

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2022-23

Estudio comparativo de las propiedades bio-físicas entre los cementos a base de óxido de zinc- eugenol y los nuevos biocerámicos como material de obturación a retro en la cirugía periapical

-

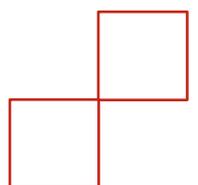
Una Revisión sistemática

Presentado por: Lana Wael Deeb

Tutor: Pedro Mico Muñoz, DDS

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia

universidadeuropea.com



AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi tutor, Dr. Pedro Mico Muñoz. Así pues, antes de comenzar con el próximo capítulo de mi vida, tengo que agradecerle por ser un tutor excepcional, como por su gran ayuda y apoyo para conseguir este trabajo. Su orientación y apoyo han sido fundamentales para ayudarme a alcanzar mis metas académicos. Muchas gracias.

A la Dra. Patricia Guillem Saiz, gracias por su dedicación a la materia y su voluntad de ir más allá para sus estudiantes. Gracias por ser una profesora increíble y tan inspiradora.

And most importantly I want to thank my family and friends.

Til min kjære mor, far og søsken, som har støttet meg gjennom hele denne reisen. Setter stor pris på alt dere gjør for meg med så mye omsorg og kjærlighet.

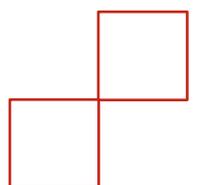
Takk til mine kjære besteforeldre, mine tanter og kjære onkler.

Takk til min kjære forlovede Ahmed, ingen ord er nok til å takke deg for alt du bringer inn i mitt liv.

Takk for all den uendelige støtten og kjærligheten

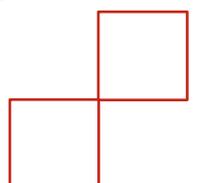
Gracias a todos

Lana



índex

1.	LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLA.....	1
2.	RESUMEN.....	2
3.	ABSTRACT	4
4.	PALABRAS CLAVE.....	6
5.	INTRODUCCIÓN	7
5.1	LA PRACTICA & LA CIRUGÍA ENDODÓNTICA	8
5.1.1	Estado actual de la práctica y cirugía endodóntica	8
5.1.2	Definición	8
5.1.3	Cirugía endodóntica tradicional vs cirugía moderna	9
5.2	MICROCIRUGÍA ENDODÓNTICA: TÉCNICA	11
5.2.1	Historia médica, valoración clínica y radiográfica	11
5.2.2	Anestesia & hemostasia.....	12
5.2.3	Manejo de los tejidos blandos: diseño del colgajo, retracción y sutura	13
5.2.4	Osteotomía y resección apical de la raíz.....	14
5.2.5	Retro preparación	15
5.3	MATERIALES DE RETROBTURACIÓN	16
5.3.1	Materiales a base de óxido de zinc: IRM y Super-EBA.....	17
5.3.2	Bioceramicos: MTA y Biodentine.....	17
5.4	Técnicas de regeneración tisular guiada	19
5.5	Reposición del colgajo y Sutura	19
6	Justificación, hipótesis, objetivó.....	21
6.1	JUSTIFICACIÓN	22
6.2	HIPÓTESIS	23
6.3	OBJETIVOS	23
7	MATERIALES Y MÉTODOS	24
7.1	CRITERIO DE ELEGIBILIDAD	25
7.1.1	Protocolo e identificación de pregunta Pico.....	25
7.1.2	. Criterios de inclusión y exclusión.....	26
7.2	FUENTES DE INFORMACIÓN Y ESTRATEGIA DE LA BÚSQUEDA	27
7.2.1	Bases de datos	27
7.2.2	Construcción del Algoritmo de Búsqueda	27
7.3	PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS	30
7.4	EXTRACCIÓN DE LOS DATOS	30
7.5	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD	32
7.6	SÍNTESIS DE DATOS	32
8	RESULTADOS	33
8.1	SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS. Flow chart	34
8.2	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS REVISADOS	36
8.2.1	Estudios excluidos.....	36
8.2.2	Estudios Incluidos.....	38
8.3	EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA Y RIESGO DE SESGO	40
8.4	SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INDIVIDUALES	43
8.4.1	Capacidad de sellado	43
8.4.2	Biocompatibilidad	45
8.4.3	Solubilidad.....	46
9	DISCUSIÓN	49
9.1	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	50
9.2	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES	51
9.2.1	Capacidad de sellado	51
9.2.2	Biocompatibilidad	53
9.2.3	Solubilidad.....	55
9.3	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	56
10	CONCLUSIÓN	58
11.	BIBLIOGRAFÍA	60
12.	Anexos	71



1. LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLA

- **IRM:** Material de restauración intermedio
- **MTA:** Agregado de trióxido mineral
- **MeSH:** Medical Subject Heading
- **PICO:** Population/ Patient, Intervention, Comparison, Outcome
- **PRISMA:** Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta- Analysis

2. RESUMEN

Introducción: La cirugía periapical es un procedimiento que se lleva a cabo para eliminar los tejidos inflamatorios en forma de lesión periapical cuando su origen es pulpar y su tratamiento endodóntico primario, así como, su retratamiento no ha tenido éxito. La necesidad de tener un material de obturación del extremo radicular con características físicas, químicas y biológicas favorables es crucial para el éxito y el perfecto sellado apical en la cirugía periapical. Aunque MTA® es el material estándar de oro para obturaciones retrógradas, todavía se sigue utilizando materiales tradicionales. Se ha realizado una revisión sistemática para comparar la biocompatibilidad, solubilidad y capacidad de sellado de los nuevos cementos Biodentine® y MTA®, con los más antiguos IRM® y Super-EBA.

Materiales y Métodos: Se realizó una búsqueda electrónica durante el 22 de diciembre de 2023, en las bases de datos PubMed-MEDLINE, Scopus y Web of Science. Se incluyeron estudios comparativos in vitro que evaluaron la capacidad de sellado de biocompatibilidad y la solubilidad.

Resultados: Después de analizar inicialmente 212 estudios, se incluyeron 18. Con respecto a la biocompatibilidad, el estudio pareció evidenciar un mejor con Biodentine®, aunque otros estudios demostraron que tiene propiedades similares en comparación con MTA®. Según algunos autores, no se registraron diferencias significativas después de una semana en cuanto a la capacidad de sellado. De acuerdo con las organizaciones internacionales de estándares (ISO), Biodentine® demostró una solubilidad significativamente menor que MTA® e IRM® después de 10 días. El Super-EBA® fue el material que demostró las propiedades más bajas.

Conclusión: Biodentine demostró mayor biocompatibilidad y capacidad el sellado junto con MTA. Respecto al IRM y super-EBA, sus propiedades biofísicas siguen siendo aceptables como materiales “a retro”, aun cuando han sido poco estudiados en los últimos años.

3. ABSTRACT

Introduction: Periapical surgery is a procedure that is carried out to eliminate inflammatory tissues in the form of a periapical lesion when its origin is pulpal and its primary endodontic treatment, as well as its retreatment, has not been successful. The need to have a root end filling material with favorable physical, chemical, and biological characteristics is crucial for success and perfect apical sealing in periapical surgery. Although MTA® is the gold standard material for retrograde fillings, traditional materials are still used. A systematic review has been carried out to compare the biocompatibility, solubility and sealing capacity of the new Biodentine® and MTA® cements with the older IRM® and Super-EBA.

Materials and Methods: An electronic search was conducted on December 22, 2023, in the PubMed-MEDLINE, Scopus, and Web of Science databases. Comparative in vitro studies evaluating biocompatibility sealing ability and solubility were included.

Results: After initially analyzing 212 studies, 18 were included. Regarding biocompatibility, the study seemed to show a better biocompatibility with Biodentine®, although other studies showed that it has similar properties compared to MTA®. According to some authors, there were no significant differences after one week in terms of sealing capacity. According to international standards organizations (ISO), Biodentine® demonstrated significantly lower solubility than MTA® and IRM® after 10 days. Super-EBA® was the material that demonstrated the lowest properties.

Conclusion: Biodentine demonstrated greater biocompatibility and sealing capacity together with MTA. Regarding IRM and super-EBA, their biophysical properties continue to be acceptable as "retrograde» filling materials, even though they have been little studied in recent years.

4. PALABRAS CLAVE

- I. Bioceramics
- II. Biocompatibility
- III. IRM
- IV. Periapical surgery
- V. Retrograde obturation
- VI. Sealing ability
- VII. Super-EBA
- VIII. Solubility

5. INTRODUCCIÓN

5.1 LA PRACTICA & LA CIRUGÍA ENDODÓNTICA

5.1.1 Estado actual de la práctica y cirugía endodóntica

Los avances tecnológicos cambian nuestra comprensión y el modo en el que tratamos a nuestros pacientes (1). Hoy en día los pacientes esperan y exigen que les conserven sus dientes y no que se les extraigan, lo que ha generado un incrementito en la demanda de endodoncias. La disciplina de la especialidad de la Endodoncia ha progresado a través de muchos cambios en los últimos 20 años. El desarrollo de técnicas microscópicas ha introducido nuevos conocimientos con relación a la anatomía apical, técnica quirúrgica, así como la resección del ápice radicular. Todo ello va a contribuir a mejorar la respuesta del huésped y al propio éxito del tratamiento quirúrgico (2,3).

5.1.2 Definición

La cirugía endodóntica tiene una larga tradición como procedimiento dental. En finales del siglo XIX y principios del XX varios médicos introdujeron conceptos de cirugía apical. La intención era eliminar las porciones necróticas del ápice y extirpar los tejidos periapicales con procesos inflamatorios (3). Estos enfoques, sin embargo, no tuvieron en cuenta la presencia de infección interradicular (4). La resección del extremo de la raíz ganó más atención después de las publicaciones de Partsch (1896, 1898, 1899) y Faulhaber y Neumann (1912) (3). Después de estos primeros enfoques, ha habido muchos cambios e iteraciones en las técnicas quirúrgicas de endodoncia, con aceptación y éxito variables. Durante muchos años, se utilizaron fresas quirúrgicas para la osteotomía y la resección del extremo radicular, y la amalgama como material de obturación del extremo radicular (1,3). Históricamente, la endodoncia quirúrgica ha sido vista como un tratamiento de último recurso, principalmente debido a los malos resultados como resultado de las limitaciones en materiales y técnicas. (3,4)

Hoy en día la microcirugía se define como el procedimiento quirúrgico en espacios excepcionalmente pequeños mediante el uso de la microscopia (4). El concepto de microcirugía se inició a finales de 1950 y 1960 cuando se usó la microscopia por primera vez en neurocirugía y en oftalmología.

5.1.3 Cirugía endodóntica tradicional vs cirugía moderna

La cirugía endodóntica se puede dividir en cirugía endodóntica tradicional y cirugía endodóntica moderna, también llamada microcirugía endodóntica. Hay una inmensa diferencia entre la Cirugía Endodóntica tradicional y la Cirugía Micro-Endo. Las técnicas microquirúrgicas hicieron posibles y accesibles resultados antes inimaginables. Bajo control microscópico, las técnicas operatorias alcanzaron continuos cambios, permitiendo mejores estándares de precisión y calidad. (4,5). Las técnicas contemporáneas, los materiales modernos y una mejor visualización condujo a una mejora en las tasas de éxito, lo que convirtió a la microcirugía endodóntica en una opción de tratamiento valiosa para ciertos pacientes (6).

La microscopia ha existido desde hace muchas décadas, desarrollando pequeños instrumentos con el fin de poder trabajar a nivel microscópico. Los instrumentos estándares para la cirugía endodóntica son muy grandes para la microcirugía. Las puntas de ultrasonido, los atacadores, las pinzas, las curetas y los espejos se han sido reducido en tamaño con el fin de ajustarse a una osteotomía de menos de 5 mm para poder acceder a los conductos radiculares (2,3,6)

Se ha creado una 'Nueva Dimensión' trabajando en diferentes direcciones: Nuevo protocolo operativo, principios de regeneración guiada, manejo del seno maxilar en Endocirugía, límites de la terapia conservadora y los implantes como alternativa. Hoy en día la microcirugía endodóntica es una técnica mínimamente invasiva que produce menos dolor y edema posoperatorios y una cicatrización más rápida de las lesiones. Ofrece una tasa de éxito informada de hasta el 93,5 % a través de la reducción del tamaño de la lesión periapical en lugar de la curación completa, y una tasa de éxito de hasta el 70-80 % utilizando criterios estrictos, que la técnica cirugía apical tradicional, lo que la convierte en una opción de tratamiento viable en el manejo de la patología pulpo-periapical cuando el tratamiento endodóntico ortógrado no es posible o es inapropiado (5,6,7,8).

Estas altas tasas de éxito están íntimamente relacionadas con el entrenamiento avanzado en técnicas que han permitido a los dentistas superar las barreras históricas para el éxito observadas en la endodoncia quirúrgica tradicional. Con la nueva tecnología los tratamientos quirúrgicos endodónticos se pueden desarrollar de una forma más segura y precisa, además el campo visual quirúrgico es más fácil de ver (2,3,4). Una de las ventajas más importantes del uso del Microscopio es la evaluación de nuestra técnica quirúrgica. Se puede arrojar más luz sobre la racionalidad del tratamiento para realizar procedimientos de determinadas formas (5,6). Lo más importante es tener en cuenta las diferencias clave al considerar el diseño del colgajo, el armamento de acceso, el tamaño de la osteotomía, los instrumentos utilizados y los materiales de obturación “a retro” (7).

Hay una variedad de kits disponibles para la cirugía endodoncia moderna y típicamente consisten en versiones miniaturizadas de instrumentos quirúrgicos estándar, a menudo diseñados específicamente para trabajar con gran aumento con un microscopio operativo (4). Requiere instrumentos específicos de la siguiente manera: Hojas de bisturí microquirúrgicas: ofrecen precisión y corte bidireccional que mejora la eficiencia y la facilidad de uso. (5,6)

El mango de este bisturí es redondo, lo que permite un agarre similar al de un bolígrafo. El elevador de tejido: debe ser pequeño y puntiagudo. Micro explorador: ideal para sondear la placa cortical antes de la cirugía y sondear el extremo de la raíz y Micro curetas: para eliminar tejido blando de la cavidad y sacar las puntas de las raíces. El micro espejo: para inspección de la osteotomía, retro preparación y obturación. Estos pueden ser pequeños espejos reflectantes de superficie frontal o acero inoxidable. Y micro atacador: para compactar GP dentro del ápice y compactar el material de relleno. (6,7,8)

Sin embargo, en numerosos estudios publicados en los últimos años sobre la técnica moderna, los protocolos de tratamiento eran bastante variables; el aumento se obtuvo por medio de microscopio operativo dental, endoscopio o lupas, y el relleno del extremo de la raíz se realizó con agregado de trióxido mineral (MTA), Biodentine, Super-EBA o material de restauración intermedio (IRM).(4-7)

5.2 MICROCIRUGÍA ENDODÓNTICA: TÉCNICA

5.2.1 Historia médica, valoración clínica y radiográfica

Establecer el diagnóstico correcto es clave para determinar la estrategia de tratamiento primario más adecuado. La historia médica de un paciente es una parte vital de su historial dental y aumenta la conciencia del dentista sobre las enfermedades y los medicamentos que pueden interferir con el tratamiento dental del paciente. (1-7)

A menudo es posible determinar un diagnóstico diferencial preciso derivado de la historia antes incluso de examinar al paciente. El dolor pulpar, periodontal y periapical tienen rasgos descriptivos característicos. Aunque superficialmente estos pueden ser difíciles de diagnosticar, a menudo hay signos y síntomas que no se alinean con el dolor odontogénico. (2,5,6). Aunque no existen contraindicaciones médicas para el tratamiento de conducto y pocas contraindicaciones absolutas para la cirugía de endodoncia, se requiere un historial médico detallado ya que hay una serie de condiciones que pueden influir en el manejo del paciente como riesgo de sangrado, condiciones Oseas o incluso enfermedades cardiovasculares. ,5,6)

El examen extraoral identificará la presencia de hinchazones, o linfadenopatía dentro del cuello o la cara. Todos estos pueden respaldar el diagnóstico de enfermedad endodóntica persistente. El examen intraoral debe evaluar la higiene bucal y la oclusión del paciente. También se deben registrar los detalles de cualquier enfermedad periodontal, caries o pérdida de superficie dental. El examen radiográfico es crucial, las imágenes estándar requeridas antes del tratamiento de endodoncia quirúrgica son radiografías intraorales de película simple. (5-8)

Estas pueden proporcionar información detallada sobre el diagnóstico de lesiones periapicales y deben incluir dichas lesiones en la imagen radiográfica. Para estos tipos de lesiones es de máxima importancia utilizar la técnica preoperatoria paralela (6,7). Hoy en día utilizar la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es fundamental a la hora de realizar la planificación del tratamiento endodóntico quirúrgica. La CBCT proporciona una mejor evaluación de la relación de las lesiones con las estructuras anatómicas, como el seno maxilar y el nervio mentoniano etc.

Hay ocasiones en que el diagnóstico de una lesión apical no está claro a partir de la historia clínica y las investigaciones radiográficas. En tales casos, puede estar indicado un abordaje quirúrgico para obtener una muestra para análisis histopatológico. (6,7)

5.2.2 Anestesia & hemostasia

La anestesia sirve para dos propósitos: prevenir el dolor durante la cirugía y conseguir una hemostasis prequirúrgica en la zona (1). Una superficie radicular reseca debe examinarse con gran aumento para identificar los problemas que pueden haber llevado al fracaso del procedimiento de endodoncia anterior. La hemostasia proporcionada por un anestésico local se logra mediante la adición de un vasoconstrictor, idealmente 1:50 000 de epinefrina (3,5). Es el anestésico de elección, porque causa activación de los receptores de alfa presentes en los músculos de las arteriolas, submucosa y periodonto causando vasoconstricción. Su uso es solamente contraindicado a la hora de enfermedades cardiovasculares muy severas (2,6), ya que el nivel plasmático de epinefrina se eleva cuando se administra una dosis alta. La epinefrina se une a los receptores adrenérgicos ubicados en los músculos lisos vasculares (4,5).

A menudo, una combinación de un bloqueo nervioso infraorbitario o alveolar inferior, junto con una infiltración de solución en el sitio quirúrgico, proporcionará una buena anestesia y hemostasia. Dado que muchas lesiones se expanden hacia, o a través de las corticales palatinas/linguales, la anestesia suplementaria es esencial en estas áreas (7). Si bien la articaína no brinda ningún beneficio sobre la lidocaína cuando se usa para los bloqueos del nervio alveolar inferior, se ha demostrado que la articaína es superior a la lidocaína para proporcionar una anestesia exitosa mediante infiltraciones bucales, y una infiltración bucal de articaína actúa para mejorar la eficacia de un bloqueo del nervio alveolar inferior hecho con lidocaína. (3,6,7). El vasoconstrictor felipresina es utilizado como alternativa a la adrenalina en algunas soluciones; sin embargo, sus propiedades hemostáticas no superan a las de la adrenalina. Por esta razón, no debe considerarse anestésicos de elección. La bupivacaína es más duradera y sería un anestésico muy útil si estuviera fácilmente disponible. (3,6,7)

5.2.3 Manejo de los tejidos blandos: diseño del colgajo, retracción y sutura

El tejido gingival libre y adherido, la mucosa, los músculos, el ligamento periodontal y el periostio conforman los tejidos de la boca. Previamente al manejo de los tejidos blandos hay ciertas consideraciones clave o requisitos para colocar y planificar el colgajo de acceso para microcirugía endodóntica mínimamente invasiva como: la tamaño y ubicación de la lesión, línea de la sonrisa, biotipo, ancho de la encía adherida, profundidad del surco gingival y las márgenes de las restauraciones coronales protéticas existentes. (6,7,8)

La posición y el tamaño del colgajo deben planificarse para que sean mínimamente invasivos, pero deben tener el tamaño suficiente para que el médico tenga acceso completo y visualización del sitio quirúrgico para realizar la osteotomía, apicectomía, desinfección, desbridamiento de la cavidad a “retro”, retrobturación del ápice, así como, la colocación de membranas y materiales. (6,7). El colgajo debe despegarse usando periostotomos afilados, comenzando desde la incisión de descarga vertical en la unión de la submucosa y la encía adherida. El proceso de elevación debe incluir el periostio. Cuando se mantiene la integridad del periostio, proporciona una barrera contra las células del tejido conectivo, evitando la invasión de estas células en la cavidad ósea y, por lo tanto, el llenado incompleto del hueso (7,8).

Las lesiones más grandes requerirán un acceso más amplio y pueden ser necesarios los colgajos tradicionales de tres incisiones, incluidas las papilas. Los pacientes con un biotipo delgado pueden estar predispuestos a la recesión, lo que puede ser más preocupante para aquellos con una línea de sonrisa alta o restauraciones coronales protéticas preexistentes (6,7,8) Las incisiones submarginales y de la base de la papila deben usarse en tales pacientes si el tamaño y la ubicación de la lesión lo permiten. Los principios básicos siguen siendo esenciales y, si es posible es nunca separar la papila, realizar siempre incisiones por encima de hueso sano y no realizar incisiones de descarga sobre las eminencias óseas.

A lo largo de los años han introducido muchos diseños de colgajos para la cirugía endodóntica. La incisión semilunar fue el diseño de incisión más utilizado en los procedimientos quirúrgicos más antiguos, especialmente en el área maxilar anterior (2,5). Esta incisión ya no se usa, ya que no permite un acceso adecuado al sitio quirúrgico y se relaciona con inflamación prolongada y formación de cicatrices en la cicatrización de la herida. La microcirugía moderna está utilizando 2 colgajos: el colgajo con primera incisión vertical y la incisión en la base de la papila para la preservación de las papilas y el colgajo submarginal de Luebke-Ochsenbein. (2-8)

Es un diseño de colgajo estético especialmente para la zona maxilar anterior. Se realiza dentro del zona de la encía adherida y da como resultado una recesión casi nula de los márgenes de la encía y las papilas interdentes después de la operación (5). De ese modo, la exposición del margen de la corona y formación de “triángulos negros” en los dientes anteriores, así como retención de alimentos en los dientes posteriores se previene. En la técnica microquirúrgica, las incisiones verticales deben ser de 1,5 a 2 veces más largas. (2-8)

5.2.4 Osteotomía y resección apical de la raíz

En microcirugía, la osteotomía se vuelve cada vez más conservadora gracias a la mayor aumento e iluminación que ofrece el microscopio. La osteotomía implica la extracción de hueso cortical y esponjoso para obtener acceso directo al ápice/ápices (6,7). El sitio de la osteotomía debe mantenerse lo más pequeño posible mientras se permita la eliminación de los tejidos inflamatorios, la resección adecuada de la raíz, la inspección de la superficie de la raíz reseçada, la preparación de la cavidad del extremo de la raíz y el relleno de dicha cavidad. Algunos autores demostraron diferencias en la cicatrización de defectos óseos en la región anterior según el tamaño de la lesión (6,7,8).

En muchos casos puede haber una reabsorción ósea sobre el ápice de la raíz, lo que proporciona un acceso directo. Sin embargo, si este no es el caso, se debe preparar una ventana en el hueso para acceder al ápice. Esto se realiza tradicionalmente utilizando instrumental rotatorio rectos con una fresa de diamante (7,8). Las técnicas

modernas recomiendan el uso de instrumentos ultrasónicos piezoeléctricos o contra-ángulos que aumentan la velocidad, ya que permiten precisión y una mejor visualización. Primero se puede usar un microexplorador para ayudar a identificar el vértice y perforar la placa cortical (7,8). El diámetro de la osteotomía es de solo 3 a 4 mm, lo suficiente para permitir una punta ultrasónica de 3 mm y vibrar libremente dentro de la cavidad ósea (5-8). Las técnicas microquirúrgicas recomiendan osteotomías pequeñas, generalmente de 3, 4 y 5 mm, ya que cicatrizan más rápido (8).

Al cortar a través del hueso, se debe prestar especial atención a los posibles traumatismos infligidos en el tejido a través de fuerzas mecánicas y también a través de la generación de calor (5-7). Los tejidos pueden ser incluso más vulnerables a las lesiones tras la reducción del suministro de sangre debido a la naturaleza vasoconstrictora de la adrenalina en el anestésico local (2-3). El umbral para el daño irreversible al hueso es de 47 grados centígrados. El uso de agua o refrigerante salino aplicado directamente a la superficie de corte reducirá el aumento de temperatura y limitará o evitará daños permanentes (8).

5.2.5 Retro preparación

La preparación del extremo de la raíz tiene como objetivo eliminar material de obturación de gutapercha, irritantes, tejido necrótico, así como restos de los conductos apicales. Es muy importante preparar también el istmo en las raíces que lo requieran. La preparación ideal del extremo de la raíz es una cavidad de clase I de al menos 3 mm de profundidad (7,8). Los 3 mm de la retro-preparación incluirán el delta apical y la mayoría de los conductos laterales que son imposibles de desinfectar y pueden albergar tejidos contaminados con bacterias y necróticos. Se pueden eliminar más de 3 mm de la raíz si hay variaciones anatómicas, instrumentos fracturados o perforaciones (5,7,8).

Hay una resección mínima de la longitud radicular remanente para que sea estable. La literatura no presenta una opinión uniforme sobre cuánto de la raíz se debe resear. Sin embargo, existe consenso en que la resección hasta la base de la lesión, que se había defendido anteriormente se considera hoy en día innecesaria (7,8). Algunos autores demostraron que la punta de la raíz debe researse perpendicularmente al eje

longitudinal del diente, demostrando un bisel de cero grados. Esto permite un margen de cavo-superficie de 90 grados para el relleno del extremo de la raíz. No se recomienda biselar la punta ya que expone más túbulos de dentina, lo que permite la comunicación de cualquier microorganismo interradicular restante y nutrientes extrarradicular (1-6).

Una vez reseca la porción apical, hay que realizar la preparación de la cavidad. La preparación del extremo radicular como parte de la microcirugía endodóntica se lleva a cabo utilizando puntas ultrasónicas. El profesional debe elegir los tamaños y ángulos de las puntas en función de la forma y el tamaño originales del conducto radicular (7,8). Antes de colocar los materiales “a retro” en el extremo de la raíz, la cavidad retrógrada debe secarse e inspeccionarse a gran aumento con un micro-espejo para verificar que dicha cavidad esté libre de todo material de obturación endodóntico, así como desinfecta (6-8).

5.3 MATERIALES DE RETROBTURACIÓN

Una perfecta preparación químico-mecánica del conducto radicular y un adecuado sellado endodóntico evitan que los microorganismos y las endotoxinas lleguen a los tejidos apicales y periapicales, determinando el éxito del tratamiento endodóntico. Diferentes factores, generalmente de origen microbiano (infección interradicular y extrarradicular), pueden ser los responsables del fracaso del tratamiento endodóntico (5-9). La importancia del perfecto sellado apical en endodoncia, y más concretamente en la cirugía perirradiculares, es la motivación o razón para el desarrollo de materiales “a retro” después de realizar la apicectomía y la cavidad del extremo radicular (8,9).

Se han propuesto varios materiales de relleno del extremo de la raíz, como gutapercha, cementos a base de óxido de zinc y eugenol (IRM, SuperEBA), Cavit, resinas compuestas y MTA (7-9). Las cualidades de un material de obturación ideal para la cavidad del extremo radicular deben ser: sellar el sistema de conductos radiculares, mostrar biocompatibilidad, mejorar la regeneración de los tejidos periapicales, fraguar independientemente de la humedad, no mostrar corrosión ni actividad electroquímica, ser fácil de manipular, así como tener una opacidad radiográfica diferente en comparación con la dentina. (7-10). Así, como hemos dicho, sobre todo debe adherirse

y adaptarse a las paredes del conducto, sellar, favorecer la regeneración y ser bien tolerado por los tejidos perirradiculares (11,12).

5.3.1 Materiales a base de óxido de zinc: IRM y Super-EBA

Hendra (1970) abogó por Super-EBA como material de obturación del extremo de la raíz debido a su buena capacidad de sellado. Al igual, Bondra y cols. (1989) sugirieron que el IRM también podría considerarse para su uso clínico como un material de obturación retrógrado exhibiendo una microfiltración significativamente menor que la amalgama (10, 13).

Material restaurador intermedia (IRM):

El Material Restaurador Intermedio (IRM) es un cemento de óxido de zinc reforzado con eugenol que tiene diversas aplicaciones en odontología. Uno de sus usos es como material de relleno del extremo radicular. IRM ha mostrado una tasa de éxito comparable a la del agregado de trióxido mineral. A pesar de su amplio uso, existe muy poca literatura sobre este material (12-14).

Super-EBA:

Super-EBA es un cemento de óxido de zinc y eugenol de uso general reforzado con ácido etoxibenzoico (EBA) que puede usarse en la cementación de coronas protéticas, vendaje temporal o como revestimiento de cavidades. tiene un neutro pH y propiedades hidrofílicas, lo que le permite ser fácilmente utilizado en el campo quirúrgico (12-14).

5.3.2 Biocerámicos: MTA y Biodentine

La introducción de los materiales a base de biocerámicos, como un nuevo grupo de materiales dentales, a principios de la década de los 90 puede considerarse como uno de los avances más importantes en la odontología reparadora. Koch y Brave, definen Biocerámicos como “productos o componentes cerámicos empleados en aplicaciones médicas y dentales, principalmente como implantes y reemplazos que tienen propiedades osteoinductivas” (13,14).

Agregado de trióxido mineral (MTA):

Un material biocompatible notable, como el MTA con emocionantes aplicaciones clínicas fue iniciado por el Dr. Mahmoud Torabinejad y sus colaboradores en la Universidad de Loma Linda [12]. El agregado de trióxido mineral (MTA) se ha utilizado en relleno radicular como bioceramics a base de silicato de calcio y muestra una mejor capacidad de sellado apical de la raíz y un mayor éxito en comparación con los materiales de obturación radiculares convencionales, como amalgama y material de restauración intermedio (13,14).

Dado su efecto clínico en el relleno radicular en la terapia de endodoncia, el MTA también se ha utilizado en otras aplicaciones de endodoncia, como recubrimiento pulpar y reparación de perforaciones radiculares. Actualmente se considera como el estándar de oro en endodoncia. A pesar de la alta eficacia clínica de este maravilloso cemento, siempre hubo algunos problemas que impidieron que los médicos lo usaran en muchos casos. Los principales son un tiempo de fraguado muy largo y una manipulación difícil (12-14.)

Biodentine:

Otros bioceramics a base de silicato de calcio han sido desarrollado, incluyendo el Bioagregado (Innovador Bioceramix, Inc.), Biodentin (Septodont Holding) y iRoot BP/FS/SP (Innovative Bioceramix, Inc.). En concreto el Biodentine ha sido frecuentemente reconocido en la literatura como un material prometedor y es un importante representante de cemento a base de silicato tricálcico utilizados en odontología. El Biodentine ha ganado críticas positivas en la literatura debido a sus propiedades físicas superiores, mejor manejo, mayor biocompatibilidad y amplia gama de aplicaciones clínicas (15). Este nuevo material biológicamente activo facilita su penetración a través de los túbulos dentinarios abiertos para cristalizar entrelazados con la dentina y proporcionar propiedades mecánicas (14).

5.4 Técnicas de regeneración tisular guiada

Hoy en día utilizaremos de la GTR en caso de que haya un defecto apico marginal o defecto óseo localizado que abarca la totalidad de la raíz, y cuando tengamos menos de 3 mm de tabla ósea vestibular. (14)

5.5 Reposición del colgajo y Sutura

Antes del cierre de la herida, los tejidos se irrigan con solución salina para eliminar cualquier desecho. Posteriormente los bordes de la herida se aproximan a la posición correcta para promover la cicatrización por primera intención. Los márgenes del tejido deben descansar pasivamente en tejido óseo sano (5-7). Debe evitarse el trauma del tejido, como el estiramiento, el desgarro o la distorsión. Esto se puede lograr mediante una manipulación cuidadosa de los tejidos y los instrumentos. (6,7).

Se recomiendan materiales no reabsorbibles. Las suturas sintéticas de monofilamento parecen ser las menos traumáticas y permiten la menor migración bacteriana. Por lo tanto, se requiere una aguja de corte inverso de un diámetro pequeño, siendo 5/0 una opción común. Las suturas de diámetro pequeño causan menos trauma, ya que el hilo tiende a romperse en lugar de desgarrarse el tejido cuando se aplica un exceso de tensión (5-12).

Las suturas deben retirarse 7 días después de la operación, ya que la formación de puentes epiteliales y la reticulación del colágeno ocurren dentro de las 21 a 28 horas. El colgajo debe estar lo suficientemente cicatrizado para resistir las fuerzas de desplazamiento (12-14). Es fundamental aclarar el efecto y el mecanismo de cómo estas biocerámicos influyen en las células/tejidos circundantes cuando se utiliza en endodoncia. Los materiales con buena biocompatibilidad no deben inducir efectos tóxicos notables y continuos en los alrededores de las células y tejidos (15,16).

Hoy en día la biocompatibilidad se define como la capacidad de un material para realizar su función deseada sin causar ninguna respuesta adversa local o sistémica en el receptor del material (Perrotti y cols., 2017; Schmalz, 2014) (14-17). Por demás, la

capacidad de sellado significa la capacidad de un material para resistir la microfiltración en todo su espesor. La fuga de materiales irritantes desde los conductos radiculares infectados hacia los tejidos perirradiculares es la causa principal de la mayoría de los fracasos endodónticos; por lo tanto, un sellado apical eficiente es esencial para mejorar el éxito de la endodoncia (16,17).

La importancia de los materiales de obturación “a retro “en cuanto a su sellado endodóntico va a ser imprescindible para contribuir al éxito del tratamiento quirúrgico. El resultado del tratamiento se ve afectado negativamente con la mala adaptación marginal del material, la mala biocompatibilidad y un bajo solubilidad (16-18)

El propósito de este estudio fue comparar la capacidad del sellado, la biocompatibilidad y la solubilidad de los nuevos biocerámicos con otros materiales tradicionales de obturación del extremo de la raíz con el IRM y el Super-EBA in vitro.

6 Justificación, hipótesis, objetivo

6.1 JUSTIFICACIÓN

La cirugía endodóntica, y en particular la cirugía periapical, ha experimentado un desarrollo significativo en los últimos años, sobre todo debido a la introducción de los principios microquirúrgicos y el uso de dispositivos de magnificación (1-4). Mediante el uso de equipos, instrumentos y materiales de última generación que combinan los conceptos biológicos con la práctica clínica, los enfoques microquirúrgicos producen resultados predecibles en la curación de lesiones de origen endodóntico (4-8). Sin embargo, el resultado exitoso de la cirugía periapical se basa en la calidad del material de obturación a retro de la raíz para evitar cualquier reinfección que se origine en el conducto radicular (8,9,13) El objetivo de un material de obturación retrógrado es llenar el espacio del conducto apical y obtener un sellado hermético entre el periodonto y el sistema de conductos radiculares (5-14).

Desde que hace años se está abandonando la amalgama como material a retro radicular. Al mismo tiempo se han sugerido varios materiales para la obturación a retro de la raíz incluidos gutapercha, cementos de óxido de zinc y eugenol, cemento de ionómero de vidrio, gránulos de lámina de oro, Cavit, así como la resina compuesta. Desde hace años se está utilizando como materiales idóneos el agregado de trióxido mineral (MTA) y el Superetoxibenzoico (11-14). Últimamente están apareciendo materiales más nuevos como Biodentine. La incógnita es si existe un material de obturación “a retro” ideal y si los materiales anteriores como los cementos de óxido de zinc eugenol son superiores, inferiores o iguales en eficiencia en comparación con el material de obturación a retro más nuevos. (12-15)

Por lo tanto, la presente revisión sistemática tiene como objetivo comparar las propiedades bio-físicas de varios materiales para hacer la elección más eficiente a la hora de tratar a los pacientes.

6.2 HIPÓTESIS

La hipótesis de nuestro trabajo considera que existen propiedades bio- físicas superiores cuando se utilizan biomateriales más nuevos en comparación con los cementos de óxido de zinc eugenol como materiales de sellado a retro utilizados en microcirugía endodóntica en términos de biocompatibilidad, solubilidad y capacidad de sellado.

Sin embargo, también tendremos que valorar la posibilidad de que los materiales tradicionales como los cementos de óxido de zinc eugenol, sean igualmente eficientes hoy en día, aceptando entonces como válida la hipótesis nula.

6.3 OBJETIVOS

El **objetivo principal** de esta revisión sistemática es determinar las propiedades bio- físicas de los biomateriales de la obturación a retro en la microcirugía endodóntica en cuanto a los siguientes objetivos específicos.

Los **objetivos específicos** son los siguientes:

1. Evaluar la biocompatibilidad de los biomateriales “a retro” en la cirugía periapical según métodos electrónicos y, o de búsqueda manual
2. Averiguar la solubilidad de los biomateriales a retro en la cirugía periapical y conocer la capacidad del sellado de los biomateriales a retro en la cirugía periapical según métodos como la penetración del tinte
3. Analizar si los biomateriales tradicionales siguen siendo efectivo hoy en día

7 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 CRITERIO DE ELEGIBILIDAD

7.1.1 Protocolo e identificación de pregunta Pico

Para realizar esta revisión sistemática se realizó siguiendo la directriz de los elementos de informe preferidos para la revisión sistemática y el metaanálisis (PRISMA) (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (75).

Con base en la información mencionada en la introducción y justificación, se redactó una pregunta clínica según la estructura PICO, este enfoque es adecuado para la realización sistemática revisiones cualitativas en intervenciones de salud. La pregunta fue establecida de la siguiente manera: **En dientes no vitales (P) el empleo de nuevos biomateriales (I) como sistema obturación retrograda de la raíz presentan mejores propiedades biofísicas (O) que los cementos de óxido de zinc eugenol (C).**

Se empleó la siguiente pregunta de enfoque de acuerdo con la población, la intervención, la comparación y el diseño del estudio de resultados:

- **P (Población):** Dientes no vitales
- **I (Intervención):** Los nuevos biomateriales
- **C (Comparación):** Los cementos de óxido de zinc eugenol
- **O (Resultados):** las propiedades biofísicas del sistema de obturación retrograda de la raíz
 - **O1:** Biocompatibilidad de los bioceramicos y los cementos a base de óxido de zinc
 - **O2:** Solubilidad entre los bioceramicos nuevos y los materiales tradicionales de la obturación a retro
 - **O3:** Capacidad el sellado entre los biomateriales de obturación “a retro”

7.1.2 . Criterios de inclusión y exclusión

Los estudios se incluyeron según los siguientes criterios de inclusión:

- **Tipo de estudios:** Estudios in vitro y ex vivo. Estudios en idiomas de inglés o español; comprendidos en el periodo entre 2012 y el 2023.
- **Tipo de paciente:** En dientes in vitro, dientes ex vivos (extraídos)
- **Tipo de intervención:** Estudios sobre biomateriales a base de silicato de cálcico introducidos después del 1993 (MTA, Biodentine, bioaggregate)
- **Tipo de control:** Estudios sobre los materiales tradicionales endodónticos utilizados como retrobturación a base oxido de zinc (IRM, super-EBA)
- **Tipo de variable:** Estudios que proporcionan propiedades bio-físicas en relación con los materiales de obturación utilizados “a reto”; Estudios que revisan variables secundarias como la capacidad de sellado en relación con el material utilizado; solubilidad y biocompatibilidad

Los estudios se excluyeron según los siguientes criterios de exclusión:

- Estudios tipos ensayos clínicos aleatorizados controlados, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos o estudios sobre series de casos; Y estudios sobre dientes en vivo. O estudios en animales
- Estudios que solo revisan los biomateriales antes del 1993 como amalgama o materiales no utilizados hoy en día: Estudios que revisan las propiedades biofísicas otras que los mencionados anteriormente o que no utilizaron métodos de medición fiables.
- Estudios publicados antes del 2021.

7.2 FUENTES DE INFORMACIÓN Y ESTRATEGIA DE LA BÚSQUEDA

7.2.1 Bases de datos

Se utilizaron múltiples bases de datos para realizar la búsqueda de los recursos pertinentes de la revisión sistemática. Es necesario desarrollar estrategias para acceder a varias bases de datos en un período corto.

El objetivo de una combinación de bases de datos es realizar una búsqueda competente de la revisión sistemática y si las prácticas en curso de las revisiones publicadas son correctas o no. Por lo tanto, se realizó una búsqueda automatizada, en las principales bases de datos: Pubmed, Web of science Scopus.

7.2.2 Construcción del Algoritmo de Búsqueda

Se realizó la búsqueda desglosándose la pregunta PICO en términos clave. Posteriormente, se evaluó la equivalencia de estas palabras clave en descriptores de la ciencia de la salud DeCS. En la Tabla 1 se muestran las palabras clave y los términos MeSH utilizados para realizar la búsqueda. Finalmente, para no excluir ningún estudio relevante, el algoritmo de búsqueda se construyó utilizando las combinaciones de los siguientes MeSH y palabras clave: ***"in vitro techniques"; "in vitro" ; "tooth, nonvital" "Teeth", "Endodontically-Treated" "Devitalized Teeth"; "new biomaterials" Mineral Trioxide Aggregate"; "MTA"; "Biodentine"; "biocompatible materials"; "calcium silicate"; "zinc oxide-eugenol cement"; "polymer-reinforced zinc oxide-eugenol"; "superEBA"; "periapical surgery" "root-end surgery"; "retrograde obturation"; "apicoectomy"; "apical microsurgery; "biocompatible materials"; "solubility"; "EndoSequence root repair material"***

Tabla 1: Palabras clave y palabras medical subject headings (Mesh) utilizadas para construir el algoritmo de búsqueda

PICO	Palabras clave	Terminos Mesh
P (población):	"in vitro "; "Teeth, Endodontically-Treated" "Devitalized Teeth"	"in vitro techniques»; "tooth, nonvital"
I (intervención)	"New biomaterials"; "Mineral Trioxide Aggregate"; "MTA" "Biodentine "; «biocompatible materials" "calcium silicate"	-
C (comparación)	"Polymer-reinforced zinc oxide-eugenol "; "superEBA"	"Zinc oxide-eugenol cement"
O (Resultados)	"Periapical surgery"; "root-end surgery"; "apical microsurgery"; "Endosequence root repair material"	"Retrograde obturation"; "apicoectomy»; "biocompatible materials»; "solubility"

Las palabras clave se combinaron con los operadores booleanos AND y OR, así como los términos controlados (como las palabras "MeSh") en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La Tabla 2 resume los resultados de búsqueda obtenidos de cada motor de búsqueda. Se aplicaron filtros de datos e idioma para la búsqueda en un base de dato. Por otra parte, se llevó a cabo una búsqueda manual de artículos científicos de las siguientes revistas de cirugía periapical: Journal of Endodontics y Journal of Dentistry, international endodontic journal, dental materials journal.

Table 2: Algoritmo de búsqueda utilizado para cada motor de búsqueda

Base de datos:	Algoritmo de búsqueda	Filtros	Fecha
Pubmed	<p>("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("vitro"[All Fields] AND "techniques"[All Fields]) OR "in vitro techniques"[All Fields] OR "vitro"[All Fields] OR "in vitro"[All Fields]) OR "tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("teeth"[All Fields] AND "endodontically"[All Fields] AND "treated"[All Fields]) OR "teeth endodontically treated"[All Fields]) OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("devitalized"[All Fields] AND "teeth"[All Fields]) OR "devitalized teeth"[All Fields])) AND (("new"[All Fields] AND ("biocompatible materials"[Pharmacological Action] OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("biocompatible"[All Fields] AND "materials"[All Fields]) OR "biocompatible materials"[All Fields] OR "biomaterial"[All Fields] OR "biomaterials"[All Fields] OR "biomaterial s"[All Fields])) OR ("mineral trioxide aggregate"[Supplementary Concept] OR "mineral trioxide aggregate"[All Fields]) OR "MTA"[All Fields] OR ("tricalcium silicate"[Supplementary Concept] OR "tricalcium silicate"[All Fields] OR "biodentine"[All Fields]) OR ("biocompatible materials"[MeSH Terms] OR "calcium silicate"[All Fields])) AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR ("polymer-reinforced"[All Fields] AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR ("zinc"[All Fields] AND "oxide eugenol"[All Fields] AND "cement"[All Fields]) OR "zinc oxide-eugenol cement"[All Fields] OR ("zinc"[All Fields] AND "oxide"[All Fields] AND "eugenol"[All Fields]) OR "zinc oxide eugenol"[All Fields])) OR "superEBA"[All Fields]) AND (((("periapical"[All Fields] OR "periapically"[All Fields] OR "periapicals"[All Fields]) AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgerys"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR ("root-end"[All Fields] AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgerys"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR "retrograde obturation"[MeSH Terms] OR "apicoectomy"[MeSH Terms] OR ("apical"[All Fields] OR "apically"[All Fields] OR "apicals"[All Fields] OR "apices"[All Fields]) AND ("microsurgery"[MeSH Terms] OR "microsurgery"[All Fields] OR "microsurgeries"[All Fields])) OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("solubility"[MeSH Terms] OR "EndoSequence root repair material"[All Fields]))</p>		22.1
Scopus	<p>(ALL ((((("in vitro techniques") OR (in AND vitro)) OR ("tooth, nonvital")) OR (teeth, AND endodontically-treated)) OR (devitalized AND teeth)) AND ALL ((((((new AND biomaterials)) OR (mineral AND trioxide AND aggregate)) OR (mta)) OR (biodentine)) OR ("biocompatible materials" OR "calcium silicate")) AND ALL (("zinc oxide-eugenol cement") OR (polymer-reinforced AND zinc AND oxide-eugenol) OR (supereba)) AND ALL ((((((periapical AND surgery) OR (root-end AND surgery)) OR (("retrograde obturation")) OR ("apicoectomy")) OR (apical AND microsurgery)) OR ("biocompatible materials")) OR ("solubility" OR ("EndoSequence root repair material")))</p>	Dentistry English 2013-2022	22.1 2.22

Web of science	((ALL=(((in vitro techniques) OR (in vitro)) OR (tooth, nonvital)) OR (Teeth, Endodontically-Treated)) OR (Devitalized Teeth))) AND ALL=(((new biomaterials) OR (Mineral Trioxide Aggregate)) OR (MTA)) OR (biodentine)) OR (biocompatible materials)) OR (calcium silicate))) AND ALL=((zinc oxide-eugenol cement) OR (polymer-reinforced zinc oxide-eugenol) OR (superEBA))) AND ALL=(((periapical surgery) OR (root-end surgery)) OR ((retrograde obturation)) OR (apicoectomy)) OR (apical microsurgery)) OR (biocompatible materials)) OR (solubility OR EndoSequence root repair material))	-	22.1
			2.22

7.3 PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

En el proceso de cribado de los estudios dos revisores imparciales realizaron de forma independiente la búsqueda de revisión sistemática (MR y SI). Una vez eliminados los duplicados entre las dos bases de datos. Se realizaron tres fases de cribado para determinar la elegibilidad de los estudios. La primera fase de cribado consistió en la selección de artículos relevantes en función de su título y resumen. A continuación, se excluyeron los artículos pertinentes en función de los criterios de exclusión: y se seleccionaba según tipo de estudio, tipo de intervención y los variables de resultado. Los artículos restantes fueron, por lo tanto, el número total de artículos incluidos después de la primera fase de selección.

La tercera fase de cribado consistió en la lectura de los textos completos de los artículos incluidos en la primera fase de cribado. Luego, los artículos fueron excluidos si no cumplían con los criterios de inclusión. Cualquier desacuerdo en la elegibilidad del estudio se resolvió mediante discusión entre ambos revisores hasta que se llegó a un consenso. El nivel de acuerdo entre los revisores se calculó mediante el k-score según los criterios de Landis & Koch (76).

7.4 EXTRACCIÓN DE LOS DATOS

A continuación de una lectura exhaustiva de los estudios incluidos, los factores presentes en todos los artículos que proporcionan información adecuada sobre los objetivos del estudio se obtuvieron. Estas variables fueron luego resumidas en tablas. Los factores evaluados en cada uno de los estudios fueron: autor, año de publicación, tipo de estudios (ex vivo o in vitro), El material de obturación del extremo de la raíz (MTA, Biodentine, IRM y Super-EBA) las propiedades bio - físicas de los materiales de

obtención de la raíz (biocompatibilidad, solubilidad y la capacidad del sellado), uso de medición de las propiedades biofísicas (dye-penetration micro CT, wáter-powder ratio.)
Tasa de éxito de los biomateriales a la hora de las propiedades bio-físicas.

Variable principal

- **Propiedades bio-físicas:** Algunas de las propiedades características de los materiales de obturación son de interés, se recogieron aquellas propiedades como propiedades físicas como solubilidad y capacidad de sellado y, propiedades biológicas como biocompatibilidad. La ciencia de los materiales dentales implica un estudio de las propiedades de los materiales y la forma en que interactúan con el entorno en el que se encuentran.

Variables secundarias

- **Biocompatibilidad:** La biocompatibilidad hacía referencia a la capacidad de aquellos materiales de obturación que inducen un anfitrión apropiado y ventajoso respuesta durante su uso clínico previsto
- **Solubilidad:** Se recogieron aquellos materiales en lo que tenía la capacidad o no de disolver en un solvente para formar una solución o no
- **Capacidad de sellado:** Se evaluó la capacidad de sellado en los materiales mediante microfiltración y/o prueba de penetración de colorante

7.5 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD

El riesgo de sesgo fue evaluado de forma independiente con el objeto de analizar la calidad metodológica de los artículos incluidos.

Para la evaluación de la calidad de los estudios in vitro o ex vivo se utilizó la escala modificada de ARRIVE y CONSORT (77). Con los siguientes parámetros: inexacto/ no conciso, posiblemente suficiente/ incierto o incompleto, claramente cumple suficiente, era posible clasificar la resigo de segó en bajo riesgo, moderado riesgo y alto riesgo. Si un parámetro en particular era de forma insuficiente o poco clara, la punción era 0 a 1, sí era algo información o posiblemente suficiente, la puntuación era 2, y completo y claro recibía la puntuación 3. Los artículos que puntuaron entre 0 se clasificaron como de alto riesgo de sesgo, aquellos con puntuaciones de 2 como de riesgo moderado y los 3 como bajo riesgo de sesgo.

El nivel de acuerdo entre los revisores de la evaluación de la calidad metodológica se obtuvo mediante el k-score según los criterios de Landis & Koch (76).

7.6 SÍNTESIS DE DATOS

Con el fin de resumir y comparar las variables de resultado entre diferentes estudios, la medida de los valores de las variables principales fue comparadas según el tipo de método de medición.

Puesto que las medidas encontradas en los estudios analizados procedían de muestras con diferentes métodos de medición y tanto el tiempo de seguimiento. Fue necesario comparar las mismas valúas con las mismas técnicas de medición. Esto se hizo para todos los variables de resultados analizadas y para cada uno de los materiales revisados en las Tablas 6-8.

8 RESULTADOS

8.1 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS. Flow chart

Como se ilustra en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1), inicialmente se identificaron un total de 212 estudios en las siguientes bases de datos a través de la Biblioteca Duclé Chacón CRAI de la Universidad Europea de Madrid y Scopus de Elsevier: MEDLINE complete (n=46), Web Of Science (n =9), Scopus (n=155) y E-Journals (n=2).

Entre todas las bases de datos, se duplicaron 6 registros. Por lo tanto, se buscó recuperar un total de 47 informes; sin embargo, no había problemas con la recuperación de todos los informes se pudo recuperar un informe.

Se excluyeron 29 artículos porque eran estudios de casos clínicos o estudios no relevantes en relación con las propiedades de los materiales revisados, mientras que se excluyeron tres porque la población de interés eran dientes in vitro o estudios en animales en lugar de dientes ex vivo. Como resultado, se identificaron un total de 18 estudios a través de las bases de datos. La Tabla 3 enumera los detalles de los estudios excluidos, incluidas las características de la población, los grupos estudiados, el tiempo de seguimiento, las variables estudiadas y el motivo de la exclusión.

El valor k para el acuerdo Interexaminador sobre el estudio la inclusión fue 1.0 (títulos y resúmenes) y 1.0 (tipo de estudio) lo que indica un acuerdo “completo” respectivamente con base en los criterios de Landis y Koch (76).

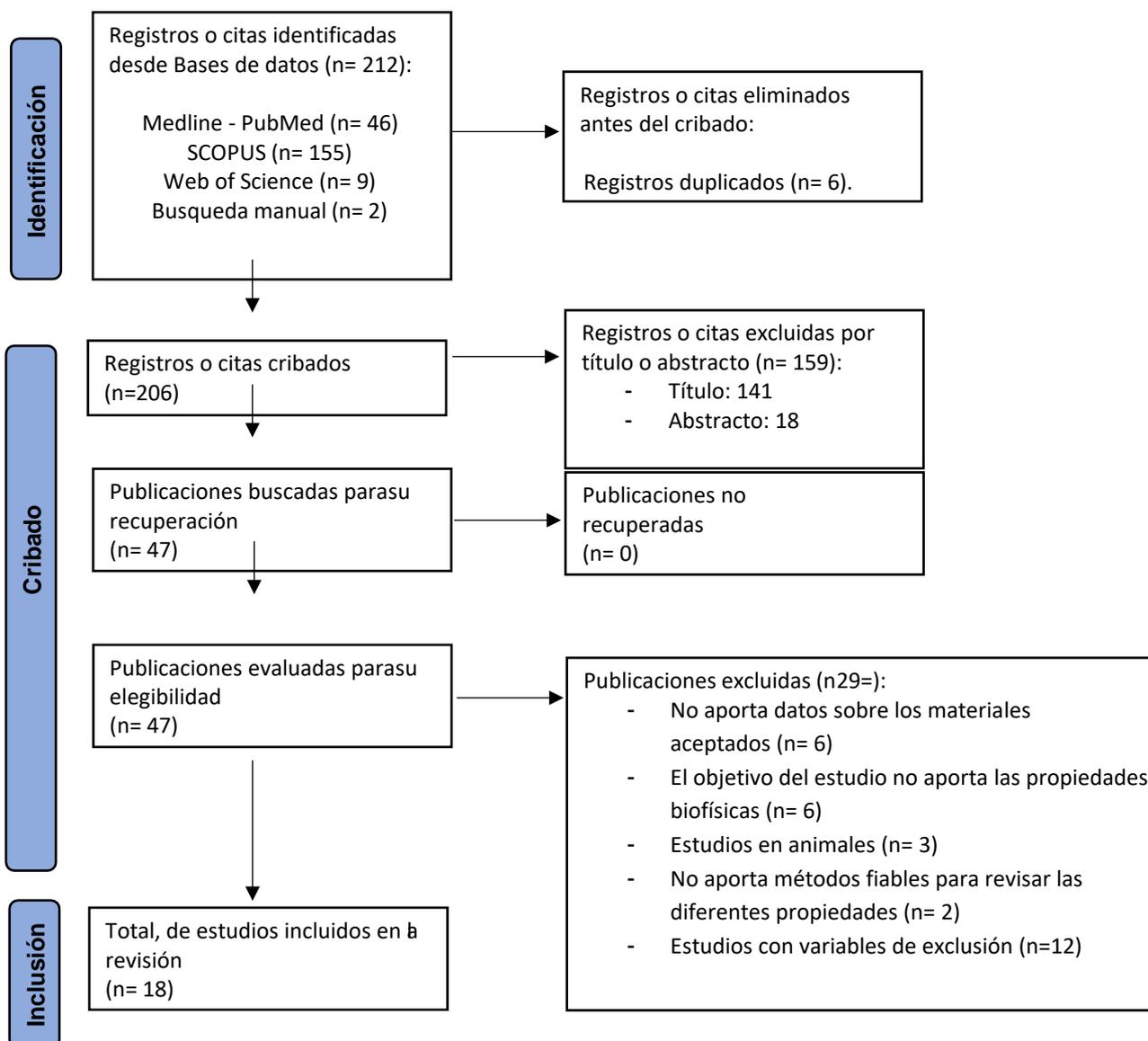


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

8.2 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS REVISADOS

8.2.1 Estudios excluidos

En la Tabla 3 se muestran los 29 estudios excluidos de la presente revisión sistemática. Aunque la mayoría de los estudios expresaron variables de estudio que fueron de interés para la presente revisión sistemática, fueron excluidos por no cumplir con los criterios de elegibilidad (47, 51-55,60, 69,73) Lee y cols (45), Jiang y cols (46) y dong y cols (56) se excluyeron porque eran unos estudios de casos clínicos o estudios en vivo. Esto no cumple con los criterios de inclusión de la presente revisión sistemática.

El estudio de Ma Jingzhi y cols (47) no es solo un estudio ex vivo, sino que los materiales incluidos en el estudio son una mezcla comprobados en los pacientes y en dientes extraídos. Los resultados del estudio no separaron los materiales, por lo tanto, el estudio no puede utilizarse en la presente revisión sistemática (48,64, 68). El Durate y cols (61) también fue excluido por razones similares.

Tabla 3: Estudios excluidos en la presente revisión sistemática

Autor y año	Publicación	Motivo de la exclusión
Lee y cols (2012) (46)	Journal of endodontics	Los resultados no se diferencian entre los variables revisados.
Ma Jingzhi y cols (2011) (47)	Journal of endodontics	Estudio con variables de exclusión
Jiang y cols (2013) (48)	Scientific world journal	No aporta métodos fiables para revisar las diferentes propiedades
Gulces y cols (2021) (49)	Bioeng biomechanical journal	Estudio en animales
Bryune y cols (2006) (50)	Journal of endodontics	El objetivo del estudio no aporta las propiedades biofísicas
E. Gondim y cols (2002) (51)	International endodontic journal	Estudio con variables de exclusión
A. Samara y cols (2011) (52)	Journal of endodontics	Estudio con variables de exclusión
Schultz y cols. (2005) (53)	Journal of endodontics	Estudio con variables de exclusión
Maltezos y cols. (2012) (54)	Journal of endodontics	Estudio con variables de exclusión
Mason y cols (2022) (55)	Dental materials journal	Estudio con variables de exclusión
Dong y cols (2020) (56)	Dental materials journal	No aporta métodos fiables para revisar las diferentes propiedades
Aydin y cols. (2019) (57)	Clinical oral investigation	No aporta datos sobre los materiales aceptados
Torabenijad y cols (2017) (58)	International endodontic journal	Estudio con variables de exclusión
Kaur y cols (2017) (59)	Clinical oral investigation	El objetivo del estudio no aporta las propiedades biofísicas
Wongsorachai y cols (2018) (60)	The journal of adhesive dentistry	Estudio con variables de exclusión
Duarte y cols (2018) (61)	Brazilian oral research	No aporta datos sobre los materiales aceptados
F. Torres y cols (2018) (62)	Journal of applied oral science	Estudio en animales
Pornamazeh y cols (2017) (63)	Iranian endodontic journal	El objetivo del estudio no aporta las propiedades biofísicas
Vivian y cols (2016) (63)	Clinical oral investigation	No aporta datos sobre los materiales aceptados
Antunes y cols (2013) (64)	International endodontic journal	No aporta métodos fiables para revisar las diferentes propiedades
Shinbori y cols (2015) (65)	Journal of endodontics	No aporta datos sobre los materiales aceptados
Jung y cols (2014) (66)	Journal of endodontics	No aporta datos sobre los materiales aceptados
Lee y cols (2014) (67)	Journal of endodontics	Estudio con variables de exclusión
Chang y cols (2015) (68)	Journal of endodontics	No aporta métodos fiables para revisar las diferentes propiedades
Onay y cols (2014) (69)	Dental materials journal	Estudio con variables de exclusión
Chang y cols. (2014) (70)	Journal of endodontics	No aporta datos sobre los materiales aceptados
Koack y cols (2013) (71)	The journal of contemporary dental P	Estudios en animales
Zhou y cols (2017) (72)	Journal of endodontics	No aporta métodos fiables para revisar las diferentes propiedades
Bodrumulu y cols (2008) (73)	Australian endodontic journal	Estudio con variables de exclusión

8.2.2 Estudios Incluidos

Delineado en la Tabla 4 se describen los 18 estudios incluidos en la presente revisión sistemática. Se enumeraron los detalles del autor de la publicación, el año, el tipo de estudio, el número de cada muestra de la población, y el numero por material, las variables del estudio y el riesgo de sesgo. De los 18 artículos incluidos, 9 artículos describan la capacidad de sellado (19-22, 25-27,32,34), 6 la solubilidad (22-24, 28,30,35), y 6 la biocompatibilidad de los materiales utilizados (22,24,29,31,33,36).

La mayoría de los estudios incluidos fueron artículos de revista o ensayo en dientes ex vivos o en dientes artificiales de resina. Se trataron un total de 768, donde el estudio de Bhatia y cols, tuvo la mayor cantidad de muestra, mientras olivera y cols tuvo el menor participantes: 217 tratados con mineral agregado de trióxido (MTA), 136 con el material Biodentine, 62 mientras la aplicación del IRM (material restaurador intermedio) y 91 tratados con Super-EBA.

Por lo tanto, el número de dientes pertenecientes por cada material también fue generalmente parecido para todos los estudios excepto por Singh y cols donde el grupo mayoría era en MTA y Biodentine.

En cuanto al material comparado, generalmente había más MTA y Biodentine en comparación con otros materiales de los cuales en 8 (19-36) de los estudios se revisan la capacidad de sellado en MTA, mientras en 6 (19-22,26,27,32,34) de los estudios revisan Biodentine. En cuanto al material restaurador intermedio (IRM) y super-EBA, 4 estudios revisan la solubilidad en IRM (24,28,30,35), mientras al respecto de la biocompatibilidad, llerena y cols (31) y Sogn y cols (33) fue los únicos de la presente revisión que emplea la biocompatibilidad en cuanto al Super-EBA.

Tabla 4: Estudios incluidos en la presente revisión sistemática

Autor y año	Tipo de estudio	Nº total de dientes	Material comparado	Nº de dientes por material	Variables del estudio
K. Benz y cols (2016) (19)	<i>Artículo de revista</i>	72	MTA SUPER-EBA	36 36	Capacidad de sellado
Oliveira y cols. (2013) (20)	<i>Ensayo in vitro</i>	25	MTA IRM SUPER-EBA	5 5 5	Capacidad de sellado
Shetty y cols. (2017) (21)	<i>Ensayo en dientes ex vivo</i>	44	MTA BIODENTINE	12 11	Capacidad de sellado
Alazrag y cols. (2020) (22)	<i>Ensayo ex vivo</i>	27	MTA BIODENTINE	9 9	Capacidad de sellado Biocompatibilidad Solubilidad
Kaup y cols. (2015) (23)	<i>Ensayo in vitro</i>	72	MTA BIODENTINE	24 24	Solubilidad
Ceci y cols. (2015) (24)	<i>Ensayo in vitro</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Biocompatibilidad Solubilidad
Corsetino y cols. (2022) (25)	<i>Ensayo in vitro</i>	50	BIODENTINE SUPER-EBA	25 25	Capacidad de sellado
Jardine y cols. (2021) (26)	<i>Ensayo ex vivo en dientes de resina</i>	30	MTA BIODENTINE	10 10	Capacidad de sellado
Mohan y cols. (2021) (27)	<i>Artículo de revista</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Capacidad de sellado
Torres y cols. (2016) (28)	<i>Artículo de revista</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Solubilidad
Karoabari y cols. (2021) (29)	<i>Ensayo in vitro</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Biocompatibilidad
Poggio y cols. (2016) (30)	<i>Ensayo in vitro</i>	18	MTA IRM SUPER-EBA	6 6 6	Solubilidad
Llerena y cols. (2016) (31)	<i>Artículo de revista</i>	N/A	MTA SUPER-EBA	N/A	Biocompatibilidad
Bhatia y cols (2021) (32)	<i>Ensayo in vitro</i>	120	MTA IRM	30 30	Capacidad de sellado
Song y cols (2013) (33)	<i>Ensayo in vitro</i>	60	MTA SUPER-EBA	30 30	Biocompatibilidad
Amezcuca y cols. (2015) (34)	<i>Ensayo ex vivo</i>	50	MTA SUPER-EBA	10 10	Capacidad de sellado
Singh y cols. (2015) (35)	<i>Ensayo in vitro</i>	20	MTA BIODENTINE IRM	6 7 7	Solubilidad
Zhou y cols. (2015) (36)	<i>Artículo de revista</i>	20	MTA BIODENTINE	7 8	Biocompatibilidad
Total		768			

MTA®: mineral agregado de trióxido, IRM: Material restaurador intermedio

8.3 EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA Y RIESGO DE SESGO

El riesgo de sesgo de cada estudio incluido en la presente revisión sistemática se evaluó mediante la escala modificada de ARRIVE y CONSORT (77). Al responder preguntas de señalización específicas permite determinar juicios a nivel de dominio sobre el riesgo de sesgo. Un juicio general de riesgo de sesgo de cada estudio de forma independiente se ilustra en tabla 5. Si un parámetro en particular era de forma insuficiente o poco clara, la puntuación era 0 a 1, si era algo información o posiblemente suficiente, la puntuación era 2, y completo y claro recibía la puntuación 3. Los artículos que puntuaron entre 0 se clasificaron como de alto riesgo de sesgo, aquellos con puntuaciones de 2 como de riesgo moderado y los 3 como bajo riesgo de sesgo.

Los 18 estudios incluidos en la revisión sistemática presentaron un riesgo de sesgo bajo (19,20,23,25, 27, 30, 32, 33, 35 y 36) o moderado (22,24,26,28,31,). Se encontró alto riesgo de sesgo en 1 artículo incluido. Para el estudio de una serie de casos, se consideró que había un alto riesgo de sesgo debido a la propia naturaleza del tipo de estudio (34). Los riesgos de sesgo encontrados con mayor frecuencia en los estudios fueron, el método de medición de las propiedades bio-físicas, descripción del cálculo del tamaño de la muestra, la descripción de cada uno de los materiales revisados.

El valor k (prueba kappa de cohen) (21), sobre la concordancia entre los revisores de la calidad metodológica fue de 0,80 según la escala de Landis & Koch (76)

Fig. 2: Medición del riesgo de sesgo de los estudios in- vitro con la escala modificada de ARRIVE y CONSORT (77)

Tabla	K. Benz (19)	Oliveira (20)	Shetty (21)	Alazrag (22)	Kaup (23)	Ceci (24)	Corsentino (25)	Jardine (26)	Mohan (27)	Torres (28)	Karoabari (29)	Poggio (30)	Llerena (31)	Bhatia (32)	Song (33)	Amezcuca (34)	Singh (35)	Zhou (36)
Title (0) Inaccurate/no concise (1) Concise/adequate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Abstract: structured summary (1) Clearly inadequate (2) Possibly accurate (3) Clearly accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: background, experimental approach, and rationale/hypothesis (1) Insufficient (2) Possibly sufficient (3) Clearly meets	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: preprimary and secondary objectives (1) Not Clearly stated. (2) Clearly stated	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: study design explained number of experimental and control groups, (1) Clearly insufficient (2) Possibly sufficient (3) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: precise details of experimental procedure (i.e., how, when, where, and why) (1) Clearly insufficient (2) Possibly sufficient (3) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: How sample size was determined and sample size calculation. (1) No (2) Undear/ not complete (3) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: Details of statistical methods and analysis (1) No (2) Undear/ not complete (3) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

Results: explanation for any excluded data, results of each analysis with a measure (1) No (2) Undear/ not complete (3) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Discussion: interpretation, limitations, and generalizability/translation (0) Cleary inadequate (1) Possibly accurate (2) Cleary accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Statement of potential conflicts and funding disclosure (0) No (1) Yes	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

8.4 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INDIVIDUALES

Para evaluar la eficacia de cada estudio para la obturación “a retro” con los materiales revisados, se analizaron el método de medición, el seguimiento de horas a días y los resultados en las Tablas 6-8. La diferencia entre los valores de iniciales y del seguimiento se comparó entre los diferentes materiales revisados en cada uno de los estudios incluidos.

8.4.1 Capacidad de sellado

En relación con las características de los estudios la Tabla 6 resume las especificaciones de la capacidad de sellado utilizado en cada estudio. La comparación se realizó en función del número de muestra, métodos de medición, seguimiento del material y los resultados. En cuanto a los resultados publicados por Bentz y cols (19), Bhatia y cols (32) y Shetty y cols (21) reportaron resultados estadísticamente significativos a favor de MTA, mientras que Oliveria y cols (20), Jardine y cols (26), y Amezcua y cols (34) demostraron no observar diferencias entre los diferentes materiales revisados. Alazrag y cols (22) y Corsentino y cols (25) encontraron que la capacidad de sellado es mayor en superficies llenas con Biodentine.

En cuanto a el método de medición la mayoría de los ensayos utilizaron solución de colorante de azul de metileno al 2% (19, 25, 27 y 32). Mientras Jardine y cols (26), revisaron la capacidad mediante la medición de Micro CT, para evaluar los cambios volumétricos, completando las convencionales pruebas para los materiales. Microscopía electrónica de barrido también se usó, donde la presencia de cualquier espacio entre la superficie de la dentina y el material de obturación en cada cuadrante se analizó con un aumento de X1000 en un microscopio electrónico de barrido. (20,22)

Tabla 6: Características de los estudios seleccionados para la revisión sistemática en cuanto a la capacidad del sellado

Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
K. Benz y cols. (2016) (19)	36	0	0	36	Solución de colorante azul de metileno al 2%	7 días	La capacidad de sellado de los dientes obturados con MTA difería significativamente de aquellos llenos con superEBA
Oliveira y cols (2013) (20)	5	5	5	5	Imágenes SEM a 100x y 500 aumentos.	24 h	No se observaron diferencias significativas entre los materiales probados
Shetty y cols. (2017) (21)	11	12	0	0	Método de filtración de fluidos ($\mu\text{l/pulg./cmH}_2\text{O}$)	7h h 1-3 meses	MTA mostro una capacidad de sellado superior seguido de Biodentine
Alazrag y cols (2020) (22)	9	9	0	0	SEM (aumento x 1000)	7 días 1 mes 3 meses	Biodentine mostro una capacidad de sellado superior de los materiales comparados
Corsentino y cols. (2022) (25)	0	25	0	25	Solución de colorante azul de metileno al 3%	24 h	Biodentine mostro una microfiltración menor en comparación con super -EBA
Jardine y cols. (2021) (26)	10	10	0	0	Micro-CT escaneo calculando el mm^3 y %	7 días	No se encontraron diferencias entre MTA (ángelus/ Neo plus) o Biodentine
Mohan y cols. (2021) (27)	20	20	0	0	Colorante azul de metileno al 2%.	48 h	Biodentine muestra una menor penetración del tinte en la reparación de perforaciones a lo largo de las furcaciones y una mejor capacidad de sellado.
Bhatia y cols (2021) (32)	30	0	30	0	Colorante azul de metileno al 2%.	72 h	MTA mostró una capacidad de sellado mayor de la IRM
Amezcuca y cols. (2015) (34)	10	0	0	10	Prueba de fuga microbiana (turbidez)	24h 60 días	Todos los materiales probados mostraron microbios fuga. No se encontraron diferencias significativas entre Super-EBA o MTA

MTA® = agregado de trióxido mineral, Micro-CT: microtomografía computarizada, SEM: Microscopia electrónica de barrido, IRM= Material restaurador intermedio, mm^3 y % = Espacios marginales, internos volumen de vacíos % = porcentaje. $\mu\text{l/min/cmH}_2\text{O}$ O = microlitro por minuto por centímetro de agua

8.4.2 Biocompatibilidad

Respecto al biocompatibilidad, fue la propiedad más controvertida. En la tabla 2 se revisa las características de los estudios incluidos en cuanto a la biocompatibilidad, Alazrag y cols (22) obtuvo resultados favorables a 1-3 meses para MTA (Tabla 2) y Ceci y cols (24) registraron resultados significativos en favor de Biodentine mientras en las dos literaturas de Bhatia y cols (32) y Zhou y cols (36) demostraron que no hay diferencias significativas en los materiales comparados.

Tabla 7: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la Biocompatibilidad

Autor y año	Biocompatibilidad (% nm, 100 µL/well, (1:1, 1:2, 1:4 and 1:8),)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	Nº (muestra)						
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag y cols (2020) (22)	9	9	0	0	Respuesta celular inflamatoria y distribución de frecuencias de radio transparencia (%) mediante el uso de microscopio de luz	1 mes 3 meses	La mayor biocompatibilidad se registró en el subgrupo MTA seguido del Biodentine
Ceci (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	(MDPC-23) evaluado con prueba azul de Alamar mediante espectrofotómetro (595 nm)	24h 48 h 2 h	Biodentine demostró ser el material más biocompatible probado
Karoabari y cols. (2021) (29)	20	20	0	0	Penetración de tinte	7 días 15 días 1 mes	Tanto MTA como BIODENTINE tienen cifras casi similares en la penetración del tinte
Llerena y cols (2016) (31)	N/A	0	0	N/A	Ensayo colorimétrico de metil-tiazol-tetrazolio (MTT)	2 días 7 días	MTA fue menos citotóxicos en comparación con Super EBA en la dilución más alta (1:1)
Song y cols (2013) (33)	30	0	0	30	Examen microscópico de luz, celular conteo y ensayo WST-1 en células de ligamento periodontal humano.	6 h 48 h	Súper EBA mostró la viabilidad más baja.

Zhou y cols. (2015) (36)	7	8	0	0	Citometría de flujo, y la adhesión de la encía humana fibroblastos evaluados con SEM.	1 día 3 días 7 días	Los fibroblastos gingivales humanos mostraron una respuesta similar a los extractos de Biodentine y MTA medido por ensayo de citotoxicidad y celular crecimiento en materiales establecidos
--------------------------	---	---	---	---	---	---------------------------	---

MTA® = agregado de trióxido mineral, IRM= Material restaurador intermedio, SEM: Microscopia electrónica de barrido, nm= nanómetro, MDPC-23 = células de odontoblastos murinos, MTT= metil-tiazol-tetrazolio, (1:1, 1:2, 1:4 and 1:8) = diluciones de extractos.

8.4.3 Solubilidad

Los resultados descriptivos sobre la solubilidad se muestra los resultados en Tabla3. La tasa de media de éxito era mayor en tanto Alazrag y cols (22), Torres y cols (28) y Singh (35) y cols para Biodentine, de acuerdo con el método de medición. Por último, en Poggio y cols (30) no registraron diferencias significa entre MTA, Biodentine y Super-EBA después de 2 meses de seguimiento.

Tabla 8: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la solubilidad

Solubilidad = $(W_0 - W_1/W_0 \times 100, \text{nm}, \text{FDW} - \text{DBW} \times 100)$							
Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag y cols. (2020) (22)	9	9	0	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 7 días	Biodentine exhibió la mayor solubilidad
Kaup y cols. (2015) (23)	24	24	0	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 28 días	Ambos materiales mostraron un solubilidad de <3% después de 24 h.
Ceci y cols. (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 2 meses	MTA mostro los valores más altos de densidad en comparación con los otros materiales. No reportan diferencias entre Biodentine y IRM
Torres y cols. (2016) (28)	5	5	5	0	Método estándar ISO (pérdida de masa y estabilidad dimensional nm)	7 días 30 días	BIODENTINE mostró la mayor solubilidad seguido de MTA Y IRM
Poggio y cols. (2016) (30)	6	0	6	6	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 2 meses	Todos los materiales cumplieron con los requisitos de la ISO. No hubo significación estadística en la solubilidad entre los materiales probados después de 24 horas.
Singh y cols. (2015) (35)	6	7	7	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 3 días 10 días	BIODENTINE mostró la mayor solubilidad seguido de MTA Y IRM

MTA® = agregado de trióxido minera, IRM= Material restaurador intermedio, ISO= International Standards Organization, % Wight loss = $W_0 - W_1/W_0 \times 100$

En el apartado de Anexos se puede consultar las tablas completas correspondientes a cada una de las variables de estudio analizadas. Tabla 6: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la capacidad del sellado, Tabla 7: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la Biocompatibilidad, Tabla 8: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la solubilidad

9 DISCUSIÓN

9.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

La presente revisión sistemática proporciona información basada en la evidencia científica sobre las propiedades bio-físicas de biocompatibilidad, solubilidad y sellado apical de los materiales de obturación “a retro” en el tratamiento de la cirugía periapical.

Se han publicado muchos estudios clínicos sobre los resultados satisfactorios de la cirugía endodóntica, aun teniendo en cuenta que sus materiales, protocolos de tratamiento, periodos de seguimiento y criterios de inclusión y exclusión son extremadamente variables (37-39). Tesis y cols (40) encontraron un 91,6 % de éxito de la cirugía periapical, considerando como factores que pueden afectar al éxito la edad, sexo, tipo de diente tratado, obturación retrógrada y material utilizado, así como el uso de magnificación. En otro estudio, canción y cols (41) obtuvieron resultados del 93,3% de éxito de los tratamientos quirúrgicos a largo plazo. Aunque siguen siendo factores que pueden afectar el éxito la técnica quirúrgica, la edad, el sexo, el tipo de diente, así como el tipo de lesión etc. (37-40). En la actualidad el factor clave para una tasa de éxito creciente con la microcirugía endodóntica es el uso de biomateriales para la obturación “a retro” (24,29,33). El retrobturación es una parte esencial de la cirugía periapical.

El material de retrobturación ideal debe sellar la parte apical del conducto radicular, previniendo la extrusión de bacterias y sus subproductos a los tejidos perirradiculares circundantes. Sus características deben incluir una mínima citotoxicidad, propiedades bactericidas o bacteriostáticas, buena capacidad de sellado del retropreparado, y no ser reabsorbible, así como biocompatibles y bioactivos para promover la formación de cemento y hueso (25-36).

El objetivo de esta revisión sistemática fue conocer las propiedades biofísicas de los nuevos materiales a “retro” utilizados en la cirugía periapical y de forma secundaria evaluar la eficacia de los materiales a “retro” más tradicionales como el IRM y el Super EBA.

9.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

9.2.1 Capacidad de sellado

La importancia del sellado apical perfecto en endodoncia, más específicamente en cirugía periapical, es la motivación/razón para el desarrollo de materiales de obturación a “retro” con características físicas, químicas y biológicas favorables (20,24).

La prevención de la filtración bacteriana fue el interés de numerosos estudios que analizaron la capacidad de sellado de diferentes materiales de restauración y de obturación de la punta de la raíz (19-22, 25-27, 32,34). Se han discutido las ventajas, la viabilidad de los estudios y las limitaciones inherentes a los experimentos in vitro. El MTA, IRM, Biodentine y Super-EBA han sido evaluados como materiales de sellado utilizando diferentes métodos que incluyen pruebas de penetración de colorantes (19,25,27,32), transporte de fluidos (21) y análisis de adaptación marginal mediante SEM (20).

Actualmente, el análisis de microtomografía computarizada (micro-CT) puede proporcionar resultados in vitro claros en la calidad de los empastes radiculares, ya que es posible evaluar el volumen del empaste radicular material, los espacios entre el material de obturación y la estructura del diente, y los vacíos dentro del material (26).

En el presente trabajo de investigación la mayoría de los estudios en la actualidad informan de la filtración existente entre el material de obturación y las paredes dentinarias de la cavidad a “retro”, así como, las calificaciones aplicadas por diferentes evaluadores. (23,27,32) que determinó la extensión de puntos específicos y separados de los gaps (espacio entre la pared de dentina y el material de relleno).

Diversas revisiones sistemáticas informaron que el MTA proporciona un sellado apical superior en comparación con Super-EBA, independientemente del instrumento de resección de punta de raíz utilizado (19,32). Sin embargo, en un estudio (45) se recomendó pulir el material con bruñidores de bolas o curetas para asegurar el sellado apical y evitar que se pudieran producir márgenes abiertos. Pasar una fresa de acabado sobre IRM y Super-EBA condensados y fraguados produjo una mejor adaptación marginal y mostró una adaptación marginal similar en comparación con MTA.

En la literatura Shetty y cols (21) en su estudio utilizó la filtración de fluidos para comparar la capacidad de sellado de dos materiales de relleno diferentes, informando que el Biodentine tenía una microfiltración similar en comparación con MTA. La razón podría haber sido un tiempo de fraguado más corto, la naturaleza hidrófila del material o una leve expansión del material durante el fraguado.

La ampliación también se ha utilizado para analizar la superficie de materiales y estructuras dentales. En un estudio utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM) (20) se verificó la ausencia de diferencias significativas en la capacidad de sellado apical de Super-EBA y MTA, IRM y Resilon/Epifanía.

Estos resultados se informaron que la capacidad de sellado de MTA e IRM es comparable pero no es estadísticamente significativa; sin embargo, es posible que se requieran más estudios clínicos a largo plazo para encontrar el mejor material de relleno para la raíz. (20,32,34)

En cuanto al uso de micro-CT para evaluar la presencia (medir el volumen y porcentajes) de espacios marginales y vacíos internos formados después del relleno de la raíz en dientes humanos extraídos. Los hallazgos mostraron que todos los materiales a base de silicato de calcio probados MTA y Biodentine originó defectos después del fraguado (26).

9.2.2 Biocompatibilidad

Uno de los cuatro estudios encontrados propuso que MTA y Super-EBA son comparables (33). Un estudio realizado por Llerena y cols (31) indicó que tanto MTA como Super-EBA son análogos en términos de biocompatibilidad con potencial para proporcionar un entorno positivo para la célula, mostrando proliferación celular y capacidad osteogénica. Los períodos de evaluación de 1, 3 y 7 días fueron elegidos principalmente debido a que corresponden a la participación exponencial de aumento y posterior disminución de fibroblastos después de una lesión, con una cirugía apical complementaria (37).

Además, se probaron los efectos citotóxicos de Super-EBA y MTA en cultivos de células de pulpa humana, indicando una ausencia de toxicidad para Super-EBA en comparación con MTA (31,37). Al mismo tiempo, también se observó que el MTA era menos tóxico en las concentraciones más diluidas.

En un estudio de Khedmat y cols (41) declararon que la viabilidad de los monocitos mejoró significativamente con el tiempo tanto para el MTA como para el Biodentine, y esto puede deberse a una disminución en las sustancias citotóxicas lixiviadas de los materiales con el tiempo, disminuyendo así sus efectos citotóxicos en las células.

Ceci y cols (24) propusieron que la cantidad de células PDL era mucho mayor en Biodentine, lo que promovía la reparación y una mejor biocompatibilidad. La posible razón es que el Biodentine se compone principalmente de silicato tricálcico y dicálcico que mejora la bioactividad de esos materiales en los y las células similares a los osteoclastos mismos, lo que puede conducir a la liberación de silicio del cemento. (24, 36). Además, el Biodentine mostró niveles considerablemente más altos de liberación de iones de calcio y silicio que el MTA. Por lo tanto, se puede concluir que el Biodentine muestra una mejor biocompatibilidad (24).

El estudio de Alzrag y cols (22) ha informado que Biodentine tiene más número de células viables. No se dio ninguna explicación posible al respecto.

En otro estudio (42). Se descubrió que a pesar de que IRM muestra la mayor citotoxicidad y menor biocompatibilidad que MTA, sigue siendo un material aprobado para su uso según la Administración Estadounidense de Alimentos y Medicamentos (FDA).

En el presente trabajo de investigación demostró una mayor biocompatibilidad de MTA (22,31), o resultados similares entre MTA y Biodentine (20,36). A pesar de mostrar la mayor citotoxicidad, el IRM y super-EBA son materiales son aceptables de utilizar. (40). En otro estudio la comparación entre MTA y SuperEBA, no encontraron diferencias significativas entre ambos materiales [33,37]. Sin embargo y cols Poggio y cols (30) sí encontraron diferencias entre los dos materiales, con una mayor tasa de éxito en los casos tratados con MTA (86%) que con SuperEBA (67%). En esta revisión, los resultados obtenidos en la revisión que compara el uso de MTA versus SuperEBA se corresponden con los resultados de la mayoría de los estudios.

9.2.3 Solubilidad

En uno de los estudios se evaluó la solubilidad en base a la pérdida de masa del material después de la inmersión en agua durante 24 horas. Los períodos experimentales más largos pueden ser importantes al analizar el comportamiento de dichos materiales (43,46,47). Se presentó que la solubilidad en fluidos hasta los 30 días para Bioagregado, Biodentine y Material Restaurador Intermedio (IRM) no demostró diferencia significativa entre los materiales. (30,43).

Estos resultados, sin embargo, según Sudan y cols (44). El valor de solubilidad media del MTA en el grupo I en 1 día fue 1.65, a los 3 días fue 1.68, a los 10 días fue 2.10, a los 30 días fue 2.50 y a los 60 días fue de 2.63. El valor medio de solubilidad del Biodentine en el grupo II al día 1 fue 1.99, a los 3 días fue 2.14, a los 10 días fue 2.84, a los 30 días fue 3.64 y a los 60 días fue 5.40. Por tanto, había mayor solubilidad en el Biodentine.

En la literatura Kaup y cols (23) llevó a cabo un estudio para evaluar y comparar la solubilidad de materiales de obturación radicular a base de silicato de calcio mineral agregado de trióxido (MTA) y Biodentine en agua destilada, así como la radioopacidad y tiempo de fraguado de acuerdo con la Norma Internacional ISO 6876:2001.

Estos resultados, determinó la solubilidad en una solución salina tamponada con fosfato (PBS). La solubilidad de ambos materiales fue <3% después de 24 h. Ahora bien, en todos los tiempos de exposición, Biodentine fue significativamente más soluble durante 30 y 60 días que MTA.

Hubo un estudio que compara el uso de IRM y SuperEBA (30). Encontraron ciertas diferencias, con resultados ligeramente mejores en los tratamientos con IRM. El resultado de la revisión sistemática realizado favorece ligeramente al IRM, pero la diferencia no es significativa. Se necesitarían más estudios para llegar a resultados concluyentes.

9.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La presente revisión sistematiza evidencio una falta de estudios comparativos ya que de los 18 estudios incluidos las principales limitaciones de los estudios in vitro incluidos implican falta de homogeneización. Con pocos estudios disponibles, los estudios incluidos no tienen el mismo diseño metodológico, los criterios de evaluación del éxito o fracaso de la cirugía son subjetivos, el tiempo de seguimiento difiere mucho entre estudios y en muchos de los estudios solo se considera el tipo de material. estudios.

Sin embargo, existe una estrecha posibilidad de extrapolar los hallazgos para los pacientes, como cualquier otro experimento in vitro, y la imposibilidad de saber cuánto es el número clínico 'aceptable' (o apropiado) de defectos de aire en el material de obturación del extremo de la raíz. y/o entre las interfaces de la pared del canal de cemento. Se necesita investigación biológica para investigar la interconexión del tejido curativo en el interior de los vacíos materiales.

De igual manera la evaluación de la microfiltración apical en condiciones in vitro durante un período relativamente corto. Se ha demostrado en varios de los estudios la diferencia en los valores de fuga en diferentes intervalos de tiempo entre MTA y Biodentine. Es importante tener en consideración los demás factores que influyen en el éxito o fracaso de la cirugía periapical, como el tipo de restauración dental, la realización o no de retratamiento de conducto previo a la cirugía, el tipo de diente donde se ha realizado la cirugía periapical, técnica quirúrgica realizada y experiencia del operador.

Son necesarios estudios clínicos en humanos para evaluar el éxito de la cirugía periapical con estos dos materiales, considerando la regeneración ósea periapical y la ausencia de signos y síntomas clínicos y radiológicos.

Mirando hacia el futuro, hay algunas perspectivas sobre los materiales que podemos tener en cuenta.

Materiales avanzados/inteligentes: los avances en la ciencia de los materiales y la nanotecnología pueden conducir al desarrollo de material inteligentes, que puede tener la capacidad de responder a condiciones específicas dentro del entorno del conducto radicular. Por demás pueden incorporar nanopartículas o agentes bioactivos que brindan propiedades antimicrobianas, lo que ayuda a eliminar las bacterias resúdales dentro del sistema de conductos radiculares.

Materiales de obturación inyectables: estos materiales pueden administrarse en forma de líquido o gel, lo que permite más presión dentro del sistema de conductos radiculares. Los materiales inyectables ofrecieran una mejor adaptación a las anatomías complejas del canal y asegurarían el llenado completo del espacio del canal.

Precisión y odontología digital: la integración de tecnologías de odontología digital, como los sistemas de diseño y fabricación asistidos por CAD/CAM puede revolucionar la fabricación a la producción de obturadores hechos a la medida que coincidan con presión con la anatomía del conducto.

10 CONCLUSIÓN

Conclusiones principales

1. Los materiales bioceramicos para la obturación apical retrógrada, han demostrado en esta revisión, mejores propiedades biofísicas que los materiales clásicos. Sin embargo, podemos concluir, a pesar de que hay pocos estudios recientes que analicen IRM y SuperEBA, que las propiedades de estos últimos fueron aceptables.

Conclusiones secundarias

1. Respecto a la biocompatibilidad el material Biodentine fue el que presentó mejores resultados.
2. En relación con la solubilidad el material MTA demostró la menor solubilidad. SuperEBA demostró la mayor solubilidad de los materiales estudiados. El Biodentine, por tanto, presenta una solubilidad intermedia entre el MTA e IRM.
3. En cuanto a la capacidad de sellado, Biodentine y MTA muestran propiedades iguales entre ellos en y mejor en comparación con IRM Y SuperEBA

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Merino EM. Endodontic microsurgery. Londres: Quintessence; 2009.
2. Kim S, Pecora G. Color Atlas of Microsurgery in Endodontics. W B Saunders Company; 2001.
3. Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J*. 2022 Oct;55 Suppl 4:1020-58.
4. Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod*. 2013 Mar;39(3):332-9.
5. Pecora GE, Pecora CN. A new dimension in endo surgery: Micro endo surgery. *J Conserv Dent*. 2015;18(1):7-14.
6. Monaghan L, Jadun S, Darcey J. Endodontic microsurgery. Part one: diagnosis, patient selection and prognoses. *Br Dent J*. 2019 Jun;226(12):940-8
7. Jadun S, Monaghan L, Darcey J. Endodontic microsurgery. Part two: armamentarium and technique. *Br Dent J*. 2019 Jul;227(2):101-11..
8. Floratos S, Kim S. Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update. *Dent Clin North Am*. 2017 Jan;61(1):81-91.
9. Song W, Li S, Tang Q, Chen L, Yuan Z. In vitro biocompatibility and bioactivity of calcium silicate-based bioceramics in endodontics (Review). *Int J Mol Med*. 2021 Jul;48(1):128.

10. Ashi T, Mancino D, Hardan L, Bourgi R, Zghal J, Macaluso V, et al. Physicochemical and Antibacterial Properties of Bioactive Retrograde Filling Materials. *Bioengineering (Basel)*. 2022 Oct 28;9(11):624.
11. Singh S, Podar R, Dadu S, Kulkarni G, Purba R. Solubility of a new calcium silicate-based root-end filling material. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):149-53.
12. Oliveira HF, Gonçalves Alencar AH, Poli Figueiredo JA, Guedes OA, de Almeida Decurcio D, Estrela C. Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. *Iran Endod J*. 2013;8(4):182-6.
13. Abusrewil SM, McLean W, Scott JA. The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: A literature review. *Saudi Dent J*. 2018 Oct;30(4):273-82.
14. Soundappan S, Sundaramurthy JL, Raghu S, Natanasabapathy V. Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. *J Dent (Tehran)*. 2014 Mar;11(2):143-9.
15. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Anthonappa RP. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3-year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2018 Feb;19(1):1-22.
16. Maltezos C, Glickman GN, Ezzo P, He J. Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *J Endod*. 2006 Apr;32(4):324-7.
17. Zafar MS, Amin F, Fareed MA, Ghabbani H, Riaz S, Khurshid Z, et al. Biomimetic Aspects of Restorative Dentistry Biomaterials. *Biomimetics (Basel)*. 2020 Jul 15;5(3):34.

18. Nabeel M, Tawfik HM, Abu-Seida AMA, Elgendy AA. Sealing ability of Biodentine versus ProRoot mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. *Saudi Dent J.* 2019 Jan;31(1):16-22.
19. Benz, K., Markovic, L., Jordan, R. A., Novacek, C., & Jackowski, J. (2017). In vitro evaluation of the apical seal of two different retrograde filling materials. *Australian endodontic journal: the journal of the Australian Society of Endontology Inc*, 43(1), 29–33.
20. Oliveira, H. F., Gonçalves Alencar, A. H., Poli Figueiredo, J. A., Guedes, O. A., de Almeida Decurcio, D., & Estrela, C. (2013). Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. *Iranian endodontic journal*, 8(4), 182–186.
21. Shetty, S., Hiremath, G., & Yeli, M. (2017). A comparative evaluation of sealing ability of four root end filling materials using fluid filtration method: An *in vitro* study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 20(5), 307–310.
22. Alazrag, M. A., Abu-Seida, A. M., El-Batouty, K. M., & El Ashry, S. H. (2020). Marginal adaptation, solubility and biocompatibility of TheraCal LC compared with MTA-angelus and Biodentine as a furcation perforation repair material. *BMC oral health*, 20(1), 298.
23. Kaup, M., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2015). An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head & face medicine*, 11, 16.
24. Ceci, M., Beltrami, R., Chiesa, M., Colombo, M., & Poggio, C. (2015). Biological and chemical-physical properties of root-end filling materials: A comparative study. *Journal of conservative dentistry : JCD*, 18(2), 94–99.

25. Corsentino, G., Mazzitelli, C., Mazzoni, A., Ambu, E., Perotto, C., Franciosi, G., & Grandini, S. (2022). Sealing ability of two root-end filling materials at different retro-preparation lengths. *Journal of oral science*, *64*(1), 80–84.
26. Jardine, A. P., Rosa, K. F. V., Matoso, F. B., Quintana, R. M., Graziotin-Soares, R., & Kopper, P. M. P. (2021). Marginal gaps and internal voids after root-end filling using three calcium silicate-based materials: A Micro-CT analysis. *Brazilian dental journal*, *32*(4), 1–7.
27. Mohan, D., Singh, A. K., Kuriakose, F., Malik, R., Joy, J., & John, D. (2021). Evaluation of Sealing Potential of Different Repair Materials in Furcation Perforations Using Dye Penetration: An *In Vitro* Study. *The journal of contemporary dental practice*, *22*(1), 80–83.
28. Torres, F. F. E., Bosso-Martelo, R., Espir, C. G., Cirelli, J. A., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2017). Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. *Journal of applied oral science: revista FOB*, *25*(4), 374–380.
29. Karobari, M. I., Basheer, S. N., Sayed, F. R., Shaikh, S., Agwan, M. A. S., Marya, A., Messina, P., & Scardina, G. A. (2021). An In Vitro Stereomicroscopic Evaluation of Bioactivity between Neo MTA Plus, Pro Root MTA, BIODENTINE & Glass Ionomer Cement Using Dye Penetration Method. *Materials (Basel, Switzerland)*, *14*(12), 3159. h
30. Poggio, C., Lombardini, M., Alessandro, C., & Simonetta, R. (2007). Solubility of root-end-filling materials: a comparative study. *Journal of endodontics*, *33*(9), 1094–1097.
31. Coaguila-Llerena, H., Vaisberg, A., & Velásquez-Huamán, Z. (2016). In Vitro Cytotoxicity Evaluation of Three Root-End Filling Materials in Human Periodontal Ligament Fibroblasts. *Brazilian dental journal*, *27*(2), 187–191.

32. El Sayed, M., & Saeed, M. (2012). In vitro comparative study of sealing ability of Diadent BioAggregate and other root-end filling materials. *Journal of conservative dentistry : JCD*, *15*(3), 249–252.
33. Song, M., Yoon, T. S., Kim, S. Y., & Kim, E. (2014). Cytotoxicity of newly developed pozzolan cement and other root-end filling materials on human periodontal ligament cell. *Restorative dentistry & endodontics*, *39*(1), 39–44.
34. Amezcua, O., Gonzalez, Á. C., Borges, Á. H., Bandeca, M. C., Estrela, C. R., & Estrela, C. (2015). Sealing ability of root-end filling materials. *The journal of contemporary dental practice*, *16*(3), 210–214.
35. Singh, S., Podar, R., Dadu, S., Kulkarni, G., & Purba, R. (2015). Solubility of a new calcium silicate-based root-end filling material. *Journal of conservative dentistry : JCD*, *18*(2), 149–153.
36. Zhou, H. M., Shen, Y., Wang, Z. J., Li, L., Zheng, Y. F., Häkkinen, L., & Haapasalo, M. (2013). In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. *Journal of endodontics*, *39*(4), 478–483.
37. Paños-Crespo, A., Sánchez-Torres, A., & Gay-Escoda, C. (2021). Retrograde filling material in periapical surgery: a systematic review. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, *26*(4), e422–e429.
38. Solanki, N. P., Venkappa, K. K., & Shah, N. C. (2018). Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root-end filling material: A systematic review. *Journal of conservative dentistry : JCD*, *21*(1), 10–15.
39. Kohli, M. R., Berenji, H., Setzer, F. C., Lee, S. M., & Karabucak, B. (2018). Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature-Part 3: Comparison of

- Endodontic Microsurgical Techniques with 2 Different Root-end Filling Materials. *Journal of endodontics*, 44(6), 923–931.
40. Tsesis, I., Rosen, E., Taschieri, S., Telishevsky Strauss, Y., Ceresoli, V., & Del Fabbro, M. (2013). Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *Journal of endodontics*, 39(3), 332–339
41. Khedmat, S., Dehghan, S., Hadjati, J., Masoumi, F., Nekoofar, M. H., & Dummer, P. M. (2014). In vitro cytotoxicity of four calcium silicate-based endodontic cements on human monocytes, a colorimetric MTT assay. *Restorative dentistry & endodontics*, 39(3), 149–154
42. Martínez-Cortés, M., Tinajero-Morales, C., Rosales, C., & Uribe-Querol, E. (2017). Evaluación de la citotoxicidad de tres cementos selladores endodóncicos utilizados en cirugía periapical: estudio in vitro. *Revista odontológica mexicana*, 21(1), 40–48.
43. Espir, C. G., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Spin-Neto, R., Chávez-Andrade, G. M., Berbert, F. L., & Tanomaru-Filho, M. (2016). Solubility and bacterial sealing ability of MTA and root-end filling materials. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 24(2), 121–125.
44. Sudan, P. S., Samson, E. P., Kukreja, M. K., Khan, M., Misurya, R., & Ismail, P. M. S. (2018). A Comparative Evaluation of Apical Leakage using Three Root Canal Sealants: An in vitro Study. *The journal of contemporary dental practice*, 19(8), 955–958.
45. Jain, A., Ponnappa, K. C., Yadav, P., Rao, Y., Relhan, N., Gupta, P., Choubey, A., & Bhardwaj, S. (2016). Comparison of the Root End Sealing Ability of Four Different Retrograde Filling Materials in Teeth with Root Apices Resected at Different

- Angles - An Invitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 10(1), ZC14–ZC17.
46. Lee, B. N., Son, H. J., Noh, H. J., Koh, J. T., Chang, H. S., Hwang, I. N., Hwang, Y. C., & Oh, W. M. (2012). Cytotoxicity of newly developed ortho MTA root-end filling materials. *Journal of endodontics*, 38(12), 1627–1630.
47. Ma, J., Shen, Y., Stojicic, S., & Haapasalo, M. (2011). Biocompatibility of two novel root repair materials. *Journal of endodontics*, 37(6), 793–798.
48. Jiang, Y., Zheng, Q., Zhou, X., Gao, Y., & Huang, D. (2014). A comparative study on root canal repair materials: a cytocompatibility assessment in L929 and MG63 cells. *TheScientificWorldJournal*, 2014, 463826.
49. Gülses, A., Ayna, M., Emmert, M., Karataban, P., Kübel, P., Wiltfang, J., & Acil, Y. (2021). Assessment of marginal integrity of five different polymers in retrograde root-end filling following apicoectomy: An in-vitro analysis with scanning electron microscope and micro-radiography. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 23(3), 133–145.
50. De Bruyne, M. A., De Bruyne, R. J., & De Moor, R. J. (2006). Capillary flow porometry to assess the seal provided by root-end filling materials in a standardized and reproducible way. *Journal of endodontics*, 32(3), 206–209.
51. Gondim, E., Zaia, A. A., Gomes, B. P., Ferraz, C. C., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2003). Investigation of the marginal adaptation of root-end filling materials in root-end cavities prepared with ultrasonic tips. *International endodontic journal*, 36(7), 491–499.
52. Samara, A., Sarri, Y., Stravopodis, D., Tzanetakos, G. N., Kontakiotis, E. G., & Anastasiadou, E. (2011). A comparative study of the effects of three root-end filling materials on proliferation and adherence of human periodontal ligament fibroblasts. *Journal of endodontics*, 37(6), 865–870.

53. Schultz, C. B., Westhauser, P., Nideröst, B., & Klaus, W. G. (2005). Retrograde Obturation mit MTA-Zement und Super-EBA bei der Wurzelspitzenresektion Abdichtungsvermögen von MTA und Super-EBA im Farbpenetrationsversuch [Retrograde obturation with MTA Cement and Super-EBA after apicoectomy. Sealing ability of MTA and Super-EBA in dye penetration tests]. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie = Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*, 115(5), 442–454.
54. Maltezos, C., Glickman, G. N., Ezzo, P., & He, J. (2006). Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *Journal of endodontics*, 32(4), 324–327.
55. Mason, J., Kirkpatrick, T., & Roberts, H. W. (2022). Dislodgement pushout resistance of five bioceramic root-end filling materials. *Dental materials journal*, 41(6), 843–849.
56. Dong, W., Chen, R., Lin, Y. T., Huang, Z. X., Bao, G. J., & He, X. Y. (2020). A novel zinc oxide eugenol modified by polyhexamethylene biguanide: Physical and antimicrobial properties. *Dental materials journal*, 39(2), 200–205.
57. Uğur Aydın, Z., Toptaş, O., Göller Bulut, D., Akay, N., Kara, T., & Akbulut, N. (2019). Effects of root-end filling on the fractal dimension of the periapical bone after periapical surgery: retrospective study. *Clinical oral investigations*, 23(9), 3645–3651.
58. Torabinejad, M., Parirokh, M., & Dummer, P. M. H. (2018). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *International endodontic journal*, 51(3), 284–317.
59. Kaur, M., Singh, H., Dhillon, J. S., Batra, M., & Saini, M. (2017). MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 11(8), ZG01–ZG05.

60. Wongsorachai, R. N., Thanatvarakorn, O., Prasansuttiporn, T., Jittidecharaks, S., Hosaka, K., Foxton, R. M., & Nakajima, M. (2018). Effect of Polymerization Accelerator on Bond Strength to Eugenol-Contaminated Dentin. *The journal of adhesive dentistry*, 20(6), 541–547.
61. Duarte, M. A. H., Marciano, M. A., Vivan, R. R., Tanomaru Filho, M., Tanomaru, J. M. G., & Camilleri, J. (2018). Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Brazilian oral research*, 32(suppl 1), e70.
62. Torres, F. F. E., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Bosso-Martelo, R., Chavez-Andrade, G. M., & Tanomaru Filho, M. (2018). Solubility, porosity and fluid uptake of calcium silicate-based cements. *Journal of applied oral science: revista FOB*, 26, e20170465.
63. Pornamazeh, T., Yadegari, Z., Ghasemi, A., Sheykh-Al-Eslamian, S. M., & Shojaeian, S. (2017). *In Vitro* Cytotoxicity and Setting Time Assessment of Calcium-Enriched Mixture Cement, Retro Mineral Trioxide Aggregate and Mineral Trioxide Aggregate. *Iranian endodontic journal*, 12(4), 488–492.
64. Vivan, R. R., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Bernardes, R. A., Reis, J. M., Hungaro Duarte, M. A., & Tanomaru-Filho, M. (2016). Effect of ultrasonic tip and root-end filling material on bond strength. *Clinical oral investigations*, 20(8), 2007–2011.
65. Antunes, H. S., Gominho, L. F., Andrade-Junior, C. V., Dessaune-Neto, N., Alves, F. R., Rôças, I. N., & Siqueira, J. F., Jr (2016). Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *International endodontic journal*, 49(10), 960–965.
66. Shinbori, N., Grama, A. M., Patel, Y., Woodmansey, K., & He, J. (2015). Clinical outcome of endodontic microsurgery that uses EndoSequence BC root repair material as the root-end filling material. *Journal of endodontics*, 41(5), 607–612.

67. Jung, S., Mielert, J., Kleinheinz, J., & Dammaschke, T. (2014). Human oral cells' response to different endodontic restorative materials: an in vitro study. *Head & face medicine*, *10*, 55.
68. Lee, B. N., Lee, K. N., Koh, J. T., Min, K. S., Chang, H. S., Hwang, I. N., Hwang, Y. C., & Oh, W. M. (2014). Effects of 3 endodontic bioactive cements on osteogenic differentiation in mesenchymal stem cells. *Journal of endodontics*, *40*(8), 1217–1222.
69. Chang, S. W., Lee, S. Y., Ann, H. J., Kum, K. Y., & Kim, E. C. (2014). Effects of calcium silicate endodontic cements on biocompatibility and mineralization-inducing potentials in human dental pulp cells. *Journal of endodontics*, *40*(8), 1194–1200.
70. Onay, E. O., Gogos, C., Ungor, M., Economides, N., Lyssaris, V., Ogus, E., & Lambrianidis, T. (2014). Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on apical sealing ability of calcium silicatecontaining endodontic materials in root-end cavities. *Dental materials journal*, *33*(4), 570–575.
71. Chang, S. W., Lee, S. Y., Kum, K. Y., & Kim, E. C. (2014). Effects of ProRoot MTA, Bioaggregate, and Micromega MTA on odontoblastic differentiation in human dental pulp cells. *Journal of endodontics*, *40*(1), 113–118.
72. Koçak, M. M., Koçak, S., Oktay, E. A., Kiliç, A., & Yaman, S. D. (2013). In vitro evaluation of the minimum bactericidal concentrations of different root-end filling materials. *The journal of contemporary dental practice*, *14*(3), 371–374.
73. Zhou, W., Zheng, Q., Tan, X., Song, D., Zhang, L., & Huang, D. (2017). Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and iRoot BP Plus Root Repair Material as Root-end Filling Materials in Endodontic Microsurgery: A Prospective Randomized Controlled Study. *Journal of endodontics*, *43*(1), 1–6.

74. Bodrumlu E. (2008). Biocompatibility of retrograde root filling materials: a review. *Australian endodontic journal: the journal of the Australian Society of Endontology Inc*, 34(1), 30–35.
75. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021 Mar 29;372: n71
76. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159-74.
77. Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Int J Surg*. 2012;10(1):28-55.

12. Anexos

Tabla 1: Palabras clave y palabras medical subject headings (Mesh) utilizadas para construir el algoritmo de búsqueda

PICO	Palabras clave	Terminos Mesh
P (población):	"in vitro "; "Teeth, Endodontically-Treated" "Devitalized Teeth"	"in vitro techniques»; "tooth, nonvital"
I (intervención)	"New biomaterials"; "Mineral Trioxide Aggregate"; "MTA" "Biodentine "; «biocompatible materials" "calcium silicate"	-
C (comparación)	"Polymer-reinforced zinc oxide-eugenol "; "superEBA"	"Zinc oxide-eugenol cement"
O (Resultados)	"Periapical surgery"; "root-end surgery"; "apical microsurgery"; "Endosequence root repair material"	"Retrograde obturation"; "apicoectomy»; "biocompatible materials»; "solubility"

Table 2: Algoritmo de búsqueda utilizado para cada motor de búsqueda

Base de datos:	Algoritmo de búsqueda	Filtros	Fecha
Pubmed	<p>("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("vitro"[All Fields] AND "techniques"[All Fields]) OR "in vitro techniques"[All Fields] OR "vitro"[All Fields] OR "in vitro"[All Fields]) OR "tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("teeth"[All Fields] AND "endodontically"[All Fields] AND "treated"[All Fields]) OR "teeth endodontically treated"[All Fields]) OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("devitalized"[All Fields] AND "teeth"[All Fields]) OR "devitalized teeth"[All Fields])) AND (("new"[All Fields] AND ("biocompatible materials"[Pharmacological Action] OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("biocompatible"[All Fields] AND "materials"[All Fields]) OR "biocompatible materials"[All Fields] OR "biomaterial"[All Fields] OR "biomaterials"[All Fields] OR "biomaterial s"[All Fields])) OR ("mineral trioxide aggregate"[Supplementary Concept] OR "mineral trioxide aggregate"[All Fields]) OR "MTA"[All Fields] OR ("tricalcium silicate"[Supplementary Concept] OR "tricalcium silicate"[All Fields] OR "biodentine"[All Fields]) OR ("biocompatible materials"[MeSH Terms] OR "calcium silicate"[All Fields])) AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR ("polymer-reinforced"[All Fields] AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR "zinc"[All Fields] AND "oxide eugenol"[All Fields] AND "cement"[All Fields]) OR "zinc oxide-eugenol cement"[All Fields] OR ("zinc"[All Fields] AND "oxide"[All Fields] AND "eugenol"[All Fields]) OR "zinc oxide eugenol"[All Fields]) OR "superEBA"[All Fields]) AND (((("periapical"[All Fields] OR "periapically"[All Fields] OR "periapicals"[All Fields]) AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR ("root-end"[All Fields] AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR "retrograde obturation"[MeSH Terms] OR "apicoectomy"[MeSH Terms] OR ("apical"[All Fields] OR "apically"[All Fields] OR "apicals"[All Fields] OR "apices"[All Fields]) AND ("microsurgery"[MeSH Terms] OR "microsurgery"[All Fields] OR "microsurgeries"[All Fields]) OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("solubility"[MeSH Terms] OR "EndoSequence root repair material"[All Fields]))</p>	-	22.12.22
Scopus	<p>(ALL (((("in vitro techniques") OR (in AND vitro)) OR ("tooth, nonvital")) OR (teeth, AND endodontically-treated)) OR (devitalized AND teeth)) AND ALL (((((new AND biomaterials)) OR (mineral AND trioxide AND aggregate)) OR (mta)) OR (biodentine)) OR ("biocompatible materials" OR "calcium silicate")) AND ALL (("zinc oxide-eugenol cement") OR (polymer-reinforced AND zinc AND oxide-eugenol) OR (supereba)) AND ALL (((((periapical AND surgery) OR (root-end AND surgery)) OR ("retrograde obturation")) OR ("apicoectomy")) OR (apical AND microsurgery)) OR ("biocompatible materials")) OR ("solubility" OR ("EndoSequence root repair material")))</p>	Dentistry English 2013- 2022	22.12.22
Web of science	<p>((ALL=(((((in vitro techniques) OR (in vitro)) OR (tooth, nonvital)) OR (Teeth, Endodontically-Treated)) OR (Devitalized Teeth))) AND ALL=(((((new biomaterials) OR (Mineral Trioxide Aggregate)) OR (MTA)) OR (biodentine)) OR (biocompatible materials)) OR (calcium silicate))) AND ALL=((zinc oxide-eugenol cement) OR (polymer-reinforced zinc oxide-eugenol) OR (superEBA))) AND ALL=(((((periapical surgery) OR (root-end surgery)) OR ((retrograde obturation)) OR (apicoectomy)) OR (apical microsurgery)) OR (biocompatible materials)) OR (solubility OR EndoSequence root repair material))</p>	-	22.12.22

Tabla 4: Estudios incluidos en la presente revisión sistemática

Autor y año	Tipo de estudio	Nº total de dientes	Material comparado	Nº de dientes por material	Variables del estudio
K. Benz y cols (2016) (19)	<i>Artículo de revista</i>	72	MTA SUPER-EBA	36 36	Capacidad de sellado
Oliveira y cols. (2013) (20)	<i>Ensayo in vitro</i>	25	MTA IRM SUPER-EBA	5 5 5	Capacidad de sellado
Shetty y cols. (2017) (21)	<i>Ensayo en dientes ex vivo</i>	44	MTA BIODENTINE	12 11	Capacidad de sellado
Alazrag y cols. (2020) (22)	<i>Ensayo ex vivo</i>	27	MTA BIODENTINE	9 9	Capacidad de sellado Biocompatibilidad Solubilidad
Kaup y cols. (2015) (23)	<i>Ensayo in vitro</i>	72	MTA BIODENTINE	24 24	Solubilidad
Ceci y cols. (2015) (24)	<i>Ensayo in vitro</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Biocompatibilidad Solubilidad
Corsentino y cols. (2022) (25)	<i>Ensayo in vitro</i>	50	BIODENTINE SUPER-EBA	25 25	Capacidad de sellado
Jardine y cols. (2021) (26)	<i>Ensayo ex vivo en dientes de resina</i>	30	MTA BIODENTINE	10 10	Capacidad de sellado
Mohan y cols. (2021) (27)	<i>Artículo de revista</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Capacidad de sellado
Torres y cols. (2016) (28)	<i>Artículo de revista</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Solubilidad
Karoabari y cols. (2021) (29)	<i>Ensayo in vitro</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Biocompatibilidad
Poggio y cols. (2016) (30)	<i>Ensayo in vitro</i>	18	MTA IRM SUPER-EBA	6 6 6	Solubilidad
Llerena y cols. (2016) (31)	<i>Artículo de revista</i>	N/A	MTA SUPER-EBA	N/A	Biocompatibilidad
Bhatia y cols (2021) (32)	<i>Ensayo in vitro</i>	120	MTA IRM	30 30	Capacidad de sellado
Song y cols (2013) (33)	<i>Ensayo in vitro</i>	60	MTA SUPER-EBA	30 30	Biocompatibilidad
Amezcuca y cols. (2015) (34)	<i>Ensayo ex vivo</i>	50	MTA SUPER-EBA	10 10	Capacidad de sellado
Singh y cols. (2015) (35)	<i>Ensayo in vitro</i>	20	MTA BIODENTINE IRM	6 7 7	Solubilidad
Zhou y cols. (2015) (36)	<i>Artículo de revista</i>	20	MTA BIODENTINE	7 8	Biocompatibilidad
Total		768			

MTA®: mineral agregado de trióxido, IRM: Material restaurador intermedio,

Fig. 2: Medición del riesgo de sesgo de los estudios in- vitro con la escala modificada de Arrive y Consrot (77)

	K. Benz (19)	Oliveira (20)	Shetty (21)	Alazrag (22)	Kaup (23)	Ceci (24)	Corsentino (25)	Jardine (26)	Mohan (27)	Torres (28)	Karoabari (29)	Poggio (30)	Llerena (31)	Bhatia (32)	Song (33)	Amezcu (34)	Singh (35)	Zhou (36)
Title (2) Inaccurate/no concise (3) Concise/adequate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Abstract: structured summary (4) Clearly inadequate (5) Possibly accurate (6) Clearly accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: background, experimental approach, and rationale/hypothesis (4) Insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly meets	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: preprimary and secondary objectives (3) Not Clearly stated. (4) Clearly stated	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: study design explained number of experimental and control groups, (4) Clearly insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: precise details of experimental procedure (i.e., how, when, where, and why) (4) Clearly insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: How sample size was determined and sample size calculation. (4) No (5) Undear/ not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: Details of statistical methods and analysis (4) No (5) Undear/ not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Results: explanation for any excluded data, results of each analysis with a measure (4) No (5) Undear/ not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Discussion: interpretation/ limitations, and generalizability/translation (3) Clearly inadequate (4) Possibly accurate (5) Clearly accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Statement of potential conflicts and funding disclosure (2) No (3) Yes	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

Tabla 6: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la capacidad del sellado

Capacidad de sellado (% , μ l/min/cmH2)

Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
K. Benz y cols. (2016) (19)	36	0	0	36	Solución de colorante azul de metileno al 2%	7 días	La capacidad de sellado de los dientes obturados con MTA difería significativamente de aquellos llenos con superEBA
Oliveira y cols. (2013) (20)	5	5	5	5	Imágenes SEM a 100x y 500 aumentos.	24 h	No se observaron diferencias significativas entre los materiales probados
Shetty y cols. (2017) (21)	11	12	0	0	Método de filtración de fluidos (μ l/pulg./cmH2O)	7h h 1-3 meses	MTA mostro una capacidad de sellado superior seguido de Biodentine
Alazrag y cols. (2020) (22)	9	9	0	0	SEM (aumento x 1000)	7 días 1 mes 3 meses	Biodentine mostro una capacidad de sellado superior de los materiales comparados
Corsentino y cols. (2022) (25)	0	25	0	25	Solución de colorante azul de metileno al 3%	24 h	Biodentine mostro una microfiltración menor en comparación con super - EBA
Jardine y cols. (2021) (26)	10	10	0	0	Micro-CT escaneo calculando el mm3 y %	7 días	No se encontraron diferencias entre MTA (ángelus/ Neo plus) o Biodentine
Mohan y cols. (2021) (27)	20	20	0	0	Colorante azul de metileno al 2%.	48 h	Biodentine muestra una menor penetración del tinte en la reparación de perforaciones a lo largo de las furcaciones y una mejor capacidad de sellado.
Bhatia y cols (2021) (32)	30	0	30	0	Colorante azul de metileno al 2%.	72 h	MTA mostró una capacidad de sellado mayor de la IRM
Amezcuca y cols. (2015) (34)	10	0	0	10	Prueba de fuga microbiana (turbidez)	24h 60 días	Todos los materiales probados mostraron microbios fuga. No se encontraron diferencias significativas entre Super-EBA o MTA

MTA® = agregado de trióxido mineral, Micro-CT: microtomografía computarizada, SEM: Microscopia electrónica de barrido, IRM= Material restaurador intermedio, mm3 y % = Espacios marginales, internos volumen de vacíos % = porcentaje. μ l/min/cmH2 O = microlitro por minuto por centímetro de agua

Tabla 7: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la Biocompatibilidad

Biocompatibilidad (% , nm, 100 µL/well, (1:1, 1:2, 1:4 and 1:8),)

Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag y cols (2020) (22)	9	9	0	0	Respuesta celular inflamatoria y distribución de frecuencias de radio transparencia (%) mediante el uso de microscopio de luz	1 mes 3 meses	La mayor biocompatibilidad se registró en el subgrupo MTA seguido del Biodentine
Ceci y cols (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	(MDPC-23) evaluado con prueba azul de Alamar mediante espectrofotómetro (595 nm)	24h 48 h 2 h	Biodentine demostró ser el material más biocompatible probado
Karoabari y cols (2021) (29)	20	20	0	0	Penetración de tinte	7 días 15 días 1 mes	Tanto MTA como BIODENTINE tienen cifras casi similares en la penetración del tinte
Llerena y cols (2016) (31)	N/A	0	0	N/A	Ensayo colorimétrico de metil-tiazol-tetrazolio (MTT)	2 días 7 días	MTA fue menos citotóxicos en comparación con Super EBA en la dilución más alta (1:1)
Song y cols (2013) (33)	30	0	0	30	Examen microscópico de luz, celular conteo y ensayo WST-1 en células de ligamento periodontal humano.	6 h 48 h	Súper EBA mostró la viabilidad más baja.
Zhou y cols. (2015) (36)	7	8	0	0	Citometría de flujo, y la adhesión de la encía humana fibroblastos evaluados con SEM.	1 día 3 días 7 días	Los fibroblastos gingivales humanos mostraron una respuesta similar a los extractos de Biodentine y MTA medido por ensayo de citotoxicidad y celular crecimiento en materiales establecidos

MTA® = agregado de trióxido mineral, IRM= Material restaurador intermedio, SEM: Microscopia electrónica de barrido, nm= nanómetro, MDPC-23 = células de odontoblastos murinos, MTT= metil-tiazol-tetrazolio, (1:1, 1:2, 1:4 and 1:8) = diluciones de extractos.

Tabla 8: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la solubilidad

$$\text{Solubilidad} = (W_0 - W_1 / W_0 \times 100, \text{ nm}, \text{FDW} - \text{DBW} \times 100)$$

Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag y cols (2020) (22)	9	9	0	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 7 días	Biodentine exhibió la mayor solubilidad
Kaup y cols (2015) (23)	24	24	0	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 28 días	Ambos materiales mostraron un solubilidad de <3% después de 24 h.
Ceci y cols. (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 2 meses	MTA mostro los valores más altos de densidad en comparación con los otros materiales. No reportan diferencias entre Biodentine y IRM
Torres y cols. (2016) (28)	5	5	5	0	Método estándar ISO (pérdida de masa y estabilidad dimensional nm)	7 días 30 días	BIODENTINE mostró la mayor solubilidad seguido de MTA Y IRM
Poggio y cols. (2016) (30)	6	0	6	6	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 2 meses	Todos los materiales cumplieron con los requisitos de la ISO. No hubo significación estadística en la solubilidad entre los materiales probados después de 24 horas.
Singh y cols. (2015) (35)	6	7	7	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 3 días 10 días	BIODENTINE mostró la mayor solubilidad seguido de MTA Y IRM

MTA® = agregado de trióxido minera, IRM= Material restaurador intermedio, ISO= International Standards Organization, % Wight loss = $W_0 - W_1 / W_0 \times 100$

GUÍA PRISMA 2023

Section and topics	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Title			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	Portada
Abstract			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist (table 2).	1-4
Introduction			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge	22-23
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses	23
Methods			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses	26
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organizations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	27-30
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers, and websites, including any filters and limits used	27
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process	30-31
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process	30-31
Data items	10 a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect	30-32
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information	30-32
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process	32
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	32
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	30-32
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions	28-32
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	28-32
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used	30
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, metaregression).	30

	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesised results.	30
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome	
Results			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram (see fig 1).	34-35
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded	36-39
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics	36-39
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	40-2
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimates and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	43-48
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies	44-48
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesised results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
Discussion			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence	49-55
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review	55
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	55
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	55
Other information			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors	
Availability of data, code, and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

Comparative study of the biophysical properties between zinc oxide-eugenol-based cements and the new bioceramics as retrograde filling material in periapical surgery

A systematic review

Running title: Comparative study of the biophysical properties between the cements used as "retro" filling materials in periapical surgery.

Authors:

Lana Wael M. Deeb¹, Pedro Mico -Muñoz²

¹ 5th year student of Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain

² Endodontic and restorative dentistry Titular Professor, Universidad Europea de Valencia, España

Corresponding and reprints author

Pedro Mico- Munoz

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

Pedro.Mico@universidaderuoepa.es

Abstract:

Introduction: Periapical surgery is a procedure that is carried out to eliminate inflammatory tissues in the form of a periapical lesion when its origin is pulpal and its primary endodontic treatment, as well as its retreatment, has not been successful. The need to have a root end filling material with favorable physical, chemical, and biological characteristics is crucial for success and perfect apical sealing in periapical surgery. Although MTA® is the gold standard material for retrograde fillings, traditional materials are still used. A systematic review has been carried out to compare the biocompatibility, solubility and sealing capacity of the new Biodentine® and MTA® cements with the older IRM® and Super-EBA.

Materials and Methods: An electronic search was conducted on December 22, 2023, in the PubMed-MEDLINE, Scopus, and Web of Science databases. Comparative in vitro studies evaluating biocompatibility sealing ability and solubility were included.

Results: After initially analyzing 212 studies, 18 were included. Regarding biocompatibility, the study seemed to show a better biocompatibility with Biodentine®, although other studies showed that it has similar properties compared to MTA®. According to some authors, there were no significant differences after one week in terms of sealing capacity. According to international standards organizations (ISO), Biodentine® demonstrated significantly lower solubility than MTA® and IRM® after 10 days. Super-EBA® was the material that demonstrated the lowest properties.

Conclusion: Biodentine demonstrated greater biocompatibility and sealing capacity together with MTA. Regarding IRM and super-EBA, their biophysical properties continue to be acceptable as "retrograde» filling materials, even though they have been little studied in recent years.

Keywords: *Bioceramics, Biocompatibility, IRM, Periapical surgery, Retrograde obturation, Sealing ability, Super-EBA, Solubility*

Introduction

Periapical surgery is a part of endodontic surgery that is indicated for the treatment of periapical lesions of pulpal origin when primary endodontic treatment and/or its retreatment have not been successful (1,2). The development of microscopic techniques has introduced new insights into apical anatomy, surgical technique, and root apex resection. All of this will contribute to improving the response of the host and to the success of the surgical treatment (2-4). The ultimate success of root-end surgery lies in the eradication of persistent periapical lesions. (2-5). In periapical surgery, resection of the root apex and preparation of 3-mm deep retrograde cavities must be performed. Preparing such a cavity with diamond-coated ultrasonic tips and as small an osteoplastic entry as possible facilitates a more accurate and preserved preparation (4,5). The most important, for the definitive success of periapical surgery, according to several authors, is that the regeneration of a functional periodontal insertion that includes the cement and the alveolar bone occurs, and that the materials in contact with the periradicular tissues must exhibit good properties (6-8). Various root end filling materials have been proposed for cavity sealing, such as IRM[®], SuperEBA[®], zinc oxide and eugenol-based cements or silicate-based materials such as Biodentine[®] and MTA[®]. (8-9). The result of the treatment is negatively affected by the poor marginal adaptation of the material, the poor biocompatibility, and the low solubility (9). The purpose of this study was to compare the sealing capacity, biocompatibility, and solubility of the new bioceramics materials MTA[®] and Biodentine[®] with traditional “retro” filling materials such as IRM[®] and Super-EBA[®] in vitro.

Materials and methods

The Preferred Reporting items for systematic review and Meta-Analysis (Prisma) (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guideline was followed to perform this systematic review (10).

- Protocol and focused question

The following focus question was used according to population, intervention, comparison, and outcome study design:

- P (Population): non-vital teeth
- I (Intervention): The new biomaterials
- C (Comparison): Eugenol zinc oxide cements
- O(Results): the biophysical properties of the retrograde root filling system
 - O1: Biocompatibility of bioceramics and zinc oxide-based cements
 - O2: Solubility between the new bioceramics and the traditional retro-filling material
 - O3: Sealing capacity between biomaterials for “retrograde” sealing

- Selection criteria:

Studies were included according to the following inclusion criteria:

- Study design: In vitro and ex vivo studies. Studies in languages of English or Spanish; included in the period between 2012 and 2023.
- Patient: In vitro teeth, ex vivo teeth (extracted)
- Intervention: Studies on biomaterials based on calcium silicate introduced after 1993 (MTA, Biodentine, bioaggregate.
- Type of control: Studies on traditional endodontic materials used as zinc oxide-based retrofilling (IRM, super-EBA) or glass ionomer.
- Variable: Studies that provide biophysical properties in relation to the filling materials used as «retrograde" material; Studies that review secondary variables such as sealing capacity in relation to the material used; solubility and biocompatibility

- Information sources and data search

An electronic search was conducted during December 22, 2023, in the PubMed-MEDLINE, Scopus and Web of Science databases. In addition, a manual search was carried out. With the following keywords: ***"in vitro techniques"; "in vitro"; "tooth, nonvital" "Teeth", "Endodontically-Treated" "Devitalized Teeth"; "new biomaterials" Mineral Trioxide Aggregate"; "MTA"; "Biodentine"; "biocompatible materials"; "calcium silicate"; "zinc oxide-eugenol cement"; "polymer-reinforced zinc oxide-eugenol"; "superEBA"; "periapical surgery" "root-end surgery"; "retrograde obturation"; "apicoectomy"; "apical microsurgery; "biocompatible materials"; "solubility"; "Endosequence root repair material".***

Keywords were combined with a combination of the controlled terms (MeSH for pubmed) to obtain the best search results. The following search strategy in pubmed was carried out: ("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("vitro"[All Fields] AND "techniques"[All Fields]) OR "in vitro techniques"[All Fields] OR "vitro"[All Fields] OR "in vitro"[All Fields]) OR "tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("teeth"[All Fields] AND "endodontically"[All Fields] AND "treated"[All Fields]) OR "teeth endodontically treated"[All Fields]) OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("devitalized"[All Fields] AND "teeth"[All Fields]) OR "devitalized teeth"[All Fields])) AND (("new"[All Fields] AND ("biocompatible materials"[Pharmacological Action] OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("biocompatible"[All Fields] AND "materials"[All Fields]) OR "biocompatible materials"[All Fields] OR "biomaterial"[All Fields] OR "biomaterials"[All Fields] OR "biomaterial s"[All Fields])) OR ("mineral trioxide aggregate"[Supplementary Concept] OR "mineral trioxide aggregate"[All Fields]) OR "MTA"[All Fields] OR ("tricalcium silicate"[Supplementary Concept] OR "tricalcium silicate"[All Fields] OR "biodentine"[All Fields]) OR ("biocompatible materials"[MeSH Terms] OR "calcium silicate"[All Fields])) AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR ("polymer-reinforced"[All Fields] AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR ("zinc"[All Fields] AND "oxide eugenol"[All Fields] AND "cement"[All Fields]) OR "zinc oxide-eugenol cement"[All Fields] OR ("zinc"[All Fields] AND "oxide"[All Fields] AND "eugenol"[All Fields]) OR "zinc oxide eugenol"[All Fields])) OR "superEBA"[All Fields]) AND

((("periapical"[All Fields] OR "periapically"[All Fields] OR "periapicals"[All Fields]) AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgerys"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR ("root-end"[All Fields] AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgerys"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR "retrograde obturation"[MeSH Terms] OR "apicoectomy"[MeSH Terms] OR (("apical"[All Fields] OR "apically"[All Fields] OR "apicals"[All Fields] OR "apices"[All Fields]) AND ("microsurgery"[MeSH Terms] OR "microsurgery"[All Fields] OR "microsurgeries"[All Fields])) OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("solubility"[MeSH Terms] OR "EndoSequence root repair material"[All Fields])). No filters were applied during the search. On the other hand, a manual search of scientific articles from the following endodontic journals was carried out: Journal of Endodontics y Journal of Dentistry, international endodontic journal dental materials journal.

- Search strategy:

A selection process was carried out in three stages. Two impartial reviews (SI and MR) independently preformed the systematic review search. The first phase of screening consisted in the selection of relevant articles based on their title and abstract. The relevant articles were then excluded based on the exclusion criteria: and selected according to the type of study, type of intervention, and outcome variables. The third screening phase consisted of reading the full texts of the articles included in the first screening phase. Articles were then excluded if they did not meet the inclusion criteria. Any disagreement in the study eligibility was resolved by discussion between both reviews until a consensus was reached. The degree of agreement regarding the inclusion of potential studies was calculated by k-statistics (Cohen kappa test) (11) for the second and third stage of eligibility.

- **Extraction of data:**

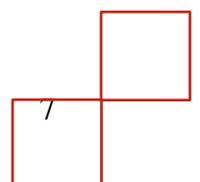
Following a thorough reading of the included studies, factors present in all articles that provide adequate information on the study objectives were obtained. These variables were then summarized in tables. The factors evaluated in each of the studies were: author, year of publication, type of study (ex vivo or in vitro), root end filling material (MTA, Biodentine, IRM and Super-EBA,) the bio-physical properties of root filling materials (biocompatibility, solubility and sealing ability), use of measurement of biophysical properties (dye-penetration micro-CT, water-powder ratio.) Success rate (%) of biomaterials when it comes to biophysical properties.

- **Quality and risk of bias assessment:**

The risk of bias was independently assessed to analyze the methodological quality of the included articles. To assess the quality of the in vitro or ex vivo studies, the modified ARRIVE and CONSORT scale was used (12). With the following parameters: inaccurate/not concise, possibly sufficient/uncertain, or incomplete, clearly sufficient. If a particular parameter was insufficient or unclear, the score was 0 to 1, if it was somewhat informative or possibly sufficient, the score was 2, and complete and clear received a score of 3. Articles that scored between 0 were classified as high risk of bias, those with scores of 2 as moderate risk, and 3 as low risk of bias. The degree of inter-examiner agreement of the methodological quality assessment was obtained with Cohen kappa test proposed by the Landis and Koch score (11).

- **Data synthesis**

To summarize and compare the outcome variables between different studies, the measured values of the main variables were compared according to the type of measurement method. Since the measurements found in the analyzed studies came from samples with different measurement methods and both the follow-up time. It was necessary to compare the same values with the same measurement techniques.



Results:

- Study selection:

As illustrated in the PRISMA flowchart (Figure 1), a total of 212 studies were initially identified in the following databases through the Duclé Chacón CRAI Library of the European University of Madrid and Elsevier Scopus: PUBMED-MEDLINE complete (n=46), Web of Science (n=9), Scopus (n=155) and E-Journals (n=2). Among all the databases, 6 records were duplicated. Therefore, we sought to retrieve a total of 47 reports; however, there were no issues with retrieving all reports. As a result, 18 articles met the inclusion criteria and were finally included in the systematic review. The k-value for inter-examiner agreement on the study inclusion was 1.0 (titles and abstracts) and 1.0 (type of study) indicating “complete” agreement respectively based on the Landis and Koch criteria (11).

- Study characteristics:

Outlined in Table 1, the 18 studies included in this systematic review are described. Details of the publication author, year, type of study, number of each sample in the population, and number per material, study variables, and risk of bias were listed. Of the 18 articles included, 9 articles describe the sealing capacity (13-16 19-21,25,27), 6 the solubility (16-18, 22,24,25), and 6 the biocompatibility of the materials used. (16,18,23,25,27,30). Most of the included studies were journal articles or trials on ex vivo teeth or resin artificial teeth. A total of 768 were treated, where the study by Bhatia et al had the largest amount of sample, while Olivera et al had the fewest participants: 217 treated with mineral trioxide aggregate (MTA), 136 with the Biodentine material, 62 while the application of IRM (intermediate restorative material) and 91 treated with Super-EBA

- Risk of bias

The 18 studies included in the systematic review presented a low (13,14,17,19, 21- 23, 25,26) or moderate (16,18,20,22,25,) risk of bias. High risk of bias was found in 1 article included. For this particular study it was considered that there was a high risk of bias due to the very nature of the type of study (34). The most frequent risks of bias found in the studies were the method of measuring of the biophysical properties, description

of the sample size calculation, and the description of each of the materials reviewed. The k value (Cohen's kappa test) (11) on the agreement between the reviewers of the methodological quality was 0.80 according to the Landis & Koch scale.

- **Synthesis of results**

Sealing ability

Regarding the results published by Bentz et al (13), Bhatia et al (26) and Shetty et al (15) reported statistically significant results in favor of MTA, while Oliveria et al (14), Jardine et al (20), and Amezcua et al (28) showed that they did not observe differences between the different materials reviewed. Alazrag et al (16) and Corsentino et al (19) found that the sealing capacity is greater in surfaces filled with Biodentine. Regarding IRM and super-EBA, it was demonstrated that the sealing capacity is lower compared to MTA and Biodentine (25,32), while Amezcua et al. found no difference between the sealing capacity of the 4 materials.

Biocompatibility

Regarding biocompatibility, it was the most controversial property. In Table 3, according to Alazrag et al (16), favorable results were shown for MTA at 1-3 months, while in the study by Ceci et al (18) they recorded significant results in favor of Biodentine with respect to MRI and MTA. Regarding the two literatures, Bhatia et al. (26) and Zhou et al. (30) showed that there are no significant differences in the compared materials. In the study on Super-EBA, they demonstrated greater cytotoxicity compared to MTA (31).

Solubility

The descriptive results of solubility are shown in Table 4. The mean success rate was higher for both Alazrag et al (16), Torres et al (22) and Singh et al for Biodentine, depending on the measurement method. Finally, in Poggio et al (24,29) they did not register significant differences between MTA, Biodentine and Super-EBA at 2-month follow-up. Regarding the study with IRM, according to Ceci et al., they demonstrated greater solubility in MTA, while there was no difference between MRI and Biodentine (28). Similar results on MRI were demonstrated in Torres et al (22).

Discuszion:

Clinical studies on the satisfactory results of endodontic surgery have been published, even considering that their materials, treatment protocols, follow-up periods, and inclusion and exclusion criteria are extremely variable (35-36). Tsesis et al (31) found a success rate of 91.6% for periapical surgery, considering age, sex, type of tooth treated, retrograde filling and material used as factors that may affect success, as well as such as the use of magnification. In another study, Song et al (32) obtained results of 93.3% success of long-term surgical treatments. Although the surgical technique, age, sex, type of tooth, as well as the type of lesion, etc are still factors that can affect success. (36-38). Currently, with endodontic microsurgery it is considered that a key factor for an increasing success rate is the use of retrograde filling materials. (18,23,27).

Sealing ability

The prevention of bacterial leakage was the interest of numerous studies that analyzed the sealing capacity of different restorative materials and plugging of “retro” cavities performed after apicoectomies (13-16, 19-21, 26,28). The inherent advantages and limitations of in vitro experiments have been discussed among most studies. MTA, IRM, Biodentine and Super-EBA have been evaluated as sealing materials using different methods including dye penetration tests (13,19,21,26), fluid transport (15) and SEM marginal fit analysis. (20). Currently, micro-computed tomography (micro-CT) analysis can provide clear in vitro results on the quality of retrograde fillings since it is possible to assess the volume of root material, the spaces between the material and the cavity walls, as well as the voids within the material itself (20). In the literature, Shetty et al (15) in their study used fluid filtration to compare the sealing ability of two different filling materials, reporting that Biodentine had similar microleakage compared to MTA. The reason could have been a shorter setting time, the hydrophilic nature of the material, or a slight expansion of the material during setting. Magnification has also been used to analyze the surface of dental materials and structures. In a study using scanning electron microscopy (SEM) (19) the absence of significant differences in the apical sealing capacity of Super-EBA, MTA, IRM and Resilon/Epiphany was verified. These results reported that the sealing ability of MTA and MRI is comparable but not

statistically significant; however, further long-term clinical studies may be required to find the best root filler. (14,26,28)

Biocompatibility

The results of the present systematic review revealed that biocompatibility is shown to be higher in Biodentine, although there are limitations with the measurement methods. One of the four studies found proposed that MTA and Super-EBA are comparable (27). A study by Llerena et al (25) indicated that both MTA and Super-EBA are analogous in terms of biocompatibility with the potential to provide a positive environment for cells, displaying cell proliferation and osteogenic capacity. The evaluation periods of 1, 3 and 7 days were chosen mainly because they correspond to the exponential increase and subsequent decrease of fibroblasts after, with complementary apical surgery (31). Ceci et al (18) proposed that the number of PDL cells was much higher in Biodentine, which promoted repair and better biocompatibility. The possible reason is that Biodentine is mainly composed of tricalcium and dicalcium silicate which enhances the bioactivity of those materials in the osteoclast-like cells themselves, which can lead to the release of silicon from cementum. (18, 24,27). Furthermore, Biodentine showed significantly higher levels of calcium and silicon ion release than MTA. Therefore, it can be concluded that Biodentine shows better biocompatibility (18).

Solubility

In one of the studies, the solubility was evaluated based on the loss of mass of the material after immersion in water for 24 hours. Longer experimental periods may be important when analyzing the behavior of such materials (33,34,35). It was reported that the solubility in fluids up to 30 days for Biodentine and Intermediate Restorative Material (IRM) did not show a significant difference between the materials. (24,33). However, these results, according to Sudan et al (34), were in favor of Biodentine, which is more soluble. The mean MTA solubility value in group I at day 1 was 1.65, at 3 days it was 1.68, at 10 days it was 2.10, at 30 days it was 2.50 and the 60 days was 2.63. The mean Biodentine solubility value in group II at day 1 was 1.99, at 3 days it was 2.14, at 10 days it was 2.84, at 30 days it was 3.64 and the 60 days was 5.40. Therefore, there was higher solubility in the Biodentine.

Conclusion:

Biodentine demonstrated greater biocompatibility and sealing capacity together with MTA. Regarding IRM and super-EBA, their biophysical properties continue to be acceptable as "retro" materials, even though they have been little studied in recent years.

References

- (1) Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J*. 2022 Oct;55 Suppl 4:1020-58.
- (2) Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod*. 2013 Mar;39(3):332-9.
- (3) Pecora GE, Pecora CN. A new dimension in endo surgery: Micro endo surgery. *J Conserv Dent*. 2015;18(1):7-14
- (4) Floratos S, Kim S. Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update. *Dent Clin North Am*. 2017 Jan;61(1):81-91.
- (5) Song W, Li S, Tang Q, Chen L, Yuan Z. In vitro biocompatibility and bioactivity of calcium silicate-based bioceramics in endodontics (Review). *Int J Mol Med*. 2021 Jul;48(1):128.
- (6) Singh S, Podar R, Dadu S, Kulkarni G, Purba R. Solubility of a new calcium silicate-based root-end filling material. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):149-53.
- (7) Oliveira HF, Gonçalves Alencar AH, Poli Figueiredo JA, Guedes OA, de Almeida Decurcio D, Estrela C. Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. *Iran Endod J*. 2013;8(4):182-6.
- (8) Abusrewil SM, McLean W, Scott JA. The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: A literature review. *Saudi Dent J*. 2018 Oct;30(4):273-82.
- (9) Soundappan S, Sundaramurthy JL, Raghu S, Natanasabapathy V. Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. *J Dent (Tehran)*. 2014 Mar;11(2):143-9.
- (10) Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Int J Surg*. 2012;10(1):28-55
- (11) Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159-74.
- (12) Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021 Mar 29;372: n71
- (13) Benz K, Markovic L, Jordan RA, Novacek C, Jackowski J. *In vitro* evaluation of the apical seal of two different retrograde filling materials. *Aust Endod J*;43(1):29–33.
- (14) Oliveira HF, Gonçalves Alencar AH, Poli Figueiredo JA, Guedes OA, de Almeida Decurcio D, Estrela C. Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. *Iran Endod J*. 2013 Autumn;8(4):182–6
- (15) Shetty S, Hiremath G, Yeli M. A comparative evaluation of sealing ability of four root end filling materials using fluid filtration method: An in vitro study. *J Conserv*;20(5):307–10.
- (16) Alazrag MA, Abu-Seida AM, El-Batouty KM, El Ashry SH. Marginal adaptation, solubility, and biocompatibility of TheraCal LC compared with MTA-

- angelus and biodentine as a furcation perforation repair material. *BMC Oral Health*;20(1):298.
- (17) Kaup, M., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2015). An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head & face medicine, 11*, 16.
 - (18) Ceci M, Beltrami R, Chiesa M, Colombo M, Poggio C. Biological and chemical-physical properties of root-end filling materials: A comparative study. *J Conserv Dent. 18*(2):94–9.
 - (19) Corsentino G, Mazzitelli C, Mazzoni A, Ambu E, Perotto C, Franciosi G, et al. Sealing ability of two root-end filling materials at different retro-preparation lengths. *J Oral Sci*;64(1):80–4.
 - (20) Jardine AP, Rosa KFV, Matoso FB, Quintana RM, Grazziotin-Soares R, Kopper PMP. Marginal gaps and internal voids after root-end filling using three calcium silicate-based materials: A Micro-CT analysis. *Braz Dent J*;32(4):1–7
 - (21) Mohan D, Singh AK, Kuriakose F, Malik R, Joy J, John D. Evaluation of sealing potential of different repair materials in furcation perforations using dye penetration: An in vitro study. *J Contemp Dent Jun*;22(1):80–3
 - (22) Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. *J Appl Oral 25*(4):374–80.
 - (23) Karobari MI, Basheer SN, Sayed FR, Shaikh S, Agwan MAS, Marya A, et al. An in vitro stereomicroscopic evaluation of bioactivity between Neo MTA plus, Pro Root MTA, BIODENTINE & glass ionomer cement using dye penetration method. *Materials (Basel)*;14(12):3159
 - (24) Poggio C, Lombardini M, Alessandro C, Simonetta R. Solubility of root-end-filling materials: a comparative study. *J Endod* ;33(9):1094–7.
 - (25) Coaguila-Llerena H, Vaisberg A, Velásquez-Huamán Z. In vitro cytotoxicity evaluation of three root-end filling materials in human periodontal ligament fibroblasts. *Braz Dent J* ;27(2):187–91
 - (26) El Sayed M, Saeed M. In vitro comparative study of sealing ability of Diadent BioAggregate and other root-end filling materials. *J Conserv Dent [Internet]*.;15(3):249–52.
 - (27) Song M, Yoon T-S, Kim S-Y, Kim E. Cytotoxicity of newly developed pozzolan cement and other root-end filling materials on human periodontal ligament cell. *Restor Dent Endod* ;39(1):39–
 - (28) Amezcua O, Gonzalez AC, Borges AH, Bandeca MC, Estrela CR de A, Estrela C. Sealing ability of root-end filling materials. *J Contemp Dent Pract [Internet]*;16(3):210–4.
 - (29) Singh S, Podar R, Dadu S, Kulkarni G, Purba R. Solubility of a new calcium silicate-based root-end filling material. *J Conserv*;18(2):149–53
 - (30) Zhou H-M, Shen Y, Wang Z-J, Li L, Zheng Y-F, Häkkinen L, et al. In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. *J Endod* ;39(4):478–83.
 - (31) Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod* ;39(3):332–9.

- (32) Khedmat S, Dehghan S, Hadjati J, Masoumi F, Nekoofar MH, Dummer PMH. In vitro cytotoxicity of four calcium silicate-based endodontic cements on human monocytes, a colorimetric MTT assay. *Restor Dent Endod*;39(3):149–54.
- (33) Espir CG, Guerreiro-Tanomaru JM, Spin-Neto R, Chávez-Andrade GM, Berbert FLCV, Tanomaru-Filho M. Solubility and bacterial sealing ability of MTA and root-end filling materials. *J Appl Oral Sci* ;24(2):121–5
- (34) Lee B-N, Son H-J, Noh H-J, Koh J-T, Chang H-S, Hwang I-N, et al. Cytotoxicity of newly developed ortho MTA root-end filling materials. *J Endod* [Internet]. 2012 [cited 2023 Jun 18];38(12):1627–30.
- (35) Ma J, Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Biocompatibility of two novel root repair materials. *J Endod* ;37(6):793–8.

Funding: None declared.

Conflict of interest: None declared.

Table 1: Included studies in the present systematic review.

Author & year	Type of study	Total N° of tooth	Materials compared	N° of tooth per/material	Variables of the study
K. Benz y et al. (2016) (19)	<i>Journal article</i>	72	MTA SUPER-EBA	36 36	Sealing capacity
Oliveira et al. (2013) (20)	<i>Clinical trial in vitro</i>	25	MTA IRM SUPER-EBA	5 5 5	Sealing capacity
Shetty et al. (2017) (21)	<i>Clinical trial ex vivo</i>	44	MTA BIODENTINE	12 11	Sealing capacity
Alazrag et al. (2020) (22)	<i>Clinical trial ex vivo</i>	27	MTA BIODENTINE	9 9	Sealing capacity Biocompatibility Solubility
Kaup et al. (2015) (23)	<i>Clinical trial in vitro</i>	72	MTA BIODENTINE	24 24	Solubility
Ceci et al. (2015) (24)	<i>Clinical trial in vitro</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Biocompatibility Solubility
Corsentino et al. (2022) (25)	<i>Clinical study in vitro</i>	50	BIODENTINE SUPER-EBA	25 25	Sealing capacity
Jardine et al. (2021) (26)	<i>Clinical trial ex vivo</i>	30	MTA BIODENTINE	10 10	Sealing capacity
Mohan et al. (2021) (27)	<i>Journal article</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Sealing capacity
Torres et al. (2016) (28)	<i>Journal article</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Solubility
Karoabari et al. (2021) (29)	<i>Clinical trial in vitro</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Biocompatibility
Poggio et al. (2016) (30)	<i>Clinical trial in vitro</i>	18	MTA IRM SUPER-EBA	6 6 6	Solubility
Llerena et al. (2016) (31)	<i>Journal article</i>	N/A	MTA SUPER-EBA	N/A	Biocompatibility
Bhatia et al. (2021) (32)	<i>Clinical trial in vitro</i>	120	MTA IRM	30 30	Sealing capacity
Song et al. (2013) (33)	<i>Clinical trial in vitro</i>	60	MTA SUPER-EBA	30 30	Biocompatibility
Amezcuca et al. (2015) (34)	<i>Clinical trial ex vivo</i>	50	MTA SUPER-EBA	10 10	Sealing capacity
Singh et al. (2015) (35)	<i>Clinical trial in vitro</i>	20	MTA BIODENTINE IRM	6 7 7	Solubility
Zhou et al. (2015) (36)	<i>Journal article</i>	20	MTA BIODENTINE	7 8	Biocompatibility
Total		768			

MTA®: mineral trioxide aggregate, IRM: Intermediate restorative material

Table 2: Characteristics of studies selected for systematic review in terms of sealing ability.

Sealing ability (% , $\mu\text{l}/\text{min}/\text{cmH}_2$)							
Author & year	N° (sample)				Method of measurement	Follow-up	Results
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
K. Benz et al. (2016) (19)	36	0	0	36	S 2% methylene blue dye solution	7 days	The sealing capacity of teeth filled with MTA differed significantly from those filled with superEBA.
Oliveira et al. (2013) (20)	5	5	5	5	SEM images at 100× and 500 magnifications.	24 h	No significant differences were observed between the tested materials.
Shetty et al. (2017) (21)	11	12	0	0	Fluid Filtration Method ($\mu\text{l}/\text{in}/\text{cmH}_2\text{O}$)	7h h 1-3 month	Biodentine showed a higher sealing capacity than the compared materials.
Alazrag et al. (2020) (22)	9	9	0	0	SEM (magnification x 1000)	7 días 1 month 3 months	Biodentine mostro una capacidad de sellado superior de los materiales comparados
Corsetino et al. (2022) (25)	0	25	0	25	3% v methylene blue dye solution	24 h	Biodentine showed less microleakage compared to super -EBA
Jardine et al. (2021) (26)	10	10	0	0	Micro-CT scan calculating the mm3 and %	7 days	No differences were found between MTA (angelus/Neo plus) or Biodentine
Mohan et al. (2021) (27)	20	20	0	0	2% methylene blue dye solution	48 h	Biodentine shows a lower dye penetration in the repair of perforations along the furcations and a better sealing capacity.
Bhatia et al. (2021) (32)	30	0	30	0	2% methylene blue dye solution	72 h	MTA showed a higher sealing capacity than IRM
Amezcuca et al. (2015) (34)	10	0	0	10	Microbial Leakage (Turbidity) Test	24h 60 days	All materials tested showed escape microbes. No significant differences were found between Super-EBA or MTA

MTA® = mineral trioxide aggregate, Micro-CT: microcomputed tomography, SEM: scanning electron microscopy, MRI= Intermediate restorative material, mm3 and % = Marginal spaces, internal void volume % = percentage. $\mu\text{l}/\text{min}/\text{cmH}_2$ O = microliter per minute per centimeter of water

Table 3: Characteristics of the studies selected for the systematic review regarding Biocompatibility.

Biocompatibility (% , nm, 100 µL/well, (1:1, 1:2, 1:4 and 1:8),)							
Autor & year	Nº (sample)				Method of measurement	Follow-up	Results
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag et al. (2020) (22)	9	9	0	0	Inflammatory cellular response and radio transparency frequency distribution (%) by using light microscope	1 month 3 months	The highest biocompatibility was registered in the MTA subgroup followed by Biodentine
Ceci et al. (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	(MDPC-23) evaluated with Alamar blue test by spectrophotometer. (595nm)	24h 48 h 2 h	Biodentine proved to be the most biocompatible material tested
Karoabari et al. (2021) (29)	20	20	0	0	dye penetration	7 days 15 days 1 month	Both MTA and BIODENTINE have almost similar numbers on dye penetration
Llerena et al. (2016) (31)	N/A	0	0	N/A	Methyl-thiazol-tetrazolium (MTT) colorimetric assay	2 days 7 days	MTA was less cytotoxic compared to Super EBA at the highest dilution (1:1)
Song et al. (2013) (33)	30	0	0	30	Light microscopic examination, cell WST-1 counting and assay in human periodontal ligament cells.	6 h 48 h	Super EBA showed the lowest viability.
Zhou et al. (2015) (36)	7	8	0	0	Flow cytometry, and adhesion of human gingiva fibroblasts assessed with SEM.	1 day 3 days 7 days	Human gingival fibroblasts showed a similar response to Biodentine and MTA extracts as measured by cytotoxicity assay and cell growth on established materials.

MTA® = Mineral Trioxide Aggregate, IRM= Intermediate Restorative Material, SEM: Scanning Electron Microscopy, nm= nanometer, MDPC-23 = Murine Odontoblast Cells, MTT= Methyl-thiazole-tetrazolium, (1:1, 1:2 , 1:4 and 1:8) = dilutions of extracts.

Table 4: Characteristics of the studies selected for the systematic review in terms of solubility.

Solubility = $(W_0 - W_1 / W_0 \times 100, \text{ nm, FDW} - \text{DBW} \times 100)$							
Autor & year	Nº (sample)				Method of measurement	Follow – up	Results
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag et al. (2020) (22)	9	9	0	0	ISO standard method (loss of mass)	24 h 7 days	Biodentine exhibited the highest solubility
Kaup et al. (2015) (23)	24	24	0	0	ISO standard method (loss of mass)	24 h 28 days	Both materials showed a <3% solubility after 24 h.
Ceci et al. (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	ISO standard method (loss of mass)	24 h 2 months	MTA showed the highest density values compared to the other materials. They do not report differences between Biodentine and IRM
Torres et al. (2016) (28)	5	5	5	0	ISO standard method (mass loss and dimensional stability nm)	7 days 30 days	BIODENTINE showed the highest solubility followed by MTA AND IRM
Poggio et al. (2016) (30)	6	0	6	6	ISO standard method (loss of mass)	24 h 2 months	All materials meet ISO requirements. There was no statistical significance in the solubility between the materials tested after 24 hours.
Singh et al. (2015) (35)	6	7	7	0	ISO standard method (loss of mass)	24 h 3 days 10 days	BIODENTINE showed the highest solubility followed by MTA AND IRM

MTA® = mineral trioxide aggregate, IRM= Intermediate restorative material, ISO= International Standards Organization, % Wight loss = $W_0 - W_1 / W_0 \times 100$

Fig. 1. PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review (12)

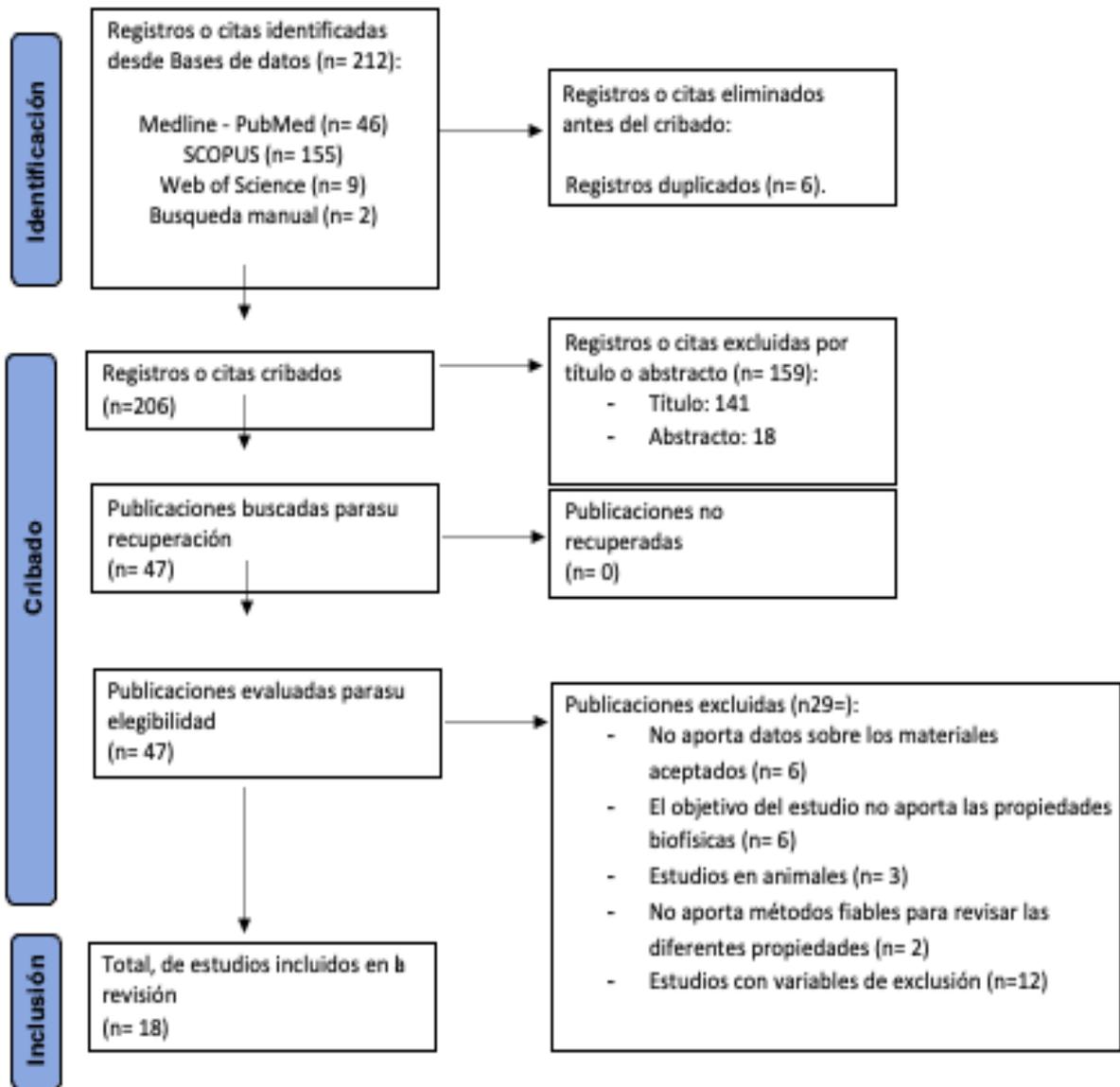


Fig. 2: Medición del riesgo de sesgo de los estudios in- vitro con la escala modificada de Arrive y Consrot (10)

	K. Bera (18)	Oliveira (20)	Shetty (21)	Alarag (22)	Kaup (23)	Ceci (24)	Consentino (25)	Jardine (26)	Moham (27)	Torre (28)	Karoubi (29)	Poggi (30)	Lierne (31)	Shah (32)	Song (33)	Amezcua (34)	Singh (35)	Zhou (36)
Title (1) Inaccurate/No context (2) Context/Subject	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Abstract: structural summary (4) Clearly inadequate (5) Possibly accurate (6) Clearly accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: background, experimental approach, and rationale/hypothesis (4) Insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: primary and secondary objectives (4) Not clearly stated (5) Clearly stated	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: study design: explained number of experimental and control groups (4) Clearly insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: precise details of experimental procedure (i.e., how, when, where, and why) (4) Clearly insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: how sample size was determined and sample size calculation (4) No (5) unclear / not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: details of statistical methods and analysis (4) No (5) unclear / not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Results: explanation for any excluded data, results of each analysis with a measure (4) No (5) unclear / not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Discussion: interpretation, limitations, and generalizability/invariance (4) Clearly inadequate (5) Possibly accurate (6) Clearly accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Statement of potential conflicts and funding disclosure (2) No (3) Yes	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

Estudio comparativo de las propiedades bio-físicas entre los cementos a base de óxido de zinc- eugenol y los nuevos biocerámicos como material de obturación a retro en la cirugía periapical
Una Revisión sistemática

Título corto: Estudio comparativo de las propiedades bio-físicas entre los cementos utilizados como materiales de obturación “a retro” en la cirugía periapical

Autores

Lana Wael Deeb¹, Pedro Mico -Muñoz²

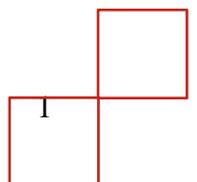
¹ 5th year student of Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain

² Endodontic and restorative dentistry Titular Professor, Universidad Europea de Valencia, España

Correspondencia

Pedro Mico- Munoz
Paseo Alameda 7, Valencia
46010, Valencia

Pedro.Mico@universidaderopea.es



Introducción: La cirugía periapical es un procedimiento que se lleva a cabo para eliminar los tejidos inflamatorios en forma de lesión periapical cuando su origen es pulpar y su tratamiento endodóntico primario, así como, su retratamiento no ha tenido éxito. La necesidad de tener un material de obturación del extremo radicular con características físicas, químicas y biológicas favorables es crucial para el éxito y el perfecto sellado apical en la cirugía periapical. Aunque MTA[®] es el material estándar de oro para obturaciones retrógradas, todavía se sigue utilizando materiales tradicionales. Se ha realizado una revisión sistemática para comparar la biocompatibilidad, solubilidad y capacidad de sellado de los nuevos cementos Biodentine[®] y MTA[®], con los más antiguos IRM[®] y Super-EBA.

Materiales y Métodos: Se realizó una búsqueda electrónica durante el 22 de diciembre de 2023, en las bases de datos PubMed-MEDLINE, Scopus y Web of Science. Se incluyeron estudios comparativos in vitro que evaluaron la capacidad de sellado de biocompatibilidad y la solubilidad.

Resultados: Después de analizar inicialmente 212 estudios, se incluyeron 18. Con respecto a la biocompatibilidad, el estudio pareció evidenciar un mejor con Biodentine[®], aunque otros estudios demostraron que tiene propiedades similares en comparación con MTA[®]. Según algunos autores, no se registraron diferencias significativas después de una semana en cuanto a la capacidad de sellado. De acuerdo con las organizaciones internacionales de estándares (ISO), Biodentine[®] demostró una solubilidad significativamente menor que MTA[®] e IRM[®] después de 10 días. El Super-EBA[®] fue el material que demostró las propiedades más bajas.

Conclusión: Biodentine demostró mayor biocompatibilidad y capacidad el sellado junto con MTA. Respecto al IRM y super-EBA, sus propiedades biofísicas siguen siendo aceptables como materiales “a retro”, aun cuando han sido poco estudiados en los últimos años.

Palabras claves: *Bioceramics, Biocompatibility, IRM, Periapical surgery, Retrograde obturación, Sealing ability, Super-EBA , Solubility*

Introducción

La cirugía periapical es una parte de la cirugía endodóntica que está indicada para el tratamiento de las lesiones periapicales de origen pulpar cuando el tratamiento endodóntico primario y/o su retratamiento no ha tenido éxito (1,2). El desarrollo de las técnicas microscópicas ha introducido nuevos conocimientos sobre la anatomía apical, la técnica quirúrgica y la resección del ápice radicular. Todo ello contribuirá a mejorar la respuesta del huésped y al propio éxito del tratamiento quirúrgico (2-4). El éxito definitivo de la cirugía del extremo radicular radica en la erradicación de las lesiones periapicales persistentes. (2-5). En la cirugía periapical hay que hacer la resección del ápice radicular y la preparación de cavidades retrógradas profundas de 3 mm. La preparación de dicha cavidad con puntas ultrasónicas recubiertas de diamante y una entrada osteoplástica lo más pequeña posible facilita una preparación más precisa y preservada (4,5). Lo que es más importante, para el éxito definitivo de la cirugía periapical según varios autores es que se produzca la regeneración de una inserción periodontal funcional que incluya el cemento y el hueso alveolar es así como, que los materiales en contacto con los tejidos perirradiculares deban exhibir buenas propiedades (6-8). Se han propuesto varios materiales de obturación del extremo radicular para el sellado de la cavidad, como los cementos a base de óxido de zinc y eugenol IRM®, SuperEBA® o materiales a base de silicato como Biodentine® y MTA®. (8-9). El resultado del tratamiento se ve afectado negativamente por la mala adaptación marginal del material, la mala biocompatibilidad y la baja solubilidad (9). El propósito de este estudio fue comparar la capacidad de sellado, biocompatibilidad y la solubilidad de los nuevos materiales biocerámicos MTA® y Biodentine® con los materiales de obturación “a retro” tradicionales como IRM® y Super-EBA® in vitro.

Materiales y métodos:

Para realizar esta revisión sistemática se realizó siguiendo la directriz de los elementos de informe preferidos para la revisión sistemática y el metaanálisis (PRISMA) (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (19).

- Pregunta PICO

Se empleó la siguiente pregunta de enfoque de acuerdo con la población, la intervención, la comparación y el diseño del estudio de resultados:

- **P (Población):** Dientes no vitales
- **I (Intervención):** Los nuevos biomateriales
- **C (Comparación):** Los cementos de óxido de zinc eugenol
- **O (Resultados):** las propiedades biofísicas del sistema de obturación retrograda de la raíz
 - **O1:** Biocompatibilidad de los bioceramicos y los cementos a base de óxido de zinc
 - **O2:** Solubilidad entre los bioceramicos nuevos y los materiales tradicionales de la obturación a retro
 - **O3:** Capacidad el sellado entre los biomateriales de obturación “a retro”

- Criterios de elegibilidad

Los estudios se incluyeron según los siguientes criterios de inclusión:

- **Tipo de estudios:** Estudios in vitro y ex vivo. Estudios en idiomas de inglés o español; comprendidos en el periodo entre 2012 y el 2023.
- **Tipo de paciente:** En dientes in vitro, dientes ex vivos (extraídos)
- **Tipo de intervención:** Estudios sobre biomateriales a base de silicato de cálcico introducidos después del 1993 (MTA, Biodentine)
- **Tipo de control:** Estudios sobre los materiales tradicionales endodónticos utilizados como retrobturación a base oxido de zinc (IRM, super-EBA)
- **Tipo de variable:** Estudios que proporcionan propiedades bio-físicas en relación con los materiales de obturación utilizados “a reto”; Estudios que revisan

variables secundarias como la capacidad de sellado en relación con el material utilizado; solubilidad y biocompatibilidad

- Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda electrónica durante el 22 de diciembre de 2023, en las bases de datos PubMed-MEDLINE, Scopus y Web of Science. Además, de una búsqueda manual. Con las siguientes palabras clave ***"in vitro techniques"; "in vitro" ; "tooth, nonvital" "Teeth", "Endodontically-Treated" "Devitalized Teeth"; "new biomaterials" Mineral Trioxide Aggregate"; "MTA"; "Biodentine"; "biocompatible materials"; "calcium silicate"; "zinc oxide-eugenol cement"; "polymer-reinforced zinc oxide-eugenol"; "superEBA"; "periapical surgery" "root-end surgery"; "retrograde obturation"; "apicoectomy"; "apical microsurgery; "biocompatible materials"; "solubility"; "Endosequence root repair material".***

Las palabras clave se combinaron con una combinación de términos controlados (MeSH para pubmed) para obtener los mejores resultados de búsqueda. Se llevó a cabo la siguiente estrategia de búsqueda en pubmed: ("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("in vitro techniques"[MeSH Terms] OR ("vitro"[All Fields] AND "techniques"[All Fields]) OR "in vitro techniques"[All Fields] OR "vitro"[All Fields] OR "in vitro"[All Fields]) OR "tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("teeth"[All Fields] AND "endodontically"[All Fields] AND "treated"[All Fields]) OR "teeth endodontically treated"[All Fields]) OR ("tooth, nonvital"[MeSH Terms] OR ("tooth"[All Fields] AND "nonvital"[All Fields]) OR "nonvital tooth"[All Fields] OR ("devitalized"[All Fields] AND "teeth"[All Fields]) OR "devitalized teeth"[All Fields])) AND (("new"[All Fields] AND ("biocompatible materials"[Pharmacological Action] OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("biocompatible"[All Fields] AND "materials"[All Fields]) OR "biocompatible materials"[All Fields] OR "biomaterial"[All Fields] OR "biomaterials"[All Fields] OR "biomaterial s"[All Fields])) OR ("mineral trioxide aggregate"[Supplementary Concept] OR "mineral trioxide aggregate"[All Fields]) OR "MTA"[All Fields] OR ("tricalcium silicate"[Supplementary Concept] OR "tricalcium silicate"[All Fields] OR "biodentine"[All Fields]) OR ("biocompatible materials"[MeSH Terms] OR "calcium silicate"[All Fields])) AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR ("polymer-reinforced"[All Fields] AND ("zinc oxide-eugenol cement"[MeSH Terms] OR ("zinc"[All Fields] AND "oxide eugenol"[All Fields] AND "cement"[All

Fields]) OR "zinc oxide-eugenol cement"[All Fields] OR ("zinc"[All Fields] AND "oxide"[All Fields] AND "eugenol"[All Fields]) OR "zinc oxide eugenol"[All Fields])) OR "superEBA"[All Fields]) AND (((("periapical"[All Fields] OR "periapically"[All Fields] OR "periapicals"[All Fields]) AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgerys"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR ("root-end"[All Fields] AND ("surgery"[MeSH Subheading] OR "surgery"[All Fields] OR "surgical procedures, operative"[MeSH Terms] OR ("surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields] AND "operative"[All Fields]) OR "operative surgical procedures"[All Fields] OR "general surgery"[MeSH Terms] OR ("general"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "general surgery"[All Fields] OR "surgery s"[All Fields] OR "surgerys"[All Fields] OR "surgeries"[All Fields])) OR "retrograde obturation"[MeSH Terms] OR "apicoectomy"[MeSH Terms] OR (("apical"[All Fields] OR "apically"[All Fields] OR "apicals"[All Fields] OR "apices"[All Fields]) AND ("microsurgery"[MeSH Terms] OR "microsurgery"[All Fields] OR "microsurgeries"[All Fields])) OR "biocompatible materials"[MeSH Terms] OR ("solubility"[MeSH Terms] OR "EndoSequence root repair material"[All Fields])). No se aplicaron filtros durante la búsqueda. Por otro lado, se realizó una búsqueda manual de artículos científicos de las siguientes revistas de endodoncia: Journal of Endodontics y Journal of Dentistry, international endodontic journal dental materials journal.

- **Proceso de selección de los estudios:**

Se llevó a cabo un proceso de selección en tres etapas. Dos revisiones imparciales (SI y MR) realizaron de forma independiente la búsqueda de revisión sistemática. La primera fase de cribado consistió en la selección de artículos relevantes a partir de su título y resumen. Luego, los artículos relevantes se excluyeron según los criterios de exclusión: y se seleccionaron según el tipo de estudio, el tipo de intervención y las variables de resultado. La tercera fase de selección consistió en la lectura de los textos completos de los artículos incluidos en la primera fase de selección. Luego, los artículos fueron excluidos si no cumplían con los criterios de inclusión. Cualquier desacuerdo en la elegibilidad del estudio se resolvió mediante discusión entre ambas revisiones hasta que se llegó a un consenso. El grado de acuerdo con respecto a la inclusión de estudios

potenciales se calculó mediante el estadístico k (prueba kappa de Cohen) (11) para la segunda y tercera etapa de elegibilidad.

- **Extracción de datos:**

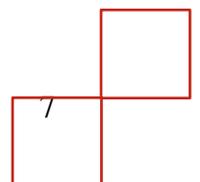
Tras una lectura exhaustiva de los estudios incluidos, se obtuvieron factores presentes en todos los artículos que aportan información adecuada sobre los objetivos del estudio. Estas variables fueron luego resumidas en tablas. Los factores evaluados en cada uno de los estudios fueron: autor, año de publicación, tipo de estudio (ex vivo o in vitro), material de relleno del extremo de la raíz (MTA, Biodentine, IRM y Super-EBA), las propiedades biofísicas de la raíz materiales de relleno (biocompatibilidad, solubilidad y capacidad de sellado), uso de la medición de propiedades biofísicas (micro-CT de penetración de tinte, relación agua-polvo). Tasa de éxito (%) de los biomateriales en lo que respecta a las propiedades biofísicas.

- **Valoración de la calidad:**

El riesgo de sesgo se evaluó de forma independiente para analizar la calidad metodológica de los artículos incluidos. Para evaluar la calidad de los estudios in vitro o ex vivo se utilizó la escala ARRIVE y CONSORT modificada (12). Con los siguientes parámetros: inexacto/no conciso, posiblemente suficiente/incierto, o incompleto, claramente suficiente. Si un parámetro en particular era insuficiente o poco claro, la puntuación era de 0 a 1, si era algo informativo o posiblemente suficiente, la puntuación era 2, y completo y claro recibía una puntuación de 3. Los artículos que puntuaban entre 0 se clasificaban como de alto riesgo. de sesgo, aquellos con puntuaciones de 2 como riesgo moderado y 3 como bajo riesgo de sesgo. El grado de concordancia Interexaminador de la evaluación de la calidad metodológica se obtuvo con la prueba kappa de Cohen propuesta por el puntaje de Landis y Koch (11)

- **Sintesis de datos:**

Para resumir y comparar las variables de resultado entre diferentes estudios, se compararon los valores medidos de las principales variables según el tipo de método de medición. Dado que las mediciones encontradas en los estudios analizados procedían



de muestras con diferentes métodos de medición y tanto el tiempo de seguimiento. Era necesario comparar los mismos valores con las mismas técnicas de medición.

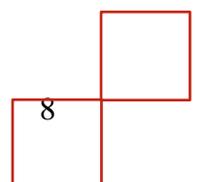
Resultados:

- Selección de estudios:

Como se ilustra en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1), inicialmente se identificaron un total de 212 estudios en las siguientes bases de datos a través de la Biblioteca Duclé Chacón CRAI de la Universidad Europea de Madrid y Elsevier Scopus: PUBMED-MEDLINE completo (n=46), Web Of Science (n=9), Scopus (n=155) y E-Journals (n=2). Entre todas las bases de datos, se duplicaron 6 registros. Por lo tanto, se intentó recuperar un total de 47 informes; sin embargo, no hubo problemas con la recuperación de todos los informes. Como resultado, 18 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y finalmente fueron incluidos en la revisión sistemática. El valor k para el acuerdo entre examinadores sobre la inclusión del estudio fue 1,0 (títulos y resúmenes) y 1,0 (tipo de estudio), lo que indica un acuerdo "completo", respectivamente, según los criterios de Landis y Koch (11).

- Análisis de las características de los estudios revisados

En la Tabla 1, se describen los 18 estudios incluidos en esta revisión sistemática. Se detallaron el autor de la publicación, año, tipo de estudio, número de cada muestra en la población y número por material, variables de estudio y riesgo de sesgo. De los 18 artículos incluidos, 9 artículos describen la capacidad de sellado (13-16 19-21,25,27), 6 la solubilidad (16-18, 22,24,25) y 6 la biocompatibilidad de los materiales utilizados. (16,18,23,25,27,30). La mayoría de los estudios incluidos fueron artículos de revistas o ensayos sobre dientes ex vivo o dientes artificiales de resina. Se trataron un total de 768, donde el estudio de Bhatia y cols tuvo la mayor cantidad de muestra, mientras que Olivera y cols tuvo la menor cantidad de participantes: 217 tratados con agregado de trióxido mineral (MTA), 136 con el material Biodentine, 62 mientras que la aplicación de IRM (material restaurador intermedio) y 91 tratados con Super-EBA



- **Evolución de la calidad metodológica**

Los 18 estudios incluidos en la revisión sistemática presentaron un riesgo de sesgo bajo (13,14,17,19, 21-23, 25,26) o moderado (16,18,20,22,25,). Se encontró alto riesgo de sesgo en 1 artículo incluido. Para este estudio en particular se consideró que existía un alto riesgo de sesgo debido a la propia naturaleza del tipo de estudio (34). Los riesgos de sesgo más frecuentes encontrados en los estudios fueron el método de medición de las propiedades biofísicas, la descripción del cálculo del tamaño de la muestra y la descripción de cada uno de los materiales revisados. El valor k (prueba kappa de Cohen) (11) sobre la concordancia entre los revisores de la calidad metodológica fue de 0,80 según la escala de Landis & Koch

- **Síntesis de los resultados:**

Capacidad de sellado

Con respecto a los resultados publicados por Bentz y cols (13), Bhatia y cols (26) y Shetty y cols (15) reportaron resultados estadísticamente significativos a favor de MTA, mientras que Oliveria y cols (14), Jardine y cols (20), y Amezcua y cols (28) demostraron que no observaron diferencias entre los diferentes materiales revisados. Alazrag y cols (16) y Corsentino y cols (19) encontraron que la capacidad de sellado es mayor en las superficies rellenas con Biodentine. Respectó al IRM Y super-EBA, demostraron que la capacidad de sellado es menor en comparación con MTA Y Biodentine (25,32), mientras que Amezcua y cols no encontraron diferencia entre la capacidad del sellado en los 4 materiales.

Biocompatibilidad

En cuanto a la biocompatibilidad, fue la propiedad más controvertida. En la tabla 3 demostraron según Alazrag y cols (16) resultados favorables a 1-3 meses para MTA mientras en el estudio de Ceci y cols (18) registraron resultados significativos a favor de Biodentine con respecto al IRM y MTA. En respecto a las dos literaturas de Bhatia y cols (26) y Zhou y cols (30) demostraron que no existen diferencias significativas en los materiales comparados. En el estudio sobre la Super-EBA demostraron mayor citotoxicidad en comparación con el MTA (31)

Solubilidad

Los resultados descriptivos de la solubilidad se muestran en la Tabla 4. La tasa media de éxito fue mayor tanto para Alazrag y cols (16), Torres y cols (22) y Singh y cols para Biodentine, según el método de medición. Finalmente, en Poggio y cols (24,29) no registraron diferencias significativas entre MTA, Biodentine y Super-EBA a los 2 meses de seguimiento. Respecto al estudio con IRM, según Ceci y cols demostraron mayor solubilidad en MTA, mientras no había diferencia entre IRM y Biodentine (28). Se demostró similares resultados sobre IRM en torres y cols (22)

Discusión:

Se han publicado estudios clínicos sobre los resultados satisfactorios de la cirugía endodóntica, aun considerando que sus materiales, protocolos de tratamiento, períodos de seguimiento y criterios de inclusión y exclusión son extremadamente variables (35-36). Tesis y cols (31) encontraron una tasa de éxito del 91,6% para la cirugía periapical, considerando como factores que pueden afectar el éxito la edad, el sexo, el tipo de diente tratado, la obturación retrógrada y el material utilizado, así como el uso de magnificación. En otro estudio, Song y cols (32) obtuvieron resultados del 93,3% de éxito de los tratamientos quirúrgicos a largo plazo. Aunque la técnica quirúrgica, la edad, el sexo, el tipo de diente, así como el tipo de lesión, etc., siguen siendo factores que pueden afectar al éxito. (36-38). Actualmente, con la microcirugía endodóntica se considera que un factor clave para una tasa de éxito creciente es el uso de biomateriales para obturaciones "retro" (18,23,27).

Capacidad de sellado

La prevención de la filtración bacteriana fue el interés de numerosos estudios que analizaron la capacidad de sellado de diferentes materiales restauradores y de obturación de las cavidades a "retro" realizadas a las apicectomías (13-16, 19-21, 26,28). Se han discutido las ventajas y las limitaciones inherentes de los experimentos in vitro, entre la mayoría de los estudios. El MTA, IRM, Biodentine y Super-EBA han sido evaluados como materiales de sellado utilizando diferentes métodos que incluyen pruebas de penetración de colorantes (13,19,21,26), transporte de fluidos (15) y análisis de ajuste marginal SEM. (20veinte). Actualmente, el análisis de microtomografía

computarizada (micro-CT) puede proporcionar resultados in vitro claros sobre la calidad de las obturaciones retrógradas ya que es posible evaluar el volumen del material radicular, los espacios entre el material y las paredes de la cavidad, así como los vacíos dentro del propio material (20). En la literatura, Shetty y cols (15) en su estudio utilizaron la filtración de fluidos para comparar la capacidad de sellado de dos materiales de relleno diferentes, informando que Biodentine tenía una microfiltración similar en comparación con MTA. La razón podría haber sido un tiempo de fraguado más corto, la naturaleza hidrófila del material o una ligera expansión del material durante el fraguado. La ampliación también se ha utilizado para analizar la superficie de materiales y estructuras dentales. En un estudio mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) (19) se comprobó la ausencia de diferencias significativas en la capacidad de sellado apical del Super-EBA, MTA, IRM y Resilon/Epiphany. Estos resultados informaron que la capacidad de sellado de MTA e IRM es comparable pero no estadísticamente significativa; sin embargo, es posible que se requieran más estudios clínicos a largo plazo para encontrar el mejor relleno radicular. (14,26,28)

Biocompatibilidad

Los resultados de la presente revisión sistemática revelaron que la biocompatibilidad se muestra más alta en Biodentine, aunque existan limitaciones con los métodos de medición. Uno de los cuatro estudios encontrados proponía que MTA y Super-EBA son comparables (27). Un estudio de Llerena y cols (25) indicó que tanto MTA como Super-EBA son análogos en términos de biocompatibilidad con el potencial de proporcionar un ambiente positivo para las células, mostrando proliferación celular y capacidad osteogénica. Los períodos de evaluación de 1, 3 y 7 días se eligieron principalmente porque corresponden al aumento exponencial y posterior disminución de fibroblastos después, con cirugía apical complementaria (31). Ceci y cols (18) propusieron que el número de células PDL era mucho mayor en Biodentine, lo que promovía la reparación y una mejor biocompatibilidad. La posible razón es que Biodentine se compone principalmente de silicato tricálcico y dicálcico que mejora la bioactividad de esos materiales en las propias células similares a los osteoclastos, lo que puede conducir a la liberación de silicio del cemento. (18, 24,27). Además, Biodentine mostró niveles

significativamente más altos de liberación de iones de calcio y silicio que MTA. Por lo tanto, se puede concluir que Biodentine muestra mejor biocompatibilidad (18).

Solubilidad

En uno de los estudios se evaluó la solubilidad en base a la pérdida de masa del material después de la inmersión en agua durante 24 horas. Los períodos experimentales más largos pueden ser importantes al analizar el comportamiento de tales materiales (33,34,35). Se presentó que la solubilidad en fluidos hasta 30 días para Biodentine y Material Restaurador Intermedio (IRM) no mostró diferencia significativa entre los materiales. (24,33). Sin embargo, estos resultados según Sudan y cols (34), estaban a favor de Biodentine, que es más soluble. El valor medio de solubilidad de MTA en el grupo I al día 1 fue de 1,65, a los 3 días fue de 1,68, a los 10 días fue de 2,10, a los 30 días fue de 2,50 ya los 60 días fue de 2,63. El valor medio de solubilidad de Biodentine en el grupo II al día 1 fue de 1,99, a los 3 días fue de 2,14, a los 10 días fue de 2,84, a los 30 días fue de 3,64 ya los 60 días fue de 5,40. Por lo tanto, hubo mayor solubilidad en el Biodentine.

Conclusión:

Biodentine demostró mayor biocompatibilidad y capacidad el sellado junto con MTA. Respecto al IRM y super-EBA, sus propiedades biofísicas siguen siendo aceptables como materiales “a retro”, aún cuando han sido poco estudiados en los últimos años.

Bibliografia

- (1) Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J*. 2022 Oct;55 Suppl 4:1020-58.
- (2) Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod*. 2013 Mar;39(3):332-9.
- (3) Pecora GE, Pecora CN. A new dimension in endo surgery: Micro endo surgery. *J Conserv Dent*. 2015;18(1):7-14
- (4) Floratos S, Kim S. Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update. *Dent Clin North Am*. 2017 Jan;61(1):81-91.
- (5) Song W, Li S, Tang Q, Chen L, Yuan Z. In vitro biocompatibility and bioactivity of calcium silicate-based bioceramics in endodontics (Review). *Int J Mol Med*. 2021 Jul;48(1):128.
- (6) Singh S, Podar R, Dadu S, Kulkarni G, Purba R. Solubility of a new calcium silicate-based root-end filling material. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):149-53.
- (7) Oliveira HF, Gonçalves Alencar AH, Poli Figueiredo JA, Guedes OA, de Almeida Decurcio D, Estrela C. Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. *Iran Endod J*. 2013;8(4):182-6.
- (8) Abusrewil SM, McLean W, Scott JA. The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: A literature review. *Saudi Dent J*. 2018 Oct;30(4):273-82.
- (9) Soundappan S, Sundaramurthy JL, Raghu S, Natanasabapathy V. Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. *J Dent (Tehran)*. 2014 Mar;11(2):143-9.
- (10) Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Int J Surg*. 2012;10(1):28-55
- (11) Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159-74.
- (12) Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021 Mar 29;372: n71
- (13) Benz K, Markovic L, Jordan RA, Novacek C, Jackowski J. *In vitro* evaluation of the apical seal of two different retrograde filling materials. *Aust Endod J*;43(1):29–33.
- (14) Oliveira HF, Gonçalves Alencar AH, Poli Figueiredo JA, Guedes OA, de Almeida Decurcio D, Estrela C. Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. *Iran Endod J*. 2013 Autumn;8(4):182–6
- (15) Shetty S, Hiremath G, Yeli M. A comparative evaluation of sealing ability of four root end filling materials using fluid filtration method: An in vitro study. *J Conserv*;20(5):307–10.
- (16) Alazrag MA, Abu-Seida AM, El-Batouty KM, El Ashry SH. Marginal adaptation, solubility, and biocompatibility of TheraCal LC compared with MTA-

- angelus and biodentine as a furcation perforation repair material. *BMC Oral Health*;20(1):298.
- (17) Kaup, M., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2015). An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head & face medicine, 11*, 16.
 - (18) Ceci M, Beltrami R, Chiesa M, Colombo M, Poggio C. Biological and chemical-physical properties of root-end filling materials: A comparative study. *J Conserv Dent. 18*(2):94–9.
 - (19) Corsentino G, Mazzitelli C, Mazzoni A, Ambu E, Perotto C, Franciosi G, et al. Sealing ability of two root-end filling materials at different retro-preparation lengths. *J Oral Sci*;64(1):80–4.
 - (20) Jardine AP, Rosa KFV, Matoso FB, Quintana RM, Grazziotin-Soares R, Kopper PMP. Marginal gaps and internal voids after root-end filling using three calcium silicate-based materials: A Micro-CT analysis. *Braz Dent J*;32(4):1–7
 - (21) Mohan D, Singh AK, Kuriakose F, Malik R, Joy J, John D. Evaluation of sealing potential of different repair materials in furcation perforations using dye penetration: An in vitro study. *J Contemp Dent Jun*;22(1):80–3
 - (22) Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. *J Appl Oral 25*(4):374–80.
 - (23) Karobari MI, Basheer SN, Sayed FR, Shaikh S, Agwan MAS, Marya A, et al. An in vitro stereomicroscopic evaluation of bioactivity between Neo MTA plus, Pro Root MTA, BIODENTINE & glass ionomer cement using dye penetration method. *Materials (Basel)*;14(12):3159
 - (24) Poggio C, Lombardini M, Alessandro C, Simonetta R. Solubility of root-end-filling materials: a comparative study. *J Endod* ;33(9):1094–7.
 - (25) Coaguila-Llerena H, Vaisberg A, Velásquez-Huamán Z. In vitro cytotoxicity evaluation of three root-end filling materials in human periodontal ligament fibroblasts. *Braz Dent J* ;27(2):187–91
 - (26) El Sayed M, Saeed M. In vitro comparative study of sealing ability of Diadent BioAggregate and other root-end filling materials. *J Conserv Dent [Internet]*.;15(3):249–52.
 - (27) Song M, Yoon T-S, Kim S-Y, Kim E. Cytotoxicity of newly developed pozzolan cement and other root-end filling materials on human periodontal ligament cell. *Restor Dent Endod* ;39(1):39–
 - (28) Amezcua O, Gonzalez AC, Borges AH, Bandeca MC, Estrela CR de A, Estrela C. Sealing ability of root-end filling materials. *J Contemp Dent Pract [Internet]*;16(3):210–4.
 - (29) Singh S, Podar R, Dadu S, Kulkarni G, Purba R. Solubility of a new calcium silicate-based root-end filling material. *J Conserv*;18(2):149–53
 - (30) Zhou H-M, Shen Y, Wang Z-J, Li L, Zheng Y-F, Häkkinen L, et al. In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. *J Endod* ;39(4):478–83.
 - (31) Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod* ;39(3):332–9.

- (32) Khedmat S, Dehghan S, Hadjati J, Masoumi F, Nekoofar MH, Dummer PMH. In vitro cytotoxicity of four calcium silicate-based endodontic cements on human monocytes, a colorimetric MTT assay. Restor Dent Endod;39(3):149–54.
- (33) Espir CG, Guerreiro-Tanomaru JM, Spin-Neto R, Chávez-Andrade GM, Berbert FLCV, Tanomaru-Filho M. Solubility and bacterial sealing ability of MTA and root-end filling materials. J Appl Oral Sci ;24(2):121–5
- (34) Lee B-N, Son H-J, Noh H-J, Koh J-T, Chang H-S, Hwang I-N, et al. Cytotoxicity of newly developed ortho MTA root-end filling materials. J Endod [Internet]. 2012 [cited 2023 Jun 18];38(12):1627–30.
- (35) Ma J, Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Biocompatibility of two novel root repair materials. J Endod ;37(6):793–8.

Financiamiento: Ninguno declarado.

Conflicto de interés: Ninguno declarado.

Tabla 1: Estudios incluidos en la presente revisión sistemática

Autor y año	Tipo de estudio	Nº total de dientes	Material comparado	Nº de dientes por material	Variables del estudio
K. Benz y cols (2016) (19)	<i>Artículo de revista</i>	72	MTA SUPER-EBA	36 36	Capacidad de sellado
Oliveira y cols. (2013) (20)	<i>Ensayo in vitro</i>	25	MTA IRM SUPER-EBA	5 5 5	Capacidad de sellado
Shetty y cols. (2017) (21)	<i>Ensayo en dientes ex vivo</i>	44	MTA BIODENTINE	12 11	Capacidad de sellado
Alazrag y cols. (2020) (22)	<i>Ensayo ex vivo</i>	27	MTA BIODENTINE	9 9	Capacidad de sellado Biocompatibilidad Solubilidad
Kaup y cols. (2015) (23)	<i>Ensayo in vitro</i>	72	MTA BIODENTINE	24 24	Solubilidad
Ceci y cols. (2015) (24)	<i>Ensayo in vitro</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Biocompatibilidad Solubilidad
Corsentino y cols. (2022) (25)	<i>Ensayo in vitro</i>	50	BIODENTINE SUPER-EBA	25 25	Capacidad de sellado
Jardine y cols. (2021) (26)	<i>Ensayo ex vivo en dientes de resina</i>	30	MTA BIODENTINE	10 10	Capacidad de sellado
Mohan y cols. (2021) (27)	<i>Artículo de revista</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Capacidad de sellado
Torres y cols. (2016) (28)	<i>Artículo de revista</i>	N/A	MTA BIODENTINE IRM	N/A	Solubilidad
Karoabari y cols. (2021) (29)	<i>Ensayo in vitro</i>	80	MTA BIODENTINE	20 20	Biocompatibilidad
Poggio y cols. (2016) (30)	<i>Ensayo in vitro</i>	18	MTA IRM SUPER-EBA	6 6 6	Solubilidad
Llerena y cols. (2016) (31)	<i>Artículo de revista</i>	N/A	MTA SUPER-EBA	N/A	Biocompatibilidad
Bhatia y cols (2021) (32)	<i>Ensayo in vitro</i>	120	MTA IRM	30 30	Capacidad de sellado
Song y cols (2013) (33)	<i>Ensayo in vitro</i>	60	MTA SUPER-EBA	30 30	Biocompatibilidad
Amezcuca y cols. (2015) (34)	<i>Ensayo ex vivo</i>	50	MTA SUPER-EBA	10 10	Capacidad de sellado
Singh y cols. (2015) (35)	<i>Ensayo in vitro</i>	20	MTA BIODENTINE IRM	6 7 7	Solubilidad
Zhou y cols. (2015) (36)	<i>Artículo de revista</i>	20	MTA BIODENTINE	7 8	Biocompatibilidad
Total		768			

MTA®: mineral agregado de trióxido, IRM: Material restaurador intermedio,

Tabla 2: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la capacidad del sellado

Capacidad de sellado (% , $\mu\text{l}/\text{min}/\text{cmH}2$)							
Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
K. Benz y cols. (2016) (19)	36	0	0	36	Solución de colorante azul de metileno al 2%	7 días	La capacidad de sellado de los dientes obturados con MTA difería significativamente de aquellos llenos con superEBA
Oliveira y cols. (2013) (20)	5	5	5	5	Imágenes SEM a 100× y 500 aumentos.	24 h	No se observaron diferencias significativas entre los materiales probados
Shetty y cols. (2017) (21)	11	12	0	0	Método de filtración de fluidos ($\mu\text{l}/\text{pulg.}/\text{cmH}2\text{O}$)	7h h 1-3 meses	MTA mostro una capacidad de sellado superior seguido de Biodentine
Alazrag y cols. (2020) (22)	9	9	0	0	SEM (aumento x 1000)	7 días 1 mes 3 meses	Biodentine mostro una capacidad de sellado superior de los materiales comparados
Corsetino y cols. (2022) (25)	0	25	0	25	Solución de colorante azul de metileno al 3%	24 h	Biodentine mostro una microfiltración menor en comparación con super - EBA
Jardine y cols. (2021) (26)	10	10	0	0	Micro-CT escaneo calculando el mm3 y %	7 días	No se encontraron diferencias entre MTA (ángelus/ Neo plus) o Biodentine
Mohan y cols. (2021) (27)	20	20	0	0	Colorante azul de metileno al 2%.	48 h	Biodentine muestra una menor penetración del tinte en la reparación de perforaciones a lo largo de las furcaciones y una mejor capacidad de sellado.
Bhatia y cols (2021) (32)	30	0	30	0	Colorante azul de metileno al 2%.	72 h	MTA mostró una capacidad de sellado mayor de la IRM
Amezcuca y cols. (2015) (34)	10	0	0	10	Prueba de fuga microbiana (turbidez)	24h 60 días	Todos los materiales probados mostraron microbios fuga. No se encontraron diferencias significativas entre Super-EBA o MTA

MTA® = agregado de trióxido mineral, Micro-CT: microtomografía computarizada, SEM: Microscopia electrónica de barrido, IRM= Material restaurador intermedio, mm3 y % = Espacios marginales, internos volumen de vacíos % = porcentaje. $\mu\text{l}/\text{min}/\text{cmH}2$ O = microlitro por minuto por centímetro de agua

Tabla 3: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la Biocompatibilidad

Biocompatibilidad (% nm, 100 µL/well, (1:1, 1:2, 1:4 and 1:8),)							
Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag y cols (2020) (22)	9	9	0	0	Respuesta celular inflamatoria y distribución de frecuencias de radio transparencia (%) mediante el uso de microscopio de luz	1 mes 3 meses	La mayor biocompatibilidad se registró en el subgrupo MTA seguido del Biodentine
Ceci y cols (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	(MDPC-23) evaluado con prueba azul de Alamar mediante espectrofotómetro (595 nm)	24h 48 h 2 h	Biodentine demostró ser el material más biocompatible probado
Karoabari y cols (2021) (29)	20	20	0	0	Penetración de tinte	7 días 15 días 1 mes	Tanto MTA como BIODENTINE tienen cifras casi similares en la penetración del tinte
Llerena y cols (2016) (31)	N/A	0	0	N/A	Ensayo colorimétrico de metil-tiazol-tetrazolio (MTT)	2 días 7 días	MTA fue menos citotóxicos en comparación con Super EBA en la dilución más alta (1:1)
Song y cols (2013) (33)	30	0	0	30	Examen microscópico de luz, celular conteo y ensayo WST-1 en células de ligamento periodontal humano.	6 h 48 h	Súper EBA mostró la viabilidad más baja.
Zhou y cols. (2015) (36)	7	8	0	0	Citometría de flujo, y la adhesión de la encía humana fibroblastos evaluados con SEM.	1 día 3 días 7 días	Los fibroblastos gingivales humanos mostraron una respuesta similar a los extractos de Biodentine y MTA medido por ensayo de citotoxicidad y celular crecimiento en materiales establecidos

MTA® = agregado de trióxido mineral, IRM= Material restaurador intermedio, SEM: Microscopia electrónica de barrido, nm= nanómetro, MDPC-23 = células de odontoblastos murinos, MTT= metil-tiazol-tetrazolio, (1:1, 1:2, 1:4 and 1:8) = diluciones de extractos.

Tabla 4: Características de los estudios seleccionadas para la revisión sistemática en cuanto a la solubilidad

Solubilidad = $(W_0 - W_1 / W_0 \times 100, \text{ nm, FDW} - \text{DBW} \times 100)$							
Autor y año	Nº (muestra)				Método de medición	Seguimiento	Resultados
	MTA	Biodentine	IRM	Super-EBA			
Alazrag y cols (2020) (22)	9	9	0	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 7 días	Biodentine exhibió la mayor solubilidad
Kaup y cols (2015) (23)	24	24	0	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 28 días	Ambos materiales mostraron un solubilidad de <3% después de 24 h.
Ceci y cols. (2015) (24)	N/A	N/A	N/A	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 2 meses	MTA mostro los valores más altos de densidad en comparación con los otros materiales. No reportan diferencias entre Biodentine y IRM
Torres y cols. (2016) (28)	5	5	5	0	Método estándar ISO (pérdida de masa y estabilidad dimensional nm)	7 días 30 días	BIODENTINE mostró la mayor solubilidad seguido de MTA Y IRM
Poggio y cols. (2016) (30)	6	0	6	6	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 2 meses	Todos los materiales cumplieron con los requisitos de la ISO. No hubo significación estadística en la solubilidad entre los materiales probados después de 24 horas.
Singh y cols. (2015) (35)	6	7	7	0	Método estándar ISO (pérdida de masa)	24 h 3 días 10 días	BIODENTINE mostró la mayor solubilidad seguido de MTA Y IRM

MTA® = agregado de trióxido minera, IRM= Material restaurador intermedio, ISO= International Standards Organization, % Wight loss = $W_0 - W_1 / W_0 \times 100$

Fig. 1. PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review (12)

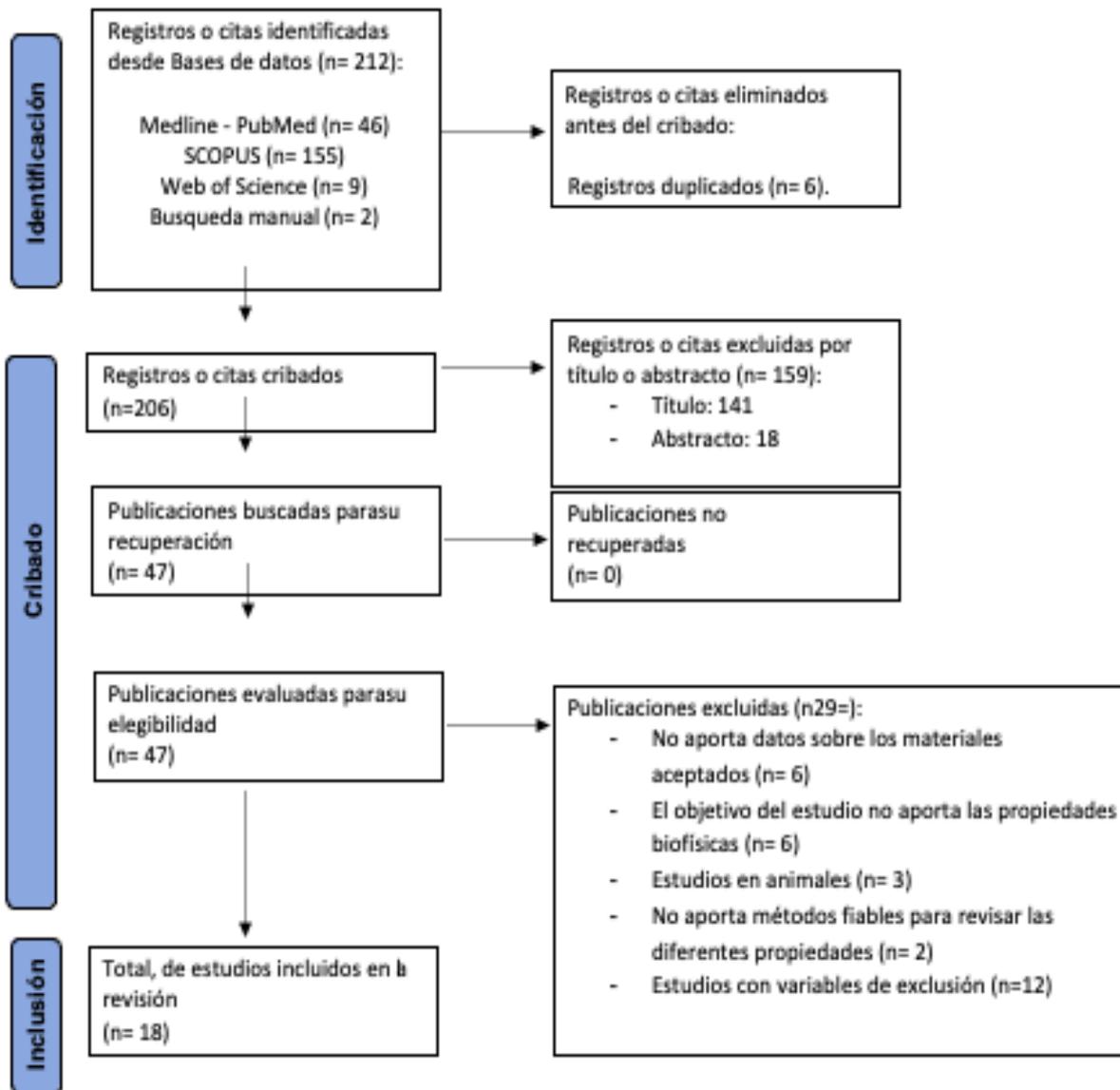


Fig. 2: Medición del riesgo de sesgo de los estudios in- vitro con la escala modificada de Arrive y Consort (10)

	K. Beru (18)	Oliveira (20)	Shetty (21)	Alazrag (22)	Kaup (23)	Cici (24)	Consentino (25)	Jardine (26)	Mohan (27)	Torne (28)	Karabari (29)	Poggio (30)	Llerena (31)	Bhatia (32)	Song (33)	Amezcua (34)	Singh (35)	Zhou (36)
Title (1) Inaccurate/incomplete (2) Correct/adequate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Abstract: structured summary (4) Clearly inadequate (5) Possibly accurate (6) Clearly accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: background, experimental approach, and rationale/significance (4) Insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Introduction: primary and secondary objectives (4) Not clearly stated (5) Clearly stated	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: study design, explicit number of experimental and control groups (4) Clearly insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: precise details of experimental procedure (i.e., how, when, where, and why) (4) Clearly insufficient (5) Possibly sufficient (6) Clearly sufficient	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: how sample size was determined and sample size calculation (4) No (5) Insufficient/not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Methods: details of statistical methods and analysis (4) No (5) Insufficient/not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Results: explanation for any excluded data, results of each analysis with a measure (4) No (5) Insufficient/not complete (6) Adequate/clear	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Discussion: interpretations, limitations, and generalizability/inclusions (4) Clearly inadequate (5) Possibly accurate (6) Clearly accurate	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Statement of potential conflicts and funding disclosure (4) No (5) Yes	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★

