Ejemplo de Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) de la casa comercial Zeiss utilizado para análisis de muestreo (49).

Este microscopio nos permite evaluar cualitativamente el sellado del conducto mediante el establecimiento de medidas exactas entre un material y otro. Gracias a su potente aumento es posible observar la interfase entre el material de obturación y las paredes, o bien, entre la misma gutapercha (50).

2.5.2. MICRO-CT

La Micro-CT es una técnica de investigación que, como su nombre lo indica, permite obtener un análisis tridimensional de los objetos de estudio, por ejemplo, el conducto radicular instrumentado y/o obturado. De esta manera es posible determinar en porcentaje la cantidad de espacios vacíos presentes entre el material que fue colocado como relleno (51).

Mediante un escaneo de la muestra, la Micro-CT permite obtener una reconstrucción virtual tridimensional (Figura 11) mediante el uso de un software,

proporcionando ciertas ventajas sobre estudios microscópicos como el SEM, ya que pese a su excelente resolución solo observamos una imagen bidimensional (51).



Figura 11. Reconstrucción virtual tridimensional usando Micro-CT

Reconstrucción virtual tridimensional de los conductos radiculares de terceros molares maxilares utilizando Micro-CT (51).

En esencia, una vez que se obtenga una réplica del espacio del conducto instrumentado, es necesario superponer una réplica del espacio del conducto obturado, resultando un porcentaje exacto de espacios que no fueron rellenados correctamente por el material, no sólo en un determinado corte sino en la totalidad del conducto radicular (52).

2.5.3. MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

Un microscopio estereoscópico (Figura 12) permite observar el objeto de estudio mediante la aplicación de luz reflejada sobre el mismo, por lo que es posible estudiar las muestras a un mayor aumento sin necesidad de un proceso de preparación tan meticuloso como en los casos de los microscopios de luz transmitida. Para evaluar la calidad de sellado tridimensional de los materiales de obturación como la gutapercha, es necesario realizar cortes axiales o longitudinales que expongan una parte del material y, de esta manera, examinar a detalle los espacios sin rellenar (53).



Figura 12. Microscopio Estereoscópico

Ejemplo de Microscopio Estereoscópico Binocular, el cuál será empleado en el presente estudio para el análisis de las muestras (54).

En base a lo antes expuesto, la elección de la técnica, materiales y aditamentos de obturación es una decisión importante que el clínico debe tomar con los mayores fundamentos posibles, por ello, es imprescindible establecer cuáles favorecen más en determinados casos y bajo qué condiciones para reducir el riesgo de fracaso y mejorar el pronóstico del tratamiento. Es por esto que el objetivo de este estudio es determinar cuál de los dos sistemas de obturación termoplastificada evaluados (3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker) proporciona un mayor sellado tridimensional del conducto radicular a menor temperatura mediante ensayos *in vitro*.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La obturación es un paso determinante en el tratamiento de conductos ya que, al lograr un sellado lo más hermético, homogéneo y tridimensional posible, garantizamos su éxito a mediano y largo plazo. No obstante, si este procedimiento no se realiza con los materiales y técnicas más favorecedoras que nos permitan alcanzar una obturación adecuada sin afectar la integridad de los tejidos adyacentes, los errores como el sellado deficiente y los espacios vacíos pueden hacerse presentes y comprometer severamente el pronóstico del tratamiento.

Por lo anterior nos planteamos la siguiente pregunta: ¿cuál de los dos sistemas de obturación termoplastificada evaluados (3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker) ofrece un mayor sellado tridimensional del conducto radicular a menor temperatura?

IV. JUSTIFICACIÓN

Implementar el uso de técnicas de obturación termoplastificadas es imprescindible para mejorar la calidad de sellado y disminuir la presencia de espacios vacíos a lo largo de la longitud de obturación. Sin embargo, las altas temperaturas de hasta 200 °C a las que son sometidos estos sistemas pueden ocasionar daños severos en los tejidos periapicales, tejidos dentales y en las propiedades físicas de algunos cementos selladores, por lo que su uso a temperaturas menores debe ser analizado para determinar si la calidad del sellado sigue siendo óptima y, de esta manera, disminuir el riesgo de daño tisular como consecuencia del calor generado.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

El presente estudio *in vitro* nos permitirá identificar las diferencias (si las hay) en la calidad de sellado tridimensional del conducto radicular proporcionado por los sistemas de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker a diferentes temperaturas.

5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)

No existirá diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el sellado tridimensional proporcionado por los sistemas de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker a 150 °C y el sellado proporcionado por estos mismos sistemas a 200 °C.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

Existirá diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el sellado tridimensional proporcionado por los sistemas de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker a 150 °C y el sellado proporcionado por estos mismos sistemas a 200 °C.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar cuál de los dos sistemas de obturación termoplastificada evaluados (3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker) proporciona un mayor sellado tridimensional del conducto radicular a menor temperatura mediante ensayos *in vitro*.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar la preparación, desinfección y obturación de los premolares unirradiculares con los sistemas de obturación seleccionados y las variaciones de temperatura establecidas.
2. Enfriar las muestras mediante la aplicación de aire frío y seccionarlas en cortes axiales a 5 mm del extremo coronal.
3. Determinar el porcentaje de espacios vacíos mediante microscopía estereoscópica y análisis estadístico de Varianza (ANOVA) bidireccional.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

1. Sistema de obturación termoplastificada.
2. Temperatura aplicada.

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

1. Porcentaje de espacios vacíos.

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Para determinar el porcentaje de espacios vacíos presentes en los conductos radiculares obturados se empleará un microscopio estereoscópico DM143 (Motic) y, posteriormente, se examinarán las fotografías digitales obtenidas a través de análisis de imagen con el software Motic Images Plus 2.0. Los resultados arrojados se evaluarán utilizando el software SPSS de IBM mediante un análisis estadístico de Varianza (ANOVA) bidireccional.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental.

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

40 premolares unirradiculares de reciente extracción distribuidos en 4 grupos de estudio (n=10).

Grupo A: Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth a una temperatura de 150 °C.

Grupo B: Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth a una temperatura de 200 °C.

Grupo C: Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada RTA de Woodpecker a una temperatura de 150 °C.

Grupo D: Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada RTA de Woodpecker a una temperatura de 200 °C.

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

En este estudio experimental *in vitro* se utilizaron 40 premolares unirradiculares humanos de reciente extracción (Figura 13). Para determinar la permeabilidad de los conductos y la longitud de trabajo de los mismos se emplearon limas manuales tipo K #10 y #15 (MANI, Inc) (Figura 14). Posteriormente, la preparación y conformación mecánica se llevó a cabo con ayuda del sistema rotatorio ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Ballaige, Suiza) (Figura 14) hasta el instrumento F3 y el motor endodóntico X-Smart Plus (Dentsply Sirona, Iberia, España). Para la irrigación de los conductos radiculares se utilizó hipoclorito de sodio (NaOCl) al

5.25% como solución desinfectante, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 17% (Limpiador MD, MetaBiomed, Chungju, Corea) como solución quelante y solución salina al 0.9% como irrigante final. Seguido a esto se realizó el secado de los conductos con puntas de papel absorbente (Hygenic Coltene/Whaledent AG, Altstatten, Suiza).

Se utilizaron conos de gutapercha conicidad y calibre 30.06 (Hygenic Coltene/Whaledent AG, Altstatten, Suiza) para garantizar el ajuste apical del material y, a continuación, realizar la técnica de onda continua con el sistema asignado para cada grupo de estudio. En el caso de los grupos de estudio A y B, se asignó el aditamento Fast Pack 3D (Eighteeth, Changzhou, China) para el recorte del cono maestro, así como el sistema de obturación termoplastificada Fast Fill 3D (Eighteeth, Changzhou, China) para la obturación de los tercios restantes. Por otro lado, en los grupos de estudio C y D se realizó el recorte del excedente de material coronal con el aditamento Fi-P RTA (Woodpecker, Guangxi, China), mientras que los tercios restantes se obturaron con el aditamento Fi-E RTA (Woodpecker, Guangxi, China) para la inyección de gutapercha termoplastificada. En ambos grupos se utilizaron compactadores verticales (SybronEndo, Kerr) para condensar el material.

Finalmente, para la observación de las muestras se utilizó un microscopio estereoscópico DM143 (Motic). El análisis de imágenes se realizó mediante el software Motic Images Plus 2.0 y el análisis estadístico con el software SPSS de IBM.

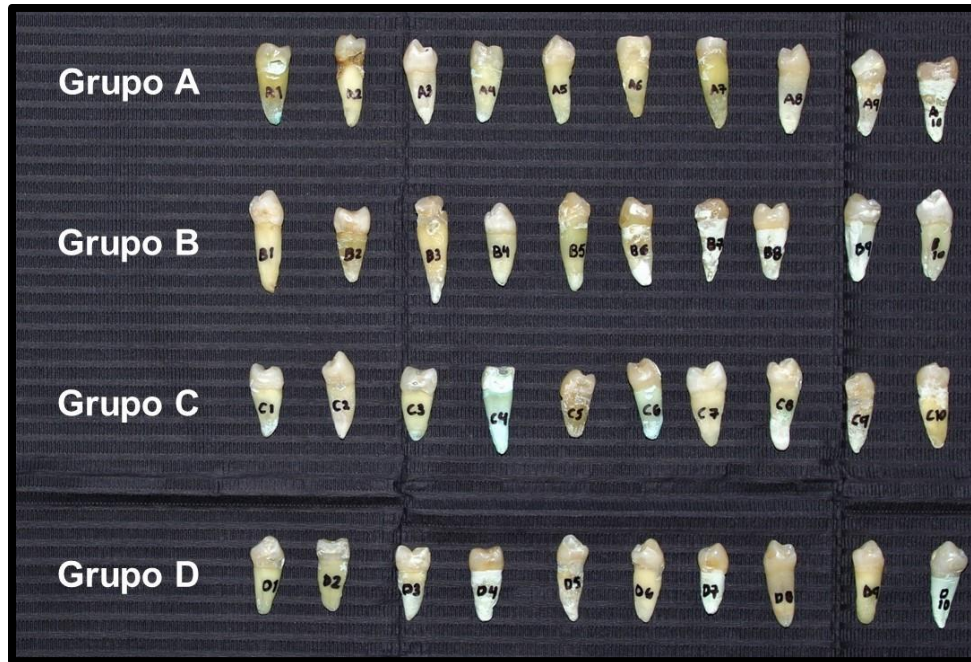


Figura 13. 40 premolares unirradiculares humanos de reciente extracción

40 premolares unirradiculares que cumplieron con los criterios de inclusión de esta investigación, divididos en 4 grupos de estudio.



Figura 14. Limas manuales tipo K #10 y sistema rotatorio ProTaper Gold

A) Limas manuales tipo K #10 para asegurar la permeabilidad del conducto y establecer la longitud de trabajo. B) Sistema rotatorio ProTaper Gold para realizar la preparación y conformación mecánica de los conductos.

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Los premolares unirradiculares utilizados fueron previamente desinfectados por inmersión en NaOCl al 5.25% durante 30 minutos y almacenados en solución salina al 0.9% hasta su uso. Las muestras se decoronaron a nivel de la unión cemento-esmalte y se estandarizó la longitud de la raíz a 14 mm (Figura 15). Para el abordaje endodóntico, la longitud de trabajo se determinó a 0.5 mm del foramen apical utilizando una lima manual tipo K #10 como se muestra en la Figura 16.

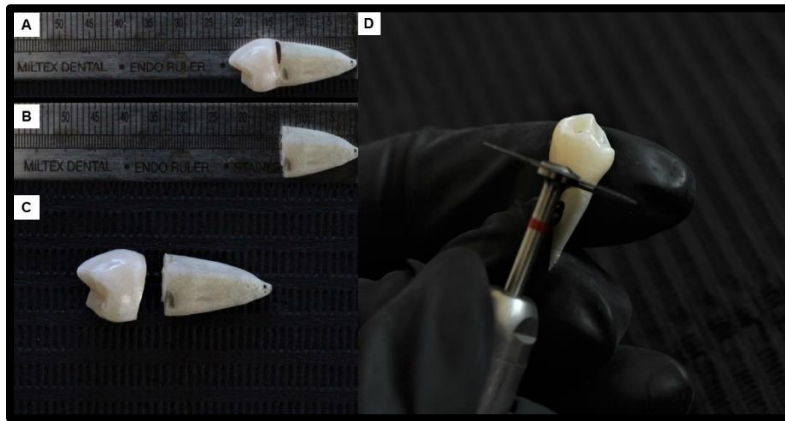


Figura 15. Decoronación de las muestras

A) Medición de la longitud de la raíz a 14 mm. B) Raíz estandarizada a 14 mm. C) Pieza decoronada. D) Corte de la corona con un disco de diamante de baja velocidad.



Figura 16. Longitud de trabajo

Determinación de la longitud de trabajo de las muestras con limas manuales tipo K #10.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó la técnica de instrumentación crown down para preparar todos los conductos utilizando el sistema rotatorio de níquel-titanio ProTaper Gold hasta un tamaño apical de 30.09 (instrumento F3), realizando una irrigación copiosa con NaOCl al 5.25% entre cada instrumento (Figura 17). Al finalizar la preparación quimiomecánica, se realizó un protocolo de irrigación utilizando NaOCl al 5.25%, solución salina al 0.9%, EDTA al 17% y, nuevamente, solución salina al 0.9% en ese orden, esto con el propósito de eliminar el barrillo dentinario residual de las paredes del conducto con la solución quelante y, finalmente, dejar un conducto libre de sustancias con la ayuda de la irrigación final con solución salina. En la Figura 18 se muestran las soluciones empleadas en el protocolo de irrigación. A continuación, se secaron los conductos con puntas de papel absorbente y se eligieron conos de gutapercha conicidad y calibre 30.06 para la obturación (Figura 19).

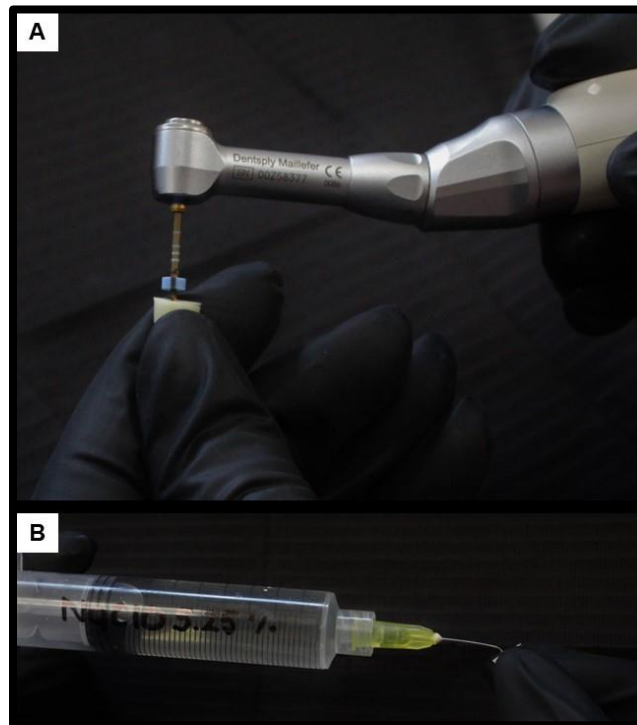


Figura 17. Preparación quimiomecánica

*A) Preparación mecánica con el sistema rotatorio ProTaper Gold hasta el instrumento F3.
B) Irrigación copiosa con NaOCl al 5.25% entre cada instrumento.*

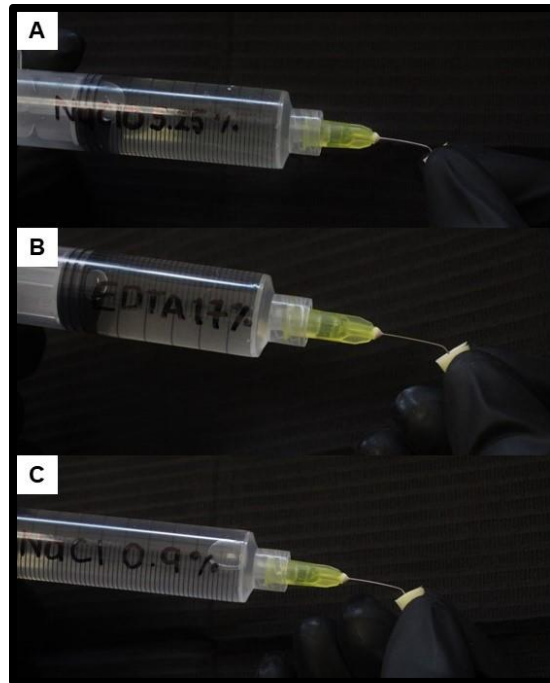


Figura 18. Protocolo de irrigación

A) Hipoclorito de sodio al 5.25%. B) EDTA al 17%. C) Solución salina al 0.9%.

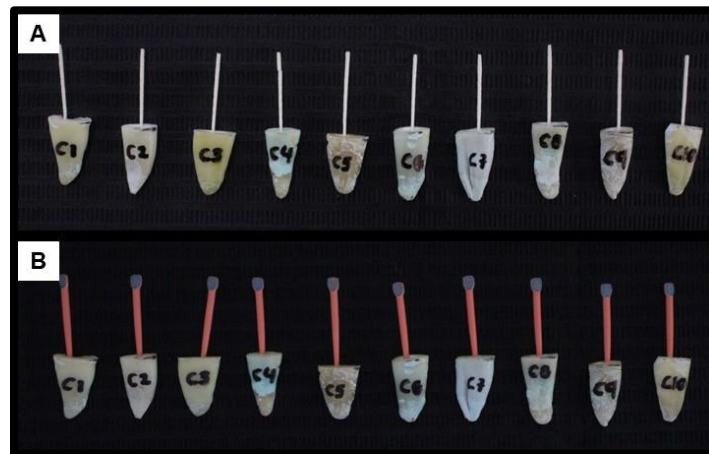


Figura 19. Puntas de papel y ajuste de cono maestro

A) Secado de los conductos con puntas de papel absorbente. B) Ajuste del cono maestro de gutapercha 30.06.

Posteriormente, los 40 premolares se dividieron en 4 grupos de estudio (n=10) de acuerdo al sistema de obturación termoplastificada asignado y la temperatura aplicada. **Grupo A:** Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth a una temperatura de 150 °C. **Grupo B:** Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth a una temperatura de 200 °C. **Grupo C:** Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada RTA de Woodpecker a una temperatura de 150 °C. **Grupo D:** Premolares obturados con el sistema de obturación termoplastificada RTA de Woodpecker a una temperatura de 200 °C.

En todos los grupos de estudio se empleó la técnica de onda continua para obturar la totalidad del conducto.

8.4.2. OBTURACIÓN CON EL SISTEMA 3D DE EIGHTEETH

En el caso de los grupos A y B se utilizó el sistema 3D de Eighteeth, al cual se le hicieron los ajustes de temperatura necesarios para cada grupo (Figura 20). Una vez ajustado apicalmente el cono de gutapercha 30.06, se procedió a recortar el excedente de los tercios medio y coronal con el aditamento Fast Pack (punta amarilla 50.05), aplicando una temperatura de 150 °C y 200 °C, respectivamente. A continuación, se obturó el resto del conducto en incrementos de 3-4 mm con la inyección de gutapercha termoplastificada empleando el aditamento Fast Fill a una temperatura de 150 °C y 200 °C, respectivamente, realizando movimientos de compactación vertical con condensadores entre cada incremento (Figura 21).

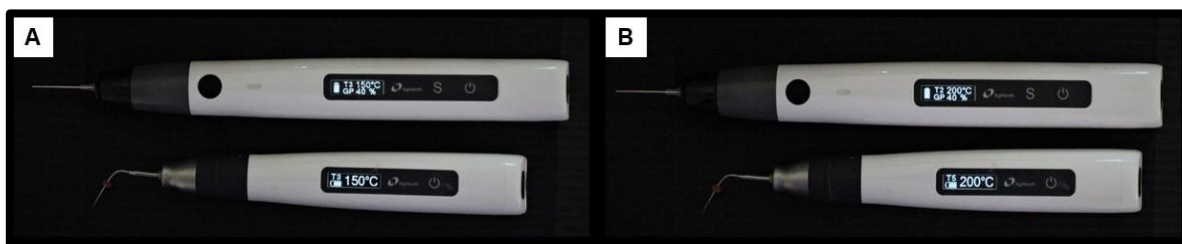


Figura 20. Sistema de obturación 3D de Eighteeth

A) Ajuste de los dos aditamentos del sistema, Fast Pack y Fast Fill, a 150 °C. B) Ajuste de los dos aditamentos del sistema, Fast Pack y Fast Fill, a 200 °C.

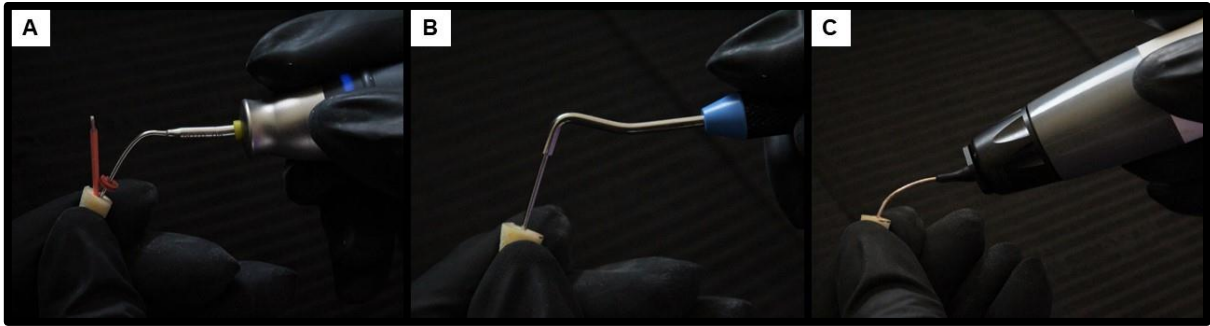


Figura 21. Obturación con el sistema 3D de Eighteeth

A) Recorte del cono maestro con el aditamento Fast Pack. B) Compactación vertical con condensadores de la casa comercial SybronEndo. C) Inyección de la gutapercha termoplastificada en los tercios restantes con el aditamento Fast Fill.

8.4.3. OBTURACIÓN CON EL SISTEMA RTA DE WOODPECKER

En los grupos C y D se utilizó el sistema RTA de Woodpecker, al cual se le hicieron los ajustes de temperatura necesarios para cada grupo (Figura 22). Seguido a esto, se ajustó apicalmente el cono de gutapercha 30.06 y se recortó el excedente de material en tercio coronal y medio con el transportador de calor Fi-P a una temperatura de 150 °C y 200 °C, respectivamente. El resto del conducto se obturó con incrementos de 3-4 mm de gutapercha termoplastificada utilizando el aditamento Fi-E a una temperatura de 150 °C y 200 °C, respectivamente, realizando movimientos de compactación vertical con condensadores entre cada incremento (Figura 23).

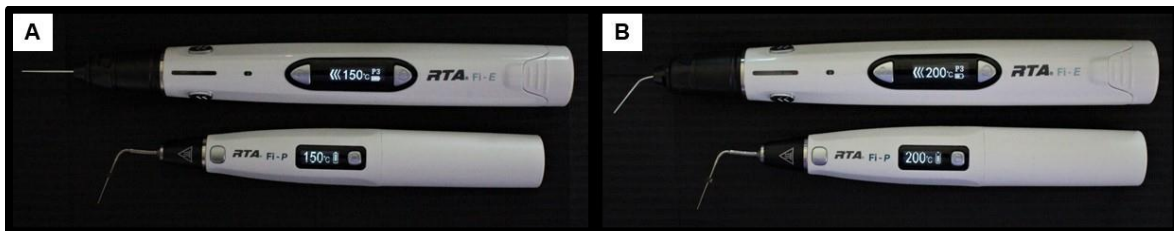


Figura 22. Sistema de obturación RTA de Woodpecker

A) Ajuste de los dos aditamentos del sistema, Fi-P y Fi-E, a 150 °C. B) Ajuste de los dos aditamentos del sistema, Fi-P y Fi-E, a 200 °C.

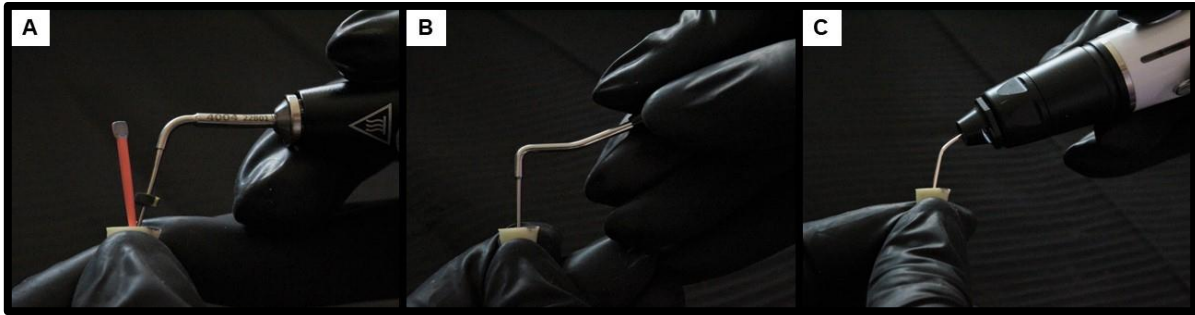


Figura 23. Obturación con el sistema RTA de Woodpecker

A) Recorte del cono maestro con el aditamento Fi-P. B) Compactación vertical con condensadores de la casa comercial SybronEndo. C) Inyección de la gutapercha termoplastificada en los tercios restantes con el aditamento Fi-E.

Después de la obturación de todos los grupos de estudio, cada muestra fue colocada en un tubo Eppendorf de 1.5 ml y distribuidas en una gradilla metálica de 40 espacios para ser organizadas en filas cada grupo.

8.4.4. EVALUACIÓN DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL

Se realizó una muesca circular en sentido perpendicular al eje longitudinal de la raíz a 5 mm del extremo coronal, utilizando un disco de diamante de baja velocidad y respetando la integridad del conducto obturado para no alterar el material (Figura 24). Una vez realizado el corte, se congeló la muestra con aire frío (Endo-Ice) para facilitar su separación en dos segmentos utilizando una espátula de lecrón (Figura 25). El segmento coronal fue observado por su cara inferior en el microscopio estereoscópico digital (Figura 26) a un aumento de 4X, tomando fotografías de cada muestra (Figura 27). Las imágenes digitales se utilizaron para estimar y medir la presencia de espacios vacíos mediante el software Motic Images Plus 2.0 (Figura 28), el cual se calibró previamente con una tablilla calibradora para microscopio.

Para obtener el porcentaje de espacios vacíos por muestra, se dividió el área total de espacios vacíos encontrados entre el área total de obturación y el resultante de esta división se multiplicó por 100.

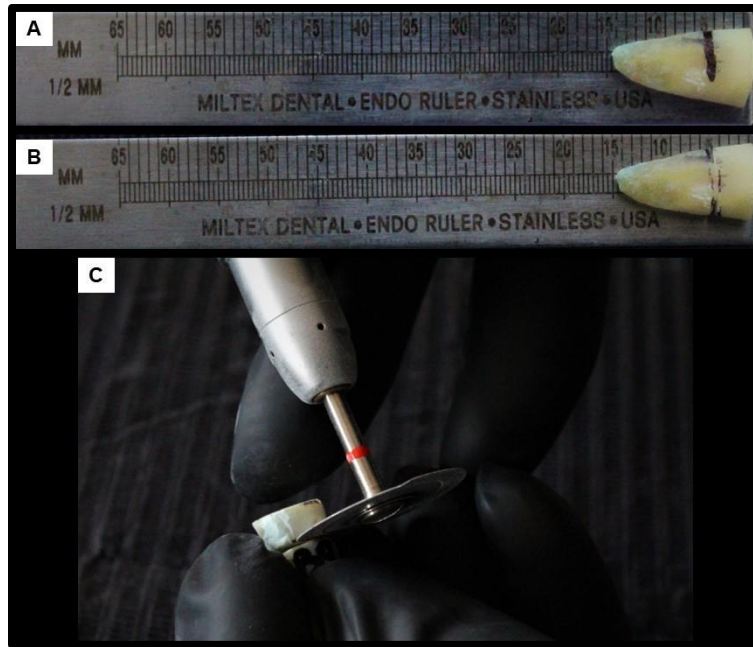


Figura 24. Muesca circular para la separación de la muestra

A) Medición de las muestras a 5 mm del extremo coronal. B) Muesca realizada. C) Corte con el disco de diamante siguiendo la marca establecida a 5 mm.

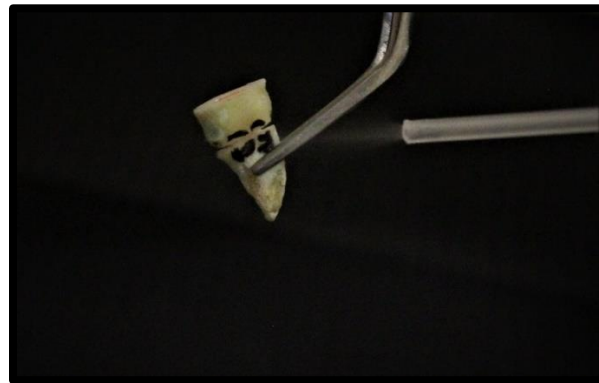


Figura 25. Enfriamiento de la muestra

Aplicación de Endo-Ice para congelar la muestra y facilitar su separación en dos segmentos sin comprometer el material de obturación.



Figura 26. Microscopio Estereoscópico DM143 (Motic)

En la figura se observa un ejemplo del microscopio utilizado para el estudio de las muestras (55).

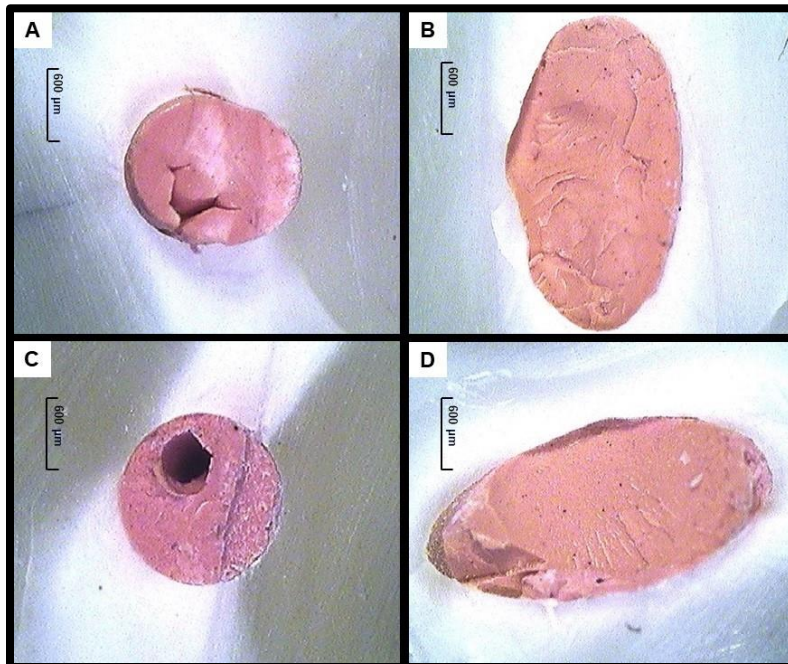


Figura 27. Imágenes de las muestras vistas en el microscopio estereoscópico

Imágenes de los cortes axiales de las muestras obtenidas con el microscopio estereoscópico a un aumento de 4X: A, B y C) Muestras representativas del grupo A, obturado con el sistema 3D de Eighteeth a 150 °C. D) Muestra representativa del grupo B, obturado con el sistema 3D de Eighteeth a 200 °C.

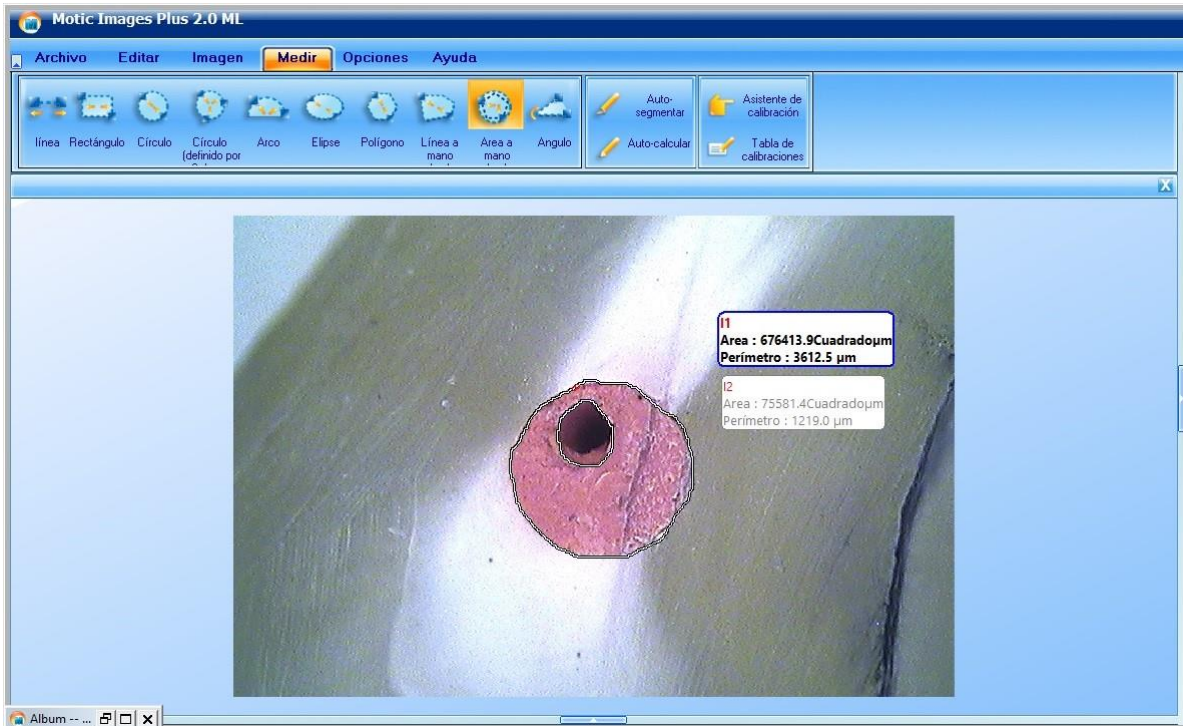


Figura 28. Software Motic Images Plus 2.0

Ventana del software Motic Images Plus 2.0, utilizado para medir el área total de obturación y el área de espacios vacíos.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo empleando el software SPSS de IBM con el método de Análisis de Varianza ANOVA bidireccional. La diferencia fue considerada como estadísticamente significativa a $p < 0.05$.

IX. RESULTADOS

9.1. EVALUACION CUALITATIVA DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL

En el presente estudio *in vitro* se evaluó la calidad de sellado tridimensional de dos sistemas de obturación termoplastificada (3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker) aplicando variaciones de temperatura de 150 °C y 200 °C a cada uno de sus aditamentos. Para obtener un porcentaje de espacios vacíos por muestra, se tomaron fotografías digitales de cada una con ayuda del microscopio estereoscópico DM143 (Motic) a un aumento de 4X y el software Motic Images Plus 2.0, con el cual también se registraron las mediciones correspondientes del área total de obturación y área de espacios vacíos.

En la Figura 29 se pueden observar ejemplos de tres muestras por grupo de estudio: en el grupo A (3D de Eighteeth a 150 °C) se aprecian obturaciones homogéneas y uniformes; por otro lado, en el grupo B (3D de Eighteeth a 200 °C) observamos algunas obturaciones irregulares y rugosas, no obstante, el sellado proporcionado fue en su mayoría homogéneo, destacando que la gutapercha fluyó a través de conductos laterales en una de las muestras; en el grupo C (RTA de Woodpecker a 150 °C) encontramos obturaciones bien selladas y homogéneas con un par de espacios vacíos dispuestos a manera de franjas en algunos casos; por último, casi en la totalidad de los casos del grupo D (RTA de Woodpecker a 200 °C) se encontraron obturaciones uniformes y lisas, sólo se destacan algunas muestras en las que los espacios vacíos ocuparon una gran área con respecto al área total de obturación.

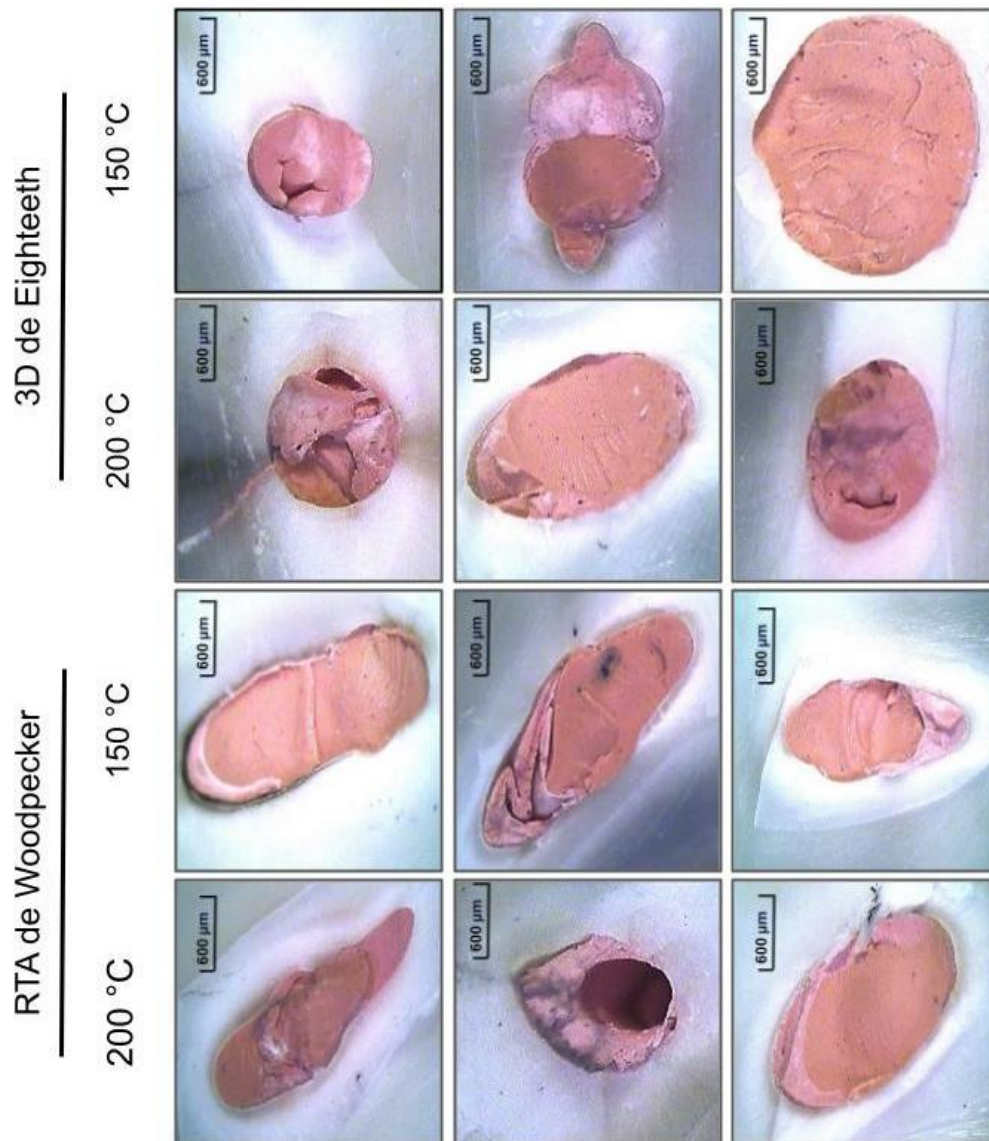


Figura 29. Cortes axiales de las muestras vistos en el microscopio estereoscópico a un aumento de 4X

Imágenes digitales obtenidas con el microscopio estereoscópico a un aumento de 4X, donde se observan tres muestras por grupo de estudio, destacando algunos espacios vacíos de grandes dimensiones en el grupo RTA de Woodpecker a 200 °C y rugosidades o franjas en algunas muestras de los grupos de 150 °C.

9.2. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL SELLADO TRIDIMENSIONAL

Una vez que se obtuvo el área total de obturación y el área de espacios vacíos, se procedió a determinar el porcentaje de espacios vacíos por muestra. Para calcularlo, se dividió el área total de espacios vacíos encontrados entre el área total de obturación, y el resultante de esta división se multiplicó por 100. Posteriormente, se estimaron los promedios de porcentajes de espacios vacíos por grupo de estudio.

El grupo A, correspondiente al sistema 3D de Eighteeth a 150 °C, obtuvo un promedio de porcentaje de espacios vacíos de 2.9%; mientras que el grupo B, también del sistema 3D de Eighteeth pero a 200 °C, presentó un 3.9%; el grupo C, obturado con el sistema RTA de Woodpecker a 150 °C, presentó un promedio de porcentaje de espacios vacíos de 2.4%, siendo este el valor más bajo de todos los grupos de estudio; finalmente, en el grupo D, obturado con el sistema RTA de Woodpecker a 200 °C, se obtuvo un promedio de porcentaje de espacios vacíos de 8.3%, siendo el grupo de estudio con el porcentaje más alto. En la Figura 30 se muestra una gráfica de barras agrupadas que esquematiza los promedios de porcentajes de espacios vacíos por grupo de estudio, así como la desviación estándar de cada uno.

En base a los análisis estadísticos realizados, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el sellado tridimensional proporcionado por los sistemas de obturación termoplastificada 3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker a 150 °C y el sellado proporcionado por estos mismos sistemas a 200 °C, por lo que se confirma la hipótesis nula (H_0) de este estudio. Además, no existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el sellado tridimensional proporcionado por el sistema 3D de Eighteeth a 150 °C y el sistema RTA de Woodpecker a esta misma temperatura. En la Figura 31 se muestra la tabla de resultados arrojados por el software SPSS de IBM con el cual se realizó el Análisis de Varianza ANOVA bidireccional.

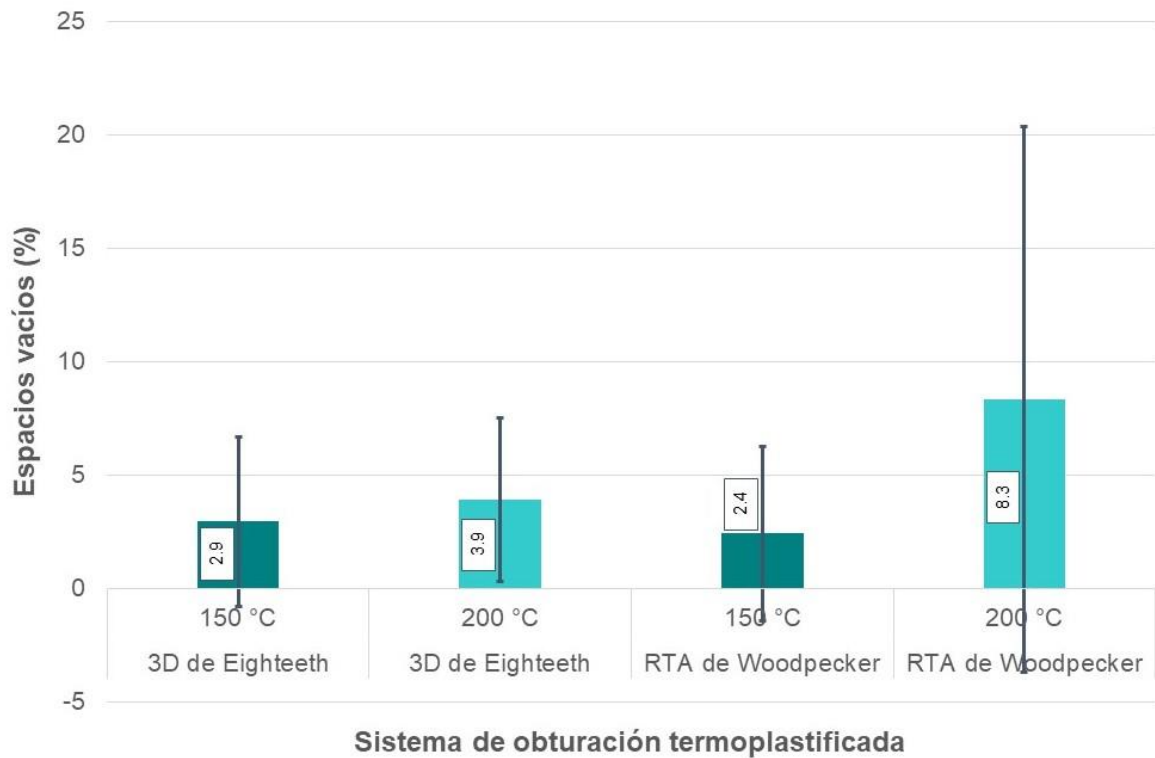


Figura 30. Gráfica de promedios de porcentajes de espacios vacíos por grupo de estudio

En la figura se observan las barras verticales correspondientes al promedio de espacios vacíos que obtuvo cada grupo de estudio, mientras que las líneas verticales entre las barras corresponden a la desviación estándar de cada grupo.

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Porcentaje de espacios vacíos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Sistema	43.346	1	43.346	.934	.340
Temperatura	128.120	1	128.120	2.760	.105
Sistema * Temperatura	52.803	1	52.803	1.137	.293
Total	2649.563	40			
Total corregido	1895.411	39			

Figura 31. Análisis estadístico

En la figura se esquematizan los resultados arrojados por el Análisis de Varianza ANOVA bidireccional utilizando el software SPSS de IBM; los valores encerrados en el recuadro rojo representan el grado de significación en base a las variables independientes. Al obtener resultados dentro de los rangos de $p > 0.05$, se considera que no existe diferencia estadísticamente significativa en los resultados obtenidos.

X. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio *in vitro*, ambos sistemas de obturación termoplastificada (3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker) obtuvieron porcentajes de espacios vacíos bajos independientemente de la temperatura aplicada. Estos resultados coinciden con el estudio de Schäfer *et al.*, en el cual se evaluaron diferentes técnicas de obturación, desde termoplastificadas, como único y condensación lateral en frío. Los resultados registraron una menor presencia de espacios vacíos en las técnicas termoplastificadas sin importar el sistema que se haya utilizado, obteniendo porcentajes de espacios vacíos nulos o menores al 5% al igual que en la presente investigación (27).

Qiong *et al.* realizaron pruebas de filtración de glucosa para exhibir la capacidad de sellado apical que proporcionan diferentes técnicas de obturación con aditamentos calientes en comparación con la técnica de condensación lateral en frío, demostrando que las técnicas termoplastificadas con Thermafil y E&Q Plus proporcionan un menor grado de filtración indistintamente del sistema que se haya utilizado, ya que no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el grado de filtración obtenido en ambos sistemas. De tal manera que, al igual que en el presente estudio, el sellado proporcionado por los sistemas de obturación termoplastificada es óptimo y con una diferencia de mínima a nula entre ellos (38).

Como se mencionó previamente, en todos los grupos de estudio de esta investigación se presentaron obturaciones homogéneas y uniformes en su mayoría, con algunos casos de espacios vacíos de pequeñas dimensiones a manera de franjas o surcos, por lo que el promedio de porcentaje de espacios vacíos por grupo de estudio fue menor a 4% en los primeros tres grupos y menor a 9% en el cuarto grupo. Estos resultados coinciden con los porcentajes obtenidos en el estudio de Iglecias *et al.*, donde se estudió la presencia de espacios vacíos con las técnicas de onda continua utilizando el sistema de obturación termoplastificada Elements de SybronEndo y la técnica de condensación lateral en

frío. En las muestras obturadas con la técnica de onda continua se presentó un promedio de porcentaje de espacios vacíos de 3.9%, similar al obtenido en esta investigación (39).

Del mismo modo, en el estudio de Liu *et al.* se utilizó la técnica de onda continua para medir la presencia de espacios vacíos en comparación con la técnica de cono único con diferentes cementos selladores. Pese a que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos de estudio, la técnica de onda continua con el sistema B&L de Biotech obtuvo un porcentaje de espacios vacíos de 2.52% en la raíz mesial y 2.24% en la raíz distal de molares mandibulares, siendo muy similares a algunos de los porcentajes obtenidos en los grupos de estudio del sistema 3D de Eighteenth (56).

Por último, es importante resaltar la capacidad que demostraron ambos sistemas de obturación a ambas temperaturas de llegar a espacios de difícil acceso dentro de los conductos radiculares, tanto los conductos laterales, istmos e irregularidades anatómicas. Al igual que en este proyecto, Oh *et al.* demostraron que el sistema de obturación termoplastificada que utilizaron (B&L de Biotech), si bien obtuvo resultados similares a la técnica de condensación lateral en frío en los conductos radiculares principales, presentaron un volumen de obturación superior ya que tuvieron la capacidad de rellenar los istmos de los conductos con la gutapercha termoplastificada, recordando que esto proporciona una mayor estabilidad dimensional al material de obturación (22).

XI. CONCLUSIONES

En este estudio se evaluó la calidad de sellado tridimensional proporcionado por dos sistemas de obturación termoplastificada: 3D de Eighteeth y RTA de Woodpecker, aplicando una temperatura de 150 °C y 200 °C, tomando como referente el porcentaje de espacios vacíos presentes entre el material de obturación. Para ello, se utilizó un microscopio estereoscópico DM143 (Motic) y el software Motic Images Plus 2.0 para el análisis de las imágenes. De acuerdo a los resultados obtenidos y al análisis estadístico realizado se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre la calidad de sellado tridimensional proporcionado por el sistema 3D de Eighteeth a 150°C y a 200 °C, con un porcentaje de espacios vacíos de 2.9% y 3.9%, respectivamente. Del mismo modo, no se encontró diferencia estadísticamente significativa cuando se utilizó el sistema RTA de Woodpecker a 150 °C y a 200 °C, con un porcentaje de espacios vacíos de 2.4% y 8.3%, respectivamente. Por lo anterior se establece que es posible utilizar ambos sistemas a menor temperatura sin comprometer la calidad de sellado.
2. No se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar el porcentaje de espacios vacíos obtenido con el sistema 3D de Eighteeth a 150 °C y con el sistema RTA de Woodpecker a esta misma temperatura, teniendo un promedio de 2.9% y 2.4%, respectivamente. Sin embargo, RTA de Woopecker presentó una mínima ventaja con respecto al otro sistema.
3. Al evaluar cualitativamente ambos sistemas a 150 °C, la presencia de espacios vacíos fue de mínima a nula, logrando obturaciones homogéneas y uniformes.
4. No se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar el porcentaje de espacios vacíos obtenido con el sistema 3D de Eighteeth a 200 °C y con el sistema RTA de Woodpecker a esta misma temperatura, teniendo un

promedio de 3.9% y 8.3%, respectivamente, por lo que 3D de Eighteeth obtuvo un promedio considerablemente más favorable que el otro sistema.

5. Al evaluar cualitativamente ambos sistemas a 200 °C, la presencia de espacios vacíos fue mínima, sin embargo, se obtuvieron algunas muestras con espacios vacíos de grandes dimensiones.

6. Basándonos en la temperatura aplicada, no existió diferencia estadísticamente significativa al utilizar los sistemas de obturación a 150 °C o 200 °C. Sin embargo, los grupos de estudio en los que se aplicó 150 °C obtuvieron los menores promedios de porcentajes de espacios vacíos: 2.9% con el sistema 3D de Eighteeth y 2.4% con el sistema RTA de Woodpecker.

7. Basándonos en el sistema de obturación empleado, no existió diferencia estadísticamente significativa al utilizar el sistema 3D de Eighteeth o el sistema RTA de Woodpecker. Sin embargo, el sistema 3D de Eighteeth obtuvo resultados más predecibles al tener promedios de porcentajes vacíos bajos (2.9% a 150 °C y 3.9% a 200 °C) con una diferencia de tan solo 1%. Mientras que el sistema RTA de Woodpecker, si bien presentó el grupo con el menor porcentaje de espacios vacíos, obtuvo resultados variados (2.4% a 150 °C y 8.3% a 200 °C) con una diferencia de 5.9% entre sus grupos de estudio.

8. En razón de lo antes expuesto, se comprueba la hipótesis nula (H0) de este proyecto.

XII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar premolares unirradiculares que presenten un conducto acintado u ovalado, cuya anatomía no varíe mucho entre cada muestra.
2. Se recomienda estudiar más cortes por muestra.
3. Se recomienda utilizar Micro-CT o tomografías para el análisis del sellado tridimensional.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: A review of the literature. *J Endod.* 2005;31(5):333–40.
2. Versiani MA, Basrani B, Sousa-Neto MD. The root canal anatomy in permanent dentition. *The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition.* 2018. 1–425 p.
3. Bansode P V, Pathak SD, Wavdhane MB, Kale D. Obturating materials present and past: a review. *IOSR J Dent Med Sci.* 2018;17(3):27–33.
4. Octavio Manuel Rangel Cobos * Carlos Alberto Luna Lara. Root canal system obturation: a review of literature. 2018. p. 269–72.
5. Endodontics C. Técnicas y sistemas actuales de obturación en Endodoncia. Revisión crítica de la literatura. 2018;15(2):85–93.
6. Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH. Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *J Endod.* 2005;31(1):37–9.
7. Gutapercha [Internet]. [citado el 7 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://plus.odontologybg.com/producto/punta-gutapercha-gt/>
8. Asawaworarit W, Pinyosopon T, Kijamanmith K. Comparison of apical sealing ability of bioceramic sealer and epoxy resin-based sealer using the fluid filtration technique and scanning electron microscopy. *J Dent Sci.* 2020;15(2):186–92.
9. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J.* 2020;39(5):703–20.

10. Kapralos V, Rukke HV, Ørstavik D, Koutroulis A, Camilleri J, Sunde PT. Antimicrobial and physicochemical characterization of endodontic sealers after exposure to chlorhexidine digluconate. *Dent Mater.* 2021;37(2):249–63.
11. Pizzo G, Giammanco GM, Cumbo E, Nicolosi G, Gallina G. In vitro antibacterial activity of endodontic sealers. *J Dent.* 2006;34(1):35–40.
12. Chang SW, Lee SY, Kang SK, Kum KY, Kim EC. In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iroot SP root canal sealer. *J Endod.* 2014;40(10):1642–8.
13. Ruiz-Linares M, Bailón-Sánchez ME, Baca P, Valderrama M, Ferrer-Luque CM. Physical properties of AH plus with chlorhexidine and cetrimide. *J Endod.* 2013;39(12):1611–4.
14. Kapralos V, Koutroulis A, Ørstavik D, Sunde PT, Rukke HV. Antibacterial activity of endodontic sealers against planktonic bacteria and bacteria in Biofilms. *J Endod.* 2018;44(1):149–54.
15. Athanassiadis BA, George GA, Abbott P V., Wash LJ. A review of the effects of formaldehyde release from endodontic materials. *Int Endod J.* 2015;48(9):829–38.
16. Cemento sellador AH Plus [Internet]. [citado el 7 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.dentalmex.mx/producto/cemento-ah-plus-de-dentsply/>
17. Baghdadi I, Zaazou A, Tarboush BJA, Zakhour M, Özcan M, Salameh Z. Physicochemical properties of a bioceramic-based root canal sealer reinforced with multi-walled carbon nanotubes, titanium carbide and boron nitride biomaterials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;110(May).

18. Assmann E, Scarparo RK, Böttcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod.* 2012;38(2):219–21.
19. Cemento sellador CeraSeal [Internet]. [citado el 7 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.dentalmex.mx/producto/cemento-ceraseal-metabiomed/>
20. Dioguardi M, Alovise M, Sovereto D, Troiano G, Malagnino G, Di Cosola M, et al. Sealing ability and microbial leakage of root-end filling materials: MTA versus epoxy resin: A systematic review and Meta-Analysis. *Heliyon.* 2021;7(7):e07494.
21. Bukhari S, Karabucak B. The antimicrobial effect of Bioceramic Sealer on an 8-week matured *Enterococcus faecalis* biofilm attached to root canal dentinal surface. *J Endod.* 2019;45(8):1047–52.
22. Oh S, Perinpanayagam H, Kum DJW, Lim SM, Yoo YJ, Chang SW, et al. Evaluation of three obturation techniques in the apical third of mandibular first molar mesial root canals using micro-computed tomography. *J Dent Sci.* 2016;11(1):95–102.
23. Abarca AM, Bustos A, Navia M. A comparison of apical sealing and extrusion between thermafil and lateral condensation techniques. *J Endod.* 2001;27(11):670–2.
24. Espaciador MA57 [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://universum-dental.com.mx/products/ma57-hu-friedy>
25. Heran J, Khalid S, Albaaj F, Tomson PL, Camilleri J. The single cone obturation technique with a modified warm filler. *J Dent.* 2019;89(August).
26. Kumari M, Taneja S, Bansal S. Comparison of apical sealing ability of lateral compaction and single cone gutta percha techniques using different sealers: An in vitro study. *J Pierre Fauchard Acad (India Sect.* 2017;31(2–4):67–72.

27. Schäfer E, Schrenker C, Zupanc J, Bürklein S. Percentage of gutta-percha filled areas in canals obturated with cross-linked gutta-percha core-carrier systems, single-cone and lateral compaction technique. *J Endod.* 2016;42(2):294–8.
28. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal Obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: A Meta-analysis. *J Endod.* 2007;33(2):106–9.
29. Cohen S, Hargreaves K. *Vias de la Pulpa*. Vol. 53, Elsevier Mosby. 2013. 1689–1699 p.
30. Sistema RTA de Woodpecker [Internet]. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.dentaltix.com/es/woodpecker/sistema-obturacion-3d-gutta-percha-fi-g-fi-p>
31. Fast Fill 3D de EighteetH [Internet]. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.dentalclick.com.mx/product/fast-fill/>
32. Fast Pack 3D de Eighteeth [Internet]. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.dentoshop.pe/products/fast-pack>
33. Drumond JPSC, Maeda W, Nascimento WM, Campos D de L, Prado MC, De-Jesus-Soares A, et al. Comparison of postobturation pain experience after apical extrusion of Calcium Silicate– and Resin–Based root canal sealers. *J Endod.* 2021;47(8):1278–84.
34. Zhang W, Peng B. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of iRoot SP, MTA and AH Plus. *Dent Mater J.* 2015;34(6):774–80.
35. Bernáth M, Szabó J. Tissue reaction initiated by different sealers. *Int Endod J.* 2003;36(4):256–61.

36. López-López J, Estrugo-Devesa A, Jané-Salas E, Segura-Egea JJ. Inferior alveolar nerve injury resulting from overextension of an endodontic sealer: Non-surgical management using the GABA analogue pregabalin. *Int Endod J*. 2012;45(1):98–104.
37. Ari H, Belli S, Gunes B. Sealing ability of Hybrid Root SEAL (MetaSEAL) in conjunction with different obturation techniques. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2010;109(6):e113–6.
38. Xu Q, Ling J, Cheung GSP, Hu Y. A quantitative evaluation of sealing ability of 4 obturation techniques by using a glucose leakage test. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2007;104(4):109–13.
39. 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.
40. Espacios vacíos en técnica de condensación lateral [Internet]. [citado el 23 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas12Obturacion/gutalateral.html>
41. Holmes S, Gibson R, Butler J, Pacheco R, Askar M, Paurazas S. Volumetric evaluation of 5 root canal obturation methods in true tooth 3-dimensional-printed tooth replicas using Nano-Computed Tomography. *J Endod*. 2021;47(3):485-491.e4.
42. 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*. 2014;40(4):555–61.

43. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 2015;41(1):72–8.
44. Lipski M. In Vitro infrared thermographic assessment of root surface temperatures generated by high-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha obturation technique. *J Endod.* 2006;32(5):438–41.
45. Zhou X, Chen Y, Wei X, Liu L, Zhang F, Shi Y, et al. Heat transfers to periodontal tissues and gutta-percha during thermoplasticized root canal obturation in a finite element analysis model. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2010;110(2):257–63.
46. Vasiliadis L, Kodonas K, Economides N, Gogos C, Stavrianos C. Short- and long-term sealing ability of Gutta-flow and AH-Plus using an ex vivo fluid transport model. *Int Endod J.* 2010;43(5):377–81.
47. Hernández J, Magaña D, Carrillo L, García J, Rodríguez E. Comparación *In Vitro* de las técnicas de cono único y cono único modificada, empleando los cementos AH Plus Jet y BIO-C Sealer observados por microscopia estereoscópica. Universidad Autónoma de Baja California; 2022.
48. Akhtar K, Khan SA, Khan SB, Asiri AM. Scanning electron microscopy: Principle and applications in nanomaterials characterization. *Handbook of Materials Characterization.* 2018. 113–145 p.
49. Microscopio Electrónico de Barrido [Internet]. [citado el 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://exactas.uba.ar/sic/fe-sem-supra-40-zeiss/>
50. Torky MA, Anil S. Apical sealing and marginal adaptation of MTA apical plug subjected to obturation after different time intervals. *Pediatr Dent J.* 2014;24(3):167–72.
51. Tomaszewska IM, Leszczyński B, Wróbel A, Gładysz T, Duncan HF. A micro-computed tomographic (micro-CT) analysis of the root canal morphology of maxillary third molar teeth. *Ann Anat.* 2018;215:83–92.

52. Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kirkevang LL. Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3–4):689–96.
53. Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical Quality and Adaptation of Resilon, EndoREZ, and Gutttaflow Root Canal Fillings in Combination with a Noncompaction Technique. *J Endod.* 2009;35(2):261–4.
54. Microscopio Estereoscópico [Internet]. [citado el 24 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.equiglass.com.mx/Microscopio-Estereoscopico-LAB-20-LAB-20,96_1562260950
55. Microscopio Estereoscópico DM143 (Motic) [Internet]. [citado el 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/productos/estereo-microscopio-motic-dm-143-fbgg>
56. Liu H, Lai WWM, Hieawy A, Gao Y, von Bergmann HC, Haapasalo M, et al. Micro-computed Tomographic Evaluation of the Quality of Root Canal Fillings in Mandibular Molars after Obturation for 54 Months. *J Endod.* 2021;47(11):1783–9.