



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
ESPECIALIZACIÓN EN ENDOPERIODONTOLOGÍA

COMPARACIÓN DEL SELLADO APICAL OBTENIDO EN DOS
TÉCNICAS DE OBTURACIÓN, UTILIZANDO CEMENTO AH PLUS:
COMPACTACIÓN LATERAL VERSUS COMPACTACIÓN POR ONDA
CONTINUA, ESTUDIO IN VITRO

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
ENDOPERIODONTOLOGÍA

PRESENTA:
C.D. SAUCEDO DE LA CRUZ INGRID IXCHEL
DIRECTOR DE TESIS:
MTRO. JAVIER ANTONIO GARZÓN TRINIDAD

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO, 27 DE
SEPTIEMBRE DE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A Dios por guiarme, protegerme y llenarme de bendiciones.

A mis abuelitos, Valente y Úrsula, ángeles maravillosos y llenos de amor, quienes están presentes en todo momento. Gracias por sus cuidados, cariño y apoyo incondicional.

A mis padres, Jaime y Guadalupe, por ser mi guía y por impulsarme a ser mejor persona y profesionista.

A mi hermano, Irvin, por ofrecerme tu apoyo y tus brazos siempre que lo necesito.

A mi tío, Salvador, por cuidarme y ofrecerme su cariño de padre.

A mi prometido, Manuel, por ser mi soporte, por creer en mí y por ofrecerme tu amor.

A la familia, Sánchez Obregón, por permitirme desarrollarme profesionalmente.

A mis mejores amigos, por ofrecerme su afecto, ser leales y llenarme de alegría.

Al Maestro Javier Antonio Garzón, por sus conocimientos, su dedicación y su guía desde el primer día. Gracias por dirigir y dedicarle tiempo a este proyecto.

Al Especialista Iván García Guerrero, por sus enseñanzas y confianza en mí.

A los Especialistas Karen Angelina Mora Navarrete, Juan Ángel Martínez Loza y Lourdes Catalina Aguilar Laurents, por formar parte de este proyecto, orientarme y compartir sus enseñanzas.

Al Especialista Abel Gómez Moreno, por inspirarme a ingresar a la especialidad y asesorarme.

A la UNAM y a sus docentes que me forjaron profesionalmente.

Contenido

Agradecimientos	II
Contenido	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Índice de graficas	VII
Glosario	VIII
Abreviaturas	X
Resumen	XI
Abstract	XII
Introducción	1
Capítulo 1. Importancia del sellado apical	4
1.1. Métodos de evaluación para el sellado de la obturación	7
1.1.1. Método por penetración de tinción o fuga	7
1.1.2. Método de infiltración de bacterias	8
1.1.3. Método de filtración o transporte de líquidos	9
1.1.4. Método de penetración de glucosa mediante filtración de fluidos	9
1.1.5. Método de microfiltración de proteínas	9
Capítulo 2. Técnicas de obturación	11
2.1. Técnicas de obturación mecánicas	12
2.1.1 Técnica de compactación lateral	12
2.1.2. Cono único	12
2.2. Técnicas de obturación termoplásticas	13
2.2.1. Técnica de compactación vertical en caliente	13
2.2.2 Compactación por onda continua	14
2.2.3. Compactación por onda interrumpida	14
2.2.4. Técnica de inyección de gutapercha termoplástica	15
2.2.5. Obturación por medio de conductores de núcleo o centro sólido	15
2.3. Técnicas de obturación termomecánica	16
2.3.1. Técnica termomecánica o termocompactación de McSpadden	16
2.3.2. Técnica de Tagger	17
2.3.3 Técnica de compactación lateral caliente mediante ultrasonido	17
Capítulo 3. Materiales de obturación	18

3.1. Gutapercha.....	18
3.2. Cementos de conducto	20
3.2.1. Cemento a base de resina epoxi	22
3.2.2. Cemento óxido de Zinc y eugenol (ZOE).....	25
3.2.3. Cementos a base de Salicilato	25
3.2.4. Cementos de óxido de zinc base de ácidos grasos.....	26
3.2.5. Cementos a base de Ionómero.....	26
3.2.6. Cementos a base de silicona	26
3.2.7. Cementos a base de silicato tricálcico.....	26
3.2.8. Cementos a base de resinas de metacrilato.....	27
3.3. Implicaciones del aumento de temperatura sobre la obturación del conducto radicular.....	27
Capítulo 4. Metodología	30
Capítulo 5. Resultados	45
Discusión	51
Conclusión	54
Referencias	56
Anexos	62

Índice de figuras

Figura1. Esquema de las técnicas para obturar conductos radiculares con gutapercha.....	11
Figura 2. Fotografía de los dientes incluidos en el estudio.....	30
Figura 3. Radiografía inicial.	31
Figura 4. Fotografía de los dientes previo a la preparación.	31
Figura 5. Corte perpendicular a nivel de la unión cemento esmalte.....	32
Figura 6. Establecer longitud de trabajo.	32
Figura 7. Radiografía para establecer longitud de trabajo.....	32
Figura 8. Instrumentación con sistema K3XF de Sybron Endo®	33
Figura 9. Punta de gutapercha seleccionada..	35
Figura 10. Compactación de la gutapercha en los 3 mm apicales.	36
Figura 11. Diente obturado por onda continua.	36
Figura 12. Punta principal de gutapercha.	37
Figura 13. Radiografía de prueba de obturación.	38
Figura 14. Radiografía final de obturación por compactación lateral.	38
Figura 15. Almacenamiento de los dientes en agua destilada.	39
Figura 16. Dientes cubiertos con barniz excluyendo 3 mm apicales.	39
Figura 17. Diente de grupo control negativo cubierto con barniz en su totalidad.	40
Figura 18. Dientes sumergidos en tinta china.	40
Figura 19. Realización del surco con disco de diamante.	41
Figura 20. División del diente con hoja de bisturí.	41
Figura 21. Fragmento con mayor cantidad de gutapercha.....	41
Figura 23. Adaptación de la gutapercha a las paredes del conducto. Aumento 25x..	43
Figura 24. Presencia de cemento apical a la gutapercha.....	44
Figura 25. Presencia de espacios vacíos o rellenos de cemento.....	44

Índice de tablas

Tabla 1. Composición del cemento AH Plus	23
Tabla 2. Aleatorización para designar grupo de obturación por onda continua	34
Tabla 3. Aleatorización para designar grupo control positivo y grupo control negativo con obturación por onda continua.	34
Tabla 4. Aleatorización para designar grupo control positivo y grupo control negativo con obturación lateral.	35
Tabla 5. Prueba t de Student para análisis de sellado apical.....	46
Tabla 6. Prueba t de Student para análisis de adaptación de la gutapercha	47
Tabla 7. Prueba t de Student para análisis de la presencia de cemento apical a la gutapercha	49
Tabla 8. Prueba t de Student para análisis de los espacios vacíos o rellenos con cemento en el conducto radicular.....	50
Tabla 9. Lista de cotejo para registrar los valores de cada diente	62

Índice de graficas

Gráfica 1. Sellado apical de cada diente.....	45
Gráfica 2. Media del sellado apical en obturación por compactación lateral y compactación por onda continua	46
Gráfica 3. Adaptación de la gutapercha en el conducto radicular.....	47
Gráfica 4. Media de adaptación de la gutapercha en obturación por compactación lateral y compactación por onda continua	47
Gráfica 5. Cemento presente en apical de la gutapercha.....	48
Gráfica 6. Media de presencia de cemento apical a la gutapercha en obturación por compactación lateral y compactación por onda continua.....	48
Gráfica 7. Espacios vacíos o rellenos con cemento en el conducto radicular.....	49
Gráfico 8. Media de los espacios vacíos o rellenos con cemento en el conducto radicular en obturación por compactación lateral y compactación por onda continua	50

Glosario

Adhesión: Procedimiento para unir, reforzar o combinar materiales mediante el uso de sustancias cementantes.

Ápice dental: Punta o extremo de la raíz.

Barrillo dentinario: (smear layer) Capa superficial que consta de una porción orgánica y una porción inorgánica generada durante la preparación del conducto radicular.

Biocompatibilidad: Ausencia de reacciones alérgicas, inmunitarias, etc., en el contacto entre los tejidos del organismo y algunos materiales.

Cemento de conducto radicular: material que se prepara antes de iniciar la obturación y que después endurecen o fraguan en el interior de los conductos radiculares.

Conducto radicular: Conducto en la raíz del diente que se extiende desde la cámara pulpar hasta el foramen apical. Puede ser único o múltiple, tener ramificaciones laterales y/o exhibir una morfología irregular.

Foramen apical: Abertura apical principal del conducto radicular que comunica la pulpa con el resto del organismo y a través del cual entran y salen los vasos sanguíneos y nervios de la pulpa.

Gutapercha: polímero orgánico inerte proveniente de la savia de árboles de la familia de las sapotáceas que es utilizado como material de obturación de conductos radiculares

Interfase: conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes.

Longitud de trabajo: Distancia desde un punto de referencia coronario hasta el punto en el que la preparación y la obturación del conducto deberían terminar.

Microfiltración endodóntica: Difusión de bacterias y fluidos tisulares en la interfase del material núcleo y las paredes dentinarias, así como, en los espacios vacíos del propio material núcleo.

Microorganismo: (microbio) Es un organismo unicelular solo visible al microscopio.

Obturación: Acción de ocluir o rellenar una cavidad. Es la última fase del tratamiento de conductos radiculares

Permeabilidad apical: Ápice libre de obstrucciones.

Compactador: (Plugger) Instrumento liso de extremo plano suavemente cónico usado para compactar verticalmente materiales dentro del conducto radicular.

Preparación biomecánica del conducto: (Preparación químico-mecánica) Procedimientos necesarios realizados para limpiar y conformar el sistema de conductos radiculares, previo a su obturación, ayudados de sustancias químicas para la irrigación, disolución y neutralización de las bacterias, sus toxinas y los productos de desintegración tisular.

Sellar: Cierre completo de algo, lo más hermético posible. Obturación total del conducto con cementos, pastas y conos.

Sellado hermético: Cierre a prueba de aire. Históricamente ha sido usado para describir el sellado pretendido para el conducto radicular.

Termoplasticidad: Capacidad de un material de reblandecerse por medio del calor y ser moldeado con presión, endureciendo al enfriarse sin sufrir cambios químicos.

Abreviaturas

°C: grado Celsius

ADA: American Dental Association

EDTA: Ácido etilendiamino-tetra-acético. **Terminología contemporánea para endodoncia**

Índice CPOD: Registro de los dientes permanentes cariados, perdidos u obturados

ISO: Organización Internacional de Normalización

Mm: milímetro

mmAI: Filtración inherente y adicional

NaOCl: Hipoclorito de sodio

SAVEPAB: Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales

S: segundo

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

µm: micrómetro

Resumen

El presente trabajo de tesis surgió por el interés de conocer si el cemento AH plus puede emplearse en técnicas de obturación con gutapercha termoplastificada ya que la literatura señala que el cemento sufre afectaciones en sus propiedades a causa del calor. La obturación de los conductos radiculares tiene la finalidad de crear un sellado tridimensional hermético para evitar la recontaminación del conducto, es por ello que la gutapercha y los cementos deben asegurar dicho objetivo. En este trabajo se comparó la capacidad de sellado apical del cemento AH Plus en dos técnicas de obturación, para ello se instrumentaron y obturaron 34 dientes. Se aleatorizaron en dos grupos experimentales y un grupo control, grupo 1 fue obturado por compactación por onda continua; grupo 2 fue obturado por compactación lateral, y el grupo control se obturaron con las dos técnicas mencionadas, pero sin cemento AH Plus. La evaluación del sellado apical se realizó con el método de penetración de tinción, los dientes permanecieron en tinta china durante 72 h. Posteriormente, los dientes fueron seccionados longitudinalmente y se observaron con un microscopio estereoscópico la mitad del diente que conservo mayor gutapercha en tercio apical. Las variables fueron determinadas mediante imágenes analizadas con un software. La microfiltración apical en los grupos no presentó diferencias estadísticamente significativas para la prueba t de Student, a pesar de que los dientes obturados por onda continua tuvieron menos microfiltración apical. Se concluyó que el cemento AH plus en presencia de temperaturas elevadas parece no sufrir cambios negativos que repercutan en el sellado apical, aunque, cabe mencionar que dicho sellado no es el ideal ya que en ambas técnicas de obturación hubo microfiltración.

Palabras clave: sellado apical, cemento AH Plus, obturación lateral, obturación por onda continua, penetración de tinción.

Abstract

This thesis work arose from the interest of knowing if the AH plus cement can be used in obturation techniques with thermoplasticized guttapercha since the literature indicates that the cement suffers effects on its properties due to heat. The obturation of root canals has the purpose of creating a hermetic three dimensional seal to avoid recontamination of the canal, which is why guttapercha and cements must ensure this objective. In this work, the apical sealing capacity of AH Plus cement was compared in two obturation techniques, for which 34 teeth were instrumented and obturated. They were randomized into two experimental groups and a control group, group 1 was filled by continuous wave compaction; Group 2 was filled by lateral compaction, and the control group was filled with the two mentioned techniques, but without AH Plus cement. The evaluation of the apical seal was carried out with the staining penetration method, the teeth remained in Indian ink for 72 h. Subsequently, the teeth were sectioned longitudinally and the half of the tooth that retained more guttapercha in the apical third was observed with a stereoscopic microscope. The variables were determined through images analyzed with software. The apical microleakage in the groups does not present statistically significant differences for the student's t-test, despite the fact that the teeth filled by continuous wave had less apical microleakage. It was concluded that the AH plus cement in the presence of high temperatures does not seem to suffer negative changes that affect the apical seal, although it is worth mentioning that said seal is not ideal since in both obturation techniques there was microleakage.

Key words: apical sealing, AH Plus cement, lateral filling, continuous wave filling, stain penetration.

Introducción

La población mexicana en general, según los resultados del año 2018 emitidos por el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales, muestra una prevalencia de caries dental del 92.6% y un porcentaje mínimo de dientes obturados, todo hace suponer que los pacientes con presencia de caries dental no reciben un tratamiento de inmediato, por ende, pueden evolucionar a una patología pulpar y perirradicular.

Los progresos en el conocimiento sobre los órganos dentales y los tejidos adyacentes han obligado a implementar procedimientos y tecnología dirigidos a salvaguardar los órganos dentales; es así, como el tratamiento de los conductos radiculares se conserva como primera opción para resolver una patología pulpar y su probable afectación a los tejidos perirradiculares. Por lo anterior, el estudiante de odontología, el odontólogo general, los especialistas en Endoperiodontología y en Endodoncia deben realizar protocolos adecuados a fin de garantizar el éxito del tratamiento de conducto radicular. El éxito se fundamenta en su limpieza, conformación y obturación lo cual evita una contaminación o recontaminación del conducto y con ello, restablecer la salud a los tejidos perirradiculares.

La obturación de los conductos radiculares constituye la última fase del tratamiento de conductos, consiste en introducir materiales como gutapercha y cemento para aislar los conductos del resto del organismo. La gutapercha se emplea como material núcleo el cual carece de adherencia a las paredes dentinarias y es incapaz de adaptarse a todas las irregularidades del conducto. Por ello, surge la necesidad de utilizar cementos que cubran las deficiencias de la gutapercha; los cuales rellenan la interfase entre la dentina y la gutapercha, y los espacios vacíos entre el mismo material núcleo, además de penetrar en lugares donde la gutapercha no puede como irregularidades del conducto principal, canales accesorios y deltas apicales.

A través de los años se han propuesto modificaciones o nuevas técnicas de obturación y de cementos con la finalidad de mejorar la calidad de los tratamientos. Dos técnicas han sido la base para todas las demás, compactación

lateral y compactación vertical caliente, de esta última se derivó la compactación por onda continua. La compactación lateral es la técnica más empleada debido a su relativa sencillez, control del límite apical, el uso de instrumental simple y por su eficacia comprobada; no se considera la ideal para emplear en un conducto curvo o con irregularidades grandes, además de que no se produce una masa densa de gutapercha. La compactación por onda continua permite rellenar mejor las irregularidades del conducto radicular, se obturan mayor cantidad de conductos laterales y accesorios, se produce una masa densa de gutapercha y, el calor de los instrumentos es controlable; la desventaja es que requiere un aparato adicional y que el calor puede afectar a algunos cementos de conducto.

Los aparatos empleados para la técnica de compactación por onda continua se configuran a 200°C para calentar los plugger que en su punta alcanzan una temperatura de 50 °C para termoplastificar la gutapercha. Se ha reportado en experimentos *in vitro* que la temperatura de la superficie radicular aumenta 14°C a 2 mm del ápice y 12 °C a 4 mm, lo que hace suponer que el cemento utilizado en la obturación del conducto es sometido a un aumento de temperatura.

Dentro de los cementos endodóncicos, el cemento AH Plus es considerado como el estándar de oro debido a sus propiedades. El cemento AH Plus está indicado en técnicas de obturación por compactación lateral y por compactación vertical caliente, sin embargo, se ha demostrado que el calor altera la composición química del cemento AH Plus y esto repercute en algunas de sus propiedades. Las investigaciones que se han realizado hasta el momento, no llegan a un consenso sobre si el sellado obtenido con el cemento AH plus y gutapercha se afecta al recibir calor, la posible causa es que la mayoría de las investigaciones se dirigen a comparar el sellado apical obturando con la misma técnica, pero con distintos cementos endodóncicos.

La capacidad de sellado de la obturación se determina mediante distintos procedimientos *in vitro* que evalúan la microfiltración de un marcador a través de los espacios presentes entre la fina capa de cemento y la gutapercha o la pared del conducto. El método más empleado es la penetración de tinción con tinta china, o bien azul de metileno.

La obturación es entonces una fase de gran relevancia, la cual puede realizarse con distintas técnicas y materiales, en este sentido, los endoperiodoncistas, endodoncistas y cirujanos dentistas deben elegir, con base en evidencia científica, la técnica de obturación más adecuada para usar cemento AH Plus. Con ello, los pacientes serán quienes sean favorecidos al recibir tratamientos con mayor probabilidad de éxito.

Por lo antes mencionado, surgió la siguiente interrogante: ¿La aplicación del calor afecta el sellado apical en la técnica de compactación por onda continua utilizando cemento AH Plus?

Para resolver esta pregunta se formuló esta hipótesis: La obturación de conductos mediante técnica de compactación por onda continua empleando cemento AH Plus presenta mayor microfiltración que la obturación por compactación lateral.

El objetivo general del presente trabajo fue el de comparar el sellado apical proporcionado por la gutapercha y el cemento Ah plus en dos técnicas de obturación, compactación lateral versus compactación por onda continua. Los objetivos específicos fueron tres: observar la adaptación del material núcleo en la porción apical del conducto radicular, identificar la presencia de cemento en el límite apical del material núcleo y, observar la presencia de espacios en el material núcleo.

Capítulo 1. Importancia del sellado apical

El tratamiento de conducto radicular tiene como objetivo restablecer y mantener la salud de los tejidos periapicales (Hirai, Machado, Budziak, Piasecki, Kowalczyk, y Neto, 2020), autores como Vertuan et al (2018) y Li et al (2014) refieren que el éxito del tratamiento se basa en la adecuada conformación del conducto, desinfección y obturación del mismo. De acuerdo, a lo antes mencionado la obturación del conducto es de gran importancia y por ello debe realizarse adecuadamente.

La obturación es descrita como la última fase del tratamiento de conductos radiculares (Canalda y Brau, 2014; Bergenholtz, Horsted-Bindslev y Reit, 2010) y se lleva a cabo cuando el diente se encuentre asintomático, sin tracto sinuoso, sin exudado intraconducto y con la restauración temporal integra (Canalda y Brau, 2014). Dicha fase consiste en un conjunto de procedimientos operativos realizados en una secuencia ordenada con el fin de lograr un sellado tridimensional hermético (Vertuan et al, 2018).

El objetivo principal de la obturación de los conductos es evitar la recontaminación, crecimiento y maduración de microorganismos tanto en los conductos radiculares como en los tejidos perirradiculares (Altan, Göztaş, Inci y Tosun, 2018; Bergenholtz et al, 2010; Singh, Pushpa, Arunagiri, Sawhny, Misra y Sujatha, 2016); dicho objetivo se consigue con un sellado hermético de los conductos radiculares para así eliminar los espacios por donde las bacterias puedan penetrar y, así mismo, privar de sustratos del tejido periapical y cavidad oral a aquellas bacterias que permanecieron en los conductos (Bergenholtz et al, 2010; Hirai et al, 2020; Paqué y Sirtes, 2007; Singh et al, 2016).

Libonati, Montemurro, Nardi y Campanella (2018), al igual que Moradas e Ivarez (2018), aluden a que la obturación a nivel apical debe proporcionar un sellado hermético y tridimensional debido a que en esta zona se ubican numerosos conductos accesorios. Si dicho sellado no se consigue se promueve un fenómeno

llamado “microfiltración endodóntica”, el cual hace referencia a la difusión de bacterias y fluidos tisulares en la interfase del material núcleo y las paredes dentinarias, así como, en los espacios vacíos del propio material núcleo (Lahor, Miranda, Brunet, Farré y Pumarola, 2015; Mulyar, Shameem, Thankachan, Francis, Jayapalan, Hafiz, 2014). La microfiltración provoca efectos biológicos graves que conducen a la recurrencia de la patología y por ende al fracaso del tratamiento de conducto (Mulyar et al, 2014).

La obturación ideal no solo depende de la técnica de obturación, sino también, de los cementos de conducto, la preparación biomecánica del conducto y la eliminación del barrillo dentinario.

La literatura hace referencia a que el cemento es el encargado de sellar adecuadamente el conducto radicular ya que penetra en espacios donde la gutapercha no puede, esto no quiere decir que a mayor cantidad de cemento mejor sellado; al contrario, un volumen excesivo puede afectar negativamente ya que el cemento presenta cierta contracción y solubilidad (Mancino, Kharouf, Cabiddu, Bukiet y Haïkel, 2020; Libonati et al, 2018; Moradas e Ivarez, 2018), lo cual conlleva a la microfiltración (Wu, Fan y Wesselink, 2000).

Bhandi et al (2021) mencionan que la preparación biomecánica del conducto radicular es el preparativo de la obturación. Por su parte, Kikly, Jaâfoura, Kammoun y Sahtout (2020) señalan que el sellado hermético tridimensional de la obturación está relacionado con la adecuada preparación biomecánica del conducto. A favor de ello, Kierklo, Tabor, Pawińska y Jaworska (2015) y Vula, Ajeti, Kuçi, Stavileci y Vula (2020) concluyen que la obturación del conducto ineficiente puede deberse a una mala preparación del mismo ya que los materiales de obturación tendrán una peor adaptación a las paredes del conducto. Los mismos autores expresan que los instrumentos de níquel-titanio mejoran la calidad de conformación del conducto radicular en comparación con sus contrapartes de acero inoxidable, esta mejora se refleja en la adecuada conformación cónica del conducto la cual favorece la obturación. Los sistemas de limas influyen en la obturación tal cual lo demostró el estudio de Şımşek et al (2017) quienes compararon el sistema de limas autoajustables Safsystem® con

un sistema rotatorio Revo-s®, evidenciando que la obturación de los conductos preparados con el sistema rotatorio Revo-s® presentaba menos espacios vacíos que con el otro sistema de limas. También se ha demostrado que la preparación del conducto con instrumentos rotatorios produce menos barrillo dentinario en comparación con los instrumentos manuales (Mulyar et al, 2014, Vula et al, 2020); a continuación, se expresará el inconveniente del barrillo dentinario.

Durante la preparación del conducto radicular, se forma una capa de barrillo dentinario que consta de una porción orgánica (proteínas coaguladas, tejido pulpar, procesos odontoblásticos, células sanguíneas y microorganismos) y una porción inorgánica (minerales de la estructura dentinaria). El barrillo dentinario ocluye los túbulos dentinarios conformando una barrera entre los materiales de obturación y las paredes del conducto radicular, comprometiendo así la capacidad de sellado de los cementos y con ello da lugar a microfiltraciones (Chisnoiu et al, 2019; Singh et al, 2016). Şen et al observaron que existe una relación inversa entre la microfiltración y la penetración tubular del cemento, es decir, a mayor penetración tubular del cemento menor microfiltración (Sevimay y Kalayci, 2005).

El barrillo dentinario se elimina a partir de agentes irrigantes. El hipoclorito de sodio (NaOCl) tiene propiedades antimicrobianas, la capacidad de fragmentar biopelículas y de disolver tejido orgánico, sin embargo, no es capaz de disolver partículas inorgánicas; es por ello, que se han introducido en el protocolo de irrigación agentes quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), el ácido cítrico o la mezcla de tetraciclina, ácido y detergente (MTAD) (Chisnoiu et al, 2019; Lahor et al, 2015). Los agentes quelantes exponen las fibras de colágeno aumentando así la hidrofilia de la superficie dentinaria lo que favorece la hibridación de los cementos hidrofílicos (Lahor et al, 2015).

El uso de hipoclorito de sodio seguido de EDTA obtiene un porcentaje menor de microfiltración comparado con otros irrigantes, en virtud de que elimina eficazmente el barrillo dentinario (Chisnoiu et al, 2019; Mulyar et al, 2014). De acuerdo a Lahor et al (2015), el NaOCl no debe ser usado como irrigante final ya que genera una capa rica en oxígeno sobre la superficie dentinaria lo cual reduce la fuerza adhesiva de los cementos. Por otro lado, el EDTA es considerado como

el mejor agente quelante ya que penetra fácilmente en los túbulos dentinarios debido a su baja tensión superficial, que gracias a ello, es capaz de eliminar el barrillo dentinario hasta una profundidad de 2.5-4 μm (Mohammadian, Farahanimastary, Dibaji y Kharazifard, 2017); sin embargo, tiene el inconveniente de ser erosivo por lo cual se indica que el tiempo de exposición a la dentina no sea mayor a un minuto (Mulyar et al, 2014).

1.1. Métodos de evaluación para el sellado de la obturación

La evaluación del sellado de la obturación se realiza a partir de métodos de laboratorio in vitro en los que se observa la microfiltración apical o la microfiltración coronal a partir de la penetración de un marcador como tinte, bacterias, glucosa o proteínas (Li et al, 2014; Limkangwalmongkol, Abbott y Sandler, 1992, Jafari y Jafari, 2017). Las pruebas de microfiltración más empleadas son: penetración de tinción, penetración microbiana y filtración de líquidos (Bergenholtz et al, 2010).

1.1.1. Método por penetración de tinción o fuga

En este método la porción apical o coronal de los dientes extraídos es expuesta a un tinte testigo, el cual penetra a través de los espacios que quedaron en la obturación. Posteriormente, los dientes son seccionados a diferentes niveles o aclarados por medios químicos para observar la penetración del tinte (Bergenholtz et al, 2010; Schäfer y Olthoff, 2002). Finalmente, las muestras se evalúan con un microscopio estereoscópico con aumentos de $\times 4$ a $\times 30$ o con un microscopio confocal de barrido láser si se utilizan tintes fluorescentes como la rodamina B. (Jafari y Jafari, 2017)

Los tintes empleados para este método son tinta china negra, azul de metileno, eosina, tinta azul brillante Procion®, rodamina B, eosina, fucsina y otros (Jafari y Jafari, 2017). El azul de metileno y la tinta china son los tintes más usados ya que tienen un alto grado de tinción, cuentan con un bajo peso molecular por lo que

penetran fácilmente, son de fácil manipulación y son económicos (Joseph y Singh, 2012; Schäfer y Olthoff, 2002; Sevimay y Kalayci, 2005). Cabe mencionar que el azul de metileno tiene algunas desventajas como la disolución durante los procesos de desmineralización y aclaramiento; además, es difícil observar su punto máximo de penetración en algunos casos (Jafari y Jafari, 2017).

La sección de los dientes se lleva a cabo mediante un corte longitudinal o por varios cortes transversales, esta última opción, tiende a afectar los resultados ya que se pierde estructura del diente en la misma dirección que la penetración de la tinta (Limkangwalmongkol et al, 1992). Singh et al (2016) recomiendan el método de corte longitudinal ya que facilita el análisis visual del material de obturación y la penetración del tinte.

La otra opción para visualizar la penetración del tinte es la técnica de aclarado, la cual consiste en volver transparente la estructura dental sin modificarla físicamente. Esta técnica tiene la ventaja de poder observar la penetración del tinte en tres dimensiones (Schäfer y Olthoff, 2002). La única desventaja sucede cuando se obtiene una desmineralización deficiente porque compromete la transparencia final de la muestra (Jafari y Jafari, 2017).

El método de penetración de tinte se considera un método relativamente simple y económico que permite evaluar la calidad del sellado de la obturación radicular (Bergenholtz et al, 2010), por lo tanto, es el método más empleado (Moor y Martens, 1999; Joseph y Singh, 2012). Lamentablemente tiene algunas desventajas como son: no obtener un valor cuantitativo del volumen del tinte filtrado, los tintes pueden decolorarse a causa de algunos materiales de obturación (Bergenholtz et al, 2010; Moor y Martens, 1999) y, por último, el aire atrapado en los espacios de la obturación puede impedir la penetración del tinte (Bergenholtz et al, 2010; Singh et al, 2016; Limkangwalmongkol et al, 1992).

1.1.2. Método de infiltración de bacterias

El método consiste en colocar un reservorio de bacterias en la porción coronal y un medio de cultivo en la porción apical, si este medio se vuelve turbio significa

que los microorganismos penetraron (Bergenholtz et al, 2010). El método de infiltración de bacterias está contraindicado cuando se utilizan cementos de conductos con actividad antimicrobiana (Jafari y Jafari, 2017). Además, tiene la desventaja de requerir cuidados excesivos que prevengan la contaminación de la muestra (Bergenholtz et al, 2010).

1.1.3. Método de filtración o transporte de líquidos

Este método requiere unir a ambos extremos del diente tubos con agua, uno de ellos contendrá una pequeña burbuja de aire. En el tubo sin burbuja se aplica una presión de 0.1 atm para forzar el paso de agua a través de la obturación del conducto, mientras que, en el otro tubo se observa el desplazamiento de la burbuja de aire; el desplazamiento indica que hay microfiltración a través de la obturación (Bergenholtz et al, 2010, Jafari y Jafari, 2017). Esta técnica es simple, económica, proporciona datos cuantitativos y permite seguir el patrón de filtración por más tiempo (Bergenholtz et al, 2010; Asawaworarit, Pinyosopon y Kijssamanmith, 2020).

1.1.4. Método de penetración de glucosa mediante filtración de fluidos

Es un método que analiza la microfiltración basándose en la tasa de filtración de glucosa a lo largo del material de obturación del conducto radicular, dicha filtración se cuantifica por espectrofotometría o por el método enzimático de glucosa oxidasa. Sus desventajas incluyen el largo período experimental, la dificultad de mantener un sistema libre de bacterias para evitar el consumo de glucosa y el riesgo de evaporación del agua (Jafari y Jafari, 2017).

1.1.5. Método de microfiltración de proteínas

La prueba de microfiltración de proteínas se lleva a cabo usando albúmina de suero bovino en un aparato de doble cámara. Se utilizará el indicador de Bradford

para determinar la concentración de albumina que se escapa de la cámara superior a la cámara inferior, posterior a ello, la concentración de la muestra se cuantificará con un espectrofotómetro (Jafari y Jafari, 2017).

Capítulo 2. Técnicas de obturación

Existen diversas técnicas para obturar el conducto mediante gutapercha como la compactación lateral, compactación vertical, compactación por onda continua, compactación termomecánica, cono único, técnica de reblandecimiento por solvente, inyección termoplástica y técnicas de núcleo-portador (Li et al, 2014). Para fines prácticos, Bergholtz et al (2010) dividieron estas técnicas en dos grupos según la consistencia de la gutapercha: técnicas con centro sólido o con centro reblandecido (ver figura 1). Las técnicas con centro sólido se realizan sin reblandecer los conos de gutapercha, mientras que las técnicas con centro reblandecido plastifican la gutapercha antes o después de insertarla en el conducto.

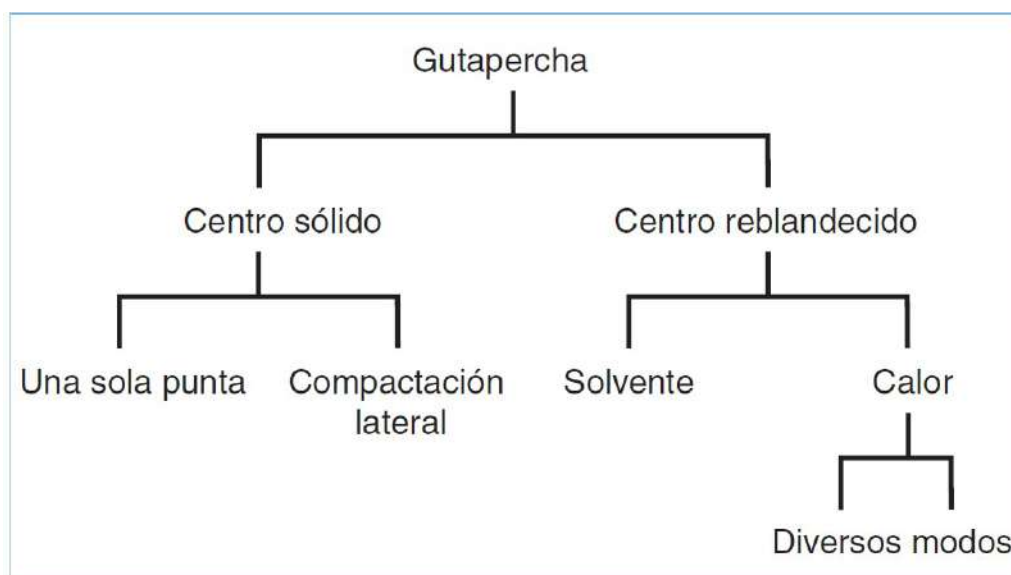


Figura1. Esquema de las técnicas para obturar conductos radiculares con gutapercha.

Fuente: Tomado de Bergholtz- Bidslev, P. Reit, C. (2010). Endodoncia. Segunda edición. México: El Manual Moderno.

El profesionalista debe seleccionar la técnica a emplear según su conocimiento, su destreza, y los recursos materiales con los que cuente, así como también, dependerá de la anatomía de los conductos radiculares (Flores y Pastenes, 2018).

2.1. Técnicas de obturación mecánicas

2.1.1 Técnica de compactación lateral

Actualmente, es la técnica más empleada debido a su eficacia comprobada y relativa sencillez, además, de permitir un control del límite apical de obturación y de requerir instrumental sencillo (Canalda y Brau, 2014; Hirai et al, 2020; Flores y Pastenes, 2018). La obturación final se compone de una gran cantidad de conos de gutapercha apretados entre sí y unidos por fricción y una sustancia cementante, en lugar de una masa homogénea de gutapercha (Peng, Ye, Tan y Zhou, 2007). La técnica puede ser empleada en la mayoría de los casos mas no está indicada para obturar conductos curvos o con grandes irregularidades (Canalda y Brau, 2014).

Algunos autores expresan que la obturación por compactación lateral presenta espacios vacíos, de acuerdo a Peng et al (2007) esos espacios son causados por una inadecuada preparación biomecánica, presión lateral inadecuada, conductos curvos o por desajustes entre los conos. Además de ello, Lipski (2005) señala que requiere mucho tiempo para completar la obturación y que dicha técnica puede predisponer a fracturas radicales verticales.

2.1.2. Cono único

Recientemente se ha demostrado que la técnica de cono único de gutapercha muestra una capacidad de llenado similar a las técnicas de varios pasos con gutapercha termoplastificada. El cono de gutapercha debe coincidir con el diámetro y la conicidad de los canales preparados con instrumentos de níquel-titanio motorizados (Angereme, De Biasi, Pecci y Bedini, 2020).

La técnica de cono único tradicional no se recomienda ya que no proporciona una barrera tridimensional adecuada en todo el conducto, esto se debe a que se usaba un solo cono de gutapercha y un exceso de sellador convencional (Tomson

et al, 2014). Teóricamente, este inconveniente se superó con la utilización de selladores biocerámicos, los cuales son selladores dimensionalmente estables. La técnica de cono único se ha vuelto popular porque tiene la ventaja de requerir poco tiempo y ninguna habilidad peculiar del operador para ser ejecutada (Angereme et al, 2020).

2.2. Técnicas de obturación termoplásticas

2.2.1. Técnica de compactación vertical en caliente

Schilder en 1967 implementó esta técnica como un método que permite rellenar el conducto en tres dimensiones, no obstante, se requiere de un cemento de conductos para lograr un adecuado sellado (Canalda y Brau, 2014; Bergenholtz et al, 2010; Hargreaves, Berman y Rotstein, 2016; Qu, Bai, Liang y Gao, 2016). Para llevar a cabo esta técnica se requiere de una preparación biomecánica en forma de embudo con conicidad progresiva y de mantener el límite apical lo más pequeño posible (Hargreaves et al, 2016). La técnica requiere de conos accesorios, compactadores de varios calibres y de un transportador de calor, el cual se calienta mediante una fuente de calor como Touch'n Heat o lámpara de alcohol (Canalda y Brau, 2014; Hargreaves et al, 2016).

Esta técnica logra obturar más conductos laterales y accesorios en comparación con la técnica lateral (Canalda y Brau, 2014). Además, proporciona una obturación de alta densidad y un mejor sellado en todo el conducto (Peng et al, 2007). Sin embargo, la técnica presenta algunas desventajas como dificultad para el control de la longitud de obturación y el costo inicial del equipo (Tomson et al, 2014).

Según Tomson et al (2014) la compactación vertical en caliente permite obturar defectos de reabsorción interna y, Peng et al (2007) la indican para obturar dientes con conductos laterales.

2.2.2 Compactación por onda continua

Una variación de la compactación vertical en caliente es la técnica de compactación por onda continua (Hargreaves et al, 2016; Tomson et al, 2014). Fue propuesta por Buchanan en el año 1996, quien utilizó un sistema de calentamiento potenciado, conocido como System B, para plastificar los conos de gutapercha dentro del conducto (Canalda y Brau, 2014; Flores y Pastenes, 2018). A diferencia de la técnica tradicional, en la técnica de onda continua, se realiza toda la compactación vertical en una única etapa gracias a que el instrumento del System B actúa como transportador de calor y compactador de gutapercha al mismo tiempo (Giudice y Torres, 2011).

Actualmente, existen otras unidades de obturación como el Elements Obturation Unit (SybronEndo) que consta de dos piezas de mano: una similar al System B que regula el tiempo y la temperatura de los pluggers, y la otra pieza, llamada Extruder que inyecta la gutapercha reblandecida a 100°C. Otros aparatos similares a Elements son Calamus (Tulsa), BeeFill 2 en 1 (VDW). (Canalda y Brau, 2014)

Esta técnica tiene la ventaja de ser más sencilla y rápida que la compactación vertical en caliente (Canalda y Brau, 2014; Viapiana, Guerreiro, Tanomaru y Camilleri, 2014b), además, reduce la microfiltración bacteriana y la probabilidad de extrusión apical de gutapercha (Viapiana et al, 2014b). Otra característica a su favor, es la mínima fuerza vertical que ejerce en el interior del conducto radicular (Canalda y Brau, 2014).

2.2.3. Compactación por onda interrumpida

La técnica de onda interrumpida es muy similar a la de onda continua, con la diferencia de que el downpack se lleva a cabo en múltiples ondas en lugar de una onda continua como se describió anteriormente. Esta técnica se recomienda para canales más anchos (Tomson et al, 2014).

2.2.4. Técnica de inyección de gutapercha termoplástica

La técnica de inyección de gutapercha termoplástica reblandece la gutapercha fuera del conducto radicular. Está indicada en conductos radiculares en forma de C, en dientes con reabsorción interna o cuando el conducto es muy amplio y se obtura el tercio apical previamente mediante compactación vertical o con MTA. Un problema de la técnica de inyección de la gutapercha termoplástica es la falta de control apical por lo cual se sugiere utilizar solo para completar otras técnicas (Giudice y Torres, 2011). La contracción de la gutapercha durante el enfriamiento es otro inconveniente ya que puede provocar vacíos en la obturación; por esta razón, se ha sugerido una técnica de obturación por segmentos, en donde se inyectan porciones pequeñas y se compactan con compactadores (Bergenholtz et al, 2010).

2.2.5. Obturación por medio de conductores de núcleo o centro sólido

Existen varias técnicas basadas en utilizar un transportador recubierto de gutapercha, la diferencia entre cada una lo establece la casa comercial. En 1978 se presentó por primera vez esta técnica; tradicionalmente, los transportadores se fabricaban con acero inoxidable y titanio, pero ahora solo se fabrican con plástico como Thermafil®. Recientemente, se ha desarrollado un portador de gutapercha reticulado conocido como Gutta Core®, el cual tiene la ventaja de retirarse más fácilmente para la colocación del endoposte o en caso de requerir un retratamiento de conductos. Aunque esta técnica es eficiente en términos de tiempo, pueden surgir problemas en el control de la longitud, como sobreextensión o subobturación, y dolor posoperatorio (Tomson et al, 2014). Otro

inconveniente del sistema Thermanfil® consiste en el desalojo de la gutapercha del transportador de plástico y que la porción apical suele obturarse únicamente con el transportador, lo cual puede explicarse por la influencia de la curvatura del conducto radicular en el movimiento de la gutapercha reblandecida durante la colocación de esta (Giudice y Torres, 2011, Bergholtz et al, 2010).

2.3. Técnicas de obturación termomecánicas

2.3.1. Técnica termomecánica o termocompactación de McSpadden

El concepto de termoplastificación de la gutapercha se introdujo en 1980. Inicialmente, el compactador de McSpadden era un instrumento similar a una lima tipo Hedstroem invertida la cual se montaba en un contrángulo y después se introducía en el conducto radicular. El contrángulo gira entre 8000 y 10000 rpm generando calor por la fuerza de fricción, por lo cual la gutapercha se plastifica y se compacta en sentido apical (Giudice y Torres, 2011).

La firma Maillefer modificó el instrumento tipo lima Hedstroem invertida y lo denominó Gutta Condensor® y la Zipperer lo denominó Engine Plugger®, este último se parece más a una lima tipo K invertida. Recientemente se introdujeron variaciones y estos instrumentos comenzaron a confeccionarse con aleación de níquel-titanio, para que tuviesen más flexibilidad, como por ejemplo los condensadores Pac Mac® (Giudice y Torres, 2011).

Esta técnica puede rellenar irregularidades del conducto y puede utilizarse para la obturación coronal cuando el tercio apical es obturado por compactación vertical. Lamentablemente, tiene las desventajas de poder extruir material fuera del conducto radicular, posibilidad de generar fracturas verticales y escalones en la pared del conducto y, separación del instrumento dentro del conducto (Tomson et al, 2014; Giudice y Torres, 2011).

2.3.2. Técnica de Tagger

La técnica Tagger es similar a la técnica anterior con la diferencia que es una técnica híbrida, es decir, el tercio o mitad apical del conducto radicular se obtura por compactación lateral y lo restante del conducto se compacta mediante la lima estilo Hedstroem inverso (Tomson et al, 2014). La técnica resuelve el control en el límite apical de obturación inherente de la termocondensación, acelera la obturación y reduce la cantidad de gutapercha (Giudice y Torres, 2011).

2.3.3 Técnica de compactación lateral caliente mediante ultrasonido

Una modificación de la compactación lateral es la compactación lateral caliente mediante ultrasonido, la cual sigue el mismo protocolo, pero requiere de un ultrasonido, un adaptador de lima y una lima tipo K. La lima activada produce calor y por ende la gutapercha se reblandece. Se considera una técnica rentable y puede ser empleada en conductos con reabsorción interna (Tomson, Polycarpou y Tomson, 2014).

Esta técnica tiene una ligera ventaja sobre la compactación lateral en frío, ya que la gutapercha termoplastificada puede fluir hacia la anatomía accesoria y a los defectos del conducto (Tomson et al, 2014). Otra ventaja de la compactación lateral caliente es que logra una masa homogénea la cual evidencia una menor microfiltración. Una desventaja es la posibilidad de sobreextensión del material de obturación (Bergenholtz et al, 2010).

Capítulo 3. Materiales de obturación

Los materiales de obturación, grosso modo, son de dos tipos, los que constituyen el núcleo de la obturación y los que se disponen entre él y las paredes del conducto. Grossman et al establecieron los requisitos que deben tener dichos materiales (Canalda y Brau, 2014), a continuación, se mencionan:

1. Fácil de introducir en el conducto radicular, con un tiempo de trabajo suficiente.
2. Estable dimensionalmente, sin contraerse tras su introducción.
3. Impermeable, sin solubilizarse en medio húmedo.
4. Sellar la totalidad del conducto, tanto apical como lateralmente.
5. Capacidad bacteriostática.
6. No debe ser irritante para los tejidos periapicales.
7. Debe ser radiopaco, para poder distinguirlo en las radiografías.
8. No debe teñir los tejidos del diente.
9. Debe ser estéril o fácil de esterilizar antes de su introducción.
10. Ha de poder retirarse con facilidad del conducto si es necesario.

Flores y Pastenes (2018), adicionaron a las propiedades ideales que los materiales deben ser de bajo costo, no ser corrosivos y no oxidantes.

Actualmente, ningún material cumple con todos los requisitos previamente mencionados; la gutapercha junto con los cementos de conducto son los más cercanos al ideal y, por tanto, son los más empleados (Canalda y Brau, 2014; Bergenholtz et al, 2010; Remy, Krishnan, Jo y Ravisankar, 2017).

3.1. Gutapercha

La gutapercha es un polímero orgánico inerte proveniente de la savia de árboles de la familia de los sapotáceos (*Mimusops balata* y *Mimusops luben*) autóctonos de Malasia, Indonesia y Brasil (Moradas e Ivarez, 2018; Flores y Pastenes, 2018). Se considera que en el año 1656 el botánico John Trandescant descubrió la gutapercha, aunque fue utilizada en el área odontológica hasta 1847 por el Dr.

Asa Hill que la introdujo como material de obturación temporal (Moradas e Ivarez, 2018). Más tarde, en el año 1867, Bowman empleó por primera vez la gutapercha en forma de conos para obturar conductos radiculares (Canalda y Brau, 2014; Li et al, 2014); desde ese momento la gutapercha ha sido considerada el estándar de oro como material núcleo de la obturación (Li et al, 2014; Paqué y Sirtes, 2007; Flores y Pastenes, 2018).

Los preparados comerciales de gutapercha se componen en un 75% por óxido de zinc, un 20% por gutapercha y el resto son ceras, resinas, sulfatos metálicos, colorantes y antioxidantes (Canalda y Brau, 2014; Moradas e Ivarez, 2018). La forma de presentación más común es en conos o puntas que de acuerdo a sus diámetros pueden ser de dos tipos, puntas estandarizadas a las dimensiones de las limas manuales o puntas accesorias que no conservan las dimensiones de las limas. Otras presentaciones son en forma de barra, gutapercha introducida en cánulas o gutapercha que recubre un vástago metálico o de plástico (Canalda y Brau, 2014).

En 1942, el Dr. Bunn determinó que la fase cristalina de la gutapercha existe en dos formas: fase alfa y fase beta. La fase alfa es la forma natural proveniente del árbol que al recibir calor por encima de 65°C se convierte en un material amorfo. Si este material se enfría muy lentamente (0.5 °C / hora) se recrystaliza en fase alfa, si en cambio, se enfría rápidamente se recrystaliza en fase beta. Haciendo referencia a Flores y Pastenes (2018), la gutapercha en fase beta puede transformarse en fase alfa al elevar la temperatura a 42°C o 49 °C y con ello conseguir un material más estable, fluido y moldeable. Se considera que la mayoría de las preparaciones comerciales de gutapercha se encuentran en fase beta (Moradas e Ivarez, 2018).

Nguyen enumeró una serie de ventajas e inconvenientes de las puntas de gutapercha, que se expresan a continuación (Canalda y Brau, 2014).

Ventajas

1. Deformables mediante presión, así puede ser compactada en las irregularidades del conducto radicular. Esta propiedad es nombrada como viscoelasticidad (Flores y Pastenes, 2018).

2. Posibilidad de reblandecerlas y plastificarlas mediante calor y solventes. De acuerdo a Flores y Pastenes (2018), se conoce como termoplasticidad a la propiedad de la gutapercha de reblandecerse mediante calor.
3. Bien tolerada por los tejidos, comportándose de modo inerte, sin capacidad inmunogénica. Li et al (2014) hacen referencia a que esta propiedad solo se cumple cuando la gutapercha se encuentra en granel ya que se ha demostrado que partículas finas de gutapercha generan una reacción en los tejidos.
4. Son estables dimensionalmente, no se contraen y no se expanden.
5. Son radiopacas.
6. No favorecen la pigmentación de los tejidos del diente.
7. Se pueden retirar de los conductos con cierta facilidad.

Inconvenientes

1. Escasa rigidez, por lo que, en forma de puntas de calibre pequeño, puede ser difícil alcanzar el límite de la preparación.
2. No presentan adhesividad y precisan de un cemento para sellar la interfase con las paredes dentinarias. (Canalda y Brau, 2014; Li et al, 2014; Moradas e Ivarez, 2018)
3. Por su viscoelasticidad, pueden experimentar sobreextensiones más allá de la constricción apical al recibir presión durante la obturación.

3.2. Cementos de conducto

Los cementos de conducto son, según Canalda y Brau (2014), materiales que se preparan antes de iniciar la obturación y que después endurecen o fraguan en el interior de los conductos radiculares. Estos cementos sellan la interfase material núcleo-pared dentinaria, ocupan los espacios vacíos del propio material núcleo y penetran en las irregularidades del conducto principal y en los conductos derivados del mismo; he ahí las razones por la cual los cementos suelen denominarse selladores de conducto (Vertuan et al, 2018; Asawaworarit et al,

2020). Otra cualidad que se les atribuye es la de actuar como lubricante para introducir el material núcleo (Altan et al, 2018; Limkangwalmongkol et al, 1992).

Los requisitos ideales que deben poseer los cementos fueron enlistados por Grossman, Ingle y West (Canalda y Brau, 2014) y están establecidos en la norma 7045 de la Organización Internacional de Normalización (ISO) (Komabayashi, Colmenar, Cvach, Bhat, Primus e Imai, 2020). A continuación, se citan tales requisitos:

1. Una vez mezclado, debe ser pegajoso para adherirse al material núcleo y a las paredes de la dentina.
2. Ha de proporcionar un sellado hermético a los conductos obturados.
3. Ser suficientemente radiopaco para poder visualizarse en las radiografías; Vertuan et al (2018) señala que la radiopacidad debe ser superior a la dentina.
4. Las partículas del cemento deben ser muy finas para poder mezclarse adecuadamente con el líquido.
5. No debe contraerse al endurecer o fraguar.
6. Es conveniente que no pigmente los tejidos dentales.
7. Debe ser bacteriostático.
8. Debe fraguar con suficiente lentitud, para poder realizar la técnica de obturación con los ajustes necesarios.
9. Ha de ser insoluble ante los fluidos tisulares. De acuerdo a la ADA la solubilidad debe ser inferior a 3% para asegurar un sellado permanente (Vertuan et al, 2018; Komabayashi et al, 2020).
10. Debe ser biocompatible, es decir, bien tolerado por los tejidos vivos.
11. Capaz de ser eliminado para retratamiento por medios químicos o mecánicos.
12. No generar reacción inmunitaria al ponerse en contacto con el tejido periapical.
13. No ser mutagénico, ni carcinogénico.

Hay una gran variedad de cementos de conducto disponibles para su uso, Komabayashi et al (2020) los clasificó de acuerdo a su composición química:

- Resina epoxi.
- Óxido de zinc y eugenol.
- Salicilato.
- Ácido graso.
- Ionómero de vidrio.
- Silicona.
- Agregados silicato tricálcico (MTA/biocerámico).
- Resina de metacrilato.

Canalda y Brau (2014) refieren que la elección del cemento debe basarse en la morfología del conducto, la técnica de obturación y el diagnóstico clínico de cada órgano dental a tratar.

3.2.1. Cemento a base de resina epoxi

El cemento AH Plus es un cemento a base de resina epoxi (resina plástica) elaborado con éter de bisfenol A glicidil, este último es un componente orgánico. AH Plus es una versión mejorada del cemento AH 26, el cual fue descontinuado porque producía irritación tisular, liberación de formaldehído (Komabayashi et al, 2020) y propiciaba la pigmentación del diente por su contenido de plata (Bergenholtz et al, 2010). Históricamente, la resina epoxi fue inventada en 1938 por Pierre Castan, químico suizo de la empresa Trey, posteriormente, en la década de 1940 la empresa desarrollo AH 26 y fue hasta el año 1950 que se probó clínicamente (Komabayashi et al, 2020).

El cemento se presenta comercialmente en dos pastas, la composición de cada una se muestra en la Tabla 1.

Pasta A	Pasta B
Resina epoxi bisfenol-A	<u>Dibencildiamina</u>
Resina epoxi <u>bisfenol-F</u>	Amina adamantina
Pigmentos de óxido de hierro	Triciclo-decano- <u>diamina</u>
<u>Tungstato</u> de calcio	<u>Tungstato</u> de calcio
Óxido de circonio	Óxido de circonio
Óxido de silicio	Óxido de silicio

Tabla 1. Composición del cemento AH Plus

Fuente: elaboración propia, con base en Camilleri (2015), Vertuan et al (2018) y Komabayashi et al (2020)

Autores como Canalda y Brau (2014) y Vertuan et al (2018) señalan que el aerosil y el aceite de silicona forman parte de la composición del cemento. Komabayashi et al (2020) explica que las aminas y las resinas epoxi se unen entre ellas a través de una reacción de adición, obteniendo como resultado final un polímero.

El cemento AH Plus muestra numerosas propiedades físico-químico-biológicas que se desglosan a continuación:

- Propiedades físico-químicas

Tiene buenas propiedades mecánicas y adhesivas a la dentina por lo cual la capacidad de sellado es buena (Bergenholtz et al, 2010; Sevimay y Kalayci, 2005; Remy et al, 2017), esta adherencia está dada por el componente amina adamantina (Remy et al, 2017); Asawaworarit et al (2020) menciona que la adherencia a la dentina se reduce ya que el cemento es un material hidrófobo.

Siomionatto, Faria, Tanomary y Bonatti (2014) señalan que presenta estabilidad dimensional a largo plazo. En relación a la estabilidad dimensional, se ha reportado que al inicio el cemento sufre una expansión volumétrica y posteriormente una contracción a largo plazo, por lo tanto, la calidad del sellado se perturba (Bergenholtz et al, 2010, Remy et al, 2017). Aunque, Harvey et al expresan que el cemento reduce su contracción después de los 7 días de ser mezclado (Joseph y Singh, 2012).

La solubilidad de AH Plus es relativamente baja de acuerdo a Siominatto et al (2014); Komabayashi et al (2020) indican que su solubilidad en agua

destilada es de 0.16% y en halotano es del 68% después de 10 minutos, esto lo hace viable para ser eliminado del conducto mediante un disolvente.

- Propiedades biológicas

El cemento AH Plus no provoca efectos adversos en la salud, es poco frecuente que produzca reacciones alérgicas y se ha demostrado que tiene una citotoxicidad moderada. En relación a lo anterior, se reporta que produce mutagenicidad solo después de ser mezclado, razón por lo cual, se recomienda que el profesional evite el contacto con el cemento no polimerizado; cabe mencionar que los riesgos para el paciente son mínimos ya que no está en constante contacto con el cemento (Bergenholtz et al, 2010; Komabayashi et al, 2020). Se considera que es biocompatible, a pesar de que en un inicio genera una reacción inflamatoria severa en el tejido periapical que puede persistir por semanas; pasando un tiempo los tejidos toleran el cemento (Bergenholtz et al, 2010, Komabayashi et al).

Comparado con otros cementos su capacidad antimicrobiana contra el *Enterococcus faecalis* es nula y ante otras bacterias es mínima. Cabe mencionar que el tiempo de actividad antimicrobiana perdura por 24 h, por ello se considera como el cemento que ofrece mayor tiempo de actividad antimicrobiana (Komabayashi et al, 2020).

- Propiedades de manejo

Tiene una radiopacidad suficiente de 6.6 mmAl que se logra por el óxido de bismuto (Bergenholtz et al, 2010; Canalda y Brau, 2014).

Otras características con las que cuenta son su alta fluidez y un tiempo de trabajo prolongado (Canalda y Brau, 2014). El tiempo de fraguado según el fabricante es de 8 h, pero de acuerdo al estudio realizado por Asawaworarit y et al (2020) es de 18 h.

Puesto que cuenta con varias propiedades favorables, el cemento AH Plus se considera como el estándar de oro (Viapiana, Baluci, Filho y Camilleri, 2014a; Vertuan, et al 2018; Asawaworarit et al, 2020).

Otros cementos de resina Epoxi son Adseal y Acroseal (Komabayashi et al, 2020).

3.2.2. Cemento óxido de Zinc y eugenol (ZOE)

Los cementos ZOE contienen polvo de óxido de zinc y líquido de eugenol, un aceite esencial derivado del clavo. Continúan siendo populares debido a su fraguado lento, bajo costo, propiedades antibacterianas y facilidad de uso (Komabayashi et al, 2020). Sin embargo, la capacidad de sellado y sus propiedades biológicas son inferiores al ser comparadas con otros selladores de conductos radiculares. Debido a su tendencia a la desintegración, aún se recomiendan como material de obturación radicular en dientes deciduos (Bergenholtz et al, 2010). Algunos cementos comercializados son Pulp Canal Sealer®, Proco-Sol sealer®, y Tubli-Seal sealer, Endofill® (Komabayashi et al, 2020).

3.2.3. Cementos a base de Salicilato

Los selladores a base de salicilato suelen denominarse por sus aditivos terapéuticos comercializados en lugar de por su composición; por ejemplo, Sealapex® y Apexit® son cementos de salicilato que contienen hidróxido de calcio. El hidróxido de calcio es alcalino y antimicrobiano, sin embargo, el hidróxido de calcio no fragua y es ligeramente soluble en agua, por lo cual debe ser utilizado dentro de una matriz para ser un sellador efectivo. Los selladores que contenían hidróxido de calcio estaban destinados a promover la osteogénesis y la cementogénesis, así como a crear un entorno antimicrobiano, es por ellos que se emplean para el cierre apical (Komabayashi et al, 2020; Bergenholtz et al, 2010). Similar a los selladores anteriores, MTA Fillapex® es un sellador único a base de resina de salicilato que contiene 15 % de polvo de MTA. MTA Fillapex no debe considerarse como un sellador de silicato tricálcico (MTA, una cerámica bioactiva) ya que su composición es principalmente resina (Komabayashi et al, 2020).

3.2.4. Cementos de óxido de zinc base de ácidos grasos

Se desarrollaron selladores de óxido de zinc sin eugenol para evitar problemas con la cicatrización posoperatoria debido a que el eugenol es un agente citotóxico que afecta la membrana celular y las funciones respiratorias. Los ácidos grasos se utilizan en lugar de eugenol como agentes quelantes. Canals-N® utiliza ácido linoleico, ácido isoesteárico y colofonia; este último, contiene varios ácidos resínicos, como el ácido abiético, que se deriva de las coníferas. Nogenol® es otro cemento que está hecho con ácido láurico (Komabayashi et al, 2020).

3.2.5. Cementos a base de Ionómero

Los cementos se fabrican mezclando un polvo fino de vidrio de silicato con poliacrílico y ácidos relacionados. Cuando se mezclan forman un ionómero, es decir, subunidades repetitivas de monómero orgánico y iones inorgánicos. Ketac-endo® solo está disponible en algunos países; otro cemento era KT-308 pero este cemento ya no está disponible (Komabayashi et al, 2020).

3.2.6. Cementos a base de silicona

Los selladores a base de silicona forman una red polimérica tridimensional por polimerización por adición como una serie de enlaces cruzados entre divinilpolisiloxano y polimetilhidrosiloxano con una sal de platino como catalizador. Los cementos que son comercializados son GuttaFlow® y RoekoSeal® (Komabayashi et al, 2020).

3.2.7. Cementos a base de silicato tricálcico

Introducido por Torabinejad y White en la década de 1990, el MTA es un cemento cerámico a base de polvos hidráulicos de silicato tricálcico y silicato dicálcico. Son cementos bioactivos porque liberan iones de calcio e hidróxido, los cuales inducen

la producción de hidroxiapatita en su superficie en presencia de iones fosfatos presentes en los fluidos corporales. Los iones de calcio e hidróxido continúan siendo liberados durante aproximadamente un mes después del fraguado. Se ha informado que estos cementos causan la deposición de cristales similares a la apatita en los tercios apical y medio de las paredes del canal. Los cementos a base de silicato tricálcico que actualmente se comercializan son Grey & Neo MTA Plus®, BioRoot RCS®, iRoot SP®, Ceraseal®, Endoseal® y Bio-C Sealer® (Komabayashi et al, 2020).

Los términos “biocerámicos” o “biosilicatos” para referirse a los cementos son incorrectos; el termino adecuado para los cementos de silicato tricálcico es “bioactivos” por su capacidad para formar hidroxiapatita en su superficie y un efecto osteogénico (Komabayashi et al, 2020).

3.2.8. Cementos a base de resinas de metacrilato

Los cementos de resina de metacrilato fueron creados para lograr un monobloque o monosello, es decir, el cemento se une a la dentina radicular y al material núcleo de la obturación con el objetivo de crear una interfase sin espacios. Desde su creación han aparecido varios cementos, sin embargo, solo se puede encontrar comercialmente EndoREZ®, Hybrid Root SEAL® y Super-Bond RC Sealer® (Komabayashi et al, 2020).

3.3. Implicaciones del aumento de temperatura sobre la obturación del conducto radicular

Venturi, Pasquantonio, Falconi y Breschi (2002) exponen que el aumento de temperatura durante la obturación influye en tres factores:

- Factores mecánicos: la gutapercha plastificada se adapta mejor al conducto, pero no debe ser demasiado blanda para mantener el control del material.
- Factores fisicoquímicos: el proceso de calentamiento de la gutapercha debe permanecer dentro del rango de 37 a 45 ° C, Viapiana et al (2014a)

considera que solo se requiere 39°C para reblandecer la gutapercha. Las temperaturas superiores a 45 °C producen cambios volumétricos en la gutapercha durante el enfriamiento ya que se altera la estructura del material, si esta misma se calienta a más de 100°C se producen modificaciones irreversibles en la estructura molecular. En contraste a la afirmación anterior, Roberts, Kirkpatrick, y Bergeron (2017) comprobaron que una temperatura de 230°C no afecta la estabilidad dimensional y la estructura molecular de la gutapercha, así como, de sus derivados.

- Factores biológicos: se refiere al posible daño de los tejidos perirradiculares cuando la gutapercha se calienta dentro del conducto. Se ha explicado que un aumento de temperatura a más de 47°C durante 1 minuto induce lesiones en los tejidos perirradiculares (Viapiana et al, 2014a; Viapiana et al, 2014b). Lipski (2005) y Venturi et al (2002) mencionan que la dentina es un buen aislante de calor por lo cual, a mayor grosor de dentina, menos calor se transfiere a la superficie externa de la raíz. Canalda (2014) hace referencia al estudio realizado por Villegas et al, quienes observaron un aumento de temperatura de 14°C a 2 mm de la constricción apical y 12°C a 4 milímetros, de igual manera, Lipski (2005) observó que la temperatura de la superficie radicular aumenta 10°C, a excepción de los incisivos centrales inferiores que sufrieron un aumento de hasta 13° C, así mismo, recalca que el mayor aumento se presentó cuando se calienta el plugger por segunda ocasión para separarlo de la gutapercha. En base a Viapiana et al (2014a) la temperatura de la superficie radicular se mantiene en 37 a 41 °C.

Se ha verificado que el cemento endodóntico afecta la distribución del calor ya que actúa como un aislante térmico. Venturi (2002) informa que los cementos pueden disminuir la temperatura entre 1 a 2°C en la superficie radicular, en cambio, Donnermeyer, Schäfer y Bürklein, S. (2018) transcriben que la temperatura puede reducirse hasta 10°C.

Las técnicas de obturación mediante calor pueden afectar negativamente las propiedades físicas y químicas de algunos cementos de conductos radiculares, los efectos varían de acuerdo al cemento (Chavarría et al, 2022).

En relación al efecto que causa el calor sobre el cemento AH Plus, Donnermeyer et al (2018) mencionan que el cemento sufre un aumento de temperatura de hasta 56°C empleando la técnica de compactación por onda continua. Por otro lado, Viapiana et al (2014b) observaron que los componentes de la pasta B se desintegran y repercuten en la polimerización. Chavarría et al (2022) demostraron que el calor produce una pérdida de peso del cemento AH Plus. Otros estudios como el de Qu et al (2016), Camilleri (2015) y Viapiana et al (2014b) reportan que el calor reduce su tiempo de fraguado; Qu et al (2016) asocian este efecto a la pérdida de grupos amina lo cual acelera la reacción química. Es importante considerar que un fraguado rápido propicia una capa de cemento de mayor grosor y, por tanto, la gutapercha no podrá ocupar ese espacio (Camilleri, 2015).

Chavarría et al (2022) investigó los efectos del calor sobre siete selladores endodónticos: AH Plus®, Adseal®, MTA Fillapex®, RoekoSeal®, GuttaFlow 2®, GuttaFlow BioSeal® y EndoRez®. Observó que todos los cementos, especialmente MTA Fillapex®, presentaron una pérdida de peso a medida que la temperatura aumentaba de 180°C a 230°C, por lo tanto, el calor afecta a la estabilidad de los materiales. También demostró que los cementos Adseal®, RoekoSeal®, EndoRez®, GuttaFlow 2® y MTA Fillapex® sufrieron cambios químicos en su composición y cambios en su estructura, mientras que, AH Plus® y GuttaFlow BioSeal® no presentaron ningún cambio, lo que indica que ambos selladores se pueden calentar incluso a 230 °C.

Se ha observado que los cementos a base de silicato tricálcico, como MTA Fillapex®, aceleran su fraguado y presentan cambios en su composición cuando se le aplica calor (Camilleri, 2015; Chavarría et al, 2022). Otros artículos, reportan que dichos cementos reducen su fluidez y presentaran una capa de mayor grosor (Heran, Khalid, Albaaj, Tomson y Camilleri, 2019).

Bio Root RCS® al recibir calor se modifican las propiedades físicas debido a la pérdida de agua del cemento, ya que Bio Root RCS® es a base de agua. El mismo estudio, observó que el cemento GuttaFlow® presenta menor fluidez y una capa de mayor grosor (Heran et al, 2019).

Capítulo 4. Metodología

El estudio que se llevó a cabo fue de tipo experimental y transversal in vitro, se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

Selección de la muestra

La muestra estuvo constituida por 34 dientes extraídos unirradiculares anteriores superiores que previo a la obturación del conducto fueron aleatorizados en dos grupos experimentales y un grupo control. Los criterios de inclusión fueron tener un solo conducto principal negociable con una lima ISO 10 tipo K de Dentsply®, conductos sin curvaturas apicales pronunciadas y con longitud radicular mayor a 10 mm (ver Figura2). Los dientes se excluyeron si presentaban fisuras o fracturas en la raíz en los últimos 3 mm, ápice incompleto, reabsorción interna, reabsorción externa o un tratamiento de conducto previo a su recolección.



Figura 2. Fotografía de los dientes incluidos en el estudio
Fuente: elaboración propia

A cada diente se le tomó una radiografía preoperatoria con equipo rayos-X de Corix®, en dirección mesiodistal y vestibulolingual con la finalidad de observar la anatomía del conducto radicular (ver Figura 3).

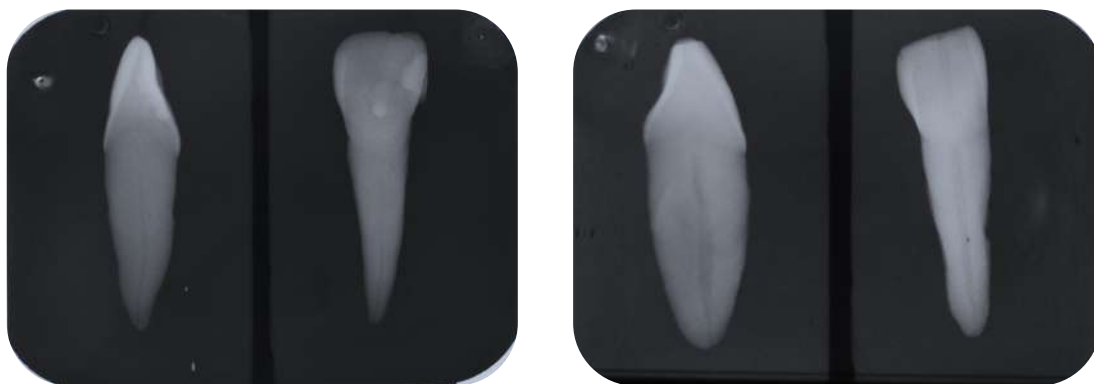


Figura 3. Radiografía inicial.
Fuente: elaboración propia

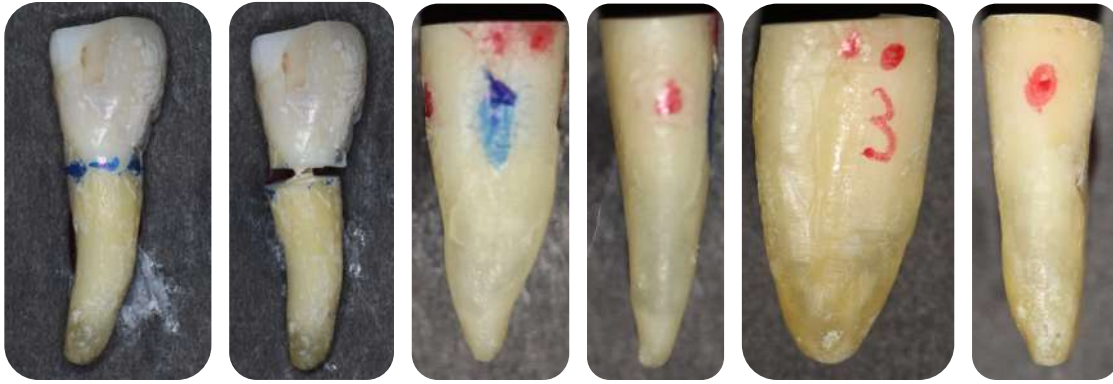
Se eliminó el cálculo dental y/o tejido blando adherido a la raíz del diente con instrumento CK6 de Hu Friedy® y se lavaron con agua de grifo. Posteriormente, se les tomó dos fotografías, cara mesial y cara vestibular, con cámara Canon® EOS Rebel T6 (ver Figura 4) y se almacenaron en agua destilada hasta iniciar su conformación.



Figura 4. Fotografía de los dientes previo a la preparación.
Fuente: elaboración propia

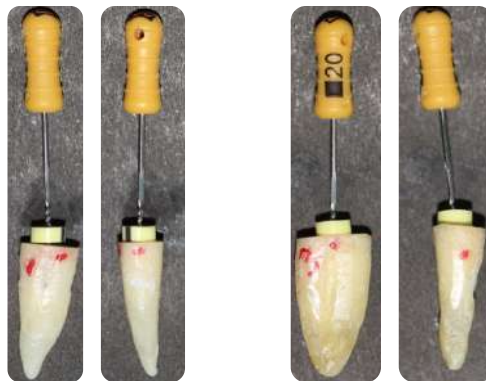
Preparación de los conductos

Los dientes fueron seccionados a nivel de la unión cemento esmalte con un disco de diamante doble luz de MDT® a baja velocidad en una dirección perpendicular al eje longitudinal (ver Figura 5).

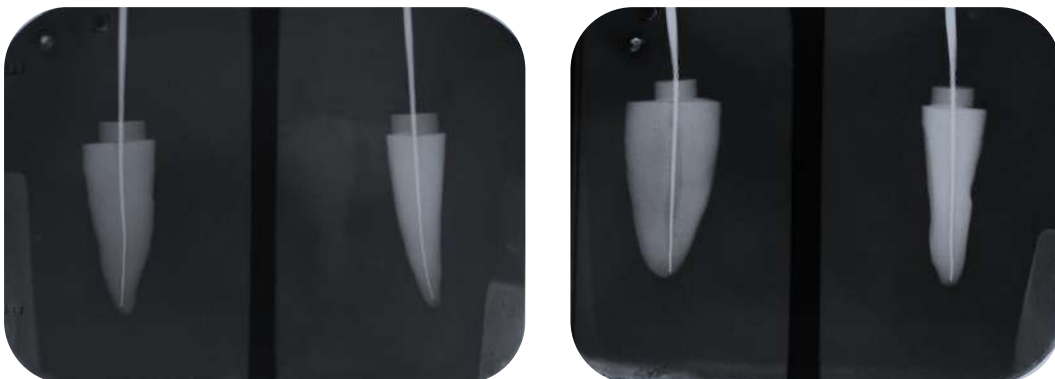


*Figura 5. Corte perpendicular a nivel de la unión cemento esmalte.
Fuente: elaboración propia*

La longitud de trabajo se estableció por medio de una lima ISO 20 tipo K de Dentsply® restando 0.5 mm a la distancia entre la porción cervical y el foramen apical (ver Figura 6). Se tomó una radiografía en dirección mesiodistal y vestibulolingual (ver Figura 7).

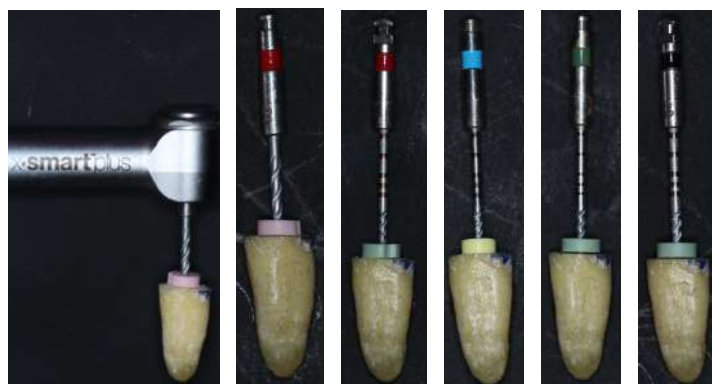


*Figura 6. Establecer longitud de trabajo.
Fuente: elaboración propia*



*Figura 7. Radiografía para establecer longitud de trabajo.
Fuente: elaboración propia*

Cada conducto se preparó con el sistema K3XF de SybronEndo® utilizando el motor X-Smart Plus de Dentsply® a una velocidad de 350 RPM y un torque de 3 Ncm; el último instrumento que trabajo hasta la longitud de trabajo fue una lima 40/.04 de SybronEndo® (ver Figura 8). Los conductos fueron irrigados con 1 ml de NaOCl al 5.25% después de tres movimientos de picoteo con un instrumento K3XF de SybronEndo®, se utilizó una jeringa de 10 ml y una aguja Endo-Eze de Anelsam®.



*Figura 8. Instrumentación con sistema K3XF de Sybron Endo®
Fuente: elaboración propia*

Se comprobó la permeabilidad de los conductos con una lima ISO 10 tipo K de Dentsply®.

La irrigación final se realizó con 1 ml de EDTA al 17% de Metabiomed®, seguido de 2 ml de NaOCl al 5% y se concluyó con 2 ml de agua destilada.

Los conductos se secaron con puntas de papel ISO 40 de Metabiomed®.

Obturación de los conductos

Los dientes fueron divididos al azar en dos grupos experimentales de 15 dientes cada uno (ver tabla 2) y en un grupo control de 4 dientes, para ello se empleó el programa Microsoft Excel 2021 (ver tabla 3 y 4). Todos los dientes, excepto los de control, fueron obturados con gutapercha y cemento AH Plus de Dentsply® empleando la técnica de compactación lateral y de compactación por onda continua de acuerdo al grupo al que pertenecían; el cemento AH Plus de Dentsply® fue preparado conforme las instrucciones del fabricante. El grupo control se obturó únicamente con gutapercha, dos dientes fueron obturados

mediante técnica de compactación lateral y los otros dos a través de compactación por onda continua.

Diente	Aleatorio	Jerarquia	Orden	Diente onda
1	0.11040921	29	1	14
2	0.15110321	27	2	26
3	0.42120047	15	3	3
4	0.37329571	17	4	30
5	0.11311217	28	5	15
6	0.00823682	34	6	7
7	0.28431966	21	7	24
8	0.2418866	22	8	21
9	0.92217892	1	9	32
10	0.03304236	32	10	10
11	0.28512933	20	11	25
12	0.39167863	16	12	12
13	0.7029877	6	13	31
14	0.67043741	9	14	20
15	0.61953608	11	15	34
16	0.23821458	24	16	16
17	0.32612108	19	17	19
18	0.50432547	14		
19	0.53716295	13		
20	0.2332392	25		
21	0.66917001	10		
22	0.58800491	12		
23	0.2255591	26		
24	0.08794904	31		
25	0.85545331	2		
26	0.70506206	4		
27	0.70443546	5		
28	0.02487543	33		
29	0.24076261	23		
30	0.35923668	18		
31	0.67211041	8		
32	0.8148782	3		
33	0.09023293	30		
34	0.69399704	7		

Tabla 2. Aleatorización para designar grupo de obturación por onda continua
Fuente: elaboración propia.

Obt. Onda	Aleatorio	Jerarquia	Esmalte	Diente control
3	0.99825123	1	Sin esmalte	31
7	0.85272301	4	Con esmalte	12
10	0.96444709	3		
12	0.13845612	12		
14	0.99470893	2		
15	0.03681382	16		
16	0.7626284	5		
19	0.23850711	9		
20	0.70568969	6		
21	0.02040862	17		
24	0.29002233	8		
25	0.14904838	11		
26	0.06131292	15		
30	0.19138621	10		
31	0.12550013	13		
32	0.62497743	7		
34	0.07340841	14		

Tabla 3. Aleatorización para designar grupo control positivo y grupo control negativo con obturación por onda continua.
Fuente: elaboración propia

Obt. Late	Aleatorio	Jerarquia	Esmalte	Diente control
1	0.36280648	12	Sin esmalte	13
2	0.9601062	1	Con esmalte	9
4	0.18044099	15		
5	0.38174301	11		
6	0.14261492	17		
8	0.77872969	5		
9	0.7828352	4		
11	0.28512877	13		
13	0.81649713	3		
17	0.66924339	6		
18	0.48663852	9		
22	0.50527912	8		
23	0.92369769	2		
27	0.46076423	10		
28	0.60238561	7		
29	0.21010263	14		
33	0.16458555	16		

*Tabla 4. Aleatorización para designar grupo control positivo y grupo control negativo con obturación lateral.
Fuente: elaboración propia*

El protocolo de obturación por onda continua se llevó a cabo basándose en Fernández et al (2016) y Canalda y Brau (2014).

1. Elegir un plugger del sistema Fast-Pack de Eighteeth® el cual penetró 3 mm antes de la longitud de trabajo.
2. Se selecciono una punta accesoria de gutapercha de Metabiomed® que ajusto a 0.5 mm de la longitud de trabajo (ver Figura 9 A). Se tomo una radiografía para observar la posición y ajuste de la punta (ver Figura 9 B).

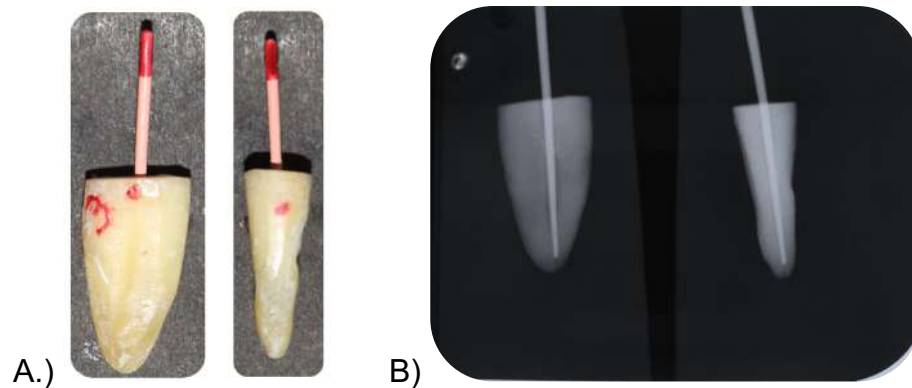
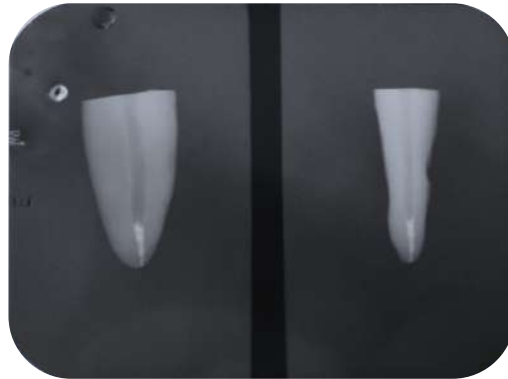


Figura 9. Punta de gutapercha seleccionada. A) Punta de gutapercha accesoria seleccionada. B) Radiografía de selección de punta gutapercha.

Fuente: elaboración propia

3. La punta fue impregnada con cemento y se introdujo dentro del conducto.
4. Con ayuda del plugger caliente se recortó el excedente de la punta y se compactó con un instrumento Machtou de Dentsply®.

5. La gutapercha restante se compacta hasta los 3 mm apicales de la longitud de trabajo con ayuda del plugger activado.
6. Se desactivó el plugger y se ejerció presión hacia apical permaneciendo en esa posición por 10 s, acto siguiente, se activó nuevamente el plugger por un segundo para retirarlo del conducto.
7. Se compacta la gutapercha con un instrumento Machtou de Dentsply®. Se tomó radiografía periapical para observar la compactación (ver Figura 10).



*Figura 10. Compactación de la gutapercha en los 3 mm apicales.
Fuente: elaboración propia*

8. Para obturar el resto del conducto, se procedió a aplicar cemento adicional a las paredes del conducto y se inyectó gutapercha termoplastificada de Metabiomed® cada 5 mm mediante el sistema Fast-Fill de Eighteeth® para después ser compactar con un instrumento Machtou de Dentsply®. Se repitió este paso hasta dejar 2 mm cervicales del conducto sin obturar. Se tomó una radiografía para observar la compactación de la gutapercha en el conducto radicular (ver Figura 11).



Figura 11. Diente obturado por onda continua.

Fuente: elaboración propia

9. Se obturo la porción cervical con resina composite Z350 de 3M®.

El protocolo de obturación por medio de compactación lateral fue de la siguiente manera, según Canalda y Brau (2014) y Schäfer y Olthoff (2002).

1. Se comprobó que la punta de gutapercha ISO 40 de Metabiomed® llegará a la longitud de trabajo (Figura 12 A). Se tomó radiografía para observar el ajuste de la gutapercha (figura 12 B)

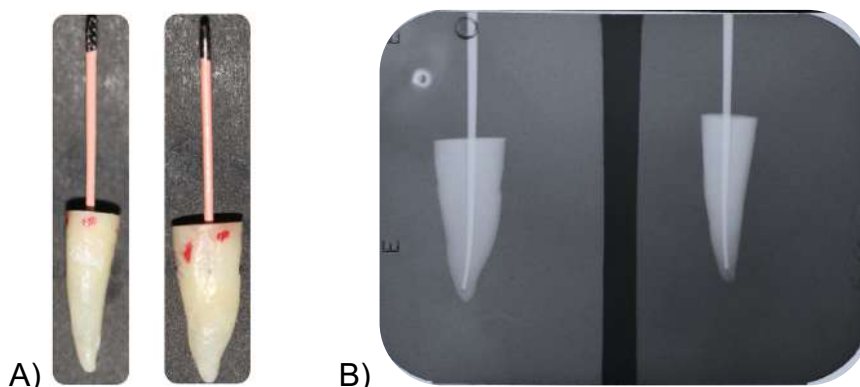
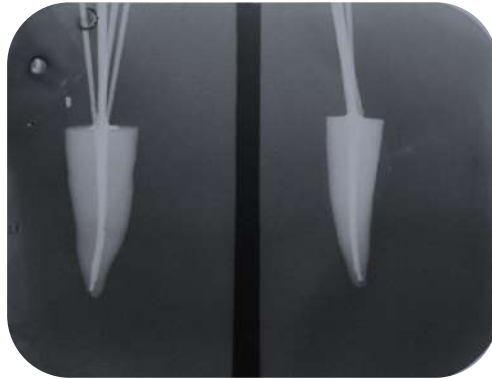


Figura 12. Punta principal de gutapercha. A) Punta principal de gutapercha. B) Radiografía de la punta de gutapercha.

Fuente: elaboración propia

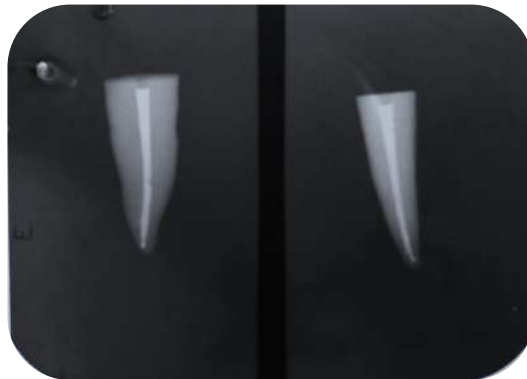
2. Se delimitó la longitud del espaciador D 11 de Hu Friedy® para que penetre 1 mm antes de la longitud de trabajo.
3. Las paredes del conducto se recubrieron de cemento con ayuda de una punta de gutapercha.
4. La punta principal de gutapercha ISO 40 de Metabiomed® fue recubierta de cemento en su porción apical y se introdujo hasta la longitud de trabajo.
5. El espaciador D 11 Hu Friedy® fue introducido y se mantuvo en posición durante 2 s, posteriormente, se retiró con movimientos de vaivén menores a 180°.
6. Se insertó una punta de gutapercha XF, FF o MF de Metabiomed®, según se requirió, la cual fue recubierta en la porción apical de cemento, en seguida se introdujo el espaciador Hu Friedy® y se manipuló como en el paso anterior; este paso se repitió hasta que el espaciador penetró solo 2

mm. Se tomo radiografía de prueba de obturación del conducto (ver Figura 13).



*Figura 13. Radiografía de prueba de obturación.
Fuente: elaboración propia*

7. Las puntas de gutapercha se recortaron a 2 mm por debajo del límite coronal con el instrumento Glick n° 1 de Arain®. Se tomo radiografía final de obturación (ver Figura 14).



*Figura 14. Radiografía final de obturación por compactación lateral.
Fuente: elaboración propia*

8. Finalmente, los 2 mm sin obturar fueron ocupados por resina composite Z350 de 3M®.

Una vez finalizada la obturación los dientes fueron almacenados en tubos de ensayo con agua destilada por 48 h para simular el contacto con los fluidos tisulares mientras el cemento fraguó. Los dientes se mantuvieron con la porción coronal en dirección al piso para evitar que el cemento fluyera fuera del ápice debido a la fuerza de gravedad (ver Figura 15 A y 15 B). Transcurridas 48 h, los

dientes se retiraron del agua y su superficie fue secada mediante aire libre de aceite expulsado por una jeringa triple.



Figura 15. Almacenamiento de los dientes en agua destilada. A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por compactación mediante onda continua.

Fuente: elaboración propia

Penetración de tinción

El grupo control que consistió en un grupo control positivo y un grupo control negativo, cada subgrupo tuvo un diente obturado con técnica lateral y un diente obturado por onda continua. Los dientes de los grupos experimentales y control positivo fueron cubiertos con dos capas de barniz de uñas transparente, excluyendo 3 mm apicales (ver Figura 16 A, 16 B y 16 C); los dientes del grupo control negativo fueron cubiertos en toda su superficie (ver Figura 17).

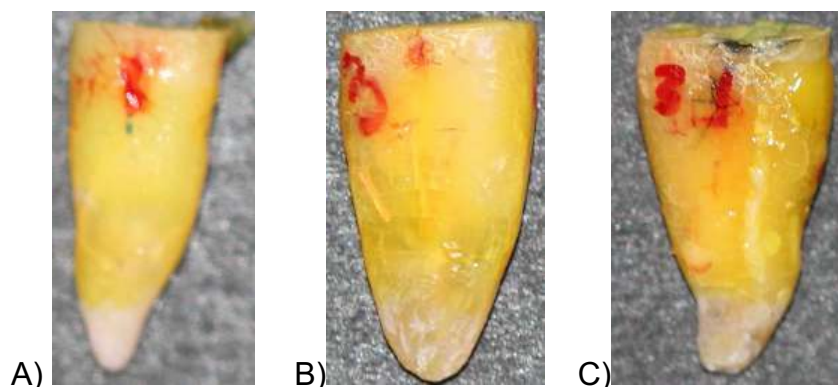


Figura 16. Dientes cubiertos con barniz excluyendo 3 mm apicales. A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por onda continua. C) Diente de grupo control positivo.

Fuente: elaboración propia



*Figura 17. Diente de grupo control negativo cubierto con barniz en su totalidad.
Fuente: elaboración propia*

Posteriormente, los dientes conservaron la misma posición antes señalada en el tubo de ensayo y se cubrieron en su totalidad por tinta china negra de Pelikan®; se mantuvieron sumergidos por 72 h (ver Figura 18 A y 18 B). Al finalizar este periodo, los dientes fueron lavados con abundante agua corriente.



*Figura 18. Dientes sumergidos en tinta china. A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por onda continua.
Fuente: elaboración propia*

Observación de las muestras

Los dientes fueron seccionados longitudinalmente realizando surcos en la superficie vestibular y lingual con un disco de diamante doble luz de MDT® a baja velocidad, el cual penetró antes de contactar con el conducto obturado, posteriormente (ver Figura 19), se introdujo en el surco una hoja de bisturí # 23 de SensilMedical® y se le aplicó ligeros golpes con un martillo pequeño para dividir

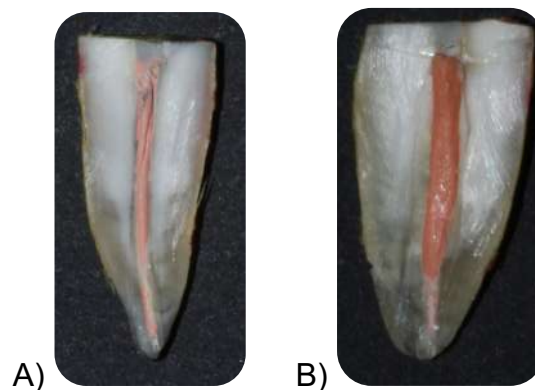
los dientes (ver Figura 20). Se conservó el fragmento con mayor cantidad de material de obturación en el tercio apical (ver Figura 21).



*Figura 19. Realización del surco con disco de diamante.
Fuente: elaboración propia*



*Figura 20. División del diente con hoja de bisturí.
Fuente: elaboración propia*



*Figura 21. Fragmento con mayor cantidad de gutapercha. A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por onda continua.
Fuente: elaboración propia*

Las muestras se colocaron sobre un enmocado milimétrico y se les tomó fotografías a través de un microscopio estereoscópico marca Leica microsystems® a un aumento de 8x, 25x, y 35x. Posteriormente, con el programa Leica LAS EZ 3.4 se realizó la medición y cuantificación de las variables, las cuales son distancia de microfiltración de tinta, adaptación de la gutapercha en la porción apical del conducto radicular, presencia de cemento en el límite apical de la gutapercha y, presencia de espacios en el material núcleo.

Se determinó la distancia en milímetros a la que penetró la tinta china, con el aumento de 8x. Dicha distancia se midió linealmente del punto A, que corresponde al foramen apical, al punto B, que corresponde al límite cervical de la zona pigmentada (ver Figura 22).

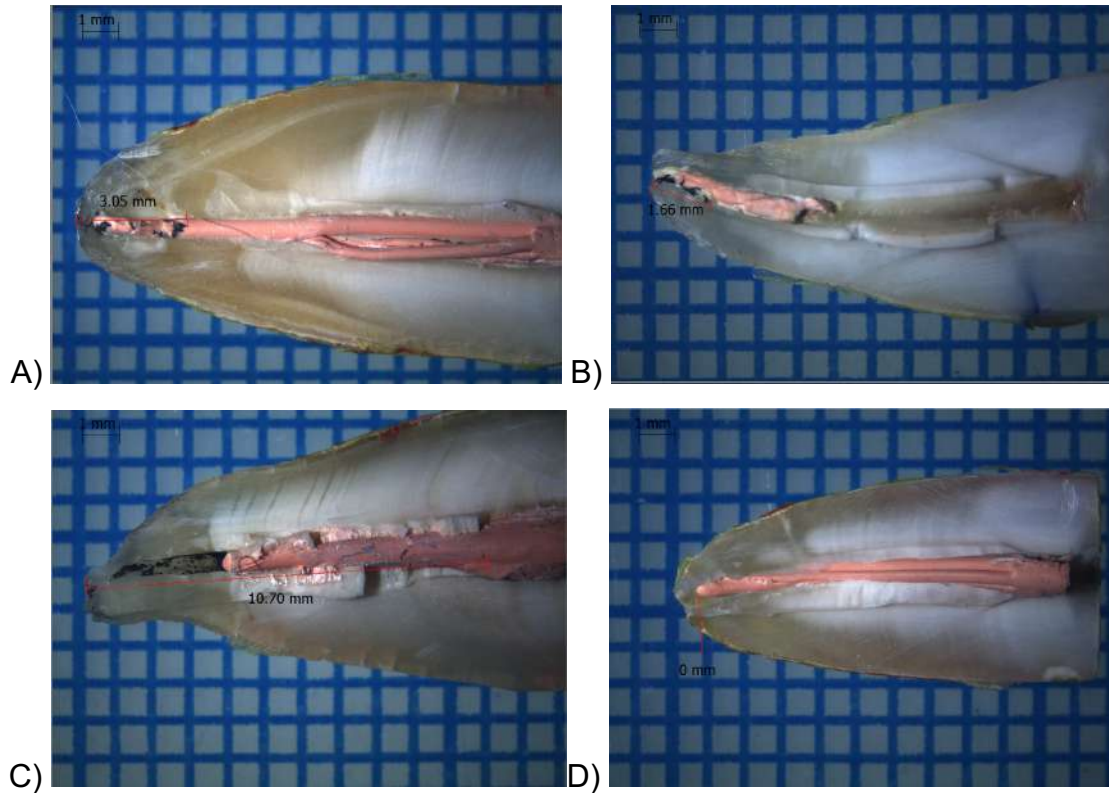


Figura 22. Distancia de microfiltración de tinta china. Aumento 8x. A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por onda continua. C) Diente control positivo. D) Diente control negativo

Se estableció la adaptación de la gutapercha al conducto midiendo en milímetros la distancia que existe entre la superficie de la gutapercha a las paredes del

conducto, con el aumento a 25x. Se determinó la adaptación de la gutapercha en el primer milímetro apical y en el tercer milímetro apical, para ello se promediaron ambas distancias (ver Figura 23).

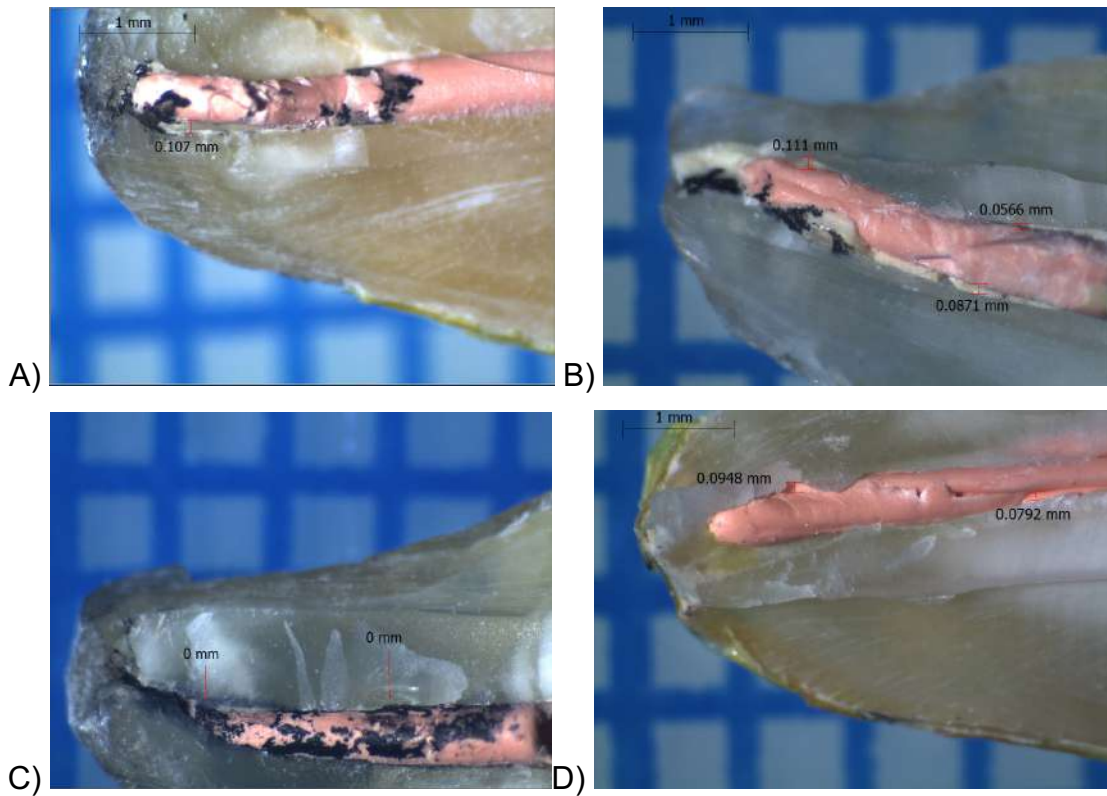
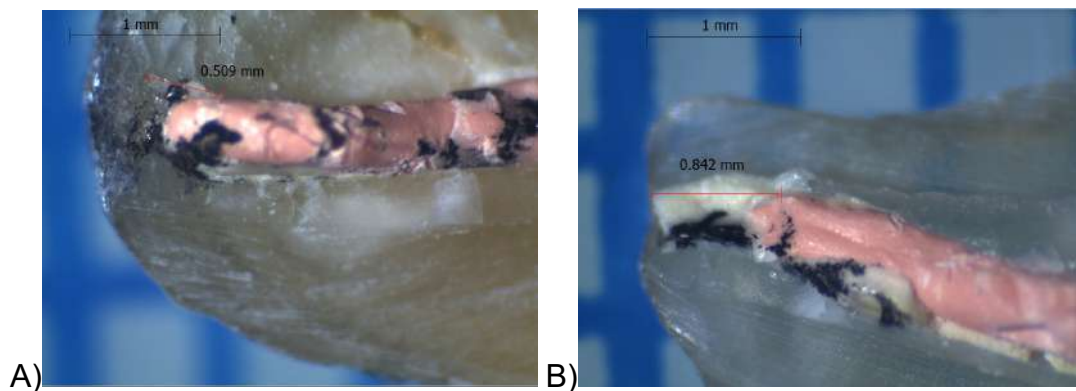


Figura 23. Adaptación de la gutapercha a las paredes del conducto. Aumento 25x.

A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por onda continua. C) Diente control positivo. D) Diente control negativo.

Fuente: elaboración propia

También, se registró la presencia de cemento en el límite apical del material núcleo, se registró la distancia que existe entre el límite apical de la gutapercha y el límite apical del cemento (ver Figura 24).



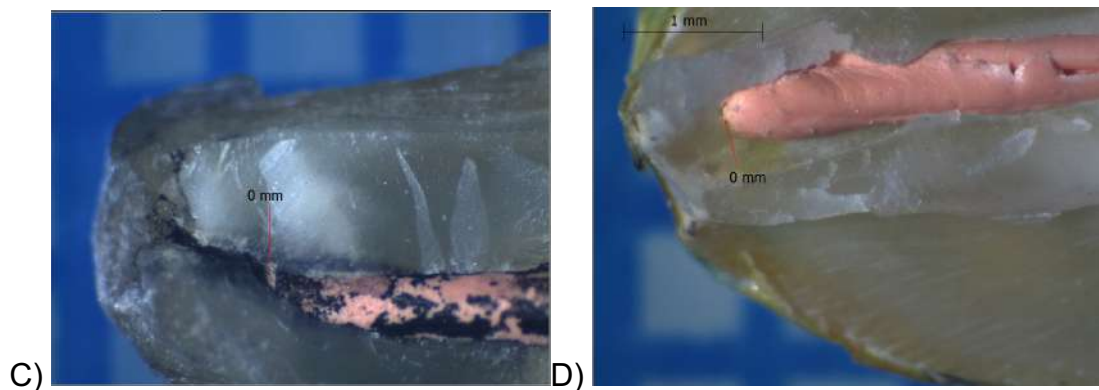


Figura 24. Presencia de cemento apical a la gutapercha. A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por onda continua. C) Diente control positivo. D) Diente control negativo.

Fuente: elaboración propia

Por último, se cuantificó los espacios vacíos o rellenos de cemento ubicados en los 3 mm apicales del material núcleo (ver Figura 25).

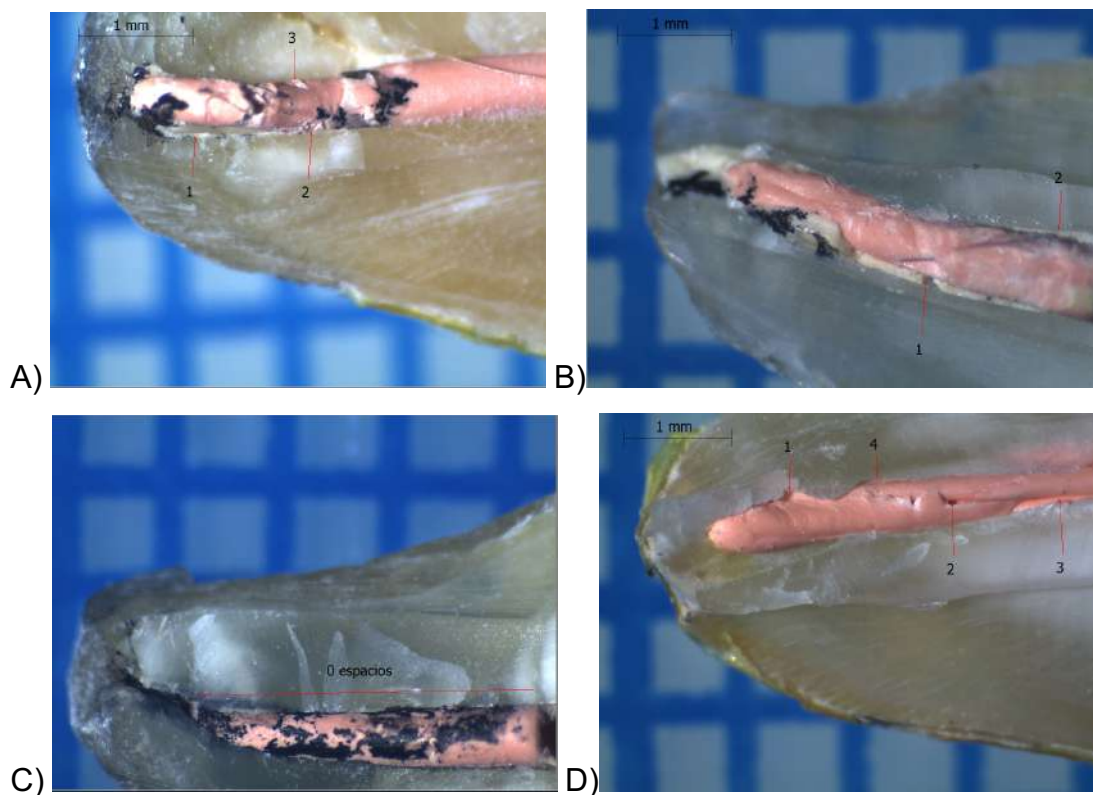


Figura 25. Presencia de espacios vacíos o rellenos de cemento. A) Diente obturado por compactación lateral. B) Diente obturado por onda continua. C) Diente control positivo. D) Diente control negativo.

Fuente: elaboración propia

Las variables obtenidas fueron analizadas en el programa IBM SPSS Statistics versión 29 (SPSS Inc, Chicago, IL, EE.UU). Se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes para establecer si existen diferencias significativas entre los dos grupos examinados.

Obstrucción

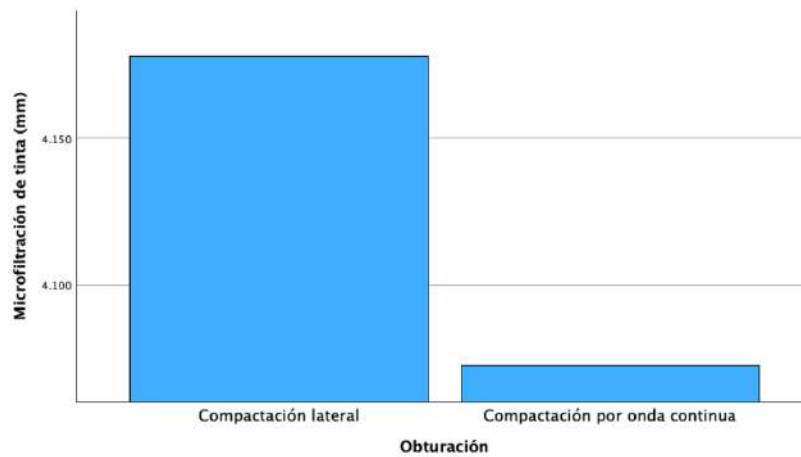
Compactación por onda continua

Compactación lateral

Microfiltración de tinta (mm)

Microfiltración de tinta (mm)	Obstrucción
0.5	Compactación por onda continua
1.0	Compactación por onda continua
1.5	Compactación por onda continua
2.0	Compactación por onda continua
2.5	Compactación por onda continua
5.0	Compactación por onda continua
8.5	Compactación por onda continua
10.0	Compactación por onda continua
10.5	Compactación por onda continua
11.0	Compactación por onda continua
0.5	Compactación lateral
1.0	Compactación lateral
1.5	Compactación lateral
2.0	Compactación lateral
2.5	Compactación lateral
5.0	Compactación lateral
6.0	Compactación lateral
6.5	Compactación lateral
7.0	Compactación lateral
8.0	Compactación lateral
13.0	Compactación lateral

— [45] —

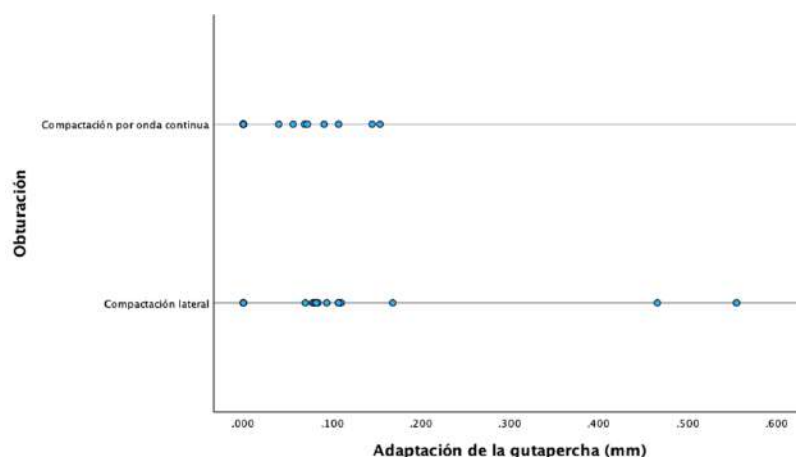


Gráfica 2. Media del sellado apical en obturación por compactación lateral y compactación por onda continua
Fuente: elaboración propia

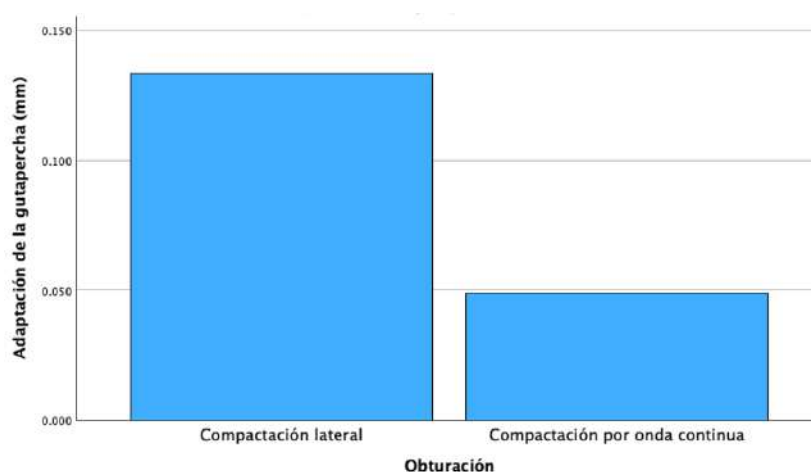
		Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza de la diferencia			
		F	Sig.	t	gl.	P de un factor	Significación P de dos factores	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior		
Sellado apical, microfiltración de tinta (mm)	Se asumen varianzas iguales	.728	.401	.072	28	.472	.943	.105733	1.470365	-2.906173	3.117640		
	No se asumen varianzas iguales			.072	27.639	.472	.943	.105733	1.470365	-2.907946	3.119413		

Tabla 5. Prueba t de Student para análisis de sellado apical
Fuente: elaboración propia

Con respecto a la adaptación de la gutapercha en el conducto radicular se registró el promedio de dos medidas, en el primer milímetro del ápice y en el tercer milímetro en dirección coronal (ver gráfico 3). La media del grupo de compactación lateral fue de 0.13 mm y de la compactación por onda continua es de 0.04 mm (ver gráfico 4). La prueba t de Student determinó una significancia P de .032 lo que es menor a 0.05, por lo tanto, la adaptación de la gutapercha en el conducto radicular es mayor en la técnica de obturación por onda continua que en la técnica de obturación lateral (ver tabla 6).



Gráfica 3. Adaptación de la gutapercha en el conducto radicular.
Fuente: elaboración propia



Gráfica 4. Media de adaptación de la gutapercha en obturación por compactación lateral y compactación por onda continua
Fuente: elaboración propia

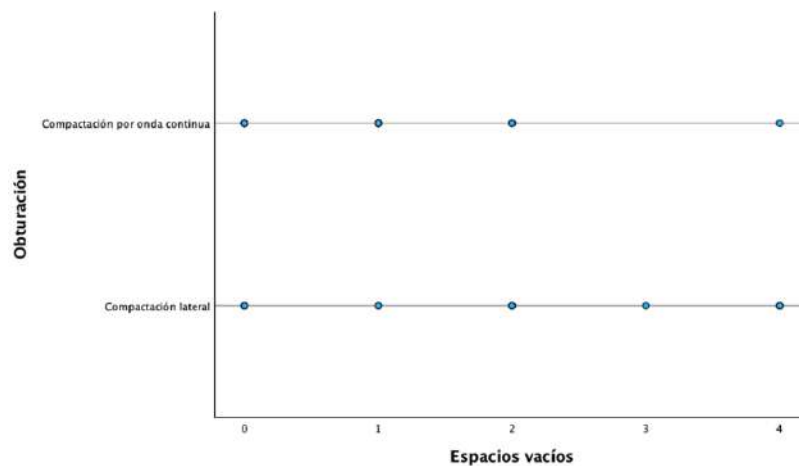
Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	P de un factor	Significación P de dos factores	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia
Adaptación de la gutapercha (mm)	Se asumen varianzas iguales	3.469	.073	1.924	28	.032	.065	.084467	.043899	-.005457 .1743
	No se asumen varianzas iguales			1.924	17.302	.035	.071	.084467	.043899	-.008030 .1769

Tabla 6. Prueba t de Student para análisis de adaptación de la gutapercha
Fuente: elaboración propia

También se registró la cantidad de cemento presente en apical de la gutapercha en ambos grupos (ver gráfico 5); se obtuvo la media para el grupo de compactación lateral, que fue de 0.64 mm, y para el grupo de compactación por

Tabla 7. Prueba t de Student para análisis de la presencia de cemento apical a la gutapercha
Fuente: elaboración propia

Por último, se contabilizó la cantidad de espacios vacíos o rellenos con cemento en los últimos tres milímetros del conducto radicular (ver gráfico 7). La media correspondiente a compactación lateral es 1.80 espacios vacíos y para compactación por onda continua es de 1.07 espacios vacíos (ver gráfico 8). La significación P es de .134 lo que es mayor a 0.05.; entonces, existe evidencia significativa para que afirma que los espacios vacíos en el material núcleo del conducto radicular es igual en la técnica de obturación por onda continua que en la técnica de obturación (ver tabla 8).



Gráfica 7. Espacios vacíos o rellenos con cemento en el conducto radicular.
Fuente: elaboración propia

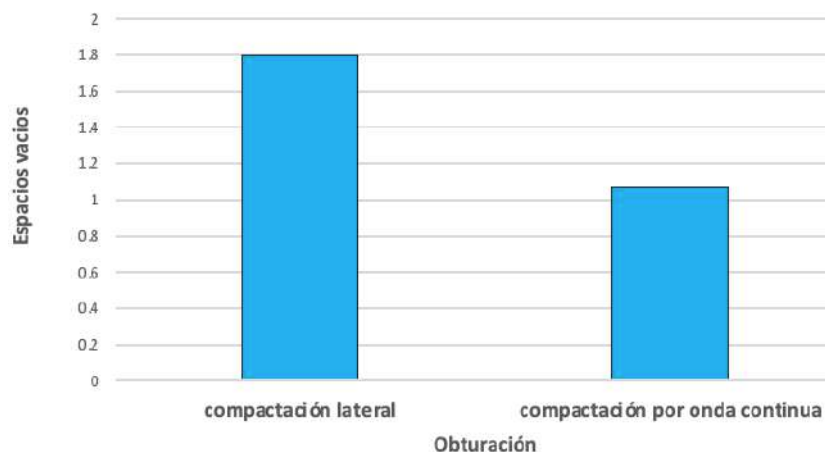


Gráfico 8. Media de los espacios vacíos o rellenos con cemento en el conducto radicular en obturación por compactación lateral y compactación por onda continua.

Fuente: elaboración propia

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Significación P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Espacios vacíos	Se asumen varianzas iguales	1.960	.173	1.545	28	.067	.134	.733	.475	-.239	1.706
	No se asumen varianzas iguales			1.545	25.903	.067	.135	.733	.475	-.243	1.709

Tabla 8. Prueba t de Student para análisis de los espacios vacíos o rellenos con cemento en el conducto radicular

Fuente: elaboración propia

Discusión

Canalda (2014) establece que la obturación tiene dos objetivos, el primero es proporcionar un sellado coronoapical y el segundo es evitar la presencia de microorganismos en el conducto radicular y en los tejidos perirradiculares.

La obturación se realiza mediante un material núcleo y un cemento de conducto; Li et al (2014) indican que desde el año 1867 la gutapercha es empleada como material núcleo debido a sus cualidades, sin embargo, tiene la desventaja de no adherirse a las paredes dentinarias. Por lo antes mencionado, se requiere de un cemento de conducto que, según Vertuan et al (2018) y Asawaworarit et al (2010), penetre en las irregularidades del conducto y selle la interfase entre el material núcleo y las paredes dentinarias.

Viapiana et al (2014a), Vertuan et al (2018) y Asawaworarit (2020) afirman que el cemento AH Plus es el estándar de oro. De acuerdo al fabricante, el cemento AH Plus, está indicado en técnicas de obturación con gutapercha solida o termoplastificada, a pesar de ello, algunos autores no concuerdan con esta afirmación.

Venturi et al (2002) afirma que la compactación por onda continúa genera que la temperatura de la gutapercha aumente de 0.5°C a 1.1°C; lo cual repercute en las cualidades del cemento AH Plus. A su vez, Viapana et al (2014b) concluye que el cemento al recibir calor reduce su resistencia a la compresión. Dichas afirmaciones no coinciden con los hallazgos del presente estudio ya que los resultados para ambos grupos estudiados no mostraron diferencias significativas, aunque cabe resaltar que de manera individual los resultados fueron mejores para la compactación por onda continua.

Una razón que justifica por qué el sellado apical no vario significativamente en los grupos analizados, es porque la fluidez del cemento AH plus no es

alterada en técnicas de obturación con calor; lo que permite que el cemento penetre en las irregularidades anatómicas del conducto radicular, los conductos accesorios y los espacios sin gutapercha, y con ello, la microfiltración disminuye (Qu et al (2016). Otra razón, es que el cemento AH Plus tiene la capacidad de adherirse a la dentina y dicha propiedad no se altera en las distintas técnicas de obturación (Bergenholtz et al, 2010; Sevimay y Kalayci, 2005; Remy et al, 2017).

De manera individual se observó que los dientes obturados por onda continua tuvieron menor microfiltración de tinta china; lo cual coincidió con lo observado por Viapiana et al (2014a), quien determinó que la capacidad de sellado mejora con el calor ya que se reduce la porosidad del AH Plus y con ello disminuye la microfiltración.

La adaptación de la gutapercha en el interior del conducto fue mayor en la obturación por onda continua que en la obturación por compactación lateral. Esto se debe a que la compactación por onda continua es una variante de la obturación por compactación vertical, por lo cual proporciona una obturación densa y homogénea al compactar la gutapercha (Peng et al, 2007; Beltes, Keki, Kodonas, Gogos y Economides, 2008). Así mismo, se observó que los dientes obturados por compactación lateral presentaron mayor número de espacios vacíos o rellenos por cemento, datos que concuerdan con lo mencionado por Peng et al (2007).

La presencia de cemento apical a la gutapercha fue similar en ambos grupos, lo que hace suponer que el cemento sobrepasa el límite apical cuando la gutapercha se compacta sin importar la técnica de obturación empleada, a pesar de que otras investigaciones afirman que las técnicas de compactación vertical en caliente resultan en un mayor riesgo de que el material de obturación sea extruido a los tejidos periradiculares (Santoto, Lozito, Donno, Grassi y Introna, 2009).

La microfiltración se evaluó mediante penetración de tinción y el posterior desgaste de las muestras en sentido longitudinal, técnica es relativamente simple y económica (Bergenholtz et al, 2010). La tinta china fue el tinte de elección ya que tiene un alto grado de tinción y su peso molecular favorece su penetración en

el conducto (Joseph y Singh, 2012; Schäfer y Olthoff, 2002; Sevimay y Kalayci, 2005). El desgaste se prefirió realizar en sentido longitudinal que en transversal ya que Limkangwalmongkol et al (1992) y Singh et al (2016) indican que en este sentido se obtiene un análisis visual más preciso de la microfiltración de la tinta.

Conclusión

El presente estudio tuvo como objetivo valorar el sellado apical que proporciona el cemento AH plus empleando la técnica de obturación por compactación lateral y por onda continua. Dentro de las limitaciones del presente estudio, se pudo concluir que el sellado apical ofrecido por el cemento AH Plus no es el ideal ya que en ambas técnicas hubo microfiltración, sin embargo, los dientes obturados por onda continua tuvieron menos microfiltración lo que se puede atribuir a la mejor adaptación de la gutapercha en el conducto.

El cemento AH plus en presencia de temperaturas elevadas parece no sufrir cambios negativos que repercutan en el sellado apical drásticamente, aunque no se niega la probabilidad de que su composición química sea alterada con el calor. Debido a que el cemento AH plus en ninguna de las dos técnicas de obturación impidió la microfiltración apical, las investigaciones deben continuar para encontrar un cemento o una técnica de obturación que garantice por completo el sellado apical y a su vez el sellado coronal.

La técnica de obturación a emplear debe elegirse de acuerdo a cada caso clínico, basándose en la anatomía del conducto, seguido del conocimiento, destreza, y los recursos materiales con los que cuente el operador.

Previo a la realización del presente estudio se realizó un estudio piloto para verificar si la metodología que se deseaba realizar era adecuada para tal fin. Del estudio piloto se pudo resaltar la importancia que tiene la posición del diente dentro del tubo de ensayo, debido a que el cemento fluyó fuera del conducto mientras permanecía sumergido en la tinta china en una posición donde el ápice se dirigía al piso. Otro paso de la metodología que se cambió fue el de finalizar la división del diente con una espátula de lecrón, se prefirió utilizar una hoja de bisturí para que la sección fuera precisa y sin fracturas de la raíz.

Por último, se sugiere la realización de otro estudio con un método distinto de microfiltración y observación de la misma, ya que, al seccionar el diente en

sentido longitudinal no se puede observar tridimensionalmente la muestra, lo que puede generar falsos negativos.

Referencias

- Altan, H., Göztaş, Z., Inci, G. & Tosun, G. (2018). Comparative evaluation of apical sealing ability of different root canal sealers. *Eur Oral Res*, 52 (3). 117-121. DOI: 10.26650/eor.2018.438
- Angerame, D., De Biasi, M., Pecci, R. & Bedini, R. (2020). Filling ability of three variants of the single-cone technique with bioceramic sealer: a micro-computed tomography study. *J Mater Sci Mater Med*; 31 (11). 1-8. DOI: 10.1007/s10856-020-06443-0.
- Asawaworarit, W., Pinyosopon, T. & Kijsamanmith, K. (2020). Comparison of apical sealing ability of bioceramic sealer and epoxy resin-based sealer using the fluid filtration technique and scanning electron microscopy. *Journal of dental sciences*, 15(2). 186–192. DOI: 10.1016 / j.jds.2019.09.010
- Bhandi, S., Mashyakh, M., Abumelha, A., Alkahtany, M., Jamal, M., Chohan, H., Raj, A., Testarelli, L., Reda, R. & Patil, S. (2021). Complete Obturation-Cold Lateral Condensation vs. Thermoplastic Techniques: A Systematic Review of Micro-CT Studies. *Materials (Basel)*; 14 (14). 1-15. DOI: 10.3390/ma14144013.
- Beltes, P., Keki, P., Kodonas, K., Gogos, C. & Economides, N. (2008). Effect of heat application on adhesion of epoxy resin sealer. *J Endod.*, 34 (11). 1378-1380. DOI: 10.1016/j.joen.2008.07.026.
- Bergenholtz, G., Horsted-Bindslev, P. y Reit, C. (2010). *Endodoncia*. Segunda edición. México: El Manual Moderno.
- Camilleri, J. (2015). Sealers and Warm Gutta-percha Obturation Techniques. *J endo*, 41 (1). 72-78. DOI: 10.1016/j.joen.2014.06.007
- Canalda, C. Brau, E. (2014). *Endodoncia: Técnicas Clínicas Y Bases Científicas*. Tercera edición. Barcelona, España: Elsevier
- Chavarría, D., Komabayashi, T., Shen, I., Vega, J., Gandolfi, M., Prati, C. & Montero, M. (2022). Effects of heat on seven endodontic sealers. *J Oral Sci.*, 64 (1). 33-39. DOI: 10.2334/josnurd.21-0178.

Chisnoiu, R., Moldovan, M., Chisnoiu, A., Hrab, D., Rotaru, D., Păstrav, O. & Delean, A. (2019). Comparative apical sealing evaluation of two bioceramic endodontic sealers. *Med Pharm Rep.*, 92 (3). 55-60. DOI: 10.15386/mpr-1516.

Donnermeyer, D., Schäfer, E. & Bürklein, S. (2018). Real-time Intracanal Temperature Measurement During Different Obturation Techniques. *J Endod.*, 44 (12). 1832-1836. DOI: 10.1016/j.joen.2018.08.013.

Fernández, R., Restrepo, J., Aristizábal, D., Álvarez, L. (2016). Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. *Int Endod J.* 49 (4). 365-373. DOI: 10.1111/iej.12454.

Flores, A. & Pastenes, A. (2018). Técnicas Y Sistemas Actuales De Obturación En Endodoncia. *Revisión Crítica De La Literatura. KIRU*, 15 (2). 85-93. DOI: 10.24265/kiru.2018.v15n2.05

Giudice, A. & Torres, J. (2011). Obturación en endodoncia – Nuevos sistemas de obturación: revisión de literatura. *Rev Estomatol Herediana*; 21(3):166-174. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421539365009>

Guerrero, C., Ramírez, H., Varela, R., Mondragón, J., Meléndez, J., León, J., & López, M. (2010). Evaluación Del Sellado Apical De Sistemas Resinosos En La Obturación De Conductos Radiculares: "Estudio In Vitro". *Acta Odontológica Venezolana*, 48 (1), 1-11. Disponible en <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2010/1/art-7/>

Hargreaves, K., Berman, L., & Rotstein, I. (2016). *Cohen, Vías de la Pulpa*. Undécima edición. Barcelona, España: Elsevier

Heran J, Khalid S, Albaaj F, Tomson PL, Camilleri J. (2019). The single cone obturation technique with a modified warm filler. *J Dent*; 89. 1-6 DOI: 10.1016/j.jdent.2019.103181.

Hirai, V., Machado, R., Budziak, M., Piasecki, L., Kowalczyk, A., & Neto, U. (2020). Percentage of Gutta-Percha-, Sealer-, and Void-Filled Areas in Oval-Shaped Root Canals Obturated with Different Filling Techniques: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *European journal of dentistry*, 14 (1), 8-12. DOI: 10.1055/s-0040-1701543

- Jafari, F. & Jafari, S. (2017). Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *J Clin Exp Dent.*, 9 (6), 812-819. DOI: 10.4317/jced.53604.
- Joseph, R. & Singh, S. (2012). Evaluation of Apical Sealing Ability of Four Different Sealers using Centrifuging Dye Penetration Method: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*, 13 (6). 830-833. DOI: 10.5005 / jp-journals-10024-1237.
- Kierklo, A., Tabor, Z., Pawińska, M. & Jaworska, M. (2015). A microcomputed tomography-based comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Med Princ Pract.*; 24 (1). 84-91. DOI: 10.1159/000368307.
- Kikly, A., Jaâfoura, S., Kammoun, D. & Sahtout, S. (2020). Sealing Ability of Endodontic Cements: An In Vitro Study. *Int J Dent*, 2020. 1-7. DOI: 10.1155/2020/5862598.
- Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C. & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Materials Journal*; 39 (5). 703-720. DOI: 10.4012 / dmj.2019-288.
- Lahor, E., Miranda, J., Brunet, L., Farré, M. & Pumarola, J. (2015). In vitro study of the apical microleakage with resilon root canal filling using different final endodontic irrigants. *J Clin Exp Dent*, 7 (1). 212-207. DOI: 10.4317 / jced.51755
- Li, G., Niu, L., Zhang, W., Olsen, M., De-Deus, G., Eid, A., Chen, J., Pashley, D. & Tay, R. (2014). Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review. *Act biomaterialia*; 10 (3). 1050–1063. DOI: 10.1016/j.actbio.2013.11.015
- Libonati, A., Montemurro, E., Nardi, R. & Campanella V. (2018). Percentage of Gutta-percha-filled Areas in Canals Obturated by 3 Different Techniques with and without the Use of Endodontic Sealer. *J Endod*; 44 (3). 506-509. DOI: 10.1016/j.joen.2017.09.019.
- Limkangwalmongkol, S., Abbott, P., Sandler, A. (1992). Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *J Endod.*; 18 (11). 535-539. DOI: 10.1016/S0099-2399(06)81209-4.

- Lipski, M. (2005). Root surface temperature rises during root canal obturation, in vitro, by the continuous wave of condensation technique using System B HeatSource. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*; 99 (4). 505-510. DOI: 10.1016/j.tripleo.2004.07.014.
- Mancino, D., Kharouf, N., Cabiddu, M., Bukiet, F. & Haïkel, Y. (2020). Microscopic and chemical evaluation of the filling quality of five obturation techniques in oval-shaped root canals. *Clin Oral Investig*; 26. DOI: 10.1007/s00784-020-03703-9
- Mohammadian, F., Farahanimastary, F., Dibaji, F. & Kharazifard MJ. (2017). Scanning Electron Microscopic Evaluation of the Sealer-Dentine Interface of Three Sealers. *Iran Endod J.*; 12 (1). 38-42. DOI: 10.22037/iej.2017.08
- Moor, R. & Martens, L. (1999). Apical microleakage after lateral condensation, hybrid gutta-percha condensation and Soft-Core obturation: an in vitro evaluation. *Dental Traumatology*; 15 (5). 239–243. DOI: 10.1111 / j.1600-9657.1999.tb00780.x
- Moradas, M. & Ivarez, B. (2018). Do Thermoplastic Materials Improve the Obturation of the Root Canal? Bibliographic Review of the Different Techniques Available in the Market. *J Dent Health Oral Disord Ther*; 9 (1). 23-28. DOI: 10.15406/jdhodt.2018.09.00323
- Muliyar, S., Shameem, K., Thankachan, R., Francis, P., Jayapalan, C. & Hafiz, K. (2014). Microleakage in endodontics. *J Int Oral Health*; 6 (6). 99-104. PMID: 25628496
- Paqué, F. & Sirtes, G. (2007). Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16-months leakage. *Int Endod J.*; 40 (9). 722-729. DOI: 10.1111 / j.1365-2591.2007.01298.x
- Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. 2007. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod*; 33 (2). 106-109. DOI: 10.1016/j.joen.2006.09.010.
- Qu, W., Bai, W., Liang, Y. & Gao, X. (2016). Influence of Warm Vertical Compaction Technique on Physical Properties of Root Canal Sealers. *J Endod.*; 42 (12). 1829-1833. DOI: 10.1016/j.joen.2016.08.014.

- Remy, V., Krishnan, V., Job, T., Ravisankar, M., Raj, C., John, S. (2017). Assessment of Marginal Adaptation and Sealing Ability of Root Canal Sealers: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*; 18 (12).1130-1134. DOI: 10.5005/jp-journals-10024-2188.
- Roberts, H., Kirkpatrick, T. & Bergeron, B. (2017). Thermal analysis and stability of commercially available endodontic obturation materials. *Clin Oral Investig.*; 21 (8). 2589-2602. DOI: 10.1007/s00784-017-2059-5.
- Robertson, D., Leeb, I., & Brewer, E. (1980). A clearing technique for the study of root canal systems. *J Endo*; 6 (1). 421-424. DOI: 10.1016 / s0099-2399 (80) 80218-4
- Santoro, V., Lozito, P., Donno, A., Grassi, F. e Introna, F. (2009). Extrusion of Endodontic Filling Materials: Medico-Legal Aspects. Two Cases. *Open Dent J.*, 16 (3). 68-73. DOI: 10.2174/1874210600903010068.
- Schäfer, E. & Olthoff, G. (2002). Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *J Endod.*; 28(9). 638-642. DOI: 10.1097/00004770-200209000-00003.
- Secretaria de Salud. (2019). Resultados del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías bucales SIVEPAB 2018. Disponible en <https://www.gob.mx/salud/documentos/informes-sivepab-2018>
- Sevimay, S. & Kalayci, A. (2005). Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil*; 32 (2). 105-110. DOI: 10.1111/j.1365-2842.2004.01385.x.
- Şımşek, N., Keleş, A., Ahmetoğlu, F., Akinci, L. & Er, K. (2017). 3D Micro-CT Analysis of Void and Gap Formation in Curved Root Canals. *Eur Endod J.*; 2 (1). 1-5. DOI: 10.14744/eej.2017.17004.
- Singh, R., Pushpa, S., Arunagiri, D., Sawhny, A., Misra, A., & Sujatha, R. (2016). The effect of irrigating solutions on the apical sealing ability of MTA Fillapex and Adseal root canal sealers. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*; 10 (4). 251–256. DOI: 10.15171/joddd.2016.040

Siomionatto, A., Faria, G., Tanomary, M. & Bonatti, I. (2014). Influence of Sealer Placement Technique on the Quality of Root Canal Filling by Lateral Compaction or Single Cone. *Braz Dent J*; 25 (2). 117-122. DOI: 0.1590/0103-6440201302370

Sociedad Argentina de Endodoncia. (2006). *Glosario Terminología Contemporánea para Endodocia*. Argentina

Tomson, R., Polycarpou, N., Tomson, P. (2014). Contemporary obturation of the root canal system. *Br Dent J.*; 216 (6). 315-22. DOI: 10.1038/sj.bdj.2014.205.

Venturi, M., Pasquantonio, G., Falconi, M. & Breschi L. (2002). Temperature change within gutta-percha induced by the System-B Heat Source. *Int Endod J.*; 35 (9).740-746. DOI: 10.1046/j.1365-2591.2002.00553.x.

Vertuan, G., Duarte, M., Moraes, I., Piazza, B., Vasconcelos, B., Alcalde, M. & Vivan, R. (2018). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Root Canal Sealer. *J Endod*; 44 (3). 501-505. DOI: 10.1016/j.joen.2017.09.017.

Viapiana, R., Baluci, C., Filho, T. & Camilleri, J. (2014a). Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *Inter Endo Jou*; 48 (1). 1-12. DOI:10.1111/iej.12271

Viapiana, R., Guerreiro, J., Tanomaru, M. & Camilleri, J. (2014b). 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. *JOE*; 40 (4). 555-561. DOI: 10.1016/j.joen.2013.09.026

Vula, V., Ajeti, N., Kuçi, A., Stavileci, M. & Vula, V. (2020). An In Vitro Comparative Evaluation of Apical Leakage Using Different Root Canal Sealers. *Med Sci Monit Basic Res.*; 26. 1-8 DOI: 10.12659/MSMBR.928175.

Wu, M., Fan, B., Wesselink, P. (2000). Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. *Int Endod J.*, 33(2). 121-125. DOI: 10.1046/j.1365-2591.2000.00274.x.

Anexos

Número de diente	Obturación	Control	Control con o sin cemento	Longitud de trabajo	Sellado apical - penetración de tinte mm	Adaptación de la gutapercha (1 mm)	Adaptación de la gutapercha (3 mm)	Adaptación de la gutapercha (mm)	Cemento en el límite apical (mm)	Espacios vacíos
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										

*Tabla 9. Lista de cotejo para registrar los valores de cada diente
Fuente: elaboración propia*