



UADY
CIENCIAS DE LA SALUD
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA

ESTUDIO *IN VITRO* DE LA OBTURACIÓN DEL TERCIO
APICAL CON SELLADORES BIOCERÁMICOS ACTIVADOS
ULTRASÓNICAMENTE

Tesis presentada por:

ADDY MARISA PACHECO RODRÍGUEZ

En opción al Diploma de Especialización en:

ENDODONCIA

Directores:

DR. MARCO ANTONIO RAMÍREZ SALOMÓN
C.D. CARLOS ALBERTO SAUCEDO MARTÍNEZ

Mérida, Yucatán, septiembre 2020





ESTUDIO *IN VITRO* DE LA OBTURACIÓN DEL TERCIO
APICAL CON SELLADORES BIOCERÁMICOS ACTIVADOS
ULTRASÓNICAMENTE

Tesis presentada por:
ADDY MARISA PACHECO RODRÍGUEZ

En opción al Diploma de Especialización en:
ENDODONCIA

Directores:
DR. MARCO ANTONIO RAMÍREZ SALOMÓN
C.D. CARLOS ALBERTO SAUCEDO MARTÍNEZ

Mérida, Yucatán, septiembre 2020


Mérida, Yucatán, 7 de septiembre de 2020

C. ADDY MARISA PACHECO RODRÍGUEZ


Con base en el dictamen emitido por sus Directores y revisores, le informo que la Tesis titulada "Estudio *in vitro* de la obturación del tercio apical con selladores biocerámicos activados ultrasónicamente", presentada como cumplimiento a uno de los requisitos establecidos para optar al Diploma de la Especialización en Endodoncia, ha sido aprobada en su contenido científico, por lo tanto, se le otorga la autorización para que una vez concluidos los trámites administrativos necesarios, se le asigne la fecha y hora en la que deberá realizar su presentación y defensa.




Dr. José Rubén Herrera Atoche
Jefe de la Unidad de Posgrado e Investigación



Dr. Marco Antonio Ramírez Salomón
Director de Tesis



C. D. Carlos Alberto Saucedo Martínez
Director de Tesis



M. en O. Gabriel Alvarado Cárdenas
Revisor



Dr. Rafael Hoyos Pinzón
Revisor

Artículo 78 del reglamento interno
de la facultad de Odontología de la
Universidad Autónoma de Yucatán.

Aunque una tesis hubiera servido para
el examen profesional y hubiera sido
aprobada por el sínodo, solo su autor
o autores son responsables de las
doctrinas en ella emitidas.

Este trabajo se realizó en la clínica del Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Yucatán, haciendo uso de sus instalaciones, material y equipos, bajo la dirección del Dr. Marco Antonio Ramírez Salomón. Esta tesis se origina del proyecto de investigación “Terapia endodóntica en dientes permanentes en diferentes estadios de formación radicular” registrado ante el SISTPROY con clave FODO 2017-0002.

AGRADECIMIENTOS

El tiempo paso y sin darme cuenta se cumplieron los dos años estipulados, dos años de cambios radicales en mi vida a todos los niveles, dos años en los que agradezco infinitamente a Dios por todas y cada una de las vivencias como alumna de este maravilloso Posgrado.

Durante este tiempo, muchas personas con su ayuda hicieron posible que mi caminar en este proceso fuera más liviano, agradable e inolvidable. Gracias, papás por tanto amor, tanto apoyo; por ser roca firme en mi vida, su amor transformado en obras ahora rinde frutos, todo lo que soy se los debo a ustedes. Gracias familia: a mi abuelita Addy, a mi esposo Adrian y a mis hermanos: Renny y Tere, por darle amor, comprensión y atención a mi niña en mis momentos de ausencia, pido a Dios que cada uno de esos minutos se les sean recompensados el ciento por uno; son pilares fundamentales en mi vida. Gracias Amelia porque, a tu corta edad, supiste comprender que mamá se estaba preparando para poder ofrecerte un mejor futuro, eres la razón de mi vida. Gracias a mis maestros, sus enseñanzas serán piedras angulares en mi ejercicio como especialista; las horas llenas de ciencia que me dedicaron, son horas que quedan guardadas en mi memoria y mi corazón. Gracias Dr. Marco por aceptarme en el Posgrado y creer en mi capacidad para ser una futura endodoncista, “los tiempos de Dios son perfectos”; gracias, Dra. Elma por sus enseñanzas y por todo su esfuerzo para sacar siempre lo mejor de mí; gracias Dr. Gabriel por ayudarme a aterrizar la ciencia en la práctica tanto en el aula como en la clínica; gracias Dra. Maru por su valiosa compañía en la clínica, cuando creíamos que la vida se nos iba en un paciente; gracias Dr. Rafael por su enorme paciencia al enseñarnos y acompañarnos en clínica; gracias Dr. Vitico por su forma tan alegre de enseñarnos a detalle; gracias Lore, por tu amistad y por todas las veces que me apoyaste con los materiales que requería para atender a mis pacientes. Gracias a mis once endo-hermanos, el corazón se me llena de alegría y agradecimiento con Dios por ponerlos en mi vida, estoy segura que mi experiencia no hubiera sido la misma sin cada uno de ustedes; enriquecieron mi vida, con sus virtudes, enseñanzas y amor, Dios fue muy bueno conmigo al darme la oportunidad de poderlos conocer.

DEDICATORIAS

Esta Tesis está dedicada a mi hija Amelia

RESUMEN

La introducción de biomateriales a base de silicato de calcio (Biocerámicos), ha dado lugar a grandes cambios en el área de Endodoncia debido a su biocompatibilidad, bioactivación y biomineralización. El objetivo de este estudio fue evaluar la obturación apical de los Biocerámicos con y sin activación ultrasónica a 3mm del vértice apical, con el fin de lograr un mayor relleno del área obturada, y que el sellador alcance aquellas zonas que mecánicamente no pueden ser instrumentadas y/o obturadas. Se estudiaron 108 conductos radiculares de 90 premolares humanos; los conductos se conformaron con instrumentos rotatorios V-Taper2H® (SS-White). Los 90 premolares se dividieron aleatoriamente en 3 grupos (n = 30) según el sellador: Grupo 1: Ceraseal® (Meta Biomed, Korea), Grupo 2: Endosequence BC Sealer® (Brasseler, USA), y Grupo 3: AH Plus® (Dentply, Germany); a su vez cada grupo se subdividió en 2 grupos (n = 15): 1)A=Activados con ultrasonido 2)NA=No Activados con ultrasonido; la activación ultrasónica de los grupos “A”, se realizó con U files ISO 25 (Varios, NSK) adaptado a un dispositivo ultrasónico (ED2, NSK), el cual se activó durante 20 segundos dentro del conducto radicular y posteriormente, se obturaron bajo la técnica de compactación lateral; los ejemplares fueron almacenados al 100% de humedad a 37°C durante 1 semana, se seccionaron horizontalmente a 3mm a partir del vértice apical; se utilizó un microscopio estereoscópico (Leika®, Germany) para obtener las imágenes de los cortes realizados, y las áreas obturadas y no obturadas fueron medidas con el software “Image J”. Los resultados mostraron que el AH-Plus® activado ultrasónicamente fue el sellador que obtuvo la mayor área obturada a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares, con muy poca diferencia el segundo fue el Endosequence BC Sealer® también activado ultrasónicamente; en comparación con el Ceraseal® que alcanzó la mayor área de obturación sin activación ultrasónica. Los Biocerámicos tienen un futuro prometedor, representan una nueva generación de biomateriales que además de poseer capacidad de sellado favorecen la función osteoblástica., la integración de nuevas tecnologías como el ultrasonido, conduce a mejorar las técnicas, modificando la forma convencional de la practica endodóntica, con el fin de mejorar la obturación de los conductos.

ÍNDICE

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 INTRODUCCIÓN.....	2
2.2 CEMENTOS BIOCERÁMICOS.....	5
2.3 SELLADORES BIOCERÁMICOS.....	7
2.4 SELLADORES A BASE DE RESINA EPOXI.....	11
2.5 ULTRASONIDO.....	12
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
5.1 DISEÑO DE ESTUDIO.....	16
5.2 VARIABLES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	16
5.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	17
5.4 CRITERIOS.....	17
5.5 METODOLOGÍA.....	18
6. RESULTADOS.....	23
7. DISCUSIÓN.....	30
8. CONCLUSIÓN.....	35
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

1. TABLA 1. RESULTADOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2. TABLA 2. RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS UNO Y DOS.....	26
3. TABLA 3. RESULTADOS DEL OBJETIVO CUATRO.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MTA FILLAPEX.....	9
FIGURA 2. ENDOSEQUENCE BC SEALER.....	9
FIGURA 3. CERASEAL	10
FIGURA 4. AH PLUS.....	12
FIGURA 5. ULTRASONIDO VARIOS NSK.....	12
FIGURA 6. ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA DE SELLADORES BIOCERÁMICOS.....	13
FIGURA 7. METODOLOGÍA 1.....	18
FIGURA 8. METODOLOGÍA 2.....	18
FIGURA 9. METODOLOGÍA 3.....	19
FIGURA 10. METODOLOGÍA 4.....	20
FIGURA 11. FOTOS DE CORTE A 3MM DEL VÉRTICE APICAL Y SU VISTA A TRAVÉS DEL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO.....	20
FIGURA 12. FOTOS DEL ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES CON EL SOFTWARE IMAGE J V1 46r.....	21
FIGURA 13. RADIOGRAFÍAS DE LAS MUESTRAS EN ESTUDIO.....	22
FIGURA 14. MAPA CONCEPTUAL DE LA DIVISIÓN Y SUBDIVISIÓN DE LOS CONDUCTOS EN RELACIÓN CON LOS SELLADORES Y SU FORMA.....	23
FIGURA 15. CORTES A 3mm DEL VÉRTICE APICAL DE LAS OBTURACIONES REALIZADAS CON LOS TRES SELLADORES Y SU VISTA A TRAVÉS DEL MICROSCOPIO ESTEREOSCOP.....	25
FIGURA 16. RESULTADOS DEL OBJETIVO 3.....	26
FIGURA 17. RESULTADOS DEL OBJETIVO 4.....	27
FIGURA 18. RESULTADOS DEL ÁREA OCUPADA POR EL SELLADOR VS GUTAPERCHA EN LOS GRUPOS MUESTRA.....	28

FIGURA 19. VISTA BAJO EL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO DEL CAMBIO DE COLOR EN LOS SELLADORES BIOCERÁMICOS ACTIVADOS ULTRASÓNICAMENTE.....	29
FIGURA 20. VISTA BAJO EL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO DE VARIACIONES ANATÓMICAS ENCONTRADAS A 3MM DEL VÉRTICE APICAL.....	29

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La introducción de biomateriales a base de silicato de calcio (Biocerámicos) en odontología, ha dado lugar a grandes cambios, especialmente en el área de Endodoncia; esto debido a su biocompatibilidad, bioactivación, biomineralización, entre otras muchas características. Teniendo en cuenta el uso en boga de estos materiales en los tratamientos endodónticos contemporáneos, resulta relevante como Endodoncistas conocer todas sus aplicaciones en nuestra área, a través de investigaciones y revisiones bibliográficas que nos permitan ampliar nuestro criterio al momento de emplearlos.

En este estudio se pretende demostrar la influencia de la activación ultrasónica en los selladores a base de silicato de calcio (Biocerámicos) con relación al área obturada a 3mm del vértice apical, zona a partir de la cual hacia el ápice se reportan múltiples variaciones anatómicas; misma zona que en procedimientos quirúrgicos es seccionada con el fin de lograr un mejor sellado del tercio apical; esto, para evitar la filtración de bacterias residuales del interior del conducto al periápice y viceversa; para lograr este objetivo el ultrasonido puede ser una buena alternativa como coadyuvante durante la obturación, ya que genera ondas ultrasónicas que ayudan tanto a las soluciones irrigantes como a los selladores a alcanzar aquellas zonas que mecánicamente no pueden ser instrumentadas y/o obturadas.

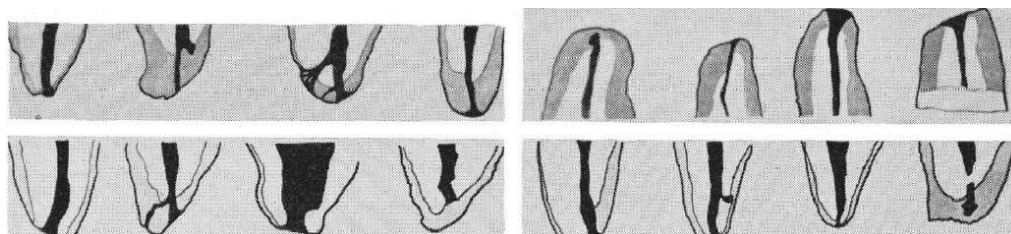
Si se logra la sinergia del uso del ultrasonido en conjunto con los selladores Biocerámicos (biocompatibles), en pro de una mejor calidad en la obturación, estaríamos dando paso al siguiente objetivo después de finalizar un tratamiento endodóntico, que es, la curación ósea periapical, esta dependerá en gran medida de la diferenciación y actividad de los osteoblastos; para esto, los Biocerámicos, con base en investigación comprobada, también ayudarán a la diferenciación osteoblástica como en el proceso de curación, esto además de su cualidades como selladores endodónticos.

Por todo lo antes mencionado, se requiere de investigaciones que nos brinden más información de la calidad de la obturación en el tercio apical, con el fin de obtener mejores resultados durante el tratamiento endodóntico.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

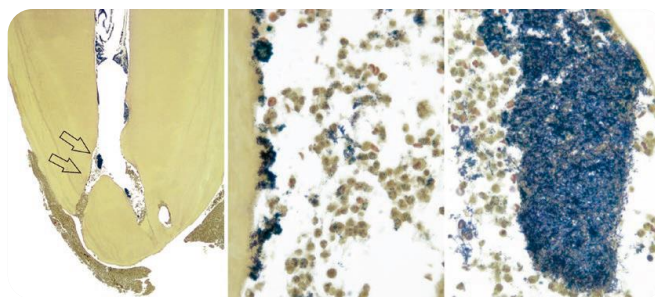
INTRODUCCIÓN

Kuttler en 1995, menciona que la anatomía apical es la base del arte y la ciencia de la curación; el tercio apical del conducto radicular y los tejidos que lo rodean son el centro de la mayor actividad endodóntica y la mayor preocupación en el tratamiento y obturación del conducto (1).



Kuttler, JADA 1995

Ricucci *et al*, en el 2019 mencionan que la porción apical del sistema de conductos radiculares se caracteriza por tener una variable y compleja anatomía, el conducto principal muestra una constricción ubicada ligeramente corta al forámen apical, aunque las ramificaciones accesorias sean comunes (2). El espesor promedio del cemento apical está aproximadamente a 0.5mm del forámen apical, esto justifica realizar la obturación del conducto radicular a 0.5mm antes de la longitud de patencia; debido a que radiográficamente rara vez podemos obtener una vista clara del tercio apical del conducto (1). Después de una exposición pulpar por caries, la necrosis y/o infección progresa lentamente en dirección apical incluso antes de que la pulpa este completamente infectada y/o necrótica. Las bacterias que infectan la porción apical del conducto radicular son la causa principal de la periodontitis apical postratamiento (2).



Ricucci, 2019 *The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition*

¿Qué se necesita para que el tratamiento endodóntico llegue a ser exitoso después de una periodontitis apical? No hay una respuesta definitiva, sin embargo, Siqueira *et al*, en el 2019, mencionan que la tasa de éxito aumenta si se presenta una de las siguientes situaciones: 1) La infección bacteriana se restringe al conducto principal, 2) La infección bacteriana se erradica efectivamente, 3) Las bacterias residuales tienen una carga subcrítica, y 4) Las bacterias residuales no tengan acceso franco a los tejidos periradiculares (3).

Hülsman *et al*, en el 2005 concluyen con que la preparación del conducto radicular es una de las etapas más importantes en el tratamiento del conducto radicular, que incluye la eliminación del tejido vital y/o necrótico del sistema de conductos radiculares, junto con la dentina radicular infectada; la compleja anatomía debe ser considerada como un desafío que la instrumentación debe lograr, el uso de instrumentos rotatorios de Níquel Titanio (NiTi) durante la preparación de los conductos da como resultado, un menor enderezamiento del instrumento y preparaciones mejor centradas a las curvas de los conductos. La preparación del tamaño apical apunta a la eliminación circunferencial completa de la dentina infectada, la regla tradicional ha sido preparar al menos tres tamaños más allá de la primera lima que ajusta a la longitud de trabajo (4).

Se espera que la obturación siga nuestra previa instrumentación, por lo tanto, Yu Gu *et al*, en el 2017 mencionan que es importante elegir instrumentos rotatorios con tratamiento térmico, ya que el propósito de éste es proveerle al NiTi una mejor disposición de la estructura cristalina, lo que conduce a una mayor flexibilidad y mejor resistencia a la fatiga y posterior comportamiento plástico (5).

En este mismo estudio Yu Gu *et al*, evaluaron cuatro sistemas rotatorios y llegaron a la conclusión de que los sistemas Vtaper 2H® y HyFlex CM® prepararon conductos conservadores, preservando la integridad de la dentina radicular, resultando más favorables en conductos en “s” (5); se ha recomendado que la preparación apical sea para tamaños ISO #25 y #35 en molares (6).



Es importante recalcar que la preparación mecánica del conducto puede dar como resultado una reducción significativa de bacterias, pero no dejar los conductos radiculares libres de ellas, por lo tanto, debe ser asistida y completada por protocolos de desinfección con irrigantes apropiados y en ocasiones por medicamentos intraconducto. La prevención a una reinfección postratamiento endodóntico, se logra a través de proveer una obturación hermética a los conductos y una restauración coronal con buen sellado (4).

Komabayashi *et al*, en el 2020 mencionan que un sellador endodóntico ideal debe proporcionar una completa obturación microscópica para que los microbios no puedan pasar al sistema de conductos radiculares, debe poseer actividad antimicrobiana contra la gama de microbios endodónticos y periodontales, entre otras características, esto sin causar una respuesta inflamatoria o citotoxicidad en los tejidos del huésped (7).

La ISO 7045 propone los criterios para un sellador endodóntico: generar sellado hermético; ser pegajoso y preferiblemente que genere adhesión entre él y la dentina; contener polvos finos para una acomodación anatómica; radiopacidad; estabilidad dimensional con cambios limitados antes y después del fraguado; color estable; ser bacteriostático o antibacteriano; endurecimiento lento para el procedimiento de obturación; insoluble en fluidos tisulares; biocompatible, no mutagénico, no sensibilizante y no citotóxico; capaz de retirarse por medios químicos y mecánicos para realizar retratamiento; y preferiblemente bioactivo, estimulando la formación de hidroxiapatita en contacto con fluidos tisulares.

CEMENTOS BIOCERÁMICOS

Uno de los materiales más revolucionarios introducido a la Endodoncia fue el Agregado de Trióxido Mineral (MTA) (8). Lee y Torabinejad en 1993 reportaron y describieron por primera vez el MTA (ProRoot MTA®), sin embargo, fue hasta 1995 que se determinaron formalmente las propiedades físicas y químicas del MTA (9).

Torabinejad *et al*, en 1995 describieron las principales moléculas presentes en el MTA, las cuales son: iones de calcio (óxido de calcio) y fósforo (fosfato de calcio); el pH inicial es de 10.2 y se eleva a 12.5 a las 3 horas, resultó ser más radiopaco que otros materiales usados en aquellos años (Super EBA e IRM) y no mostró solubilidad; sin embargo, mientras que la amalgama tuvo un tiempo de fraguado de 4min, el tiempo de fraguado del primer MTA fue muy largo con 2:45 horas. (9).

Jain *et al*, en el 2018 describen las etapas del MTA a lo largo de los años, comenzando con el ProRoot MTA® que es considerado el prototipo de MTA para endodoncia, este fue desarrollado y presentado por primera vez en la universidad de Loma Linda, Estados Unidos en 1993 y la patente fue registrada en 1995, en el 2001 se introdujo el MTA de Angelus® primero gris y luego blanco con un tiempo de fraguado de 14 minutos; más tarde salió a la venta el ProRoot MTA Blanco® en el 2002; años después, entraron al mercado los materiales MTA Plus® y Neo MTA Plus® ya sin óxido de bismuto para evitar manchas en los dientes y con un tiempo de fraguado todavía más corto; con el paso del tiempo, los Biocerámicos han comenzado a reemplazar a los materiales utilizados tradicionalmente para el tratamiento endodóntico (10).

El MTA es una mezcla de grado médico de cemento portland y óxido de bismuto compuesto principalmente de trióxidos sintetizados de calcio, sílice y alúmina; el óxido



de bismuto se agrega para proporcionar radiopacidad para uso dental (11); cuenta con propiedades como: la biocompatibilidad, bioactividad, osteoconductividad, capacidad de lograr un buen sellado hermético, formación de enlaces químicos con la estructura dental, insolubilidad en fluidos tisulares, buena radiopacidad, fácil manipulación, propiedades antimicrobianas, inducción de la mineralización y regeneración periodontal (4,5).

Los dientes obturados con MTA podrían no solo aumentar su resistencia a la fractura con el tiempo, sino que las bacterias pueden ser sepultadas efectivamente y neutralizar dientes severamente infectados; además, este material de obturación puede mejorar sustancialmente los resultados endodónticos y proporcionar una amplia gama de opciones de tratamiento que prolongan la retención de la dentición natural y con esto evitar la colocación de implantes (12).

Jain *et al*, en el 2018 mencionan que el MTA pertenece a un grupo de materiales llamados “a base de silicato de calcio”, “cementos hidráulicos a base de silicato de calcio”, o comúnmente se les conoce como “Biocerámicos” (10); para entender un poco más sobre estos términos Kohli *et al*, en el 2019 mencionan que a estos se les llama cementos hidráulicos ya que son materiales que necesitan hidratación para fraguar y una vez fraguados son impermeables a la disolución en agua (11).

La introducción de materiales Biocerámicos en odontología ha dado como resultado cambios innovadores especialmente en Endodoncia. Las propiedades peculiares de estos biomateriales los han llevado a su uso cada vez más cotidiano en los tratamientos endodónticos; su excelente biocompatibilidad le dan a los Biocerámicos una ventaja sobre los otros cementos y selladores endodónticos (10).

El fosfato de calcio les provee a los Biocerámicos la propiedad de que sean bioactivos, bioabsorbibles, que se formen enlaces químicos con hueso y tejidos, osteointegración y osteogénesis. El silicato de calcio induce la rápida formación de hidroxiapatita y la integración química con la estructura ósea viva; el silicato de calcio al hidratarse entra en un proceso de hidrólisis, generando hidróxido de calcio(matriz) y silicato de calcio hidratado (13).

Deus *et al*, en el 2014 mencionan que el silicato tricálcico es el constituyente principal del MTA que al mezclarse con agua aumenta su pH, se vuelve estable y dimensionalmente duro con notable biocompatibilidad y bioactividad en relación con los fluidos tisulares (14).

Los Biocerámicos tienen un amplio uso en endodoncia como: recubrimiento pulpar, apexificación, obturación retro del ápice, reparación de perforaciones, regeneración pulpar, tratamiento en dientes con ápices inmaduros, sellador endodóntico, cirugía periapical (10).

Kohli *et al*, en el 2019 mencionan que los Biocerámicos se han estudiado desde sus inicios por casi durante tres décadas con relación a su pronóstico clínico *in vitro* e *in vivo* a largo plazo; aunque estos biomateriales se consideran extremadamente biocompatibles con una excelente capacidad de sellado, tienen algunos inconvenientes; sin embargo, los cementos hidráulicos de nueva generación han intentado superar estas limitaciones (11).

SELLADORES BIOCERÁMICOS

Una limitación importante de los cementos biocerámicos de primera generación, como el MTA, ha sido la incapacidad de proporcionar un sellador endodóntico en su forma pura. El tamaño de la partícula del MTA varía de 1.5 a 160 micras lo que no permite que se dispense en una formulación que fluya adecuadamente. Algunas formulaciones se han hecho disponibles mediante la adición de resina y otros aditivos al material para permitir la fluidez; sin embargo, estos aditivos cambian las propiedades físicas y biológicas del material, lo que modifica sus resultados en comparación con el MTA convencional (11).

Los selladores hidráulicos de nueva generación utilizan nanotecnología para reducir el tamaño de las partículas a una mezcla de nanopartículas y micropartículas, por lo tanto, le dan la capacidad de fluir. Estos son los selladores a base de silicato de calcio puro, sin óxidos de metales pesados u otros aditivos (11).

Los selladores Biocerámicos se endurecen con una reacción de hidratación para producir silicato de calcio hidratado e hidróxido de calcio, mismos que reaccionan para formar una capa de hidroxiapatita en presencia de líquidos tisulares. La naturaleza

hidrofílica de los selladores a base de silicato de calcio, los convierten en una excelente opción para ser utilizados en el sistema del conducto radicular (11).

El objetivo de una obturación es limitar la mayor cantidad de sellador a la periferia de la gutapercha para llenar los espacios y proporcionar un sellado; la introducción de nuevos selladores Biocerámicos ha cambiado el uso de estos con relación a las técnicas de obturación (11).

Tradicionalmente, la obturación del sistema del conducto radicular implicaba maximizar la cantidad de gutapercha y minimizar la capa de sellador, ya sea en la compactación lateral o vertical, esto ya que si se usa un sellador a base de resina epoxi se encogerá al fraguarse; en el caso de los selladores a base de hidróxido de calcio, o de óxido de zinc y eugenol también se prefieren capas delgadas de sellador y más gutapercha, ya que pueden reabsorberse con el tiempo (11).

En contraste, los selladores a base de silicato de calcio se expanden durante el fraguado, (aprox.0.2% del volumen total); y una vez fraguado no se reabsorberán tan fácilmente. Estas propiedades del sellador lo hacen propicio para usarse en volúmenes más grandes sin la necesidad de aumentar el volumen de gutapercha en el conducto radicular, ya que se trata de una “obturación basada en el sellador” (11).

En la obturación con Biocerámicos, el propósito del cono de gutapercha será el de conducir al sellador hacia istmos limpios y espacios irregulares; también sirve como un núcleo blando que permitirá el retratamiento, ya que el cemento biocerámico establecido es un desafío para el retratamiento tanto con limas manuales o rotatorias (11).

El primer sellador que salió a la venta a base de MTA fue el MTA Fillapex® (Fig. 1) que pretendió combinar las propiedades fisicoquímicas de un sellador de conductos con las propiedades biológicas del MTA; después de este salieron más selladores a base de silicato de calcio (10).



Fig 1. MTA Fillapex®

Años más tarde salió el EndoSequence BC Sealer® (Brasseler USA, Savannah, Georgia, USA) (Fig. 2), sellador Biocerámico comercializado como premezclado, es una pasta de cemento hidráulico de color blanco, inyectable, libre de aluminio, no soluble, antibacterial, fácil de manipular, con menos tiempo de fraguado (9, 14, 15) y no citotóxico para los fibroblastos (16); se compone de: agentes espesantes, silicato tricálcico (alita), silicato dicálcico (belita), sílice coloidal, óxido de zirconio (radiopacificador), óxido de tantalio, fosfato de calcio monobásico e hidróxido de calcio.



Fig 2. EnsoSequence BC Sealer®

López-García *et al*, en el 2019 reportan al CeraSeal® (Fig. 3), un nuevo sellador a base de silicato de calcio de la casa comercial MetaBiomed. El CeraSeal® es una pasta de cemento hidráulico de color blanco, inyectable que alcanza un pH de 8.22 una hora después de ser suministrado, libera una gran cantidad de iones de calcio, así como de zirconio, generando inducción osteogénica (17); se compone de: agentes espesantes, silicato tricálcico (alita), silicato dicálcico (belita) y óxido de zirconio (radiopacificador).



Fig 3. CeraSeal®

La mayoría de los selladores Biocerámicos se encuentran en una composición similar, suministrados en forma inyectable premezclada para llevar a cabo una “reacción de ajuste” al contacto con la hidratación de los túbulos dentinarios; en comparación a los selladores convencionales los cuales se suministran como: base y catalizador que necesitan ser mezclados para llevar a cabo su reacción de endurecimiento (8).

Ricucci *et al*, en el 2019 evaluaron la respuesta histológica de la pulpa y tejidos periapicales humanos en selladores a base de silicato tricálcico con base en casos clínicos *in vivo*, cuyos dientes fueron extraídos con posterioridad para poder evaluar histológicamente el comportamiento del Biocerámico durante el estudio; la observación recurrente en todos los casos, fue la completa ausencia de reacción inflamatoria al EndoSequence BC Sealer® en los tejidos después de diferentes periodos de observación, esto a pesar de la identificación de bacterias en algunos túbulos dentinarios cercanos al sitio de operación, pero no en la cavidad de acceso. En estos casos clínicos, la curación fue rápida en relación con la reparación/regeneración de los tejidos perdidos, dando lugar a cemento y trabéculas óseas nuevas; el tejido conectivo encapsuló el biomaterial, así como también a los fibroblastos, haces de colágeno y vasos sanguíneos; en algunas de las áreas donde el tejido conectivo recubrió el sellador a base de silicato tricálcico, este se mineralizó (18).

SELLADORES A BASE DE RESINA EPOXI

Los selladores a base de resina epoxi, son polímeros termoestables con buenas propiedades mecánicas y alta resistencia química y térmica; pueden reaccionar por si mismos por homopolimerización catalítica o con co-reactivos incluyendo aminas polifuncionales, ácidos anhídricos, fenoles, alcoholes y tioles que se conocen como endurecedores o agentes de curado (19). En un estudio realizado en el 2019 por Elyassi *et al*, el AH-Plus® presentó 0.0% de solubilidad, sin embargo, se observó la liberación (lixiviados) de Sodio y Lantano al periodonto (20).

Existen diversas marcas de selladores a base de resina epoxi, sin embargo, en este estudio se informa solamente sobre el AH-Plus® (Dentply, Germany) (Fig.4); la composición de su pasta A y pasta B es la siguiente (20).

La pasta A se encuentra compuesta de: resina epoxi (polímero termoestable), tungstato de calcio (fluorescencia), óxido de zirconio (radiopacidad), sílice (dureza), dióxido de sílice, aerosil (dureza) (hidrófobo) (optimiza el flujo), y pigmentos de óxido de hierro (color) (20).

La pasta B se encuentra compuesta de: adamantano-amina “amantadina” (baja solubilidad) (endurecedor o agente de curado) (provee la reacción por co-reactivos con la pasta A), N-Dibencil-5-Oxanonane Diamina (endurecedor o agente de curado) (reacción por co-reactivos con la pasta A), TCD tricyclodiane-diamina (catalizador), tungstato de calcio (fluorescencia), óxido de zirconio (radiopacidad), aerosil (dureza) (optimiza el flujo) y dióxido de sílice (20).



Fig 4. AH Plus®

ULTRASONIDO



Fig 5. Ultrasonido Varios NSK®

En 1955 Zinner informó sobre el uso de un instrumento ultrasónico para eliminar los depósitos de sarro de la superficie dentaria (21). En 1957 Richman introdujo el uso del ultrasonido en Endodoncia por primera vez (22,4); sin embargo, fue en 1976 que Howard Martin *et al*, demostraron la capacidad del ultrasonido para lograr una mayor desinfección (23).

En 1977 Johnson *et al*, presentaron el escariador ultrasónico que se convirtió en una herramienta establecida para la eliminación de cálculo y placa dentobacteriana (24); y ya en 1980 Martin *et al*, aplicaron el uso de las limas tipo k, activadas ultrasónicamente para la instrumentación de conductos radiculares antes de la obturación (25,26). El término “endosónicos” fue acuñado por Martin y Cunnigham, se definió como el sistema ultrasónico y sinérgico que combina la instrumentación y la desinfección del conducto radicular (27).

Plotino *et al*, mencionan las aplicaciones más frecuentes del ultrasonido en Endodoncia: 1) Accesos refinados, localización de conductos, eliminación de cálculos adheridos a la cámara pulpar. 2) Eliminación de obstrucciones intraconducto como instrumentos separados, postes, puntas de plata, etc. 3) Aumento en la acción de las soluciones irrigantes. 4) Compactación ultrasónica de gutapercha 5) Colocación de MTA. 6) Endodoncia quirúrgica. 7) Instrumentación del conducto radicular (28).

El ultrasonido ofrece muchas aplicaciones y ventajas en la endodoncia mejorando la visualización, conservación de la estructura dentaria cuando es eliminada selectivamente, la localización de los conductos, eliminación de calcificaciones,

eliminación de instrumentos separados y mejoría en la acción de las soluciones irrigadoras; con el uso del ultrasonido se han generado resultados predecibles (28).

Wiesse *et al*, en el 2017 mencionan que la activación ultrasónica de selladores Biocerámicos y a base de resina epoxi mejora el sellado del conducto radicular, especialmente en áreas de difícil acceso, como conductos laterales y accesorios, istmos y deltas apicales (29). La activación ultrasónica de los selladores promueve una mayor penetración dentinal del sellador y menos presencia de lagunas (30); también, está asociada con valores más altos de adaptación y fuerza de adhesión del sellador a la dentina del conducto radicular, penetración intratubular más profunda (tags) y una mayor adaptación interfacial a la dentina radicular (31).



Fig 6. Activación ultrasónica de selladores biocerámicos

JUSTIFICACIÓN

Los Biocerámicos son materiales que han revolucionado su uso en Endodoncia por sus excelentes propiedades. La biocompatibilidad y bioactividad inherentes a estos materiales han hecho que exista un incremento de su uso en los protocolos de tratamientos endodónticos.

El uso del ultrasonido en el área de Endodoncia se ha vuelto una herramienta valiosa, teniendo su aplicación en gran parte del proceso del tratamiento endodóntico, desde la localización de conductos hasta el protocolo final de irrigación y obturación.

Sin embargo, aunque existe un gran número de artículos sobre la activación de los selladores intraconducto con resultados satisfactorios, la mayoría de éstos están relacionados a otros materiales como los selladores a base de resina epoxi; de ahí la justificación de este estudio, que pretende revelar mediante su metodología que tan factible y pertinente resulta la activación ultrasónica de los selladores Biocerámicos durante la obturación de los conductos radiculares, con el fin de lograr una mejor obturación apical de los mismos a 3mm del vértice apical , distancia considerada en muchas ocasiones como el inicio del tercio apical y zona de mayor variación anatómica del sistema de conductos.

Este tópico es relevante, puesto que en la odontología contemporánea se ha vuelto más cotidiano realizar tratamientos endodónticos en pro de salvar los dientes antes de ser extraídos y reemplazados. Si el presente estudio nos arroja resultados favorables, estaríamos frente a una técnica que estaría combinando biocompatibilidad y tecnología en pro de mejorar la calidad de la obturación endodóntica, dándole la oportunidad al órgano dentario de permanecer más tiempo en boca en óptimas condiciones y libre de patologías pulpo-periapicales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la obturación apical de Biocerámicos con y sin activación ultrasónica a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Determinar las áreas obturadas y no obturadas con los tres selladores, a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares.
2. Identificar el sellador que obtuvo la mayor superficie obturada a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares, con y sin activación ultrasónica.
3. Comparar las áreas de las superficies obturadas a 3 mm del vértice apical en los conductos radiculares, con y sin activación ultrasónica.
4. Comparar las superficies obturadas de los conductos ovales con las de los conductos circulares a 3mm del vértice apical.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Diseño Experimental

2. VARIABLES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Escala de medición	Objetivo a cumplir	Análisis estadístico
Área total del conducto radicular en un corte transversal a 3mm del vértice apical	Independiente	*Microscopio estereoscópico (Leica, Germany). *Software Image J	*Numérica	1	Estadística descriptiva
Área total que se obturó del conducto radicular en un corte transversal a 3mm del vértice apical	Independiente	*Microscopio estereoscópico (Leica, Germany). *Software Image J	*Numérica	1	Estadística Descriptiva
Área total que no se obturó del conducto radicular en un corte transversal a 3mm del vértice apical	Independiente	*Microscopio estereoscópico (Leica, Germany). *Software Image J	*Numérica	1	Estadística descriptiva
Superficies obturadas a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares, con y sin activación ultrasónica	Dependiente	*Microscopio estereoscópico (Leica, Germany). *Software Image J *Ecuaciones matemáticas	*Numérica	2 y 3	Estadística Descriptiva

Superficies obturadas de los conductos ovales y de los conductos circulares a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares	Independiente	*Microscopio estereoscópico (Leica, Germany). *Software Image J *Ecuaciones matemáticas	* Numérica	4	Estadística Descriptiva
---	---------------	---	------------	---	-------------------------

3. POBLACION DE ESTUDIO

3.1 UNIVERSO: 150 dientes extraídos y recolectados en instituciones públicas y privadas en periodo establecido 2019-2020.

3.2 MUESTRA: 90 premolares maxilares y mandibulares extraídos en instituciones públicas y privadas en periodo establecido 2019-2020.

4. CRITERIOS

4.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

4.1.1 Premolares maxilares y mandibulares con desarrollo radicular completo.

4.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

4.2.1 Premolares maxilares y mandibulares dilacerados.

4.2.2 Premolares maxilares y mandibulares que presenten fractura radicular.

4.2.3 Premolares maxilares y mandibulares con conductos calcificados.

4.3 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

4.3.1 Premolares maxilares y mandibulares que se fracturen durante la metodología.

METODOLOGÍA

Se estudiaron 110 conductos de 90 premolares maxilares y mandibulares humanos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. Las coronas de los premolares se seccionaron en la unión amelo-cementaria usando un disco de diamante de 0.3 mm de baja velocidad, se midió la longitud de patenticidad de cada uno de los conductos con una lima K #10 hasta que alcanzó el forámen apical, la longitud de trabajo se estableció restando 0.5 mm a las longitudes antes mencionadas (Fig. 7) (1).

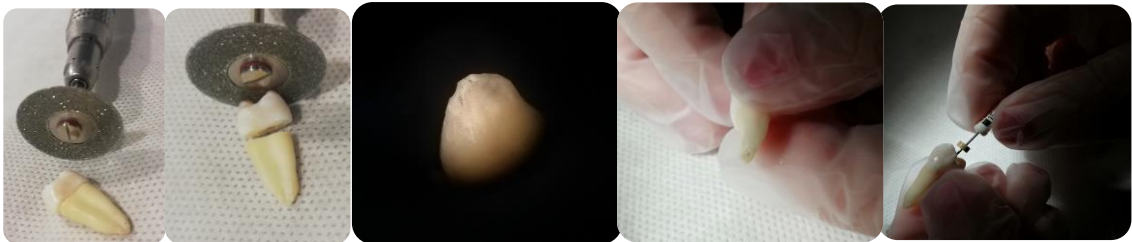


Fig 7. Disco de diamante, corte en unión amelo-cementaria, patenticidad y cavometría.

La instrumentación y conformación del conducto radicular se realizó con instrumentos rotatorios V-Taper2H® (SS-White) (33) a la longitud de trabajo, comenzando con la lima que ajustó, hasta tres limas posteriores a la primera (4); después del uso de cada instrumento, los conductos fueron irrigados con 2 mL de hipoclorito de sodio al 5,25%; al final de la conformación se realizó protocolo de irrigación con la activación ultrasónica del hipoclorito al 5.25%, posteriormente se irrigaron 2mL de solución salina, luego una descarga de 2 mL de EDTA al 17% para eliminar la capa de frotis; por último los conductos se lavaron con 5 mL de solución salina y se secaron con puntas de papel (Fig.8).



Fig 8. Limas rotatorias V-Taper2H®, Motor Smart Denstply®, Ultrasonido Varios NSK®, NaOCL y solución salina.

Los 90 premolares se dividieron al azar en 3 grupos (n = 30) Según el sellador utilizado para obturar los conductos radiculares:

Grupo 1: CeraSeal® (Meta Biomed, Korea)

Grupo 2: EndoSequence BC Sealer® (Brasseler, USA)

Grupo 3: AH Plus® (Dentsply, Germany)

Los selladores fueron manipulados de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Los selladores CeraSeal® y EndoSequence BC Sealer® se suministraron con la jeringa dispensadora de su presentación, mientras que el AH Plus® se colocó usando un léntulo rotatorio en espiral a 4 mm antes del ápice.

Posteriormente las muestras se subdividieron en 2 grupos (n = 10) respectivamente: 1) A= activados por ultrasonido 2) NA= no activados ultrasónicamente. La activación en el grupo A se realizó con U files ISO 25® (Varios, NSK) adaptado a un dispositivo ultrasónico (ED2, NSK), se activó durante 20 segundos (Intensidad E10) dentro del conducto radicular a 2 mm antes de la longitud de trabajo como una estandarización del procedimiento; luego, se colocó la gutapercha principal estandarizada con conicidad .02 a toda la longitud de trabajo, y la obturación del conducto radicular se completó utilizando la técnica de compactación lateral con condensador D11T y gutaperchas accesorias FF y MF; la porción cervical de las muestras se sellaron con ionómero de vidrio como material provisional (Fig. 9).



Fig. 9 Inyección de biocerámico, U files ISO 25 NSK®, ultrasonido Varios NSK®, puntas principales de gutapercha, penacho de gutapercha y raíces ya obturadas en orden.

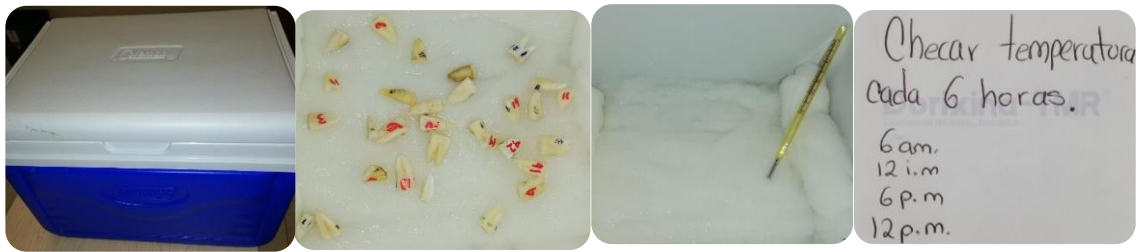


Fig 10. Los ejemplares fueron almacenados en 100% de humedad a 37 ° C durante 1 semana para permitir a los selladores completar su fraguado.

Área de vacíos:

Las muestras se seccionaron utilizando un disco de diamante a 200 rpm con enfriamiento continuo por agua para evitar fricciones por calor. Se seccionaron horizontalmente los ápices a 3mm del vértice apical. Para poder observar el área obturada y el área no obturada, se utilizó un microscopio estereoscópico (Leika EZ4E, Germany) (Fig 11).

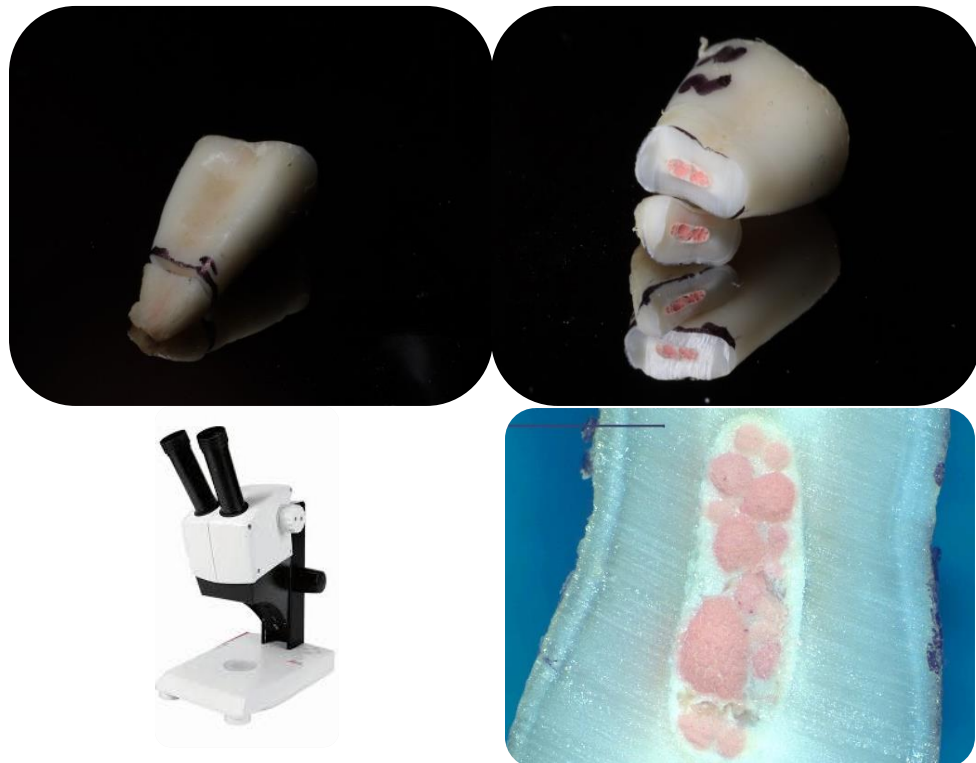


Fig 11. Fotos del corte a 3mm del vértice apical y su vista a través del microscopio estereoscópico Leika EZ4E® a 30x.

El análisis de todas las imágenes se realizó con el software Image J V1.46r® (National Institutes of Salud, Bethesda, MD), primero se obtuvo el área total del conducto radicular en su corte transversal a 3mm del vértice apical, se midieron las áreas obturadas y no obturadas en la misma vista, así como el espacio ocupado por la gutapercha y por el sellador; con estos valores obtenidos, se calcularon las áreas obturadas y no obturadas con relación al área total; posteriormente se realizó la sumatoria de los valores obtenidos de todos los conductos y estos valores se convirtieron a porcentajes; este procedimiento se realizó en cada uno de los conductos de grupos y subgrupos (A y NA) (Fig. 12).

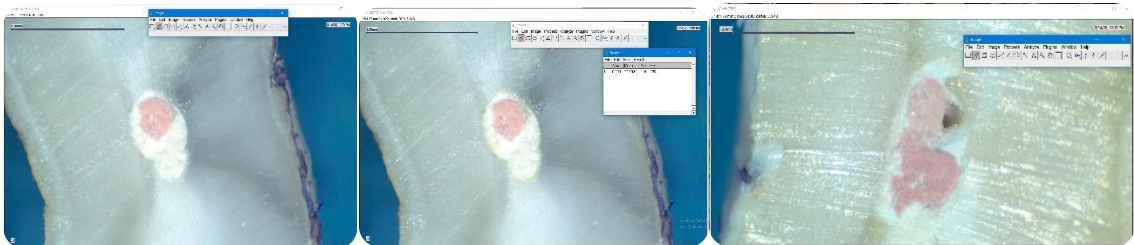
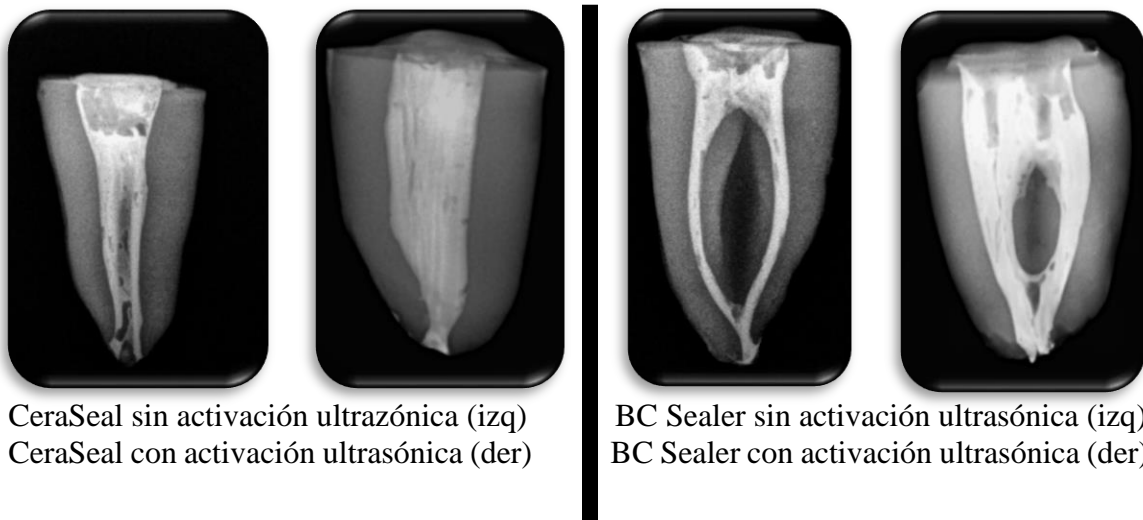


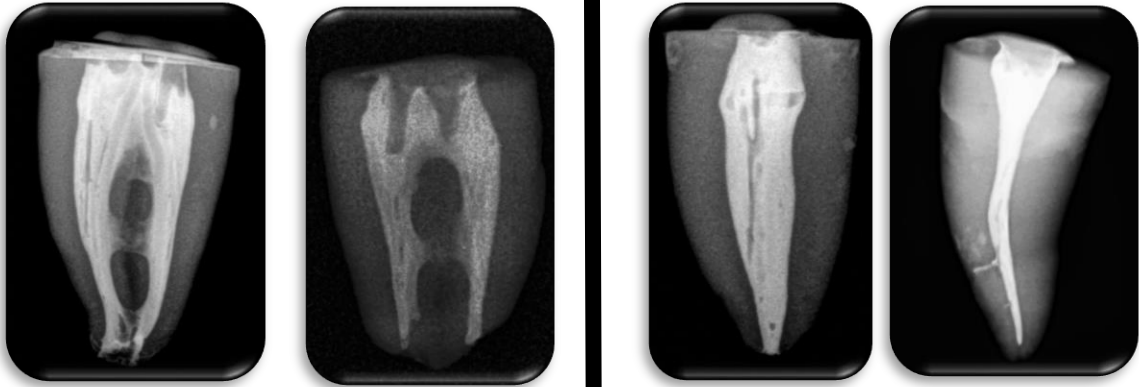
Fig 12. Fotos del análisis de las imágenes con el software Imge J V1.46r®.

Todas las radiografías fueron observadas según la calidad radiográfica de la obturación, partiendo de las primicias de densidad de la obturación, homogeneidad, radiopacidad, ajuste de la obturación a la forma del conducto (32), presencia o ausencia de conductos laterales obturados y presencia o ausencia de istmos obturados (Fig. 13).



CeraSeal sin activación ultrazónica (izq)
CeraSeal con activación ultrazónica (der)

BC Sealer sin activación ultrazónica (izq)
BC Sealer con activación ultrazónica (der)



Ceraseal sin activación ultrazónica (izq)
Ceraseal con activación ultrazónica (der)

BC Sealer sin activación ultrazónica (izq)
BC Sealer con activación ultrazónica (der)

Fig 13. Radiografías de algunas muestras en estudio.

ASPECTOS ÉTICOS: Todos los premolares extraídos fueron con fines ortodónticos.

La estadística de la investigación se llevó a cabo mediante el uso del software PAST, con el cual se buscó la significancia estadística de los objetivos de esta investigación (Two-Simple Test, One-Way ANOVA y Chi^2).

RESULTADOS

Se analizaron 108 conductos de 90 premolares, de los cuales se reportaron 66 conductos circulares (61.1%) y 42 conductos ovales (38.9%).

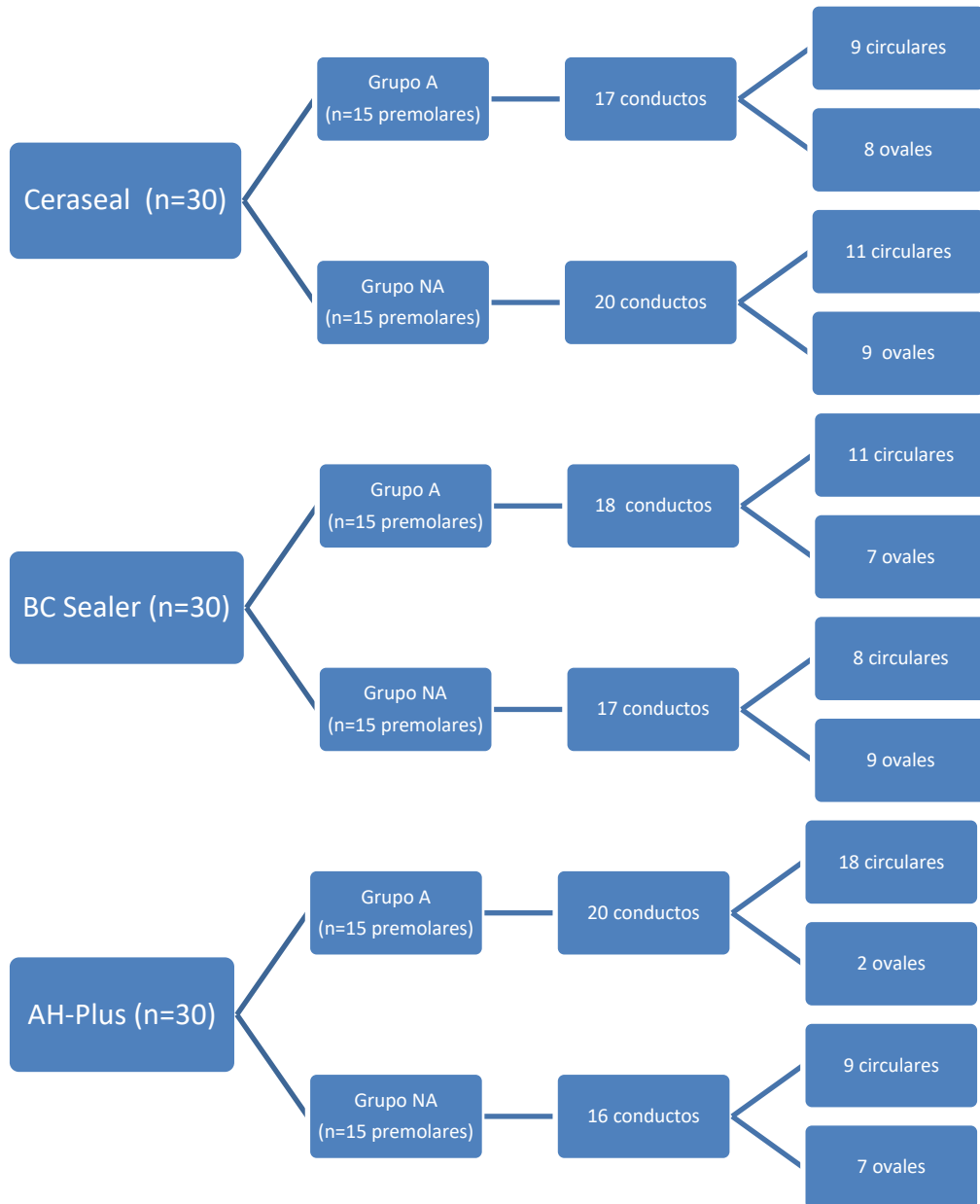


Fig 14. Mapa conceptual de la división y subdivisión de los conductos con relación a los selladores y a su forma.

Se obtuvieron la sumatoria de las áreas obturadas y no obturadas, así como las áreas ocupadas por la gutapercha y por el sellador en cuestion, esto por cada uno de los grupos estudiados, así como los porcentajes con relación a las áreas (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados generales de la Investigación

SELLADOR	ÁREA TOTAL (número de conductos)	ÁREA NO OBTURADA (%)	ÁREA OBTURADA (%)	ÁREA GUTAPERCHA (%)	ÁREA SELLADOR (%)
CERASEAL (NA)	8.958mm ² (20 conductos)	0.261mm ² (2.9%)	8.697mm ² (97.1%)	4.431mm ² (50.9%)	4.266mm ² (49.1%)
BC SEALER (NA)	8.99mm ² (17 conductos)	0.104mm ² (1.2%)	8.886mm ² (98.2%)	4.448mm ² (50.1%)	4.438mm ² (49.9%)
AH-PLUS (NA)	6.239mm ² (16 conductos)	0.026mm ² (0.4%)	6.213mm ² (99.6%)	3.509mm ² (56.5%)	2.704mm ² (43.5%)
CERASEAL (A)	9.009mm ² (17 conductos)	0.444mm ² (4.9%)	8.565mm ² (95.1%)	5.024mm ² (58.7%)	3.541mm ² (41.3%)
BC SEALER (A)	5.315mm ² (18 conductos)	0.033mm ² (0.6%)	5.282mm ² (99.4%)	3.008mm ² (57%)	2.274mm ² (43%)
AH-PLUS (A)	4.045mm ² (20 conductos)	0.01mm ² (0.2%)	4.035mm ² (99.8%)	2.764mm ² (68.5%)	1.271mm ² (31.5%)

En la Figura 15 se observan los cortes a 3mm del vértice apical de las obturaciones con los tres selladores y su vista bjo el microscopio estereoscópico Leika EZ4E® a 30x:



Fig 15. 1) CeraSeal® (Meta-Biomed). 2) y 4) EndoSequence BC Sealer® (Brasseler). 3) AH-Plus® (Denstply).

Resultados de Objetivo 1: Áreas obturadas y no obturadas de los tres selladores, a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares (Tabla 2).

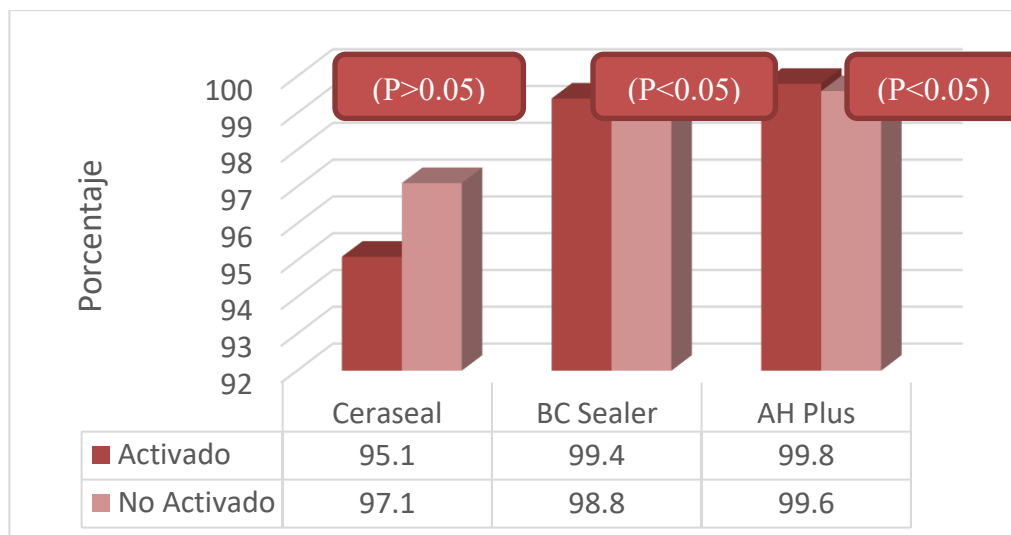
Resultado de Objetivo 2: El AH-Plus activado fue el sellador que obtuvo la mayor superficie obturada, a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares evaluados (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de los objetivos 1 y 2.

	CERASEAL ACTIVADO (%)	CERASEAL NO ACTIVADO (%)	BC SEALER ACTIVADO (%)	BC SEALER NO ACTIVADO (%)	AH PLUS ACTIVADO (%)	AH PLUS NO ACTIVADO (%)
OBTURADO	8.565mm ² (95.1%)	8.697mm ² (97.1%)	5.282mm ² (99.4%)	8.886mm ² (98.8%)	4.035mm ² (99.8%)	6.213mm ² (99.6%)
NO OBTURADO	0.444mm ² (4.9%)	0.261mm ² (2.9%)	0.033mm ² (0.6%)	0.104mm ² (1.2%)	0.01mm ² (0.2%)	0.026mm ² (0.4%)
ÁREA TOTAL	9.009mm ² 100%	8.958mm ² 100%	5.315mm ² 100%	8.99mm ² 100%	4.045mm ² 100%	6.239mm ² 100%

Resultado de objetivo 3: Entre EndoSequence BC Sealer® y AH plus® activados ultrasónicamente, se encontró diferencia significativa en las áreas obturadas a 3mm del vértice apical (Fig. 16).

Fig 16. Resultado de objetivo 3



Resultado de objetivo 4: No se encontró diferencia significativa entre las superficies obturadas de conductos ovales vs conductos circulares (Tabla 3 y Fig. 4).

Tabla 3. Resultado de objetivo 4

	ÁREA CIRCULAR (%)	ÁREA OVAL (%)
OBTURADO	14.332mm2 (99.7%)	27.3458mm2 (97%)
NO OBTURADO	0.044mm2 (0.3%)	0.8339mm2 (3%)
ÁREA TOTAL	14.376mm2 100%	28.1797mm2 100%

Fig 17. Resultado de objetivo 4

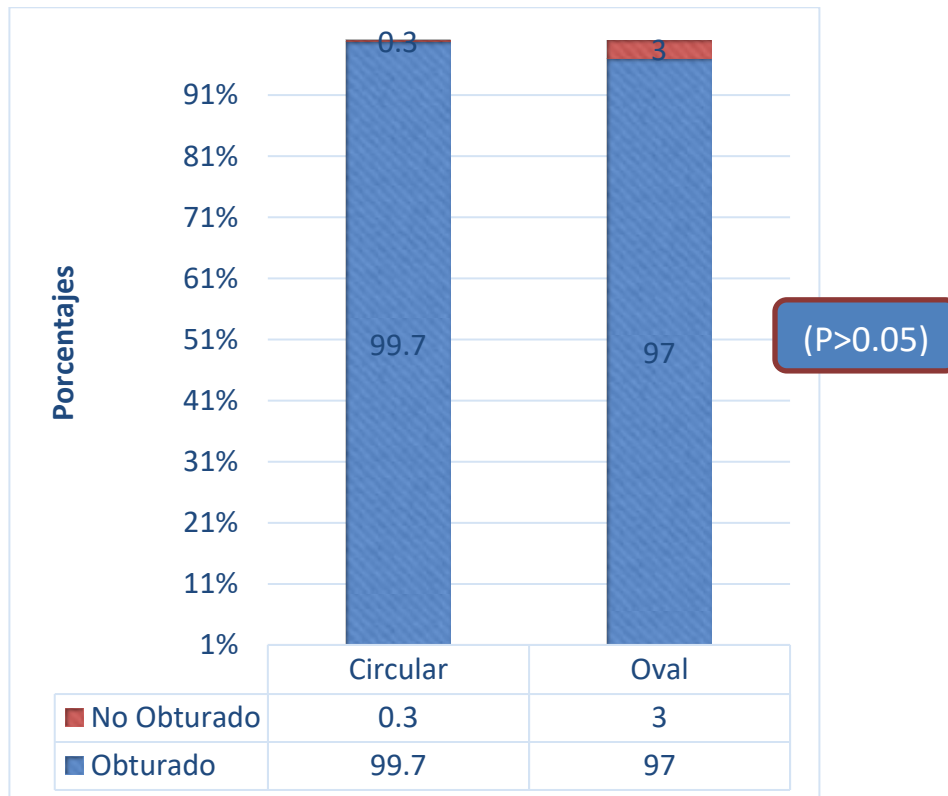
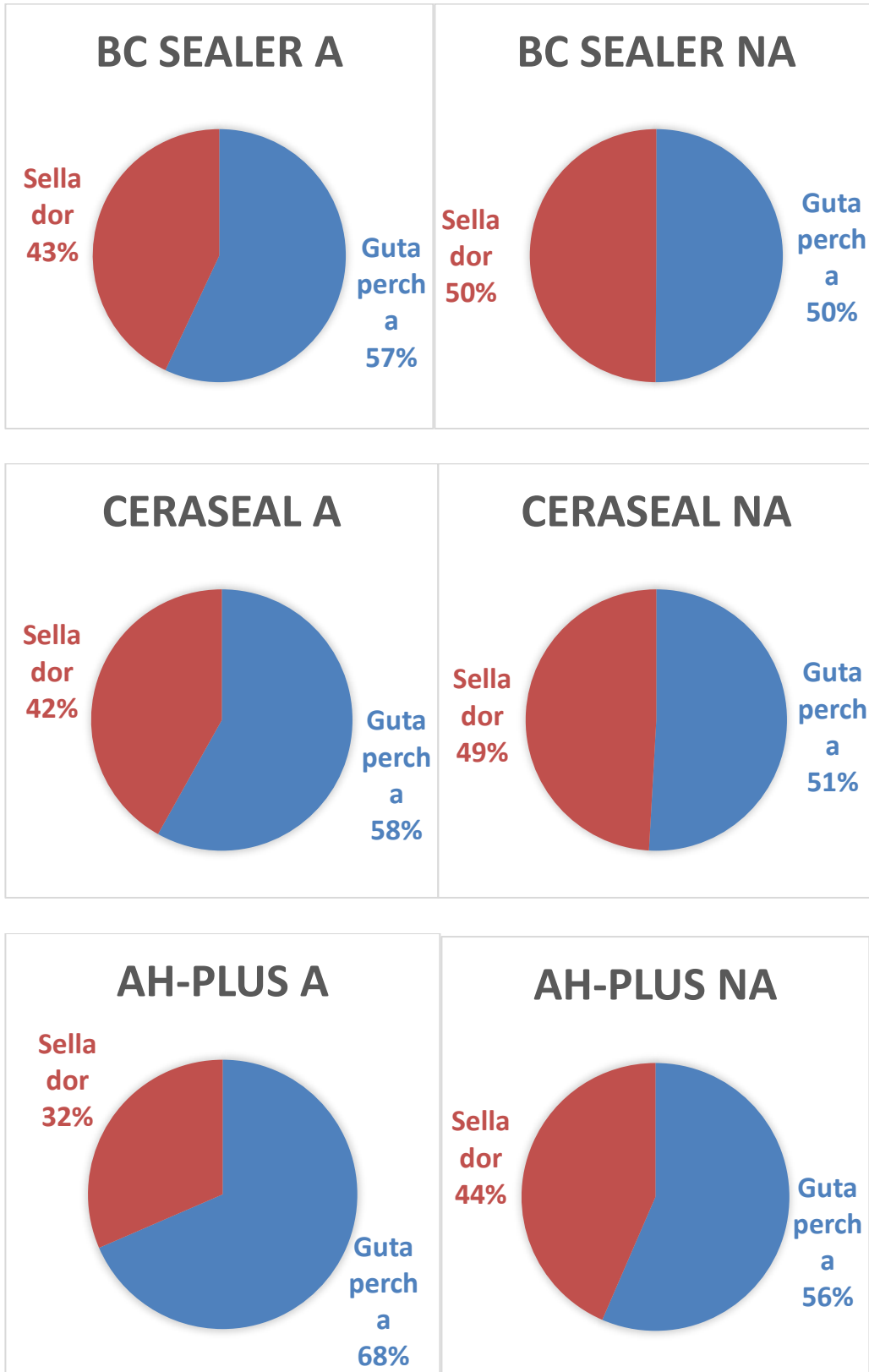


Fig 18. Resultados del área ocupada por el sellador vs gutapercha en los grupos muestra



Se observó que en los conductos obturados con biocerámicos y activados ultrasónicamente se presentó un cambio de color, del tradicional blanco, a negro o gris. En los conductos obturados con EndoSequence BC-Sealer® se observó este cambio cromático, en un 44% (8/18) y en el CeraSeal® en un 47% (8/17) (Fig. 19).

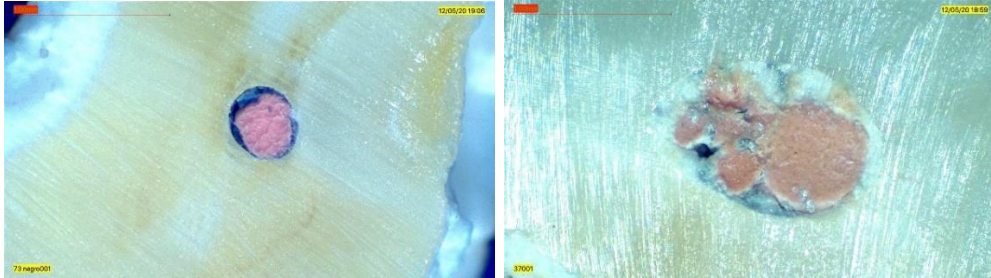


Fig 19. Vista bajo el microscopio estereoscópico del cambio de color en el sellador, en conductos obturados con selladores biocerámicos activados ultrasónicamente.

Durante el análisis microscópico de los cortes pudieron observarse las esperadas variaciones anatómicas que sufre el tercio apical, tales como ramificaciones o fusiones de conductos, conductos laterales y conductos en C; dando como resultado, en varios de estos, una deficiente obturación (al menos no la obtenida en los otros cortes donde la variación anatómica apical no se mostró tan aberrante) (Fig. 20).

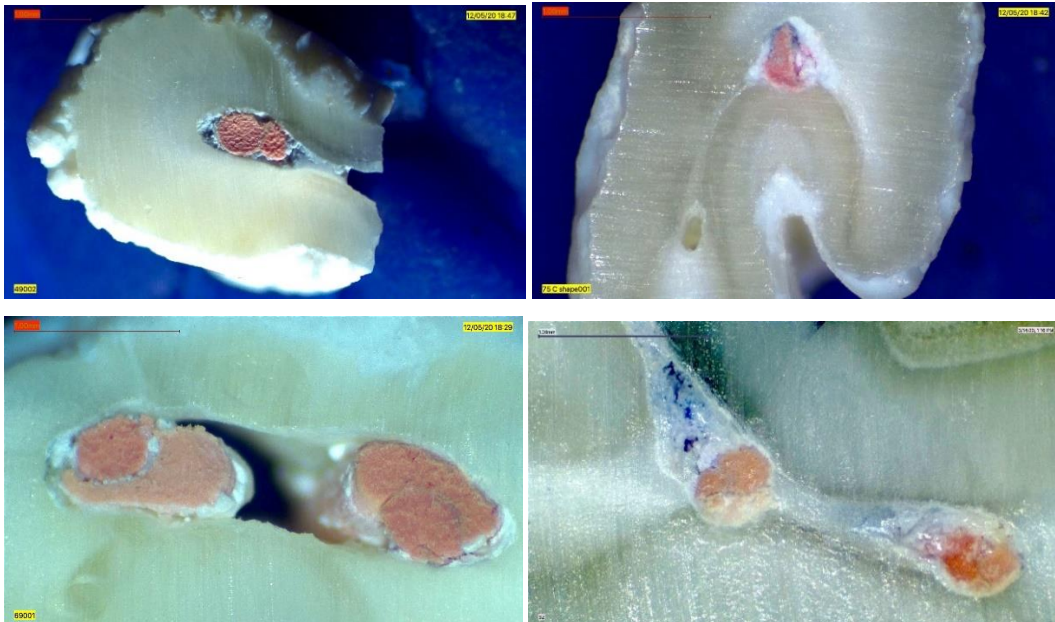


Fig 20. Vista bajo el microscopio estereoscópico de variaciones anatómicas encontradas a 3mm del vértice apical.

DISCUSIÓN

Komabayashi *et al*, en el 2020, realizaron una revisión exhaustiva de los selladores endodónticos actuales, en el cual incluyeron selladores a base de silicato tricálcico, a base de hidróxido de calcio, ZOE, ionómero, y a base de resina epoxi. Se observó una pobre biocompatibilidad con el ZOE, mientras que la biocompatibilidad superior la tuvieron los selladores a base de silicato tricálcico. Entre los selladores de resina epoxi, el AH-Plus® tuvo mayor biocompatibilidad que AH-26®. En comparación con AH-Plus® los selladores a base de silicato tricálcico mostraron menos microfiltración relativa, seguido por los selladores de silicona y luego por los selladores de resina epoxi. Los selladores a base de silicato tricálcico también exhibieron los efectos más favorables como antimicrobianos y excelente biocompatibilidad (7).

Ricucci *et al*, en el 2019, observaron la respuesta histológica de la pulpa y tejidos periapicales humanos en materiales a base de silicato tricálcico. El primer caso, fue una pulpotomía realizada con el sellador biocerámico EndoSequence BC Sealer®, una semana después del tratamiento se realizó el estudio histológico, el cual mostro que se formó una barrera organizada de tejido mineralizado con contenido celular que se asemejan a fibroblastos; se identificaron calcificaciones adheridas a la pulpa adyacente. El tejido pulpar debajo de la barrera calcificada tenía fibroblastos no inflamados, haces de colágeno y estructuras neurovasculares normales. La tinción bacteriana no identificó bacterias en la cavidad de acceso, aunque si se observaron bacterias en los túbulos que fueron afectados por la caries cervical (18).

El segundo caso que realizaron Ricucci *et al*, fue un retratamiento con la técnica de cono único, usando como sellador EndoSequence BC Sealer®, al finalizar el tratamiento se observó una aligera extrusión del sellador; siete semanas después del tratamiento, se realizó el estudio histológico, los resultados fueron los siguientes: alrededor de la extrusión del sellador había ausencia de células inflamatorias; las partículas del sellador fragmentado estaban presentes entre los fibroblastos y fibrillas de colágeno, algunas de estas partículas de material podían identificarse dentro del

citoplasma de los fibroblastos; la regeneración ósea fue evidente hasta cierta distancia del material, mostrando trabéculas óseas entrelazadas revestidas por osteoblastos. La tinción bacteriana reveló ausencia de bacterias en el conducto y el ejido periapical (18).

El tercer caso de Ricucci *et al*, fue una retro-obturación con EndoSequence BC Sealer®, a los 14 meses se llevó a cabo el estudio histológico, los resultados fueron los siguientes: el tejido conectivo adyacente al periápice mostró ausencia completa de reacción inflamatoria. El tejido conectivo fibroso encapsulo el biomaterial, los haces de colágeno y vasos sanguíneos, algunas áreas de este tejido que recubrieron en contacto directo con el silicato tricálcico se mineralizaron (18).

Nogueira *et al*, en el 2016 incubaron células de osteoblastos humanos en muestras frescas de AH-Plus® y MTA Fillapex® (Biocerámico), observaron también la velocidad de disolución con base en la ISO; no encontraron diferencias entre ambos selladores cuando se mezclaron en fresco ($p > 0.05$); ambos mostraron valores de disolución a los 28 días, sin embargo, la velocidad de disolución fue significativamente menor en el AH Plus® que en el MTA Fillapex®; ambos mostraron efectos citotóxicos las primeras 24 hrs después de mezclar (en fresco); 1 semana después el AH-Plus® se volvió no citotóxico y el MTA Fillapex® permaneció levemente citotóxico durante 4 semanas. La disolución de AH-Plus® fue significativamente menor que MTA Fillapex® durante las 5 semanas ($p < 0.05$). El pH de AH-Plus® fue significativamente más bajo que el de MTA Fillapex® en la 2da y 3ra semana ($p < 0.05$), en conclusión, MTA Fillapex® aun siendo un Biocerámico, permaneció levemente citotóxico después de 4 semanas y su citotoxicidad puede estar relacionada con sus componentes resinosos y con la alta velocidad de disolución de este material (19).

Carrillo *et al*, 2018. En su estudio el EndoSequence BC Sealer® tuvo una fuerza de unión estadísticamente superior que el MTA Fillapex® y AH-Plus®, sobre todo en el tercio medio de la raíz (34). Benetti *et al*, en el 2019 concluyó que el sellador Biocerámico Endosequence BC Sealer® es más biocompatible en comparación con MTA Fillapex® y AH Plus® (16). En un estudio realizado por Elyassi *et al*, en el 2019 evaluaron los lixiviados y la solubilidad de selladores Biocerámicos y resinosos, se observó que el AH-

Plus presentó 0.0% de solubilidad, pero si liberó lixiviados de sodio y lantano al periodonto; en comparación con los Biocerámicos, los estudios presentaron más solubilidad que el AH-Plus®, pero con liberación de lixiviados de calcio biocompatibles con los tejidos periapicales (20).

López-García *et al*, en el 2019, estudiaron la citocompatibilidad, potencial bioactivo y liberación de iones del CeraSeal® junto con dos Biocerámicos más (EndoSequence BC Sealer® y Endoseal MTA®); los tres selladores mostraron un pH alcalino, aunque el pH de Endoseal MTA® siempre fue mayor; la liberación de iones calcio fue significativamente mayor en el CeraSeal® ($P < 0.05$); la liberación de zirconia fue más pronunciada en el CeraSeal®. En los tres cementos se confirmó la multipotencialidad de células aisladas, y se observó inducción osteogénica. Después de las primeras 24hrs y 48hrs, la curación había progresado en todas las condiciones experimentales. EndoSequence BC Sealer® indujo una mayor tasa de migración celular a las 72hrs. Los tres grupos exhibieron un nivel significativamente alto de deposición de calcio, cabe señalar que el más alto grado de mineralización se observó con el Endosequence BC Sealer® (17).

Van de Sluis *et al*, en el 2007 evaluaron la influencia de la activación ultrasónica de irrigantes en la obturación del conducto radicular; en los conductos con activación ultrasónica el sellado radicular después de la obturación fue mayor en comparación con los conductos que no recibieron activación ultrasónica; concluyendo que las obturaciones sellaron mejor el conducto radicular cuando se usó activación ultrasónica previa (35). Martini *et al*, en el 2014 estudiaron la influencia de la activación ultrasónica de 4 selladores de conductos radiculares a base de resina epoxi, en relación con la calidad de la obturación; concluyendo que el uso de activación ultrasónica de un sellador a base de resina epoxi promovió una mayor penetración dentinal del sellador y menos presencia de espacios (lagunas) (30). En el presente estudio, se realizó activación ultrasónica también de los irrigantes, por lo que pensamos que este protocolo también fue un factor predisponente para lograr una mejor obturación.

Ackay *et al*, en el 2016 evaluaron la penetración de los selladores (AHPlus®, iRoot SP®, MTAFillapex® y GF Bioseal®) con relación a la activación ultrasónica del protocolo final de irrigación. iRoot SP®, exhibió una penetración significativamente mayor que los otros grupos ($P < 0.05$). iRoot SP® con riego ultrasónico previo a la obturación tuvo mayor penetración en los túbulos dentinarios (36).

Wiesse *et al*, en el 2017 evaluaron el efecto de la activación ultrasónica de los selladores de conductos con relación a la interfaz de adaptación y fuerza de adhesión a la dentina del conducto radicular. La activación ultrasónica de los selladores generó más fuerza de adaptación y adhesión a la dentina del conducto radicular en comparación con las muestras en las cuales no se usó activación ultrasónica; concluyendo que la activación ultrasónica se asoció con más homogeneidad del material de obturación, con mejor adaptación interfacial, mayor densidad, y mayor longitud de tags en los túbulos dentinarios (31). Akseal *et al*, en el 2018 evaluaron el efecto de la activación ultrasónica de cementos a base de silicato de calcio colocados en la retro-obturación de dientes con ápices abiertos (MTA, NeoMTA Plus y Biodentine). Concluyendo que no existió diferencia significativa entre la activación ultrasónica de los cementos Biocerámicos y el no realizarlo, con relación a la penetración del cemento a los túbulos dentinarios (37).

Lopes *et al*, en el 2019 evaluaron el efecto de la activación sónica y ultrasónica en las propiedades fisicoquímicas de diferentes selladores endodónticos. Concluyeron que la activación ultrasónica y sónica promovieron cambios en las propiedades de los selladores del conducto radicular, principalmente en el tiempo de fraguado y en el flujo. En este mismo estudio, López *et al*, concluyeron que en el sellador AH-Plus® el flujo aumento el doble con la activación ultrasónica; sin embargo, el tiempo de fraguado aumento un poco más del doble de no activado a activado ultrasónicamente. En el sellador MTA Fillapex® el tiempo de fraguado aumento cuatro veces más con la activación ultrasónica, el flujo también aumento con el uso del ultrasonido. La activación ultrasónica no influyó significativamente en el cambio dimensional de los selladores (29). En el presente estudio pudimos observar cambios en el color de los Biocerámicos después de haber sido activados ultrasónicamente del tradicional blanco a tonalidades gris y negras; otros

cambios observados, como mencionan López et al, fue el aumento del flujo de los selladores con la activación ultrasónica.

Donnermeyer (2017) y Ekici (2018), concluyeron que la capacidad de remoción de selladores que contienen silicato de calcio fue mejor en comparación con AH-Plus® ya que se observaron menos remanentes del sellador intraconducto, así como tiempos más cortos de tratamiento (4,5). Kim (2015) y Kakoura (2018), compararon la eficacia del retratamiento entre el Endosequence BC Sealer® y el AH-Plus® mediante microscopia electrónica de barrido y microscopio confocal, concluyendo con que en ambos grupos se logró la permeabilidad apical, tuvieron similar pH y eficacia de penetración en los túbulos dentinarios y por lo tanto también similar eficacia de retratamiento ($p>0.05$). El estudio de Kim fue uno de los primeros estudios en utilizar microscopia confocal para observar la penetración en los túbulos dentinarios (40, 41).

Alves *et al*, en el 2019 reportaron la parestesia permanente labio-mandibular, después de la extrusión de un sellador Biocerámico (MTA Fillapex®) que alcanzó el interior del conducto del nervio mandibular, durante el tratamiento de un molar inferior; concluyendo con la premisa que “los Biocerámicos también pueden inducir parestesias, si se extruyen hacia nervios principales” (42).

Kohli *et al*, en el 2019 concluyeron que los Biocerámicos más nuevos se han comparado en estudios *in vitro*, en animales y humanos para mostrar resultados similares o mejores que el MTA. Varias investigaciones clínicas en terapia pulpar vital, reparación de perforaciones y microcirugía también muestran resultados comparables o mejores. En cuanto a la obturación basada en sellador, una investigación clínica retrospectiva de 307 dientes con un tiempo de seguimiento promedio de 30 meses tiene una tasa de éxito general del 90,9%. Se necesita un mayor nivel de evidencia con ensayos clínicos aleatorios para demostrar la eficacia del material a largo plazo. Sin embargo, la naturaleza hidrofílica, la capacidad de sellado, la biocompatibilidad, la propiedad antibacteriana, la bioactividad y la facilidad de administración lo han convertido en un material prometedor para ser utilizado en endodoncia (11).

CONCLUSIÓN

Se estudiaron 108 conductos de 90 premolares, de los cuales se reportaron 66 conductos circulares (61.1%) y 42 conductos ovales (38.9%). El AH-Plus® activado ultrasónicamente fue el sellador que obtuvo la mayor superficie obturada (99.8%), a 3mm del vértice apical en los conductos radiculares, aunque con muy poca diferencia el segundo fue el Endosequence BC Sealer® activado ultrasónicamente (99.4%), en comparación con el Ceraseal® que alcanzó su mayor porcentaje de obturación (97.1%) sin ser activado ultrasónicamente.

El EndoSequence BC Sealer® y el AH-plus® mostraron diferencia estadística significativa ($P < .05$) en las superficies obturadas a 3mm del vértice apical en relación con su activación ultrasónica. No se encontró diferencia estadística significativa ($P > .05$) al comparar las superficies obturadas de los conductos ovales con las de los conductos circulares a 3mm del vértice apical de los conductos radiculares.

Como hallazgo, se observó en los conductos obturados con Biocerámicos y activados ultrasónicamente un cambio de color del tradicional blanco a negro o gris. En los conductos obturados con EndoSequence BC-Sealer® se observó en un 44% (8/18) y en el CeraSeal® en un 47% (8/17).

Es importante mencionar que aunque actualmente contamos con selladores, que por sus propias características se acercan al ideal, siempre estaremos predispuestos a una anatomía insierta sobre todo del tercio apical, el cual presenta múltiples variaciones y que por lo mismo representa un desafío para el sellador y el operador.

Los biocerámicos tienen un futuro prometedor y amplio alcance de aplicación, la integración de nuevas tecnologías como el ultrasonido, conduce a mejorar las técnicas en el uso de materiales combinando la forma convencional de la práctica endodóntica.

Los biocerámicos mejoran significativamente la diferenciación osteoblástica, siendo adyuvantes en el proceso de curación al proporcionar señales bioactivas que representan una nueva generación de biomateriales que además de poseer capacidad de sellado favorecen la supervivencia, diferenciación y función osteoblástica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc 1955;50:544-552.
- 2) Ricucci D, Elizeu A, Pascon E, Siqueira Jr. The complexity of the apical. En: Versiani anatomy the root canal anatomy in permanent dentition. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature; 2019.
- 3) Siqueira Jr, Rôças I, Ricucci D. Internal tooth anatomy and root canal instrumentation. En: Versiani anatomy the root canal in permanent dentition. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature; 2019.
- 4) Hülsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endod. Topics 2005;10:20-76.
- 5) Yu Gu, Kum K, Perinpanayagam H, Kim C, Kum D, Lim S, *et al.* Various heat-treated nickel titanium rotary instruments evaluated in S shaped simulated resin canals. J Dent Sci 2017;12:14-20.
- 6) Weine FS. Endodontic Therapy, 3rd edn. St Louis, MO: C.V. Mosby, 1982.
- 7) Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Dent Mat J 2020;14:1-18.
- 8) Tanomaru M, Viapiana R, Guerreiro J. From MTA to New Biomaterials Based on Calcium Silicate. Int J Dental 2016;18:18-22.
- 9) Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Pitt T. Physical and Chemical Properties of a New Root-End Filling Material. J. endod. 1995;21:249-353.
- 10) Jain A, Ramachandran R, Singh S. Properties of bioceramic materials used in endodontics. Int J Sci Res 2018;7:22-24.
- 11) Kohli M, Karabucak B. Bioceramic Usage Endodontics: AAE; 8 Jul 2019 [consultado 3 Jul 2020]. Disponible en: <https://www.aae.org/specialty/2019/07/08/bioceramic-usage-in-endodontics/>
- 12) Bogen G, Kuttler S. Mineral Trioxide Aggregate Obturation: A Review and Case Series. J Endod 2009;35:777-790.
- 13) Gul H, Khan A. Bioceramics: types and clinical applications. En: Handbook of Ionic Substituted Hydroxyapatites. Elsevier. 2020.

- 14) Deus G, Camilleri J, Primus C, Hungaro M, Monteiro C. Introduction to Mineral Trioxide Aggregate. En: J. Camilleri (ed.), Mineral Trioxide Aggregate in Dentistry. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2014.
- 15) Zhejun W. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Topics* 2015;32:3-30.
- 16) Benetti F, de Azevedo I, Chaves P, Citelli L, Maffei M, Penha S, *et al.* Cytotoxicity and biocompatibility of a new bioceramic endodontic sealer containing calcium hydroxide. *Braz Oral Res* 2019;33:1-9.
- 17) López-García S, Myong-Hyun B, Lozano A, García-Bernal D, Forner L, Llena C, *et al.* Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Invest* 2019;24:1740-1759.
- 18) Ricucci D, Grande N, Plotino G, Tay F. Histologic Response of Human Pulp and Periapical Tissues to Tricalcium Silicate based Materials: A Series of Successfully Treated Cases. *J Endod* 2019;46:1-11.
- 19) Nogueira E, Accorsi-Mendonça T, Pedrosa A, Granjeiro J, Zaia A. Long-Term Cytotoxicity, pH and Dissolution Rate of AH Plus and MTA Fillapex. *Braz Dent J* 2016;27:419-423.
- 20) Elyassi Y, Moinzadeh A, Kleverlaan C. Characterization of Leachates from 6 Root Canal Sealers. *J Endod* 2019;45:1-5.
- 21) Zinner D. Recent ultrasonic dental studies including periodontia, without the use of an abrasive. *J Dent Res* 1955;34:748–9.
- 22) Richman RJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Med Dent J* 1957;12:12– 8.
- 23) Martin H. Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1976;42:92–9.
- 24) Johnson WN, Wilson JR. Application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. *J Periodontol* 1957;28:264 –71.
- 25) Martin H, Cunningham W, Norris J, Cotton W. Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;49:79–81.
- 26) Martin H, Cunningham W, Norris J. A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;50:566–8.

- 27) Martin H, Cunningham W. Endosonic endodontics: the ultrasonic synergistic system. *Int Dent J* 1984;34:198–203.
- 28) Plotino G, Pameijer C, Grande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *J Endod* 2007;33:81-95.
- 29) Lopes C, Esteves F, Tanomaru-Filho M, Chavez-Andrade G, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru J. Effect of sonic and ultrasonic activation on physicochemical properties of root canal sealers. *J Appl Oral Sci* 2019;27:1-9.
- 30) Martini B, Amoroso-Silva P, Priori M, Marciano M, Bombarda F, Hungaro M. Influence of Ultrasonic Activation of 4 Root Canal Sealers on the Filling Quality. *J Endod* 2014;27:1-5.
- 31) Wiese P, Silva-Sousa Y, Pereira R, Estrela C, Domingues L, Pecoral J, Sousa-Neto M. Effect of ultrasonic and sonic activation of root canal sealers on the push-out bond strength and interfacial adaptation to root canal dentine. *Int Endod J* 2018;51:102–111.
- 32) Buckley M, Springberg L. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79:92-10.
- 33) Goo H, Won S, Ha J, Pedull E, Kim H. Mechanical Properties of Various Heat-treated Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Endod* 2017;43:1872-1877.
- 34) Carrillo-Varguez A, Bustamante-Reynoso T, Carrillo-Varguez L, Cadena-Alcantar M, Gonzalez-Vizcarra B, Valdez-Castro R, Villarreal-Gómez L. In vitro Comparative Study of Adhesion Force in Dentin of Three Cement Sealers BC-Sealer, AH-Plus and MTA Fillapex. *J Res Med Dent Sci* 2018;6:6-11.
- 35) Van de Sluis L, Shemesh, H, Wu M, Wesselink P. An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings. *Int Endod. J* 2007;40:356–361.
- 36) Akcay M, Arslan H, Durmus N, Merve Mese M, Davut I. Dentinal Tubule Penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA Fillapex, and GuttaFlow Bioseal Root Canal Sealers After Different Final Irrigation procedures: A Confocal Microscopic Study. *Lasers Surg Med* 2016;48:70–76.

- 37) Aksel H, Arslan E, Puralı N, Uyanık Ö, Nagas E. Effect of ultrasonic activation on dentinal tubule penetration of calcium silicate-based cements. *Microsc Res Tech* 2019;82:624–629.
- 38) Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Invest* 2017;22:811-817.
- 39) Ekici M, Ekici A, Sağıroğlu S, Keyfiala S, Helvacıoğlu B. Retreatability of Root Canals Obturated using Mineral Trioxide Aggregate-based and Two Resin-based Sealers. *Niger J Clin Pract* 2018;21:496-501.
- 40) Kim H, Kim E, Lee S, Shin S. Comparisons of the Retreatment Efficacy of Calcium Silicate and Epoxy Resin–based Sealers and Residual Sealer in Dentinal Tubules. *J Endod* 2015;41:2025-2030.
- 41) Kakoura F, Pantiledou O. Retreatment efficacy of endodontic bioceramic sealers: A review of the literature. *Int Den J* 2018;20:39-50.
- 42) Alves F, Dias M, Mansa M, Machado M. Permanent Labiomandibular Paresthesia after Bioceramic Sealer Extrusion: A Case Report. *J Endod* 2020;46:301-306.