



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
Máster en ciencias odontológicas**

“Comparación de la salud periapical tras la obturación de conductos radiculares con un cemento sellador bioactivo (BioRoot RCS) y un cemento de resina (AH Plus)”

**Autor: Rocío Romero Peralta
Director: Ana Arias Paniagua**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Facultad de

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

VISTO BUENO DEL TUTOR

MASTER OFICIAL EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

El profesor/a tutor

Nombre y apellidos:

Ana Arias Paniagua

del alumno/a

Nombre y apellidos

Rocío Romero Peralta

encuadrado en la línea de investigación

Cementos biocerámicos en endodoncia

DA EL VISTO BUENO

para que el Trabajo de Fin de Máster titulado

“Comparación de la salud periapical tras la obturación de conductos radiculares con un cemento sellador bioactivo (BioRoot RCS) y un cemento de resina (AH Plus)”

sea admitido para su defensa ante Tribunal.

En MADRID , a 4 de JUNIO de 2019 .

Fdo: el profesor/a



El presente Visto Bueno se debe acompañar del Trabajo de Investigación en formato electrónico y tres copias en papel

MÁSTER EN: CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

COMPROMISO DEONTOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN, REDACCIÓN Y POSIBLE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER (TFM)

CENTRO: Facultad de odontología

ESTUDIANTE DE MÁSTER: Rocío Romero Peralta

TUTOR/ES DEL TFM: Ana Arias Paniagua

TÍTULO DEL TFM: “Comparación de la salud periapical tras la obturación de conductos radiculares con un cemento sellador bioactivo (BioRoot RCS) y un cemento de resina (AH Plus)”

FECHA DE PRIMERA MATRÍCULA: Julio 2017

FECHA DE SEGUNDA MATRÍCULA (en caso de producirse): Septiembre 2018

1. Objeto

El presente documento constituye un compromiso entre el estudiante matriculado en _____ el _____ Máster en _____

_____ y su Tutor/es y en el que se fijan las funciones de supervisión del citado trabajo de fin de máster (TFM), los derechos y obligaciones del estudiante y de su/s profesor/es tutor/es del TFM y en donde se especifican el procedimiento de resolución de potenciales conflictos, así como los aspectos relativos a los derechos de propiedad intelectual o industrial que se puedan generar durante el desarrollo de su TFM.

2. Colaboración mutua

El/los tutor/es del TFM y el autor del mismo, en el ámbito de las funciones que a cada uno corresponden, se comprometen a establecer unas condiciones de colaboración que permitan la realización de este trabajo y, finalmente, su defensa de acuerdo con los procedimientos y los plazos que estén establecidos al respecto en la normativa vigente.

3. Normativa

Los firmantes del presente compromiso declaran conocer la normativa vigente reguladora para la realización y defensa de los TFM y aceptan las disposiciones contenidas en la misma.

4. Obligaciones del estudiante de Máster

- Elaborar, consensuado con el/los Tutor/es del TFM un cronograma detallado de trabajo que abarque el tiempo total de realización del mismo hasta su lectura.
- Informar regularmente al Tutor/es del TFM de la evolución de su trabajo, los problemas que se le planteen durante su desarrollo y los resultados obtenidos.
- Seguir las indicaciones que, sobre la realización y seguimiento de las actividades formativas y la labor de investigación, le hagan su tutor/es del TFM.
- Velar por el correcto uso de las instalaciones y materiales que se le faciliten por parte de la Universidad Complutense con el objeto de llevar a cabo su actividad de trabajo, estudio e investigación.

5. Obligaciones del tutor/es del TFM

- Supervisar las actividades formativas que desarrolle el estudiante; así como desempeñar todas las funciones que le sean propias, desde el momento de la aceptación de la tutorización hasta su defensa pública.
- Facilitar al estudiante la orientación y el asesoramiento que necesite.

6. Buenas prácticas

El estudiante y el tutor/es del TFM se comprometen a seguir, en todo momento, prácticas de trabajo seguras, conforme a la legislación actual, incluida la adopción de medidas necesarias en materia de salud, seguridad y prevención de riesgos laborales.

También se comprometen a evitar la copia total o parcial no autorizada de una obra ajena presentándola como propia tanto en el TFM como en las obras o los documentos literarios, científicos o artísticos que se generen como resultado del mismo. Para tal, el estudiante firmará la Declaración de No Plagio del ANEXO I, que será incluido como primera página de su TFM.

7. Procedimiento de resolución de conflictos académicos

En el caso de producirse algún conflicto derivado del incumplimiento de alguno de los extremos a los que se extiende el presente compromiso a lo largo del desarrollo de su TFM, incluyéndose la posibilidad de modificación del nombramiento del tutor/es, la coordinación del máster buscará una solución consensuada que pueda

ser aceptada por las partes en conflicto. En ningún caso el estudiante podrá cambiar de Tutor directamente sin informar a su antiguo Tutor y sin solicitarlo oficialmente a la Coordinación del Máster.

En el caso de que el conflicto persista se gestionará según lo previsto en el SGIC de la memoria verificada.

8. Confidencialidad

El estudiante que desarrolla un TFM dentro de un Grupo de Investigación de la Universidad Complutense, o en una investigación propia del Tutor, que tenga ya una trayectoria demostrada, o utilizando datos de una empresa/organismo o entidad ajenos a la Universidad Complutense de Madrid, se compromete a mantener en secreto todos los datos e informaciones de carácter confidencial que el Tutor/es del TFM o de cualquier otro miembro del equipo investigador en que esté integrado le proporcionen así como a emplear la información obtenida, exclusivamente, en la realización de su TFM.

Asimismo, el estudiante no revelará ni transferirá a terceros, ni siquiera en los casos de cambio en la tutela del TFM, información del trabajo, ni materiales producto de la investigación, propia o del grupo, en que haya participado sin haber obtenido, de forma expresa y por escrito, la autorización correspondiente del anterior Tutor del TFM.

9. Propiedad intelectual e industrial

Cuando la aportación pueda ser considerada original o sustancial el estudiante que ha elaborado el TFM será reconocido como cotitular de los derechos de propiedad intelectual o industrial que le pudieran corresponder de acuerdo con la legislación vigente.

10. Periodo de Vigencia

Este compromiso entrará en vigor en el momento de su firma y finalizará por alguno de los siguientes supuestos:

- Cuando el estudiante haya defendido su TFM.
- Cuando el estudiante sea dado de baja en el Máster en el que fue admitido.
- Cuando el estudiante haya presentado renuncia escrita a continuar su TFM.
- En caso de incumplimiento de alguna de las cláusulas previstas en el presente documento o en la normativa reguladora de los Estudios de Posgrado de la Universidad Complutense.

La superación académica por parte del estudiante no supone la pérdida de los derechos y obligaciones intelectuales que marque la Ley de Propiedad Intelectual para ambas partes, por lo que mantendrá los derechos de propiedad intelectual sobre su trabajo, pero seguirá obligado por el compromiso de confidencialidad respecto a los proyectos e información inédita del tutor.

Firmado en Madrid, a _4_ de _____ JUNIO _____ de 2019 __

El estudiante de Máster Fdo.:	El Tutor/es Fdo.:
--	--

SR. COORDINADOR DEL MÁSTER EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

ANEXO I: DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

D./Dña **ROCÍO ROMERO PERALTA** con NIF **06025958G**, estudiante de Máster en la Facultad de ODONTOLOGÍA de la Universidad Complutense de Madrid en el curso 2018 -2019 , como autor/a del trabajo de fin de máster titulado **“Comparación de la salud periapical tras la obturación de conductos radiculares con un cemento sellador bioactivo (BioRoot RCS) y un cemento de resina (AH Plus)”** y presentado para la obtención del título correspondiente, cuyo/s tutor/ es/son:
DRA. ANA ARIAS PANIAGUA

DECLARO QUE:

El trabajo de fin de máster que presento está elaborado por mí y es original. No copio, ni utilizo ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones de cualquier obra, artículo, memoria, o documento (en versión impresa o electrónica), sin mencionar de forma clara y estricta su origen, tanto en el cuerpo del texto como en la bibliografía. Así mismo declaro que los datos son veraces y que no he hecho uso de información no autorizada de cualquier fuente escrita de otra persona o de cualquier otra fuente.

De igual manera, soy plenamente consciente de que el hecho de no respetar estos extremos es objeto de sanciones universitarias y/o de otro orden.

En Madrid, a 4 de JUNIO de 2019

Fdo.:

Esta DECLARACIÓN debe ser insertada en primera página de todos los trabajos fin de máster conducentes a la obtención del Título.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	21
3. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	24
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
5. RESULTADOS.....	31
6. DISCUSIÓN.....	33
7. CONCLUSIONES.....	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	43

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los pasos más críticos en el tratamiento de conductos radiculares es su obturación, cuyo objetivo es el sellado hermético de todo el sistema de conductos. (1) Después de realizar una buena limpieza y conformación, la obturación va a impedir en gran parte la filtración de microorganismos en los tejidos periapicales que pueden desembocar en el fracaso de nuestro tratamiento por recontaminación bacteriana. (2)

Para ello, los cementos selladores endodónticos son fundamentales ya que permiten rellenar el espacio que queda entre la pared del conducto y la gutapercha permitiendo una mejor adaptación del relleno al espacio creado en el conducto radicular tras la conformación del mismo. Además, permiten rellenar irregularidades habituales presentes en el sistema de conductos en las que materiales de mayor densidad (como la gutapercha) no pueden penetrar, como por ejemplo conductos accesorios, istmos etc; es decir, determinados recovecos que únicamente mediante el uso de la gutapercha no seríamos capaces de sellar. (3)

Es por esto que durante los últimos años se ha intentado mejorar este proceso de sellado mediante la introducción de diversas formas de manejo de la gutapercha, así como diferentes cementos. A pesar de la aparición de estas nuevas estrategias para la obturación y el sellado del sistema de conductos, la técnica habitual que conlleva la utilización de gutapercha con un cemento sellador sigue representando una de las técnicas más utilizadas por la mayoría de los dentistas. Sin embargo esta técnica presenta algunos inconvenientes, siendo el principal la necesidad de preparar los conductos con una conicidad suficiente para la utilización de condensadores que permitan compactar la gutapercha para garantizar un sellado tridimensional aceptable. Un ensanchamiento excesivo acompañado de la fuerza ejercida por algunos de estos condensadores sobre las paredes de los conductos en dientes ya de por sí bastante destruidos podría producir un fracaso por fractura vertical a medio plazo (4). Es por ello, que en los últimos años las casas comerciales están intentando desarrollar sistemas de obturación y materiales que permitan paliar estos inconvenientes.

En 1988 ya Grossman (5) enumeró una serie de propiedades que los cementos selladores deberían cumplir para ser utilizados en endodoncia. Así, el cemento sellador ideal debería:

1. Ser pegajoso durante la mezcla para proporcionar buena adherencia con la pared del conducto una vez fraguado
2. Proporcionar un sellado hermético tanto en diámetro como en longitud
3. No sufrir cambios dimensionales (que no exista contracción de fraguado)
4. Fragar lentamente
5. Ser impermeable y poco soluble
6. Ser bacteriostático o al menos no favorecer el desarrollo microbiano
7. Ser radiopaco para poder ser evidenciado radiográficamente
8. Ser polvo muy fino para poder mezclarlo fácilmente con el líquido
9. No alterar el color del diente
10. Ser bien tolerado por los tejidos periapicales
11. Ser estéril o esterilizable antes de su colocación
12. Ser de fácil retirada en caso de retratamiento

Hoy en día están disponibles diversos cementos para la obturación de conductos en endodoncia, pero es complicado encontrar un material que sea capaz de cumplir con todos estos requisitos:

1. Cementos a base de óxido zinc eugenol

Fueron introducidos por Rickert y Dixon y han sido considerados durante muchos años los cementos de elección. El fraguado de estos cementos se produce gracias a la combinación del óxido de zinc y el eugenol mediante una reacción de quelación que va a producir como producto final el eugenolato de zinc (6).

En su composición inicial una de las principales desventajas que presentaba es su potencial para producir cambio de coloración en el diente, debido a que en sus inicios incluía entre sus componentes plata como radiopacificador, por ello Grossman en 1958 modificó su composición para conseguir que este material no produjera pigmentación de la estructura (7).

Estos cementos presentan grandes ventajas, como su tiempo de manipulación prolongado, buena plasticidad, buen sellado apical, cambio volumétrico mínimo, así como

propiedades antimicrobianas gracias a su contenido en eugenol. Sin embargo, presenta dos principales inconvenientes, la extrusión de este cemento podría provocar cierta irritación de los tejidos periapicales debido al eugenol liberado y además su solubilidad en los túbulos tisulares (8)

Chang et al (9) observaron que el eugenol producía cierta citotoxicidad sobre los fibroblastos humanos; sin embargo, esta toxicidad disminuía considerablemente al fraguar. En un intento de mejorar algunas de sus propiedades se han incluido en su composición resinas, corticoides, antisépticos o paraformaldehído; pero se ha visto que la mayoría de estas sustancias podrían tener un efecto irritante.

Dentro de este tipo de cementos selladores, los más conocidos son:

- Pulp Canal Sealer TM (Kerr, Orange, CA, USA). Se basa en la composición de Rickert. La presencia de plata en su composición aporta gran radiopacidad lo que podría provocar tinciones en el diente. Además, presenta un tiempo de trabajo disminuido, es por esto que la casa comercial desarrollo una nueva versión denominada Pulp Canal Sealer EWT (Extended Working Time) con un tiempo de trabajo más prolongado. (10)
- Tubli-seal TM (Kerr). También con la composición de Rickert, pero sin incorporar en su composición plata precipitada.(11)
- Endomethasone C (Septodont, Saint Maur Des Fosses, France) También con la composición de Rickert, pero incluyendo además paraformaldehído como antiséptico y corticoesteroides como antiinflamatorios en su composición. Se ha visto que este cemento presenta mayor potencial citotóxico que otros cementos de esta composición debido a la presencia de paraformaldehído. (12)

2. Cementos de hidróxido de calcio

Son los cementos selladores que mejor se comportan biológicamente. Su composición permite la liberación de iones de calcio que estimulan a los tejidos periapicales para promover la curación de estos. Además parece tener propiedades antimicrobianas. Sin embargo, presentan un gran inconveniente ya que para poder realizar este efecto terapéutico, debe disociarse en ion calcio e ion hidroxilo, lo que podría generar la creación de espacios en la obturación y comprometer con ello el sellado apical. (13) Dentro de estos cementos encontramos:

- Sealapex TM (Kerr Sybron), pero su alta solubilidad y poca estabilidad hacen que proporcionen un sellado inadecuado (14)

3. Cementos de resina

Representan los cementos más utilizados actualmente en la práctica clínica. (15) Entre sus características encontramos que presenta poca contracción tras el fraguado, estabilidad dimensional a largo plazo y buena capacidad de sellado gracias a su unión a la dentina. Además, son de fácil manipulación, permiten un tiempo de trabajo largo y proporcionan un buen sellado. El principal problema que presentan estos cementos es que son muy difíciles de retirar del conducto una vez que han fraguado; sin embargo, son los que mejor características físicas presentan.

- En 1954 Schroeder introdujo el primero de este grupo de cementos, el denominado AH26 ® (De Trey AG, Zurcí, Switzerland). Se trata de una resina epóxica que presenta como componentes principales óxido de zinc, fosfato de bismuto y copolímeros de acetato de vinilo. A pesar de tratarse de un cemento con unas características físicas bastante adecuadas como tiempo de trabajo largo,

radiopacidad elevada, buena fluidez y aceptable adhesividad; es muy difícil de eliminar y su efecto bactericida (liberación de paraformaldehído), puede hacer también que se convierta en irritante para los tejidos tisulares.

- Su sucesor, AH Plus ® (De Trey AG), presenta excelentes características fisicoquímicas, biológicas y antimicrobianas. Fue desarrollado por la misma casa comercial que el AH26, pero introduciendo mejoras gracias a la incorporación de aminas en su composición. Se trata de un material no citotóxico, biocompatible, tolerado por los tejidos, además presenta estabilidad dimensional a lo largo del tiempo y buena capacidad de sellado gracias a su capacidad de adhesión a la dentina (16). En comparación con el AH26 es más fácil de eliminar mediante la utilización de cloroformo.(17,18). Sin embargo, a pesar de sus características, existen diferentes opiniones dentro de la literatura sobre la capacidad de sellado de este cemento, ya que a pesar de poseer una buena estabilidad dimensional y adhesión a la dentina, muchos autores defienden que al no existir unión a la gutapercha, podría considerarse un punto crítico para este cemento. (16)

4. Cementos a base de silicona

Estos cementos están compuestos de polivinilsiloxano, que por su gran capacidad de adaptación a los espacios capacidad de fraguado en presencia de humedad y biocompatibilidad se ha utilizado durante años en Odontología (19)

Son ejemplos de este tipo de cementos:

- RoekoSeal (Roeko/Coltene/Whaledent, Langenau, Germany) que como componentes principales presenta polidimetilsiloxano, aceite de silicona, aceite de parafina, dióxido de circonio y como catalizador ácido hexacloroplatínico. Su modo de presentación es mediante jeringa, y su tiempo de trabajo de 15-30 minutos. Es conocido por sus buenas propiedades físico-químicas, como fluidez ,

bajos niveles de infiltración apical y radiopacidad satisfactoria, además se expande ligeramente al fraguar y presenta una baja o nula citotoxicidad (6,20, 21)

- Posteriormente se desarrolló Gutttaflow[®] (Roeko/Coltene/Whaladent), cuya composición es muy similar a la de Roekoseal con la diferencia de incluir gutapercha triturada como material de relleno, con la idea de aprovechar las características de la gutapercha caliente pero inyectándola fluida en frío (22).

5. Cementos biocerámicos

Estos cementos han sido introducidos en el mercado recientemente a consecuencia del éxito mostrado por el empleo de biocerámicos en otros campos de la endodoncia como son: recubrimientos pulpare, pulpotomías, reparación de perforaciones, tapones apicales o retroobtención apical en retratamientos quirúrgicos (23). Los buenos resultados clínicos e in vitro demostrado por estos materiales en las situaciones antes citadas ha motivado el interés de las casas comerciales por desarrollar nuevos cementos selladores para la obturación de conductos radiculares; basándose en las propiedades de los materiales biocerámicos para los usos antes descritos (24).

Estos materiales tienen como componente principal el silicato de calcio, lo que le confiere muy buena biocompatibilidad. Además, se trata de materiales hidrófilicos, lo que hace no solo que puedan comportarse de manera adecuada en presencia de la humedad de los tubulos dentinarios o periapice, si no que esta humedad va a resultar beneficiosa, ya que gracias a ella van a fraguar liberando hidróxido de calcio y proporcionándoles propiedades antibacterianas y bioactivas. (25)

El primer material biocerámico descrito para su utilización en endodoncia por Mahmoud Torabinejad fue el MTA (agregado trióxido mineral) que fue aprobado por la FDA en 1998 (26). Se trata de un material derivado del cemento Portland, que se empleó en Endodoncias para tratamientos como el sellado de perforaciones radiculares y recubrimientos pulpaes. Entre sus propiedades encontramos principalmente que es hidrofílico, bioactivo y biocompatible (27). Pero presenta algunos inconvenientes como son su difícil manipulación, tiempo de fraguado alto y propiedades mecánicas deficientes. (28)

Sin embargo, ha sido recientemente cuando han aparecido en el mercado cementos selladores biocerámicos, es decir, para la obturación de conductos radiculares; un uso que no estaba contemplado con los materiales biocerámicos a los que acabamos de referirnos. Se trata de materiales que en general son biocompatibles, no son tóxicos, no presentan contracción, actividad antibacteriana y son químicamente estables. Además, muchos de ellos tienen la capacidad de formar hidroxiapatita, debido a que el hidróxido de calcio liberado reacciona con los fosfatos existentes en los fluidos tisulares, lo que va a provocar un aumento de la mineralización y por lo tanto reparación de los tejidos que rodean al diente. (29)

- EndoSequence BC Sealer (BC Sealer, Brasseler USA, Savannah, GA, USA), también conocido como iRoot SP root canal sealer. Se ha introducido recientemente y está compuesto por óxido de circonio, silicatos de calcio, óxido de tántalo, fosfato monobásico de calcio, hidróxido de calcio, material de relleno y agentes espesantes. Es biocompatible, presenta estabilidad química, es hidrofílico, presenta fluidez adecuada, radiopaco y se expande en el proceso de fraguado. Además, es bioactivo y presenta propiedades antimicrobianas. Puede ser utilizado en la técnica de cono único gracias a la capacidad de expansión y su fluidez. Ha sido diseñado para fraguar cuando está expuesto a un entorno como los tubulos dentinarios, gracias a su fraguado ante la presencia de agua. (30,31)

- MTA Fillapex ® (Angelus, Londrina, PR, Brazil): se trata de un cemento sellador desarrollado por Angelus en 2010, y que surge con la propuesta de aliar la capacidad selladora de los cementos a base de resinas y los basados en biocerámicas, concretamente con agregado trióxido mineral como base de este nuevo producto. Está compuesto por resina de salicato, resina diluyente, resina natural, óxido de bismuto, sílica nanoparticulada y agregado trióxido mineral. (32)

El MTA está presente en su composición y va a proporcionar liberación de iones de calcio así como un pH elevado que va a proporcionar efectos antibacterianos. Presenta baja solubilidad, y fácil manejo, alta radiopacidad, fluidez adecuada lo que permite obturar los conductos laterales, expansión de fraguado y fácil eliminación en caso de retratamiento. (31,33)

De reciente aparición, es el cemento biocerámico, Bioroot RCS (Septodont, Saint Maur Des Fosses, France). Se trata de un cemento mineral bioactivo basado en la química innovadora de microagregados minerales denominada tecnología de biosilicato activo. Este material está compuesto por un polvo, que contiene silicato tricálcico, óxido de circonio y povidona; y un líquido que contiene agua, cloruro de calcio y policarboxilato. (34)

La casa comercial expone que el Bioroot RCS está indicado para la obturación permanente del conducto radicular mediante una técnica hidráulica de cono único, y que presenta ciertas características que lo convierten en un sellador del sistema de conductos adecuado. Algunas de esas propiedades son (35):

- Biocompatible y reduce el riesgo de reacciones tisulares adversas
- Bioactivo, produce una mineralización de la estructura dentinaria mediante la formación de hidroxiapatita.
- pH elevado. Lo que genera un ambiente alcalino favorable, y liberación de hidróxido de calcio aumentando así el proceso de mineralización.
- Adhesión a dentina y puntas de gutapercha.
- Ausencia de contracción.
- Fácil obturación y manejo. Presenta una fluidez adecuada, fácil eliminación y buena radiopacidad

En cuanto a su biocompatibilidad, en un estudio publicado por Camps (36) realizado sobre células del ligamento periodontal, se vió que este cemento no presentaba toxicidad sobre las células y además inducía una mayor secreción tanto de factores angiogénicos como osteogénicos, por lo que se confirmaba su capacidad bioactiva.

Por otro lado, en un estudio realizado sobre células de la pulpa de ratones, (37) se demostró que el Bioroot no solo no alteraba la morfología y viabilidad celular, si no que creaba un entorno favorable para inducir la formación de tejido duro. Esto también fue demostrado en otro estudio reciente (38) en el que se comparaba el Bioroot con un cemento de resina, uno a base de eugenol y MTA. Los resultados mostraron una capa de infiltración mineral con depósitos de apatita tanto en el Bioroot, como en el MTA y el cemento de resina, sin embargo el Bioroot es el que presentaba un grosor mayor de estos depósitos, gracias a su capacidad de liberar iones de calcio.

Un último estudio que compara este cemento con cementos tradicionales, (39), muestra que Bioroot resultó ser el menos citotóxico.

Esta biocompatibilidad y capacidad bioactiva, se debe a la capacidad de este material de favorecer un pH alcalino mediante la liberación de hidróxido de calcio y su posterior reacción con agua que favorece la expresión de la fosfatasa alcalina, y con ello además de estimular la formación de tejido mineral produce un efecto antimicrobiano. (34)

Podríamos decir que la principal ventaja de este cemento cuando se compara con los presentes en el mercado es su capacidad para estimular el proceso fisiológico del hueso y la mineralización de la estructura dental, además de la capacidad de crear un entorno favorable para estimular la curación periapical. Esto supone un cambio importante con respecto a los sistemas tradicionales, ya que aquí el material de obturación principal pasaría a ser el cemento biocerámico, y la gutapercha adaptada al conducto simplemente actuaría a modo de émbolo para proporcionar la presión necesaria, para que el cemento

rellene las irregularidades anatómicas presentes en el sistema de conductos radiculares. Esto no solo simplificaría la técnica de obturación, sino que parece permitir una conformación de conductos más conservadora. (35)

Basándonos en los criterios de Grossman (5) si se logran demostrar estas propiedades del Bioroot RCS, podríamos considerarlo un material que se acerca bastante a lo que Grossman considera un “cemento ideal”.

Por ello, a pesar de que en la literatura se encuentran muchos estudios *in vitro* que demuestran sus beneficios, son necesarios estudios clínicos que demuestren que estas propiedades se reflejan también *in vivo* y que podemos considerar el Bioroot RCS un material capaz de conseguir un mejor sellado, así como una mayor mineralización del sistema de conductos consiguiendo así una mejor reparación biológica y con ello mejor éxito clínico en nuestros tratamientos

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Durante los últimos años han sido muchas las casas comerciales que han tratado de encontrar un cemento de obturación ideal para conseguir un sellado hermético de los conductos radiculares durante el tratamiento endodóntico.

A pesar de que se han conseguido grandes mejoras dentro de este campo, todavía no se ha encontrado un material que cumpla con todas las características.

Por otro lado, los materiales biocerámicos llevan varios años dentro del campo de la Odontología, y más concretamente en el campo de la Endodoncia con materiales como el MTA, utilizados con gran éxito en situaciones específicas como las perforaciones radiculares, donde era necesario un proceso de mineralización. Sin embargo, no ha sido hasta hace poco cuando han empezado a desarrollarse cementos biocerámicos que cumplieran una serie de propiedades que hicieran posible que estos cementos no solo mantuvieran su capacidad bioactiva, sino que fuera posible su utilización dentro del sistema de conductos como cemento sellador, dándoles una consistencia adecuada y unas propiedades en cuanto tiempo de trabajo y manipulación.

Uno de estos cementos desarrollados en los últimos años es el utilizado en el presente estudio, un cemento biocerámico a base de silicato tricálcico, el BiooRoot RCS, el cual se ha visto en estudios *in vitro* que podría presentar características de sellado adecuadas que en combinación con la capacidad de mineralización de los mismos, gracias al depósito de hidroxiapatita y la estimulación de factores del crecimiento, podrían convertirlo en un cemento adecuado para el tratamiento de conductos.

Sin embargo, son pocos los estudios clínicos en la actualidad que valoren realmente la capacidad de los nuevos cementos biocerámicos no solo para conseguir un sellado ideal, sino también para favorecer la curación periapical gracias a su capacidad bioactiva, lo que justifica el presente estudio.

Por ello se diseñó este estudio retrospectivo, en el que planteamos los siguientes objetivos:

- Comparar el éxito clínico en términos de salud periapical de tratamientos y retratamientos de conductos en dientes obturados con condensación hidráulica con el cemento biocerámico BioRoot RCS frente a los obturados mediante condensación vertical y AHPlus.
- Comparar el estado de salud periapical tras realizar tratamientos de conductos en dientes sin endodoncia previa y en retratamientos de conductos independientemente de la técnica de obturación utilizada

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En los últimos años se han comenzado a utilizar los cementos biocerámicos para el tratamiento de conductos dentro del campo de la endodoncia, y más concretamente el cemento BioRoot RCS (Septodont), buscando no solo la obturación óptima del sistema de conductos, sino también buscando los beneficios que nos pueden dar estos cementos gracias a su capacidad bioactiva y por tanto capacidad regeneradora de los tejidos duros. Sin embargo, esto tiene que ser validado científicamente, ya que hoy en día son pocos los estudios clínicos que lo demuestren. Por ello la hipótesis de trabajo utilizada es que si realmente, estos materiales demuestran esta capacidad mineralizadora, se podría conseguir un mayor porcentaje de curación en los tratamientos realizados.

A partir de los objetivos planteados se propone la siguiente hipótesis nula:

No existirán diferencias significativas en términos de curación periapical independientemente de la técnica de obturación utilizada, ya sea mediante condensación hidráulica con cemento Bioroot RCS o con condensación vertical con gutapercha y AH Plus, tras un año de tratamiento.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron todos los tratamientos y retratamientos de conductos realizados durante el año 2017 en una clínica dental de dedicación preferente a la endodoncia y se seleccionaron aquellos casos que tuvieran lesiones radiolúcidas periapicales previas al tratamiento de conductos que fueran claramente identificables y que además contaran con controles de al menos un año posterior al tratamiento.

Los pacientes incluidos en la muestra cumplieron los siguientes criterios de inclusión:

- Pacientes mayores de 18 años
- Pacientes que contaban con tratamiento o retratamiento de conductos en algún diente
- Existencia de radiografías preoperatorias, postoperatorias y control a un mínimo de 12 meses

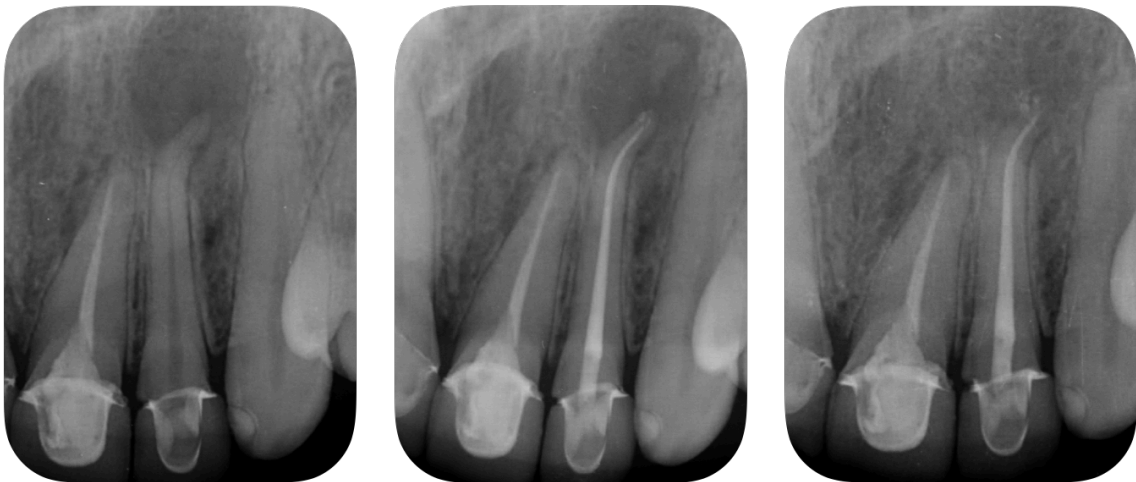
Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Pacientes con enfermedad periodontal
- Pacientes con enfermedades inmunes
- Dientes que sufrieron algún tipo de accidente o complicación durante el tratamiento (perforaciones, falsas vías, imposibilidad de permeabilizar algún conducto radicular...)
- Dientes que precisaron de cirugía periapical durante el tratamiento
- Dientes con alteraciones anatómicas (ápices abiertos, reabsorciones, fisuras, conductos calcificados...)

Todos los tratamientos fueron realizados por el mismo operador y en todos se empleó una de las dos técnicas de obturación analizadas: técnica de condensación vertical de gutapercha y cemento de resina AH Plus (Dentsply) o bien técnica hidráulica con el cemento biocerámico de reciente aparición BioRoot RCS (Septodont).

Se recogieron en una tabla Excel los datos clínicos de todos los casos que cumplían los criterios de inclusión y exclusión, incluyendo: edad, sexo, si presentaban o no dolor preoperatorio, diente tratado, técnica de obturación y cemento sellador utilizado, si era tratamiento inicial o retratamiento de conductos y tipo de restauración posterior.

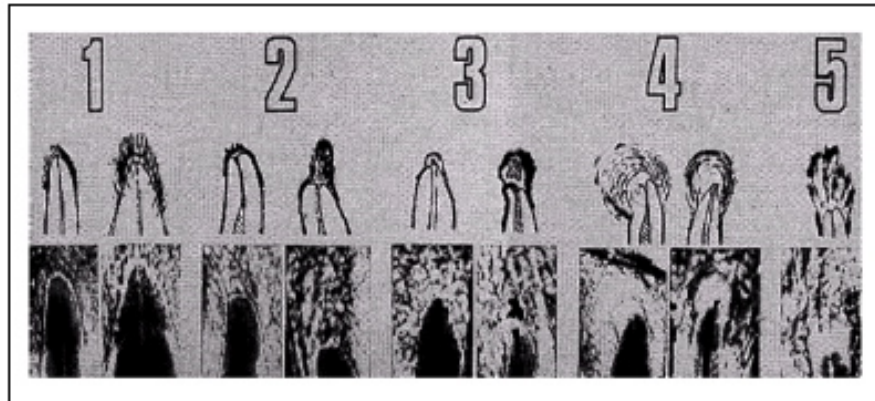
Por otro lado, se recogieron las radiografías preoperatoria, postoperatoria y de control mínimo de 12 meses. Estas radiografías fueron a su vez montadas en orden aleatorio en una presentación de Keynote para su posterior evaluación.



Dos evaluadores calibrados y ciegos a la técnica de obturación empleada, evaluaron los siguientes parámetros:

- Evaluación del estado periapical en cada radiografía: para ello se utilizó el índice PAI, descrito por Ørstavik y basado en el estudio de correlación radiológica histológica de Brynolf (40). En este índice se asigna una calificación numérica del 1 al 5 correspondiendo a:
 1. Estructuras periapicales normales
 2. Leves cambios en la estructura ósea

3. Leves cambios en la estructura ósea y alguna pérdida mineral
4. Periodontitis apical con radiolucidez bien definida
5. Periodontitis apical severa con signos de exacerbación



- Nivel de curación: se valoró la evolución de cada caso en el tiempo, decidiéndose si había curación completa, evolución favorable, evolución dudosa o fracaso. Para ello por un lado se decidía si existía cambio en la presencia de imagen radiolúcida (sí o no) y en el índice periapical entre las lesiones iniciales y de revisión después de 12 meses.

Tras la evaluación independiente de los dos examinadores calibrados, se llegó a un consenso en los caso de desacuerdo para el posterior análisis de los datos.

Análisis estadístico:

Las variables estudiadas fueron:

- Variables independientes:

- Variable independiente principal: técnica de obturación de conductos
 - Grupo experimental: Condensación hidráulica con cemento BioRoot RCS
 - Grupo control: Condensación vertical con cemento AH Plus
- Variables independientes secundarias:
 - Relativas al paciente: Edad, sexo y dolor preoperatorio
 - Relativas al diente tratado: Arcada, grupo dentario (incisivo-canino, premolar o molar), tipo de restauración, tipo de tratamiento (inicial o retratamiento)
- Variable dependiente:
 - Salud periapical:
 - Cambio en la presencia de imagen radiolúcida (sí o no)
 - Cambio en el índice periapical: resolución radiográfica en los casos en que hubiera lesión preperiapical previa (sí, no o dudoso)

Los datos fueron recogidos en una Hoja de Datos de Excel 16 Mac, para su posterior exportación al programa SPSS.

En primer lugar, se calculó el coeficiente de Kappa (K) para determinar el nivel de acuerdo entre evaluadores.

Los datos consensuados en cuanto a salud periapical se analizaron análisis multivariante (regresión logística) para así poder controlar las variables de confusión. Se calculó también la odds ratio y su intervalo de confianza al 95% para las variables significativas).

5. RESULTADOS

Un total de 74 tratamientos o retratamientos de conductos realizados en dientes con lesión periapical cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. De ellos, 38 habían sido obturados mediante condensación vertical y cemento sellador AH Plus y 36 con técnica hidráulica y cemento sellador BioRoot.

La tabla 1 muestra el porcentaje de casos con los distintos niveles de curación periapical en función de las técnicas de obturación empleadas.

El nivel de concordancia entre ambos evaluadores fue muy alto ($K=0.89$).

El análisis de regresión logística mostró que no había diferencias estadísticamente significativas en la resolución de la lesión en dientes obturados con una técnica de obturación u otra. El único factor que influyó significativamente en la recuperación de la salud periapical fue el hecho de que se tratara de un tratamiento de conductos inicial o de un retratamiento. Aquellos casos en que el tratamiento fue inicial el nivel de curación fue significativamente más alto ($p<0,05$) con una OR= 9,6 (IC 95% 1,1-86,8).

	Curación		No curación	
	Endo	Reendo	Endo	Reendo
AH Plus	23 (100%)	12 (80%)	0 0%	3 (20%)
BioRoot	21 (95,5%)	12 (85,7%)	1 (4,5%)	2 (14,3%)
TOTALES	44 (97,8%)	24 (82,7%)	1 (2,2%)	5 (17,2%)

Tabla 1

6.DISCUSIÓN

Dividiremos este apartado en dos. Primero procederemos a la discusión del método empleado y posteriormente a la discusión de los resultados.

6.1 Discusión de la METODOLOGÍA UTILIZADA

Desde que empezaron a emplearse los biocerámicos como cementos selladores en el campo de la endodoncia hace relativamente poco, la mayoría de los estudios publicados al respecto son in vitro (9-12,27-39). Sin embargo, las ventajas del empleo de estos materiales deben confirmarse también en estudios clínicos, motivo por el que se diseñó el presente estudio retrospectivo.

Una de las limitaciones de este trabajo, es precisamente, el tipo de estudio realizado, ya que a pesar de que presenta ventajas como el menor periodo de tiempo para su realización, ya que parte de datos que ya están recogidos resultando en una recopilación de información mas fácil y rápida; presenta desventajas, la principal, es el sesgo inherente a todos los estudios observacionales. (41) Además otra de los inconvenientes que presenta, es la falta de datos, ya que muchos de los dientes tuvieron que ser excluidos del presente estudio por carecer de información pre, intra o postoperatoria.

A pesar de esto, dichas investigaciones se siguen utilizando con frecuencia, ya que sirven como base para futuros estudios de mayor evidencia. (42)

Al no encontrarse datos en la literatura científica y al disponer de controles radiográficos de tratamientos realizados mediante técnica hidráulica con el cemento BioRoot RCS y realizados mediante condensación vertical y cemento de resina AHPlus , previos al planteamiento de este estudio, se decide diseñar y realizar el presente estudio

retrospectivo como base para el cálculo del tamaño muestral, para un futuro ensayo clínico aleatorizado y controlado.

Los ensayos clínicos publicados hasta el momento en la literatura científica que analizan el comportamiento de los cementos biocerámicos presentes en el mercado, son escasos, (41,43.), y únicamente podemos encontrar estudios retrospectivos, con poco tiempo de evolución donde se evalúa la tasa de éxito de estos cementos sin compararlos con otros cementos convencionales.

Este estudio fue realizado con radiografías de control a un mínimo de 12 meses, sin embargo, lo ideal sería realizar estudios con mayor tiempo de evolución. En un estudio retrospectivo realizado por Pirani y cols. en que utilizaban el cemento biocerámico Endosequence BC, se evaluaba la tasa de éxito de los tratamientos realizados con este sellador y técnica de cono único con un control también mínimo de 12 meses y encontraron una tasa de éxito del 90,9%. (41), pero se trata de uno de los pocos artículos que podemos encontrar en la literatura a este respecto. Además, en este estudio no se compara este tipo de tratamiento con ningún otro, simplemente informa de la tasa de éxito del procedimiento empleado. El motivo por el que no se han publicado más estudios y los que hay presentan tiempos de evolución tan cortos es que aunque se materiales que podrían cambiar el concepto actual de obturación de conductos, estos son aún de reciente aparición.

Para la valoración del estado periapical se utilizaron radiografías periapicales, que son muy utilizadas dentro de este tratamiento tanto para el diagnóstico, como para el tratamiento y seguimiento del mismo. A pesar de esto, en estudios previos se ha demostrado que en comparación con la tomografía computerizada de haz cónico (CBCT) la radiografía periapical va a proporcionar un juicio radiográfico sobreestimado, ya que mediante el escáner vamos a obtener también la extensión bucolingual de la lesión y no se va a ver afectado por superposiciones. (44,45). Sin embargo, a pesar de que el CBCT va a proporcionar una imagen más fiable, un estudio con CBCT no se justifica tanto por

aspectos económicos, como por un tema más importante de seguridad del paciente, ya que la dosis de radiación que recibe el paciente, ya que la radiación que recibiría equivale a una serie periapical de boca completa. (46)

Además mediante la toma de imágenes con CBCT estamos sometiendo al paciente a radiación ionizante, por lo que tenemos que tener en cuenta el principio de ALARA («As Low As Reasonably Achievable»). Es por esto que diversas asociaciones han dado una serie de pautas para la utilización del CBCT en endodoncia, una de ellas es la European Society of Endodontology (ESE), que además de dar una serie de situaciones donde el uso del CBCT estaría justificado en tratamientos y retratamientos de conductos, especifica que es necesaria una limitación del campo de adquisición (FOV- Field of view) en función de la patología y región anatómica a estudiar, lo que nos proporcionaría no solo una menor radiación al paciente, también una mejor resolución. (47)

El método elegido para la evaluación del estado periapical es el Índice Periapical (PAI) desarrollado por Ørstavik. Son pocos los métodos de medición descritos en la literatura científica para la evaluación de radiografías periapicales. Podemos encontrar además del PAI, otros dos índices, el Strindberg y el de probabilidad. En un estudio publicado en el año 2015 (48) que comparaba estos 3 índices se vio que el PAI ofrecía mejores valores de Kappa, por lo que resultaba un método más fiable. Sin embargo estos resultados están sujetos a variaciones intra e interobservador, que son imposibles de eliminar, pero se deben tomar medidas para minimizarlas lo máximo posible y así aumentar la fiabilidad de este tipo de estudios, ya sea mediante calibración de los observadores, realización de radiografías con técnica de paralelización, o realizando radiografías de la máxima calidad posible. Para el presente estudio, las mediciones fueron realizadas por dos examinadores, en caso de desacuerdo se llegó a consenso y se calculó el índice Kappa para reducir estos sesgos lo máximo posible.

Por último, una limitación importante de este tipo de estudios, es que al tratarse de un estudio *in vivo*, no es posible estandarizar al 100% la muestra y pueden existir características personales de cada individuo pueden influir. Por este motivo, por un lado

se intentaron establecer criterios de inclusión y exclusión rigurosos; y por otro, se intentaron registrar variables relativas al paciente y a los dientes tratados y se realizó un análisis multivariante para intentar controlar variables confundidoras.

6.2 Discusión de los RESULTADOS

El uso de los materiales biocerámicos como cementos selladores en endodoncia ha demostrado buenos resultados *in vitro*; sin embargo, es importante realizar estudios clínicos a largo plazo.

Por ello se realiza este estudio retrospectivo, para evaluar la eficacia de estos cementos en la práctica clínica en comparación con técnicas más clásicas avaladas. Fueron utilizados dos cementos, el AH Plus un cemento de resina epóxica que ha sido bastante estudiado y el Bioroot RCS, un cemento recientemente comercializado cuya composición es principalmente a base de silicato tricálcico. A pesar de no encontrarse en la bibliografía estudios sobre pacientes que comparen el éxito clínico de estos dos cementos, sí que existen estudios que comparan sus propiedades, composición y manejo clínico.

En un estudio realizado por Vipiana y colaboradores realizado sobre premolares mandibulares, se comparaba la porosidad y capacidad de sellado entre el AH Plus y el Bioroot RCS, se observó que el cemento biocerámico presentaba un mayor porcentaje de poros; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la capacidad de sellado. Además, se pudo observar una banda de fluorescencia en las zonas donde el Bioroot había penetrado en los tubulos dentinarios, la denominada zona de infiltración mineral, lo que demostraría la capacidad bioactiva de este cemento. Esto en la práctica clínica podría traducirse en un mayor porcentaje de curación periapical, sin embargo en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en términos de curación apical cuando se utilizó una técnica otra y en presencia de los dos diferentes materiales.(49)

En otro estudio similar en el que también se comparaban ambos cementos, tampoco hubo diferencias significativas en cuanto a capacidad de sellado; sin embargo, sí que se demostró que el Bioroot producía una mayor liberación de hidróxido de calcio, que se intensificaba a los 28 días, esto dotaría a este cemento tanto de capacidad bioactiva, como antimicrobiana. (32). Estos resultados estarían en concordancia con otro trabajo publicado por Siboni que compara Bioroot, con un cemento de eugenol (Pulp Canal Sealer), el MTA Fillapex y el AH Plus, donde también hubo una liberación de iones de calcio mayor y más prolongada en comparación con los otros materiales estudiados. Además, se observó una zona de infiltración mineral tanto para Bioroot como para MTA Fillapex.

En estudios realizados sobre células de ratones o sobre células del ligamento periodontal, se ha visto que el cemento estudiado en el presente estudio no solo es menos citotóxico que el AH Plus y otros cementos a base de zinc eugenol, también promueve la liberación de células con potencial osteogénico, angiogénico y factores de crecimiento. (37,39)

Estos estudios demostrarían que este cemento tiene buenas propiedades *in vitro*; sin embargo en el presente estudio no se han encontrado diferencias significativas entre ambos materiales. Esto podría ser debido al pequeño tamaño muestral, o a la necesidad de un mayor tiempo de seguimiento para demostrar esta capacidad de mineralización por parte de los cementos biocerámicos a pesar de que en los estudios anteriores ya se puede observar la zona de infiltración mineral a tan solo 28 días. (32.)Igualmente, en el estudio clínico realizado por Pirani, la tasa de éxito que se encontró al utilizar cemento sellador bioactivo es similar a la de estudios previos que han utilizado técnicas de obturación convencionales (50).

Quizás un mayor tiempo de seguimiento pueda poner de manifiesto la supremacía de una técnica respecto a la otra; sin embargo, no siempre hay una traslación de los buenos resultados encontrados *in vitro* a la clínica. No sería la primera vez que se proponen técnicas de obturación de conductos diferentes al empleo de gutapercha y su condensación ya sea lateral o vertical con cementos selladores clásicos y que el tiempo

demuestra que no solo no mejoran el éxito de la endodoncia; sino que con el tiempo la tasa de éxito es menor. Este fenómeno tiene su máximo representante en Resilón; material que surgió en el 2004 y que se presentaba como una alternativa prometedora al uso de gutapercha, esto fue avalado por los estudios *in vitro* (51-54), lo que hizo que estuviera presente en la práctica clínica durante más de una década; sin embargo los estudios in vivo a largo plazo han demostrado una tasa de éxito 5 veces menor que las técnicas clásicas de obturación. (54-57)

Por otro lado, en el estudio actual sí se encontraron diferencias significativas en términos de curación periapical, entre aquellos dientes sometidos a un tratamiento de conductos inicial o a un retratamiento, dándose un nivel de curación significativamente mal alto en los casos de tratamiento inicial. Esta diferencia coincide con dos metaanálisis publicados en que se estudia la tasa de éxito para los retratamientos no quirúrgicos varía en un rango de 62%-86%, donde el amplio rango de variación podría ser atribuido a las características del paciente y población, la habilidad del operador, el protocolo de tratamiento seguido, los criterios de evaluación seguidos y el diagnóstico periapical previo (58,59).

En un estudio más reciente, publicado por Jianing He, realizado sobre primeros molares, también se evaluó la tasa de éxito para este tratamiento, dándose un porcentaje superior de curación, concretamente del 90,4%; sin embargo, seguían encontrándose diferencias significativas entre los dientes sometidos a tratamiento inicial o retratamiento, presentando mejor supervivencia aquellos sometidos a tratamiento inicial. (60)

En los estudios de Toronto se encontró una tasa de éxito del 86% en el caso de tratamientos iniciales a los 6 años (61), mientras que en un estudio más reciente fue del 89,1% (58). Esta diferencia a lo largo de los años podría ser debida a la introducción de materiales dentro de este campo y el mayor conocimiento tanto de la anatomía, como de la microbiología y técnicas empleadas en esta materia gracias a la literatura disponible; diferencia que podría aumentar aun más gracias a los nuevos avances, como por ejemplo el empleo de la magnificación en Endodoncia. Sin embargo, en estos dos estudios no se

encontraron diferencias significativas entre los dientes sometidos a tratamiento o retratamiento, lo que no estaría en concordancia con el presente estudio. Estas diferencias podrían ser debidas a que mientras en este trabajo se considera el diente como unidad de medida, en estas dos publicaciones se consideraba la raíz.

Sin embargo la introducción de mejoras, como la utilización de microscopio que nos va a permitir localizar conductos que antes no estaban obturados, tener una mejor visualización del conducto, así como eliminar materiales rotos durante el tratamiento, el CBCT que nos va a ayudar a determinar cual es la raíz que sufre el problema y conocer mejor la causa del fracaso y el uso de ultrasonidos, para conseguir una mejor remoción de la gutapercha, deberían ayudar a que el porcentaje de éxito en los retratamientos de conductos fuera aumentando. (60)

7. CONCLUSIONES

Considerando las limitaciones del presente estudio, podemos concluir que:

1. Los dientes tratados mediante técnica hidráulica con el cemento BioRoot RCS obtienen resultados similares a los tratados mediante condensación vertical en caliente y AH Plus en términos de curación periapical después de un año en dientes diagnosticados de periodontitis apical crónica.
2. Los dientes tratados con un tratamiento de conductos inicial mostraron un porcentaje mayor de curación frente a aquellos en los que se realizó un retratamiento, independientemente del cemento sellador y técnica de obturación utilizada.
3. Son necesarios ensayos clínicos aleatorizados y controlados, con un mayor periodo de seguimiento y tamaño muestral que estudien la capacidad bioactiva de los cementos biocerámicos frente a aquellos que no presentan capacidad mineralizadora.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Song, M., Park, M., Lee, C. and Kim, E. (2014). Periapical Status Related to the Quality of Coronal Restorations and Root Fillings in a Korean Population. *Journal of Endodontics*, 40(2), pp.182-186.
2. Zhou, H., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. and Haapasalo, M. (2013). Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 39(10), pp.1281-1286.
3. Hargreaves K, Berman L. Cohen. Vías de la pulpa. Barcelona: Elsevier; 2016.
4. Troiano G., Perrone D, Dioguardi M, Buonavoglia A, Ardito F, Lo Muzio L. In vitro evaluation of the cytotoxic activity of three epoxy resin-based endodontic sealers. *Dental Materials* 2018; 37(3):374-378
5. Grossman L, Oliet S, Rio C. Endodontic practice. Philadelphia: Lea & Febiger; 1988.
6. Canalda Sahli C, Brau Agudé E. Endodoncia. Barcelona: Masson; 2014.
7. Gatewood R. Endodontic Materials. *Dental Clinics of North America*. 2007;51(3):695-712.
8. Zarei M, Javidi M, Jafari M, Gharechahi M, Javidi P, Shayani Rad M, et al. Tooth discoloration resulting from a Nano zinc oxide-eugenol sealer. *Iran Endod J*. 2017;12:74–7.
9. Bayram E, Dalat D, Bayram M. Solubility Evaluation of Different Root Canal Sealing Materials. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2015;16:96-100.
10. Singh G, Gupta I, Elshamy F, Boreak N, Homeida H. In vitro comparison of antibacterial properties of bioceramic-based sealer, resin-based sealer and zinc oxide eugenol based sealer and two mineral trioxide aggregates. *European Journal of Dentistry*. 2016;10(3):366.
11. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan A, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *Journal of Applied Oral Science*. 2018;26(0).
12. Lucenmartin C, Ferreluque C, Gonzalez Rodriguez M, Robles Gijon V, Navajas Rodriguez Mondelo J. A Comparative Study of Apical Leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal Sealer Cements. *Journal of Endodontics*. 2002;28(6):423-426.
13. Mohammadi Z, Karim Soltani M, Shalavi S, Yazdizadeh M, Jafarzadeh M. Calcium hydroxide-based root canal sealers: an updated literature review. *Compend Contin Educ Dent* 2014; 35: 334-339; quiz 40
14. Dos Reis A, Vilela Teixeira A, Vidal C, de Castro D, da Costa Valente M, Oliveira-Santos C et al. Effect of incorporation of a new antimicrobial

- nanomaterial on the physical-chemical properties of endodontic sealers. *Journal of Conservative Dentistry*. 2017;20(6):392.
15. Viapiana R, Baluci CA, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *Int Endod J* 2015;48:16-27
 16. Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha J. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *International Endodontic Journal*. 2008;41(3):219-226.
 17. Vertuan G, Duarte M, Moraes I, Piazza B, Vasconcelos B, Alcalde M et al. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*. 2018;44(3):501-505.
 18. SEVIMAY S, KALAYCI A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005;32(2):105-110.
 19. Collado-González M, Tomás-Catalá C, Oñate-Sánchez R, Moraleda J, Rodríguez-Lozano F. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Journal of Endodontics*. 2017;43(5):816-822.
 20. Karapınar-Kazandağ M, Bayrak Ö, Yalvaç M, Ersev H, Tanalp J, Şahin F et al. Cytotoxicity of 5 endodontic sealers on L929 cell line and human dental pulp cells. *International Endodontic Journal*. 2011;44(7):626-634.
 21. Tanomaru-Filho, M.; Jorge, E.G.; Guerreiro-Tanomaru, J.M.; Gonçalves, M.: Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *J. Endod.* (2007); 33: 249
 22. Wu M, van der Sluis L, Wesselink P. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2006;101(5):662-667.
 23. Dawood A, Parashos P, Wong R, Reynolds E, Manton D. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*. 2015;8(2):e12195.
 24. AL-Haddad A, Che Ab Aziz Z. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*. 2016;2016:1-10.
 25. Haapasalo M, Parhar M, Huang X, Wei X, Lin J, Shen Y. Clinical use of bioceramic materials. *Endodontic Topics*. 2015;32(1):97-117.
 26. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*. 1999;25(3):197-205.

27. Chiang T, Ding S. Comparative Physicochemical and Biocompatible Properties of Radiopaque Dicalcium Silicate Cement and Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics*. 2010;36(10):1683-1687.
28. Attik G, Villat C, Hallay F, Pradelle-Plasse N, Bonnet H, Moreau K et al. In vitro biocompatibility of a dentine substitute cement on human MG63 osteoblasts cells: Biodentine™ versus MTA®. *International Endodontic Journal*. 2014;47(12):1133-1141.
29. Silva Almeida L, Moraes R, Morgental R, Pappen F. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. *Journal of Endodontics*. 2017;43(4):527-535.
30. Chybowski E, Glickman G, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *Journal of Endodontics*. 2018;44(6):941-945.
31. Candeiro G, Moura-Netto C, D'Almeida-Couto R, Azambuja-Júnior N, Marques M, Cai S et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *International Endodontic Journal*. 2015;49(9):858-864.
32. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. *Journal of Endodontics*. 2016;42(10):1529-1535.
33. Candeiro G, Correia F, Duarte M, Ribeiro-Siqueira D, Gavini G. Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*. 2012;38(6):842-845.
34. Reszka P, Nowicka A, Lipski M, Dura W, Drożdżik A, Woźniak K. A Comparative Chemical Study of Calcium Silicate-Containing and Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers. *BioMed Research International*. 2016;2016:1-8.
35. Simon S, Flouriot AC. BioRoot™ RCS a new biomaterial for root canal filling. *J Case Studies Collection* 2016
36. Camps, J., Jeanneau, C., El Ayachi, I., Laurent, P. and About, I. (2015). Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. *Journal of Endodontics*, 41(9), pp.1469-1473.
37. Dimitrova-Nakov, S., Uzunoglu, E., Ardila-Osorio, H., Baudry, A., Richard, G., Kellermann, O. and Goldberg, M. (2015). In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dental Materials*, 31(11), pp.1290-1297.
38. Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi M. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and

- polycarboxylate. *International Endodontic Journal*. 2017;50:e120-e136.
39. Eldeniz A, Shehata M, Högg C, Reichl F. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *International Endodontic Journal*. 2015;49(12):1141-1151.
 40. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen H. The periapical index: A scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Dental Traumatology*. 1986;2(1):20-34.
 41. Chybowski E, Glickman G, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *Journal of Endodontics*. 2018;44(6):941-945.
 42. Pirani C, Zamparini F, Peters O, Iacono F, Gatto M, Generali L et al. The fate of root canals obturated with Thermafil: 10-year data for patients treated in a master's program. *Clinical Oral Investigations*. 2018;.
 43. Pirani C, Friedman S, Gatto M, Iacono F, Tinarelli V, Gandolfi M et al. Survival and periapical health after root canal treatment with carrier-based root fillings: five-year retrospective assessment. *International Endodontic Journal*. 2017;51:e178-e188.
 44. Christiansen R, Kirkevang L, Gotfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2009;38(8):531-536.
 45. Von Arx T, Janner S, Hänni S, Bornstein M. Agreement between 2D and 3D radiographic outcome assessment one year after periapical surgery. *International Endodontic Journal*. 2015;49(10):915-925.
 46. Von Arx T, Janner S, Hänni S, Bornstein M. Evaluation of New Cone-beam Computed Tomographic Criteria for Radiographic Healing Evaluation after Apical Surgery: Assessment of Repeatability and Reproducibility. *Journal of Endodontics*. 2016;42(2):236-242.
 47. Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P et al. European Society of Endodontology position statement: The use of CBCT in Endodontics. *International Endodontic Journal*. 2014;47(6):502-504.
 48. Tarcin B, Gumru B, Iriboz E, Turkeydin D, Ovecoglu H. Radiologic Assessment of Periapical Health: Comparison of 3 Different Index Systems. *Journal of Endodontics*. 2015;41(11):1834-1838.
 49. Viapiana R, Moinzadeh A, Camilleri L, Wesselink P, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods.

- International Endodontic Journal. 2015;49(8):774-782.
50. Pirani C, Friedman S, Gatto M, Iacono F, Tinarelli V, Gandolfi M et al. Survival and periapical health after root canal treatment with carrier-based root fillings: five-year retrospective assessment. *International Endodontic Journal*. 2017;51:e178-e188.
 51. Wedding J, Brown C, Legan J, Moore B, Vail M. An In Vitro Comparison of Microleakage between Resilon and Gutta-Percha with a Fluid Filtration Model. *Journal of Endodontics*. 2007;33(12):1447-1449.
 52. Sippher G, Orstavik D, Teixeira F, Trope M. An Evaluation of Microbial Leakage in Roots Filled with a Thermoplastic Synthetic Polymer-Based Root Canal Filling Material (Resilon). *Journal of Endodontics*. 2004;30(5):342-347.
 53. Belli S, Eraslan O, Eskitascioglu G, Karbhari V. Monoblocks in root canals: a finite elemental stress analysis study. *International Endodontic Journal*. 2011;44(9):817-826.
 54. Teixeira F, Teixeira E, Thompson J, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *The Journal of the American Dental Association*. 2004;135(5):646-652.
 55. Barborika B, Woodmansey K, Glickman G, Schneiderman E, He J. Long-term Clinical Outcome of Teeth Obturated with Resilon. *Journal of Endodontics*. 2017;43(4):556-560.
 56. Strange K, Tawil P, Phillips C, Walia H, Fouad A. Long-term Outcomes of Endodontic Treatment Performed with Resilon/Epiphany. *Journal of Endodontics*. 2019;45(5):507-512.
 57. Velugu G, Karunakar P, Ranga Reddy M. Comparative evaluation of fracture resistance of teeth obturated using three different systems – AH plus/Gutta-percha, Resilon/Realseal self-etch, and Endofill/Gutta-percha: An in vitro study. *Journal of Oral Research and Review*. 2016;8(1):1.
 58. Ng Y, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *International Endodontic Journal*. 2011;44(7):583-609.
 59. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*. 2009;35(7):930-937.
 60. He J, White R, White C, Schweitzer J, Woodmansey K. Clinical and Patient-centered Outcomes of Nonsurgical Root Canal Retreatment in First Molars Using Contemporary Techniques. *Journal of Endodontics*. 2017;43(2):231-237.

61. De Chevigny C, Dao T, Basrani B, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S et al. Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study—Phase 4: Initial Treatment. *Journal of Endodontics*. 2008;34(3):258-263.