



COMPORTAMIENTO FÍSICO, QUÍMICO Y CLÍNICO DE LOS MATERIALES
MTA Y BIODENTINE EN EL RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO. REVISIÓN
NARRATIVA.

Heidy Daniela Díaz Pereira

Código: 20571428830

Judith Andrea Gómez Gutiérrez

Código: 20571717854

Natalia Andrea Chalarca Torres

Código: 20571425129

Universidad Antonio Nariño

Facultad de odontología

Villavicencio, Colombia

Año 2022-1

COMPORTAMIENTO FÍSICO, QUÍMICO Y CLÍNICO DE LOS MATERIALES
MTA Y BIODENTINE EN EL RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO. REVISIÓN
NARRATIVA

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Odontólogo general

Ana María Blanco Vesga

Odontólogo U. El Bosque

Odontólogo especialista en Endodoncia U. Santo Tomas

Luis Alejandro Baquero Padilla

Odontólogo U. Nacional de Colombia

Especialista en auditoria y gerencia en salud; JTL

Master en seguridad del paciente y calidad de servicios asistenciales. UNIR

Universidad Antonio Nariño

Facultad de odontología

Villavicencio, Colombia

Año 2022-1

Nota De Aceptación

Heidy Daniela Díaz Pereira 3.6
Judith Andrea Gómez Gutiérrez 3.7
Natalia Andrea Chalarca 3.6

El trabajo de grado titulado
Comportamiento Físico, Químico y Clínico
de los Materiales Biodentínicos y MTA en
Recubrimiento Pulpar Directo. Revisión
Narrativa. Elaborado por Heidy Daniela Díaz
Pereira, Natalia Andrea Chalarca y Andrea
Gómez Gutiérrez
Cumple con los requisitos para optar al título
de odontólogo general

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Villavicencio, mayo 2022.

Dedicatoria

A nuestros padres:

Judith Gutierrez, Walter Gomez

Agradecimientos

En primer lugar, agradecerle a Dios por todas las bendiciones que nos brinda día a día, por ser el inspirador, por darnos fuerza, por guiarnos a lo largo de nuestra vida y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad, también, por permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional.

Agradecerles a nuestros docentes que nos guiaron en este proceso y que hicieron que hoy esto sea posible: Dra. Ana María Blanco., por brindarnos su apoyo incondicional y tomarse el trabajo de transmitirnos sus conocimientos, por su paciencia y consejos, desde el primer hasta el último día de este proceso. Al Dr. Luis Alejandro Baquero., por su valiosa orientación e interés, por compartir su conocimiento, por todas las enseñanzas recibidas a lo largo de este proceso y por hacer posible la realización de esta investigación.

A nuestros padres que han sido siempre el motor que impulsan nuestros sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre presentes y que a través de su amor, su paciencia y sus buenos valores han sido la guía para nuestras vidas, gracias por confiar siempre en nosotras este logro es por y para ustedes.

Resumen

La tasa de éxito clínico en recubrimiento pulpar depende de los materiales utilizados como sustituto de la dentina dañada. Por muchos años el hidróxido de calcio fue el material generalmente usado, hasta la aparición en 1995 del agregado de trióxido mineral – MTA, y recientemente de cementos como el Biodentine. Existen diversos estudios que comparan las propiedades y la tasa de éxito, que se abordan en este trabajo.

Objetivo: Construir el análisis comparativo de las propiedades físicas y químicas y el comportamiento clínico de los materiales MTA y Biodentine en el proceso de recubrimiento pulpar directo.

Palabras clave: mta, biodentine, recubrimiento pulpar directo y bioactividad

Materiales y métodos: La investigación se limitó a estudios en español e inglés publicados en las bases de datos PubMed, ProQuest, Scielo y Science Direct, entre el año 2017-2022, que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos. Los criterios que se utilizaron para la búsqueda en español y el inglés; “MTA (Mineral Trioxide Aggregate)” y “Biodentine (Tricalcium Silicate)”. “Recubrimiento Pulpar Directo (direct pulp capping)” y “Bioactividad (bioactivity)”. fecha de publicación “del 2017 to 2022”; tipo de estudio “revisión sistemática, metaanálisis, ensayos clínicos”.

Resultados: De la búsqueda inicial se obtuvieron 391, de los cuales 44 fueron incluidos en esta revisión de narrativa. Se encontró que Biodentine posee ventajas en Propiedades como Tiempo de Fraguado, Resistencia a la compresión, propiedades mecánicas, Microdureza, Fuerza de adhesión a la dentina, Microfiltración, sellado, Adaptación Marginal, decoloración y Biocompatibilidad. La principal desventaja del Biodentine es la radiopacidad. En cuanto a la tasa

de éxito en recubrimiento pulpar directo para exposiciones pulpares en dientes permanentes sin caries, tiene resultados similares. Para exposiciones pulpares cariadas en dientes permanentes jóvenes con raíces inmaduras y maduras, la mayoría de los autores coinciden que Biodentine tiene mejor tasa de éxito que el MTA.

Conclusión: Los estudios revelan que para el recubrimiento pulpar directo, el Biodentine tiene mejores propiedades que el MTA, excepto en la radio-opacidad. En cuanto al comportamiento clínico, la tasa de éxito es mayor en dientes cariados, mientras que en dientes sanos es similar.

Abstract

The clinical success rate in pulp capping depends on the materials used as a substitute for damaged dentin. For many years calcium hydroxide was the material generally used, until the appearance in 1995 of mineral trioxide aggregate - MTA, and recently of compounds such as Biodentine. There are several studies comparing the properties and success rate, which are addressed in this work.

Objective: To construct a comparative analysis of the physical and chemical properties and clinical behavior of MTA and Biodentine materials in the direct pulp capping process.

Keywords: mta, biodentine, direc pulp capping and bioactivity

Materials and methods: The research was limited to studies in Spanish and English published in the databases PubMed, ProQuest, Scielo and Science Direct, between 2017-2022, that met the established inclusion criteria. The criteria used for the search in Spanish and English; "MTA

(Mineral Trioxide Agreggate)" and "Biodentine (Tricalcium Silicate)". "Recubrimiento Pulpar Directo (direct pulp capping)" and "Bioactividad (bioactivity)". publication date "from 2017 to 2022"; type of study "systematic review, meta-analysis, clinical trials".

Results: 391 were obtained from the initial search, of which 44 were included in this narrative review.

included in this narrative review. Biodentine was found to have advantages in properties such as setting time, compressive strength, mechanical properties, microhardness, dentin bond strength, microleakage, sealing, marginal adaptation, discoloration and biocompatibility. The main disadvantage of Biodentine is radiopacity. Regarding the success rate in direct pulp capping for pulp exposures in permanent teeth without caries, it has similar results. For carious pulp exposures in young permanent teeth with immature and mature roots, most authors agree that Biodentine has a better success rate than MTA.

Conclusion: The studies reveal that for direct pulp capping, Biodentine has better properties than MTA, except for radio-opacity. In terms of clinical performance, the success rate is higher in carious teeth, while in healthy teeth it is similar.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version).

Contenido

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	8
1	9
2	13
3	14
3.1	14
3.2	14
4	15
5	17
5.1	17
5.2	47
5.3	49
5.4	19
5.5	20
5.6	21
6	23
6.1	23
6.2	23
6.3	24

6.3.1 24

6.3.2 24

6.4 25

7 26

7.1 26

7.1.1 26

7.1.2 28

7.1.3 29

7.1.4 32

7.1.5 32

7.1.6 32

7.1.7 33

7.1.8 33

7.1.9 33

7.1.10 35

7.1.11 36

7.2 38

7.2.1 40

7.2.2 **¡Error! Marcador no definido.**

7.2.3 40

7.2.4 42

1. 45

7.3 45

7.4 **¡Error! Marcador no definido.**

8 47

9 51

Lista de figuras

Figura 1. Flujograma de selección de artículos	22
--	----

Lista de tablas

Tabla 1. Pregunta PICO	22
Tabla 2. Tiempo de fraguado (min) de MTA y Biodentine	26
Tabla 3. Adherencia y Porosidad de MTA y Biodentine	28
Tabla 5. Valores medios (MPa) para la resistencia a la compresión	29
Tabla 7. Microfiltración promedio para grupos experimentales después de diferentes edades de almacenamiento	33
Tabla 8. Fuerza de adhesión a la dentina (MPa)	35
Tabla 9. Comparación de las propiedades de los materiales MTA y Biodentine	44

Introducción

La OMS Organización Mundial de la Salud define la caries dental como un proceso localizado, con un origen multifactorial, iniciado posteriormente a la erupción dentaria, y el cual tiene como consecuencia el reblandecimiento del tejido duro del diente, hasta la formación de una cavidad. Si no es atendida de manera oportuna, afecta la salud y la calidad de vida de los individuos. (Palomer R, 2006). Aparte de las lesiones cariosas, existen otros factores mecánicos o iatrogénicos que pueden alterar la estructura dental, desencadenando lesiones pulpares. La terapia pulpar tiene como objetivo conservar la integridad, la salud y estimular la regeneración del tejido pulpar. (dentinogénesis terciaria) (Katge & Patil, 2017)

La terapia endodóntica es el principal tratamiento para el manejo de la exposición pulpar, estudios clínicos realizados por diversos autores indican que el recubrimiento pulpar directo ha producido tasas de éxito mayores de los 90%, mayores a los del tratamiento de conducto. (Çalışkan & Güneri, 2017) (Hegde, y otros, 2017). (Swartz DB, 1983) (Swartz, Skidmore, & Griffin Jr, 1983).

Hasta hace algunos años, el Hidróxido de Calcio (Ca OH_2) fue el material más utilizado para el recubrimiento pulpar directo; pero debido al lanzamiento al mercado primero el Mineral trióxido agregado MTA en 1995, y luego el Biodentine en el 2002, éstos desplazaron al hidróxido del calcio, y se convirtieron en los más utilizados por odontólogos.

El objetivo de esta investigación es comparar la efectividad de Mta y Biodentine para el recubrimiento pulpar directo en cuenta propiedades físicas y químicas, y la tasa de éxito en procedimientos clínicos de recubrimiento pulpar en dientes con raíces jóvenes y maduras, con y sin caries.

Se realizará una revisión narrativa, con búsqueda en bases de datos de artículos asociados al recubrimiento pulpar directo, empleando MTA y Biodentine combinación de estos, publicados en los últimos 5 años en revistas indexadas y repositorios.

Se busca comparar las características de los dos materiales, cuál presenta mejores propiedades físicas y químicas, resultados y su desempeño en el procedimiento endodóntico del recubrimiento pulpar directo.

En este trabajo se espera con ayuda de información verificada científicamente darles a los profesionales una herramienta para que a la hora de la práctica clínica puedan elegir acertadamente.

1 Planteamiento del problema

El Recubrimiento Pulpar Directo (RPD) es un procedimiento mediante el cual el tejido pulpar se cubre con un cemento biocompatible, con el objeto de:

- “1. proteger el complejo pulpo-dentinal contra la irritación química cuando se presentan las lesiones traumáticas, o durante los procedimientos en la eliminación de caries,
2. prevenir el contacto directo con los materiales de restauración por su toxicidad,
3. impedir la penetración bacteriana debido a la microfiltración y de esta forma evitar inflamación del tejido pulpar”. (Nowicka, y otros, 2013)

Con el recubrimiento Pulpar directo, se forma un depósito de dentina reparadora en el tejido pulpar, la cual favorece la aparición de odontoblastos y otras células pulpares, que cumplen la función de proteger la pulpa contra elementos dañinos. (Nowicka, Wilk, Lipski, Kołdecki, & Buczkowska-Radlińska, 2015).

La reparación de la dentina puede ser afectada por el material que se utilice para recubrir la pulpa, por el grado de lesión mecánica y las posibles fugas inflamatorias y bacterianas (Murray, Hafez, Smith, & Cox, 2002).

Diversos autores afirman que ninguno de los materiales que se utilizan actualmente para el procedimiento de Recubrimiento Pulpar Directo (RPD) cumple con el 100% de tasa de éxito, ni con todos los requisitos (Parirokh, Asgary, Eghbal, & Kakoei, 2011). El primer material que se utilizó para cubrir las pulpas expuestas, fue las láminas oro, fue descrito por Pfaff en 1756. En 1920, Hermann empezó a utilizar el Hidróxido de Calcio (Ca OH_2), y entre 1928 y 1930. A partir

de dicha investigación, se recomendó el Hidróxido de Calcio para el recubrimiento pulpar directo. (Till, 2008)

Hasta hace menos de dos décadas, el Hidróxido de Calcio (Ca OH_2) era el estándar en el tratamiento, debido a las propiedades antibacterianas, la formación de dentina reparadora y la curación de la pulpa (Nowicka, Wilk, Lipski, Kołdecki, & Buczkowska-Radlińska, 2015) (Jalan, Warhadpande, & Dakshindas, 2017); sin embargo, se han encontrado desventajas como: “adherencia insatisfactoria a la dentina, disolución a lo largo del tiempo y en los fluidos orales, los puentes de dentina adyacente al material pueden contener múltiples defectos de túnel que se abren hacia la pulpa subyacente, la extensa formación de dentina que oblitera la cámara pulpar, y la degradación después del grabado ácido”. (Lipski, y otros, 2018) (Vural, Kiremitçi, & Gökalp, 2017) (Nowicka, Wilk, Lipski, Kołdecki, & Buczkowska-Radlińska, 2015).

Llanos (2019) afirma que “los materiales biocerámicos son capaces de funcionar como tejidos humanos o de reabsorberse, estimulan la regeneración de tejidos naturales, estos pueden ser silicatos de calcio, hidroxiapatita y fosfatos de calcio reabsorbible” (Llanos C, 2019); este tipo de materiales han ido evolucionando, se han lanzado al mercado muchos materiales, y actualmente ya es muy frecuente su aplicación en odontología y endodoncia, porque poseen propiedades fisicoquímicas, el perfil hidrofílico, biocompatibilidad y capacidad osteoinductiva. Se seleccionaron para este trabajo dos de los materiales más usados en endodoncia: el MTA y Biodentine.

El agregado de trióxido mineral (MTA) fue el primer material biocerámico utilizado para el recubrimiento pulpar; fue patentado por Torabinejad en 1995 (Torabinejad, Hong, C.U, & McDonald, 1995). Biocompatibilidad y bioactividad son las propiedades a resaltar, por lo cual es

recomendable para los procedimientos de recubrimientos pulpaes directos (Llanos C, 2019). Yopez (2013) afirma que además de lo anterior estimula la formación de dentina, por sus propiedades de alcalinidad, biocompatibilidad y propiedades remineralizantes. (Yepes D & Castrillón Y, 2013)

En el 2011 se desarrolló el Biodentine, un silicato de calcio, utilizados como sustituto de la dentina, y además biológicamente activo, que permite una mejor penetración a través de los túbulos dentinarios abiertos, cristalizando con la dentina y que proporciona muy buenas propiedades mecánicas para el trabajo del odontólogo (Kaur, Singh, Dhillon, Batra, & Saini, 2017). Es un cemento con base en MTA, pero con considerables mejoras en propiedades físicas, químicas y de manejo para el recubrimiento pulpar. (Mente, y otros, 2010)

Debido a mejoras en el tiempo de fraguado, y propiedades mecánicas y químicas en comparación con otros materiales, algunos autores lo recomiendan como un material definitivo de sustitución de dentina radicular (Llanos C, 2019).

El objetivo de la presente revisión bibliográfica es realizar una revisión sistemática del Recubrimiento Pulpar Directo, en cuanto a sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y tasa de éxito clínico.

Las propiedades que se tendrán en cuenta para la comparación de los materiales este trabajo, según los estudios de diversos autores son:

Propiedades físicas: Tiempo de Fraguado, Densidad y Porosidad, Resistencia a la compresión, Fuerza flexible, Microdureza, Fuerza de adhesión a la dentina, Propiedades mecánicas, Radio-opacidad, Pigmentación, Decoloración de la estructura dental, Solubilidad, Microfiltración,

Propiedades químicas: Mineralización, Adaptación Marginal, Capacidad de Sellado, actividad antibacteriana, Biocompatibilidad y Citotoxicidad

Para el comportamiento clínico se tendrá en cuenta la tasa de éxito en recubrimiento pulpar directo para exposiciones pulpares en dientes permanentes con y sin caries, exposiciones pulpares cariadas en dientes permanentes jóvenes con raíces inmaduras y maduras.

2 Pregunta de Investigación

¿Cuáles el comportamiento físico, químico y clínico de los materiales MTA y Biodentine en el proceso de recubrimiento pulpar directo?

3 Objetivos

3.1 General

Construir el análisis comparativo de las propiedades físicas, químicas y el comportamiento clínico de los materiales MTA y Biodentine en el proceso de recubrimiento pulpar directo.

3.2 Específicos

Comparar las Propiedades físicas y químicas de los Materiales MTA y Biodentine frente al recubrimiento pulpar directo.

Identificar el comportamiento clínico del MTA y Biodentine en el tratamiento del recubrimiento pulpar directo

4 Justificación

El odontólogo en la práctica clínica, en el desarrollo de procedimientos orales se, debe tomar decisiones con el objetivo de conservar la salud oral de sus pacientes; por ende es fundamental la actualización constante de los conocimientos, las evaluaciones de materiales que se utilizan en dichos procedimientos, basándose en la evidencia científica disponible a través de los trabajos de los autores a los que tenga acceso.

La caries se constituye en la más relevante patología que se presenta en la cavidad oral. Se presenta con una etiología multifactorial, las bacterias producen ácidos por la degradación de los carbohidratos suministrados en la alimentación, lo cual produce la desmineralización del diente y al avanzar reblandece el tejido duro, formando una cavidad que, si no se detiene a tiempo, avanza hasta el tejido pulpar. Se produce entonces un proceso inflamatorio que genera una necrosis.

La calidad y durabilidad de los materiales dentales utilizados para el recubrimiento pulpar contribuyen de manera decisiva en la supervivencia de una restauración en condiciones clínicas. Son determinantes tanto la adaptación marginal como el contacto íntimo en la interfaz con los tejidos circundantes (dentina y esmalte).

Los materiales bioactivos como el MTA y Biodentine se utilizan en procedimientos de endodoncia para mejorar la cicatrización, y reducir la probabilidad de extracción, pues las pérdidas de dientes afectan la salud oral y psicológica de una manera negativa. Este es un problema muy común alrededor del mundo (Primus, Tay, & Niu, 2019).

Se ha encontrado con este trabajo abundante el material científico relacionado con el desarrollo y prueba de materiales biocompatibles con el tejido pulpar y de buenas propiedades físicas, químicas y mecánicas. El uso de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 por muchos años fue considerado como el material estándar dentro del procedimiento de recubrimiento pulpar directo;

sin embargo, desde hace más de dos décadas se han venido desarrollando materiales alternativos con principio activo de Silicato de calcio como el MTA y más recientemente el Biodentine, materiales que son utilizados por odontólogos con frecuencia, y sobre los cuales se han desarrollado estudios clínicos que pueden ser desconocidos para los profesionales. A través de la revisión de dichos estudios, se puede evidenciar no solo las propiedades, sino la capacidad de manipulación y el éxito clínico.

A través de esta investigación se evaluará a la luz de la evidencia científica la eficacia de estos materiales en el procedimiento de recubrimiento pulpar directo, mediante un análisis comparativo del comportamiento clínico de los materiales MTA y Biodentine, en la bibliografía existente, aportando elementos de juicio para que se puedan tomar decisiones en bien de los pacientes.

5 Marco teórico

5.1 Recubrimiento pulpar directo

El recubrimiento pulpar directo es el tratamiento de una pulpa vital expuesta con un material dental para facilitar la formación de dentina reparadora y el mantenimiento de la pulpa vital. El recubrimiento pulpar se practica como una alternativa a la extirpación pulpar. El glosario de la Asociación Estadounidense de Endodoncistas (AAE) define el recubrimiento pulpar como: “tratamiento de una pulpa vital expuesta mediante el sellado de la herida pulpar con un material dental como hidróxido de calcio o agregado de trióxido mineral para facilitar la formación de dentina reparadora y el mantenimiento de vitalidad”. (Komabayashi, 2010) El recubrimiento pulpar directo es definido por diversos autores como la colocación de un apósito protector directamente sobre la pulpa expuesta, con el objetivo de mantener la vitalidad pulpar mediante la estimulación de formación de dentina terciaria (Mouawad, y otros, 2014) (Paula, Carrilho, & Laranjo, 2019).

Teniendo en cuenta la morfología del espacio de la pulpa dental, el recubrimiento pulpar es una terapia aparentemente preferible en comparación con la extirpación pulpar. Desde un punto de vista biológico, el resultado de tratamiento más deseable para cualquier tratamiento de endodoncia es preservar la pulpa vital, promoviendo así un funcionamiento normal del complejo dentina/pulpa. (Komabayashi, 2010)

En ciertas situaciones clínicas, el recubrimiento pulpar directo tiene un buen pronóstico, mientras que, en otras, el fracaso es más predecible. Una exposición pulpar traumática o iatrogénica tiene mejor pronóstico que una exposición pulpar cariosa (Al-Hiyasat, Barrieshi-Nusair, & Al-Omari, 2006) . (Arandi & Thabet, 2021)

El recubrimiento pulpar directo carece de previsibilidad en el resultado cuando se aplica después de exposiciones pulpares cariadas porque la respuesta de la pulpa puede verse comprometida por la contaminación bacteriana y la inflamación de la caries progresiva. Sin embargo, se ha informado que las tasas de éxito del recubrimiento pulpar directo después de exposiciones cariosas dependen de la técnica y los materiales (Al-Hiyasat, Barrieshi-Nusair, & Al-Omari, 2006). La introducción de nuevos materiales bioactivos ha aumentado la tasa de éxito del procedimiento en dientes con exposición cariosa. (Kundzina, Stangvaltaite, Eriksen, & Kerosuo, 2017) (Arandi & Thabet, 2021)

5.2 Terapia pulpar

La terapia pulpar es un proceso que tiene por objetivo “el tratamiento de las lesiones pulpares reversibles en los dientes permanentes y primarios, es el mantenimiento de la vitalidad y la función de la pulpa”. (Hincapié N & Valerio R, 2015)

Esta terapia pretende mantener el diente clínicamente funcional mediante la reparación y mantenimiento de la integridad dental y sus tejidos de soporte. Es uno de sus objetivos mantener la vida pulpar de un diente afectado por caries, trauma u otro tipo de afectaciones, cuando existe necrosis pulpar o cuando existen alteraciones irreversibles del tejido pulpar. (Andrade M, Medeiros F, & Borba, 2020)

Para Andrade, Medeiros, y Borba (2020), el procedimiento se indica en “exposiciones pulpares pequeñas y accidentales en dientes primarios y permanentes con hasta dos tercios de rizólisis, ambos con pulpa saludable, cuando las condiciones para una respuesta favorable fueran óptimas. En las situaciones de exposición pulpar por caries, no se recomienda este tratamiento”. (Andrade M, Medeiros F, & Borba, 2020)

5.3 Caries

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la caries dental como un proceso localizado, de origen multifactorial, el cual tiene su inicio con la erupción dentaria, que genera un reblandecimiento del tejido duro de los dientes, y puede evolucionar hasta la formación de una cavidad. Si ésta patología no se atiende de manera oportuna, afecta la salud general y la calidad de vida de los individuos, sin importar la edad. (Palomer R, 2006)

La caries es una enfermedad infecciosa, transmisible, producida por la concurrencia de bacterias específicas, un huésped cuya resistencia es menos que óptima y un ambiente adecuado, como es la cavidad oral. A menos que este proceso sea tratado mediante un procedimiento específico, puede generar la pérdida total de la estructura dental. (Palomer R, 2006)

5.4 Iatrogenia recubrimiento pulpar directo

El término iatrogenia se emplea por primera vez, según se conoce, en 1924 por Eugen Bleuer. Según el diccionario de la Real Academia de la lengua española, el término iatrogenia se refiere a “toda alteración del estado del paciente producida por el médico y se encuentra latente en todos los actos médicos; son acciones que se mantienen en el ámbito de la profesión sin que trasciendan al gran público”. (RAE, 2022)

La iatrogenia se define como cualquier lesión o enfermedad que se produce como resultado de la atención médica (Taber's Cyclopedic Medical Dictionary 2005). Una condición iatrogénica es un estado de mala salud o efecto adverso causado por un tratamiento médico; por lo general, es el resultado de un error cometido en el tratamiento. (Domecq G, Freire S, Querts M, & Columbié R, 2020)

El recubrimiento directo se usa cuando la pulpa está visiblemente expuesta debido a caries, trauma o daño iatrogénico. (Odontoespacio, 2019)

Después de la caries dental, la causa más frecuente de daño pulpar es la iatrogenia producida por el odontólogo por un inadecuado manejo de los materiales y la incorrecta aplicación de técnicas de tratamiento. La dentina y la pulpa constituyen una misma entidad, el órgano dentino-pulpar y toda acción llevada a cabo sobre la dentina repercutirá sobre la pulpa positiva o negativamente. (Reyes V, 2022)

La técnica del recubrimiento pulpar directo implica: “Preparar la cavidad con abundante irrigación, con fresas de bola grande bien afiladas y sin hacer exagerada presión, con el objeto de no añadir factores iatrogénicos por calentamiento y presión al procedimiento”. (Rivas M, 2022)

5.5 Trióxido mineral – MTA

Tradicionalmente, el medicamento usado para proteger el tejido pulpar expuesto es el hidróxido de calcio, pero se ha demostrado que este genera efectos negativos por lo que en la actualidad existe otro material que está siendo utilizado con excelentes resultados, es el agregado de trióxido mineral – MTA el cual es usado en los dientes permanentes, para el recubrimiento de la pulpa radicular. (Andrade M, Medeiros F, & Borba, 2020)

El agregado de trióxido mineral (MTA) fue desarrollado para su uso como material de reparación radicular dental por el Dr. Mahmoud Torabinejad y White en 1995, bajo el nombre de ProRoot MTA gris. Desde entonces, el MTA ha sido reconocido como un material bioactivo que es conductor del tejido duro, inductor del tejido duro y biocompatible. (Bansal, Jain, Aggarwal, & Jain, 2020). El MTA se puede utilizar en aplicaciones quirúrgicas y no quirúrgicas, incluido el recubrimiento pulpar directo. material de obturación temporal, reparaciones de perforaciones en

raíces o furcaciones, apexificación y obturaciones de extremos radiculares. A pesar de la alta eficacia clínica de este cemento, se presentaron inconvenientes que impidieron que los médicos lo usaran en muchos casos, como el tiempo de fraguado muy largo y una manipulación difícil. (Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017)

El MTA se comercializa actualmente en dos formas: gris (GMTA) y blanco (WMTA). Para superar la limitación del largo tiempo de fraguado del MTA, en 2001 se introdujo una alternativa denominada MTA- Angelus que carecía de sulfato de calcio dihidratado como uno de sus principales compuestos. (Bansal, Jain, Aggarwal, & Jain, 2020)

El MTA es básicamente una mezcla mecánica de tres ingredientes en polvo: cemento portland (75 %), óxido de bismuto (20 %) y yeso (5 %). Según la patente de MTA, consiste en óxido de calcio (50-75 % en peso) y óxido de silicio (15-20 % en peso), que juntos constituyen el 70-95 % del cemento. Tras la mezcla de estas materias primas; Se producen silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, aluminoferrita tetracálcica. Hay dos tipos comerciales de MTA: gris y blanco y la diferencia radica en la presencia de hierro en el primero que forma además la fase de tetracalcioalumino-ferrita. Por el contrario, hay ausencia de óxido de hierro en el MTA blanco. (Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017)

5.6 Biodentine

El cemento bioactivo a base de silicato de calcio, Biodentine fue sido lanzado en el mercado como un “sustituto de la dentina”. Este material biológicamente activo facilita su penetración a través de los túbulos dentinarios abiertos para cristalizar entrelazados con la dentina y proporcionar propiedades mecánicas. Biodentine se ha formulado utilizando tecnología de

cemento a base de MTA y, por lo tanto; afirma mejoras de algunas de las propiedades, como las cualidades físicas y el manejo, incluida su otra amplia gama de aplicaciones, como la reparación endodóntica y el recubrimiento pulpar en la odontología restauradora. (Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017)

6 Diseño metodológico

Se realizó una síntesis de búsqueda teniendo en cuenta los criterios de pregunta PICO, se utilizaron palabras Mesh, buscadas en las distintas bases de datos. (Tabla 1)

Tabla 1. Pregunta PICO

P	Exposición pulpar
I	Recubrimiento pulpar directo
C	Mta y Biodentine
O	Mejores Propiedades

Análisis de los datos: análisis de revisión narrativa

6.1 Tipo de estudio:

Revisión narrativa.

6.2 Selección de la Muestra:

Se realizó una búsqueda en las bases de datos como son PubMed, ProQuest, ScienceDirect, y Scielo, referente a artículos sobre MTA y Biodentine en el recubrimiento pulpar directo.

Las palabras clave se buscaron en tres idiomas diferentes como lo son el español y el inglés; se empleó el operador booleano “and” y las palabras seleccionadas fueron “MTA (Mineral Trioxide Aggregate)”, “Biodentine (Tricalcium Silicate)”, “Recubrimiento Pulpar Directo (direct pulp capping)” y “Bioactividad (bioactivity)”, buscadas por medio de diferentes combinaciones en cada una de las bases de datos. Se buscarán en bases de datos indexadas artículos científicos asociados a Recubrimiento pulpar directo con MTA y Biodentine.

Para la selección de los artículos, se ingresó a los diferentes buscadores con el filtro de la fecha de publicación “del 2017 al 2022”, limitaron los resultados a “texto completo o full text”, para obtener una búsqueda más exacta.

6.3 Criterios de Elegibilidad

6.3.1 Inclusión

Artículos publicados los últimos 5 años (2017 - 2022) con palabras claves como “MTA (Mineral Trioxide Aggregate)”, “Biodentine (Tricalcium Silicate)”, “Recubrimiento Pulpar Directo (direct pulp capping)” y “Bioactividad (bioactivity)” Bases de datos como PubMed, ProQuest, ScienceDirect, Scielo.

Estudios de tipo: Revisión sistemática de la bibliografía, meta-análisis, estudios clínicos, tipo cohorte, (que sean de alto nivel de evidencia científica).

Full text en idioma inglés, portugués, y español de revistas indexadas.

6.3.2 Exclusión

Estudios de tipo: Intervenciones in vitro.

Artículos publicados hace más de 5 años sobre MTA y Biodentine en Recubrimiento pulpar directo.

Artículos duplicados en dos bases de datos.

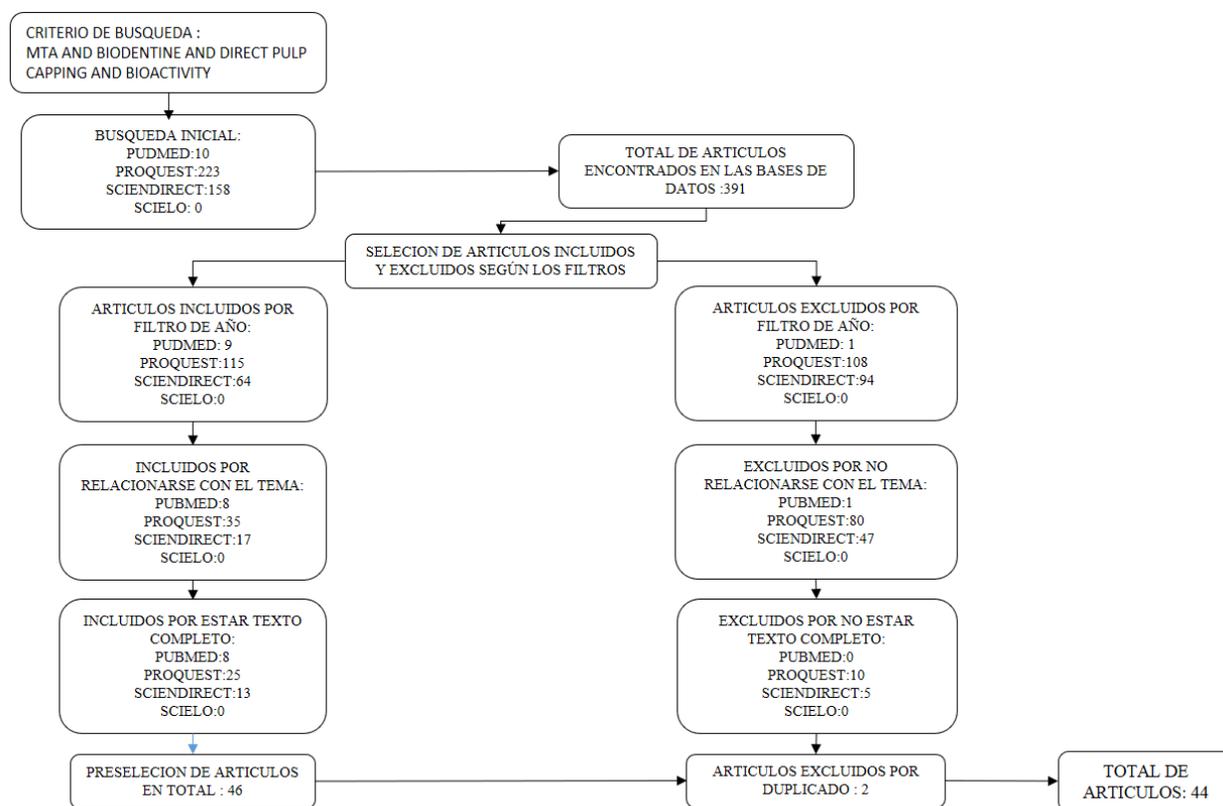
6.4 Descripción del procedimiento

Recopilación de distintos artículos con bases científicas de los cuales tomaremos variables significativas para así poder identificar las diferencias y dar una conclusión acerca de sus utilidades empleando la metodología de revisión narrativa

Fase 1. Búsqueda en Bases de Datos

Para la primera fase se realizó la búsqueda de los artículos en las bases de datos mencionadas en los criterios de inclusión (PubMed, ProQuest, ScienceDirect, y Scielo), con las palabras claves descritas. En cada base se aplicaron unos filtros para así mismo determinar la cantidad de artículos encontrados en cada una de ellas, con el fin obtener el resultado de la muestra.

Figura 1. Flujograma de selección de artículos



7 Resultados y análisis de resultados.

7.1 Propiedades clínicas de los materiales MTA y Biodentine

La biocompatibilidad, biointeractividad, bioactividad, propiedades mecánicas y físicas de los materiales de recubrimiento pulpar son esenciales para la formación de dentina reparadora. (Abo El-Mal, Abu-Seida, & El Ashry, 2019) (Al-Sherbiny, y otros, 2021)

7.1.1 *Tiempo de Fraguado*

El tiempo de fraguado es uno de los factores clínicamente más relevantes. Un tiempo de fraguado prolongado puede causar problemas clínicos debido a la incapacidad del cemento para mantener la forma y soportar las tensiones durante este período. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017).

El tiempo de trabajo de Biodentine y MTA se muestra en la Tabla 2. El Biodentine tiene dentro de sus componentes un acelerador de fraguado, presentando un menor tiempo, mejor manejo y resistencia. Esta es una ventaja sobre MTA, puesto que un tiempo de fraguado más lento genera mayor pérdida parcial de material y alteración de la interfaz durante el acabado del recubrimiento pulpar. (Torabinejad, Watson, & Pitt Ford, 1993) (Parirokh & Torabinejad, 2010) (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013). Por lo tanto, se puede afirmar que **Biodentine en cuanto a tiempo de fraguado tiene ventaja sobre el MTA.**

El tiempo de mezcla de MTA es de 30 segundos, completa el fraguado después de 3 horas (180 min aprox), pero según los estudios de Raghavendra, y otros (2017), con esa duración el material no se encuentra completamente hidratado (Raghavendra, Jadhav, Gathani, & Kotadia, 2017)

Según Ziad y otros (2021) Biodentine libera niveles significativamente más altos de Ca^{2+} que el MTA, debido a que el componente óxido de bismuto del MTA retarda el fraguado. (Arandi & Thabet, 2021)

Según Arandi, con Biodentine se puede efectuar una mejor aplicación que el MTA, y se obtiene un tiempo de fraguado inicial menor (12-16 min vs. 3-4 horas) (Arandi & Thabet, 2021).

Tabla 2. Tiempo de fraguado (min) de MTA y Biodentine

	MTA (minutos)	Biodentine (minutos)	Fuente
Tiempo de fraguado inicial (minutos)	7	6	(Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017)
Tiempo de fraguado inicial (minutos)	8,5 ± 2,4	6,5 ± 1,7	(Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)
Tiempo de fraguado inicial (minutos)		9-12	(Ilić, y otros, 2019)
Tiempo de fraguado final (minutos)	228,33 ± 2,88	85,66 ± 6,03	(Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)
Tiempo de fraguado final (minutos)	180-240	45	(Ilić, y otros, 2019)

Fuente: Los autores basados en (Kaur, Singh, Dhillon, Batra, & Saini, 2017) (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020) (Ilić, y otros, 2019) (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

Según estudios de Butt (2017), no existe diferencia significativa en el tiempo de fraguado inicial ($P > 0.05$). Los tiempos de fraguado de Biodentine y MTA fueron 6,5 ± 1,7 y 8,5 ± 2,4 min respectivamente. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

El fraguado acelerado reduce el riesgo de desprendimiento y contaminación de los cementos similares a MTA cuando se utilizan como material de relleno del extremo apical. Una

característica importante de un material de relleno apical es su manejo más fácil. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

Biodentine se utilizó por primera vez como restauración coronal debido al breve tiempo de fraguado (12 min) que permite una restauración fácil en comparación con MTA Angelus (tiempo de fraguado final de 3-4 h). (Ilić, y otros, 2019)

Según Islam (2006), Las desventajas del MTA tiene consisten en que es altamente soluble y tiene un fraguado prolongado de más de 2 h. (Islam, Chng, & Yap, 2006)

7.1.2 Densidad y Porosidad

La porosidad determina la cantidad de fuga, el resultado de la terapia, la adsorción, la permeabilidad, la resistencia y la densidad del material de recubrimiento. (Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017) (Al-Sherbiny, y otros, 2021)

La porosidad es una característica crítica que influye tanto en la cantidad de fuga como en la tasa de éxito del procedimiento. Entre mayor sea el diámetro de poro, se puede presentar una mayor fuga, por donde ingresan y se transmiten microorganismos comprometiendo el sello hermético. De Souza y otros (2013) en su estudio comparativo sobre la porosidad de Biodentine MTA y otros cementos, realizaron la prueba de caracterización por micro-CT, y concluyeron que **Biodentine presentó una porosidad más baja que MTA**". (De Souza, y otros, 2013)

Ilić y otros concluyeron que **Biodentine presentó una mayor adherencia y una menor porosidad** ($0,01 \pm 0,005$ %) **que el MTA** ($0,094 \pm 0,006$ %) (Ilić, y otros, 2019)

En el estudio de Al-Sherbiny (2021), los valores más bajos de porosidad abierta, sorción de agua y solubilidad se registraron en BD y MTA en comparación con otros cementos (Al-

Sherbiny, y otros, 2021). Estos resultados son consistentes con un estudio previo de (Camilleri, y otros, 2013).

Tabla 3. Adherencia y Porosidad de MTA y Biodentine

	MTA	Biodentine	Fuente
Características de porosidad densidad (g/cm ³)	1.882 (0.002)	2.260 (0.002)	(Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017)
Adherencia	0,094 ± 0,006 %	0,01 ± 0,005 %	(Ilić, y otros, 2019)
Porosidad	17,39 ± 4,16	6,19 ± 0,76	(Al-Sherbiny, y otros, 2021)

Fuente: Los autores basados en (Kaur, Singh, Dhillon, Batra, & Saini, 2017) (Ilić, y otros, 2019) (Al-Sherbiny, y otros, 2021)

7.1.3 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es un indicador del proceso de fraguado y la resistencia del material. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017). La resistencia a la compresión es considerada como una de las principales características físicas de los cementos hidráulicos, es esencial que el material tenga la capacidad de soportar las fuerzas masticatorias, en otras palabras, suficiente resistencia a la compresión para resistir los impactos externos (Al-Sherbiny, y otros, 2021) (Malkondu, Kazandag, & Kazazoglu, 2017)

Durante la aplicación de Biodentine, la resistencia a la compresión aumenta 100 MPa en la primera hora y 200 MPa a las 24 horas y continúa mejorando con el tiempo durante varios días hasta alcanzar los 300 MPa después de 30 días. (Sarkar, Caicedo, Ritwik, Moiseyeva, & Kawashima, 2005); lo cual se puede comparar con la resistencia a la compresión de la dentina natural, la cual es de 297 MPa (Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017).

Un estudio realizado por Grech y otros (2013) mostraron que **Biodentine tenía la mayor resistencia a la compresión en comparación con otros materiales probados debido a la baja relación agua/cemento utilizada en Biodentine.** (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013)

En estudio de Butt y otros (2017), se observaron diferencias significativas en resistencia a la compresión entre MTA y Biodentine en los 4 intervalos de tiempo (1 hora, 1 día, 7 días, 28 días). El fraguado de Biodentine se ilustra con un fuerte aumento en la resistencia a la compresión que alcanza los 304 MPa después de 1 mes, más que MTA-Angelus. La resistencia a la compresión de este último se desarrolló después de 1 semana y alcanzó hasta 90 MPa. **Se puede concluir que la resistencia a la compresión durante el fraguado del MTA es significativamente inferior a la de Biodentine.** (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

Según el estudio de (Al-Sherbiny, y otros, 2021), El Biodentine mostró mejor resistencia a la compresión que el MTA y BS debido a la disminución de la porosidad con el tiempo

Tabla 5. Valores medios (MPa) para la resistencia a la compresión

	MTA	Biodentine	
1 hora	0	139.5 ± 1.19	(Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)
1 día	41.51 ± 1.41	170.78 ± 1.14	(Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)
7 días	91.35 ± 0.93	269.08 ± 1.07	(Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)
28 días	76.82 ± 2.91	304.8 ± 2.59	(Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)
1 día	40	ND	(Torabinejad, Hong, C.U, & McDonald, 1995)
21 días	67.3	ND	(Torabinejad, Hong, C.U, & McDonald, 1995)
1 Hora		>100 Mpa	(Ilić, y otros, 2019)
24 horas		>200 Mpa	(Ilić, y otros, 2019)
30 días		>200 Mpa	(Ilić, y otros, 2019)

1 día	20,15 ± 0,6	54,27 ± 6,1	(Al-Sherbiny, y otros, 2021)
7 días	24,23 ± 2	60,22 ± 1,4	(Al-Sherbiny, y otros, 2021)
28 días	60,57 ± 5,5	72,97 ± 7,6	(Al-Sherbiny, y otros, 2021)

Fuente: (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

Butt (2017) en su investigación sobre resistencia a la compresión de MTA y Biodentine encontró que la resistencia a la compresión de MTA aumentó de 41 MPa a las 24 h hasta los 76,8 MPa a los 28 días; el mismo autor reporta que los resultados son similares a los informados por Torabinejad (40 MPa a las 24 h y 67,3 MPa a los 21 días). (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017). Por su lado, Biodentine aumentó considerablemente de 170 MPa a las 24 h hasta 304 MPa, después de colocar el material en humedad durante 28 días. Este valor registrado es muy similar al de la dentina humana (297 ± 24 MPa). En conclusión, la resistencia a la compresión de Biodentine fue significativamente mayor que la de MTA, evaluada en 1 hora, 24 horas y 28 días. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

Ilic y otros (2019), en su estudio encontraron que Biodentine registra un fuerte aumento en la resistencia a la compresión: >100 MPa en 1h y >200 MPa después de 24 h, llegando a 300 MPa a los 28 días, obteniendo resultados bastante estables y similares a la dentina natural. (Ilić, y otros, 2019).

El estudio de Al-Sherbiny, y otros (2021), concluyó que después de 1, 7 y 28 días, Biodentine registró el valor de resistencia a la compresión media en Mpa es significativamente más alta ($P < 0,05$) seguido por el MTA. No se encontraron diferencias significativas en el día 28 ($p > 0,05$). (Al-Sherbiny, y otros, 2021).

7.1.4 Fuerza flexible

La resistencia a la flexión de cualquier material dental es un factor importante ya que disminuye el riesgo de fractura en el uso clínico. Walker y otros (2006) encontraron que la resistencia a la flexión del MTA fue de 14,27 MPa cuando las muestras se expusieron a la humedad de ambos lados después de 24 horas del tiempo de fraguado (Walker, Diliberto, & Lee, 2006). Sin embargo, se ha encontrado que la resistencia a la flexión de Biodentine registrada después de dos horas es de 34 MPa (Septodont, 2020)

7.1.5 Microdureza

Grech y otros (2013) concluyeron que Biodentine microdureza en comparación con MTA (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013). La cristalización del gel de hidrato de silicato de calcio continúa, lo que reduce la porosidad y aumenta la dureza con el tiempo. (Septodont, 2020)

7.1.6 Radio-opacidad

Según el creador de MTA, la radio-opacidad media para MTA es de 7,17 mm de espesor equivalente de aluminio (Torabinejad, Hong, C.U, & McDonald, 1995) y según Septodont, el fabricante de Biodentine, éste tiene una radiopacidad de 3,5 mm de aluminio. (Septodont, 2020)

Caron G y otros (2017), observaron una significativa menor radio-opacidad de Biodentine versus el MTA. Una baja radiopacidad dificulta la visualización de la obturación cuando se utilizan pequeñas cantidades de material, y aumenta el riesgo de dejar algo de material (residuos) en la cavidad ósea. (Caron, Azerad, Faure, Machtou, & Yves, 2017)

Para los investigadores Ziad y otros (2021), la baja radiopacidad se constituye en la principal desventaja del Biodentine. (Arandi & Thabet, 2021)

7.1.7 Pigmentación, Decoloración de la estructura dental

Según informa Ziad y otros (2021), El óxido de bismuto que contiene en el MTA causa decoloración, y por lo tanto el Biodentine muestra una mejor estabilidad del color que MTA (Arandi & Thabet, 2021)

Ziad y otros (2021), entraron que Biodentine presenta menos decoloración de los dientes, que MTA (Arandi & Thabet, 2021)

Kunert y otros (2020) muestran mejores resultados en cuanto a la decoloración del MTA ProRoot con respecto al Biodentine (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)

Valles y otros (2013), encontraron que la combinación de luz y condiciones anaeróbicas da como resultado diferencias significativas en el color de MTA, mientras que Biodentine mostró estabilidad de color durante cinco días. (Valles & Bourdelande, 2013)

7.1.8 Solubilidad

Grech y otros (2013) investigaron el grado más bajo de solubilidad de Biodentine, bioagregado y MTA mientras evaluaban las propiedades físicas de estos materiales. Confirmaron la deposición de cristales de hidroxiapatita en la superficie del material en presencia de líquido tisular sintético. (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013)

7.1.9 Microfiltración, Mineralización y sellado

Biodentine conduce a la mineralización de la dentina cariada que permanece en la cavidad después de la preparación del diente. (Ilić, y otros, 2019)

Se encuentra que Biodentine presenta un mejor sellado a lo largo de la interfase dentina-cemento debido al PH alto, y forman de iones de calcio y silicio que favorecen la

biomineralización. (Kaur, Singh, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017). A la misma conclusión llegaron Han y Okiji (2021). (Han & Okiji, 2021)

Ilic y otros (2019) concluyeron que Biodentine presenta características biológicas beneficiosas tales como: mineralización del tejido inductor tras la aplicación, mientras que la mineralización se produce en forma de osteodentina (forma de un reparador dentina), la liberación de iones de Ca como un factor clave para el éxito del recubrimiento pulpar debido a las influencias positivas en la diferenciación y proliferación sin mineralización de osteoblastos, cementoblastos y odontoblastos (Ilić, y otros, 2019)

Caron y otros (2014), concluyeron que Biodentine exhibe propiedades de sellado superiores a las de MTA (Caron, Azerad, Faure, Machtou, & Yves, 2017).

Para Ravichandra y otros (2014) Biodentine proporciona una mejor adaptación y sellado que el MTA (Ravichandra, y otros, 2014). Sin embargo, Ozbay y otros (2014) observaron menos microfiltración con MTA que con Biodentine cuando se analizó mediante el método de filtración de fluidos (Ozbay, Kitiki, Peker, & Kargul, 2014).

El estudio de filtración de fluidos realizado por Butt (2017) reveló diferencias significativas entre MTA y Biodentine del extremo apical examinados en períodos de almacenamiento de 4 horas y 24 horas ($P < 0,001$), y ninguna diferencia significativa en los períodos de almacenamiento de 1, 2, 4, 8 y 12 semanas ($P > 0,05$). El sellado producido por MTA filtró a las 4 y 24 h significativamente más alto en comparación con Biodentine. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

Tabla 7. Microfiltración promedio para grupos experimentales después de diferentes edades de almacenamiento

	MTA	Biodentine
4 horas	0.951 ± 0.0640	0.268 ± 0.0054
24 horas	0.499 ± 0.0469	0.109 ± 0.0146
1 semana	0.070 ± 0.0035	0.052 ± 0.0236
2 semanas	0.050 ± 0.0021	0.035 ± 0.0036
4 semanas	0.024 ± 0.0029	0.017 ± 0.0026
8 semanas	0.006 ± 0.0006	0.005 ± 0.0013
12 semanas	0.005 ± 0.0013	0.005 ± 0.0005

Fuente: (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

7.1.10 Adaptación Marginal y Capacidad de Sellado

La adaptación marginal influye directamente con la capacidad de sellado y es determinante en la tasa de éxito clínico. En este sentido, las opiniones están divididas.

Seis de ocho autores registraron una capacidad de adaptación marginal y de sellado mayor de Biodentine:

Según Malkondu (2017), la adhesión micromecánica de Biodentine permitió una muy buena adaptación de los cristales a la dentina subyacente (Malkondu, Kazandag, & Kazazoglu, 2017) .

Biodentine exhibe propiedades de sellado superiores a las de MTA (Caron, Azerad, Faure, Machtou, & Yves, 2017).

Biodentine tiene una capacidad de biomineralización más prominente que MTA, con una capa rica en calcio y silicio más amplia en la interfaz material-dentina. (Han & Okiji, 2021)

Biodentine proporciona una mejor adaptación y sellado que el material de obturación del extremo de la raíz de uso común (Ravichandra, y otros, 2014).

El sellado producido por MTA, filtró a las 4 y 24 h significativamente más alto en comparación con Biodentine. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)

Biodentine es superior a MTA en términos de capacidad de sellado (Mousavi, Khademi, Soltani, Shahnasari, & Poorghorban, 2018).

Y por su parte, dos autores le ofrecen una mejores propiedades a MTA:

Ozbay y otros (2014) observaron menos microfiltración con MTA que con Biodentine cuando se analizó mediante el método de filtración de fluidos (Ozbay, Kitiki, Peker, & Kargul, 2014).

Soundappan y otros (2014) concluyeron que MTA presenta una adaptación marginal significativamente superior a la Biodentine, cuando se usa como un material de relleno del extremo de la raíz (Soundappan, Sundaramurthy, Raghu, & Natanasabapathy, 2014).

7.11 Fuerza de adhesión a la dentina

Tabla 8. Fuerza de adhesión a la dentina (MPa)

	MTA	Biodentine	Fuente
Fuerza de adhesión a la dentina Después de 24 horas	0	1,01 ± 0,13	(Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)
Fuerza de adhesión a la dentina Después de 7 días	0,85 ± 1,42	9,75 ± 2,19	(Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)
Fuerza de adhesión a la dentina Después de 14 días	4,96 ± 4,54	9,34 ± 1,01	(Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)
Resistencia de la unión al cizallamiento	4,54 ± 0,99	6,12 ± 0,41 p < 0,05	(Al-Sherbiny, y otros, 2021)

Fuente: (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)

Según Kunert y otros, algunos autores consideran que el Biodentine tiene una fuerza de adhesión a la dentina sin diferencias significativas con la de la MTA (Kaup, Dammann, Schäfer, & Dammaschke, 2015). (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)

Hashem DF y otros (2008), concluyeron que Biodentine tiene poca resistencia durante las etapas iniciales de fraguado, por lo que la restauración final mediante la aplicación de resina compuesta superpuesta (laminada o en capas) debe retrasarse más de dos semanas para lograr una resistencia de unión adecuada de biodentina madurada para resistir las fuerzas de contracción del composite (Hashem, Foxton, Manoharan, Watson, & Banerjee, 2008).

Al-Sherbinya, y otros, 2021 en su estudio, midieron Los valores de resistencia de la unión con Lap shear (cizallamiento), prueba que mide la capacidad de un material para soportar tensiones establecidas en un plano, donde la fuerza de corte ejercida mueve los dos sustratos en direcciones opuestas. BD mostró el valor de resistencia de unión al cizallamiento medio más alto significativo, seguido por MTA ($P < 0,05$). (Al-Sherbiny, y otros, 2021)

A diferencia de las pruebas de cizallamiento convencionales, en el estudio de Al Sherbiny (2021) se seleccionó la prueba de cizallamiento por solapamiento porque la carga se aplica a toda el área de la interfaz unida y se obtienen datos relevantes sobre el rendimiento del adhesivo; las pruebas de corte convencionales aplican carga a un punto usando un borde de cincel. Varias variables que interactúan tales como; El tipo de ensayo, la geometría de las probetas, el tamaño del área de la superficie adherida, la condición de carga, la variabilidad de la operación y más, hacen que la comparación directa de los valores de resistencia al corte obtenidos entre diferentes estudios sea una tarea muy difícil (Al-Sherbiny, y otros, 2021)

7.2 Comportamiento clínico en recubrimiento pulpar directo del MTA y Biodentine

A continuación se muestran estudios clínicos en recubrimiento pulpar en dientes con raíces jóvenes y maduras, cariados y no, donde se midió la tasa de éxito del Biodentine y MTA.

7.2.1 *Recubrimiento pulpar directo para exposiciones pulpares en dientes permanentes sin caries*

Nowicka y otros (2013), referenciados por Arandi (2021), estudiaron el potencial de recubrimiento pulpar con Biodentine y MTA en exposiciones pulpares en molares sin caries. Concluyeron que **tanto MTA como Biodentine tuvieron resultados clínicos similares después de 6 semanas de seguimiento**. La mayoría de los dientes presentaban formación completa del puente dentinario y ausencia de respuesta pulpar inflamatoria (Nowicka, y otros, 2013). (Arandi & Thabet, 2021)

Arabdi y Thabet (2021) obtuvieron resultados similares en los que se evaluó la formación de puentes de dentina utilizando imágenes CBCT después del recubrimiento pulpar directo con MTA y Biodentine en molares sin caries sometidos a tratamiento mecánico y exposiciones pulpares. **El estudio no encontró diferencias significativas entre MTA y Biodentine en términos de formación de puentes de dentina** (Nowicka, Wilk, Lipski, Kołdecki, & Buczkowska-Radlińska, 2015). (Arandi & Thabet, 2021)

Hoseinifar y otros (2020) compararon la respuesta histológica de la pulpa dental humana después del recubrimiento pulpar directo con MTA, cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM) y Biodentine. **Observaron que la formación del puente de dentina y el grosor del puente de dentina formado con Biodentine eran mayores que con los otros materiales y que la cantidad de inflamación pulpar también era mayor en contacto con Biodentine**. Nota: Los

estudios se realizaron en dientes sin caries, lo que impide generalizar los resultados a dientes con caries (Hoseinifar, y otros, 2020). (Arandi & Thabet, 2021)

7.2.2 Recubrimiento pulpar directo para exposiciones pulpares cariadas en dientes permanentes jóvenes con raíces inmaduras

Katge y Patil (2017) compararon el rendimiento de Biodentine y MTA para el recubrimiento pulpar directo en molares permanentes jóvenes (pacientes de 7 a 9 años). El estudio demostró después de un año de seguimiento un 100 % de éxito con Biodentine y MTA, teniendo en cuenta los parámetros clínicos y radiográficos. (Katge & Patil, 2017) (Arandi & Thabet, 2021)

Un estudio de Brizuela y otros (2017) evaluaron el desempeño clínico de MTA y Biodentine para el manejo de dientes jóvenes permanentes con caries en niños de 7 a 16 años con recubrimiento pulpar directo (molares jóvenes con ápices abiertos y cerrados). Los resultados del estudio mostraron un 100% de éxito en el grupo Biodentine y un 86,36% en MTA. No hubo diferencia significativa entre los materiales estudiados en todos los períodos de seguimiento. Sin embargo, el estudio señaló que Biodentine ofrecía algunas ventajas sobre MTA: manejo fácil, fragua en aproximadamente 12 minutos y no causa decoloración de los dientes. (Brizuela, y otros, 2017) (Arandi & Thabet, 2021)

Según estudios referenciados por Arandi (2021), el recubrimiento pulpar directo en dientes permanentes jóvenes, con ápices radiculares inmaduros, y con exposiciones cariosas, arrojaron como resultado que Biodentine podría ser un material de recubrimiento adecuado. (Arandi & Thabet, 2021).

Otro estudio de Parinyaprom y otros (2018) compararon las tasas de éxito del recubrimiento pulpar directo entre dos grupos (MTA y Biodentine) en dientes permanentes con exposición cariosa de 6 a 18 pacientes mayores. La muestra del estudio incluyó dientes con exposiciones cariosas, pulpitis irreversible, afectación periapical temprana y exposiciones de hasta 2,5 mm. Observaron una tasa de éxito del 92,6 % con MTA y del 96,4 % con Biodentine. El estudio concluyó que no deben considerarse contraindicaciones absolutas para el recubrimiento pulpar directo la pulpitis irreversible, la exposición cariosa, la afectación periapical temprana o las exposiciones de hasta 2,5 mm (Parinyaprom, y otros, 2018) (Arandi & Thabet, 2021).

El análisis estadístico de Norwika y otros (2013) no mostró diferencias significativas entre los grupos experimentales Biodentine y MTA durante el período de observación de 6 semanas, al comparar la respuesta del complejo pulpa-dentina en dientes humanos después del recubrimiento directo. (Nowicka, y otros, 2013)

7.2.3 Recubrimiento pulpar directo para exposiciones pulpares cariadas en dientes permanentes con raíces maduras

También se ha investigado el recubrimiento pulpar directo en dientes permanentes maduros con exposiciones cariosas; los cuales demostraron que los dientes permanentes vitales, que son asintomáticos con la pulpa cariada expuesta, pueden tratarse con éxito mediante el recubrimiento pulpar directo con Biodentine. (Arandi & Thabet, 2021).

Linu y otros (2017) investigaron el resultado del recubrimiento pulpar directo usando MTA y Biodentine en dientes permanentes maduros (pacientes en el grupo de edad de 15 a 30 años) con exposiciones cariosas. Este estudio mostró que las tasas de éxito de MTA y Biodentine son 84,6% y 92,3%, respectivamente, con un período de seguimiento de 18 meses después del

tratamiento. Se observaron hallazgos radiográficos de formación de puente de dentina visible en el 69,2 % y el 61,5 % de los casos realizados con MTA y Biodentine, respectivamente. (Linu, Lekshmi, Varunkumar, & Sam Joseph, 2017)

Resultados similares fueron reportados por Hegde (2017). Durante un período de 6 meses, MTA y Biodentine mostraron una tasa de éxito del 83,3 % y del 91,7 %, respectivamente. (Hegde, y otros, 2017)

Awawdehy otros (2018), evaluaron el desempeño clínico de Biodentine y MTA blanco en dientes permanentes maduros con exposición a caries (pacientes en el grupo de edad de 16 a 51 años). Concluyeron que Biodentine y MTA tienen una probabilidad de supervivencia similar (MTA 96 % y Biodentine 91.7%) cuando se utilizan como materiales de recubrimiento pulpar dentro del período de seguimiento de 3 años. (Awawdeh, Hamouri, & Chakra, 2018)

Un estudio realizado por Lipski (2018) evaluó Biodentine como agente de recubrimiento pulpar en dientes permanentes (pacientes en el grupo de edad de 11 a 79 años). En este estudio, la muestra tenía pulpas que quedaron expuestas durante la extracción de caries. La tasa general de éxito después de un seguimiento de 1 a 1,5 años fue del 82,6 %. Este estudio señaló que el éxito dependía de la edad. Se observó una tasa de éxito del 90,9 % en pacientes menores de 40 años y del 73,8 % en pacientes de 40 años o más (Lipski, y otros, 2018).

En estudio realizado por Paula y otros (2019), Ambos biomateriales tuvieron tasas de éxito similares a los 6 meses, es decir, 100 % para MTA y 95 % para Biodentine. (Paula, Carrilho, & Laranjo, 2019).

7.2.4 Respuesta clínica del complejo pulpo-dentina después de DPC con MTA y BD en dientes cariados

Del mismo modo, se realizó otro estudio para evaluar la respuesta clínica del complejo pulpo-dentina después del procedimiento DPC con MTA y BD en dientes cariados. Durante una observación de 6 meses, MTA y BD mostraron tasas de éxito (síntomas subjetivos, pruebas de sensibilidad pulpar y aspecto radiográfico) del 91,7 % y 83,3 %, respectivamente (Hegde, y otros, 2017) .

Biodentine y MTA tienen tasas de éxito comparables cuando se utilizan como recubrimiento pulpar directo o material de pulpotomía en dientes permanentes maduros con exposición a caries. La tasa de éxito de la VPT disminuyó del 96 % general después de 1 año de seguimiento al 93,8 % en el seguimiento de 3 años (Biodentine: 91,7 % y MTA: 96,0 %) (Awawdeh, Hamouri, & Chakra, 2018).

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado para investigar el resultado de la DPC de dientes jóvenes permanentes con Biodentine; no mostró fallas después de 12 meses, mientras que tanto el hidróxido de calcio como el MTA tuvieron una tasa de fallas del 13,6 % después del mismo período de tiempo (Brizuela, y otros, 2017). Otros estudios también respaldan las afirmaciones de la superioridad de Biodentine y MTA sobre el hidróxido de calcio en términos de tasa de éxito en los procedimientos de recubrimiento pulpar (Katge & Patil, 2017) (Nowicka, y otros, 2013).

Otro estudio informó que la tasa de éxito de DPC con BD es del 90,9 % en pacientes menores de 40 años y del 73,8 % en pacientes de 40 años o más (Lipski, y otros, 2018). Vale la pena enfatizar que la edad del paciente influye significativamente en el resultado clínico de esta terapia pulpar vital y debe tenerse en cuenta al elegir un tratamiento exitoso. (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)

Al comparar los grupos MTA y Biodentine en términos de formación de puente de dentina, las imágenes de micro-CT demostraron que el grupo MTA tenía un patrón más regular de capa de dentina reparadora que es homogénea y de espesor uniforme. Estos hallazgos revelaron que tanto MTA como Biodentine tienen la capacidad de inducir la formación de puentes de dentina, siendo el MTA el más eficaz para mejorar la calidad de la dentina (Kim, y otros, 2016). Por lo tanto, MTA es el material preferido para DPC (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020) (Nie, y otros, 2021).

Se ha demostrado que la formación del puente de dentina por Biodentine es similar a la de MTA sin respuesta inflamatoria pulpar. Esto se debe al efecto antiinflamatorio, que inhibe la secreción de sustancias proinflamatorias y reduce el reclutamiento de células inflamatorias (Giraud, Jeanneau, Bergmann, & Laurent, 2018). De acuerdo con los hallazgos de Nowicka (2015), Biodentine y MTA indujeron a una formación de dentina reparadora homogénea. (Nowicka, Wilk, Lipski, Kołdecki, & Buczkowska-Radlińska, 2015) (Nie, y otros, 2021)

Estudios de Linu y otros (2017) mostraron tasas de éxito del 92,5 % para Biodentine y del 84,6 % para MTA en 30 pacientes tratados con la técnica DPC. (Linu, Lekshmi, Varunkumar, & Sam Joseph, 2017)

Con respecto a la formación de puentes de dentina, se encontró que es probable que Biodentine y MTA promuevan la formación de dentina reparadora y tienen resultados positivos en los odontoblastos cuando se usan en DPC. Biodentine y MTA se utilizan en el recubrimiento pulpar debido a su participación en la formación de puentes de tejido mineralizado, la preservación de la vitalidad pulpar y la promoción de la integridad de la capa de odontoblastos. Biodentine Tiene propiedades mecánicas similares a las de la dentina, por lo que puede

considerarse un material adecuado para indicaciones clínicas de regeneración del complejo dentino-pulpar como DPC. (Mahmoud, y otros, 2018)

8. Discusión

8.1 Comparación de las propiedades de los materiales MTA y Biodentine

Para una mejor comprensión, se construye una tabla que resume los hallazgos de las investigaciones en cuanto a las propiedades de los materiales, a partir de la revisión bibliográfica:

Tabla 9. Comparación de las propiedades de los materiales MTA y Biodentine

Tiempo de Fraguado	Biodentine tiene un tiempo de fraguado inicial y final significativamente menor que el MTA, según las conclusiones de los siguientes autores: (Parirokh & Torabinejad, 2010) (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013) (Kaur, H, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017) (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017) (Ilić, y otros, 2019) (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)
Densidad y Porosidad	Biodentine ha demostrado una mayor adherencia y una menor porosidad que el MTA, según: (De Souza, y otros, 2013) (Ilić, y otros, 2019) (Al-Sherbiny, y otros, 2021). (Camilleri, y otros, 2013). Características de porosidad densidad (g/cm ³) con mayores en el Biodentine (Kaur, H, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017) La Adherencia es mayor en el Biodentine (Ilić, y otros, 2019) La Porosidad es menos en el Biodentine, (Al-Sherbiny, y otros, 2021)
Resistencia a la compresión	El Biodentine mostró una resistencia a la compresión significativamente mayor al MTA debido a la disminución de la porosidad con el tiempo; y a la baja relación agua/cemento utilizada en Biodentine, según los resultados de los siguiente autores: (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017) (Al-Sherbiny, y otros, 2021), (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013)
Fuerza flexible	La resistencia a la flexión después de dos horas, es significativamente superior en Biodentine comparada con la del MTA. (Walker, Diliberto, & Lee, 2006).
Radiopacidad	Se encontró una menor radiopacidad de biodentine en comparación con MTA. (Caron, Azerad, Faure, Machtou, & Yves, 2017)

	El principal inconveniente del Biodentine es su baja radiopacidad (Arandi & Thabet, 2021)
Pigmentación, Decoloración de la estructura dental	Biodentine presenta menos decoloración de los dientes, que MTA (Arandi & Thabet, 2021) Biodentine muestra una mejor estabilidad del color que MTA (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)
Solubilidad	El Biodentine tiene un grado más bajo de solubilidad que el MTA. (Al-Sherbiny, y otros, 2021) Una de las desventajas del MTA tiene consiste en que es altamente soluble (Islam, Chng, & Yap, 2006)
Microfiltración, Mineralización y sellado	El sellado producido por MTA, filtró a las 4 y 24 h significativamente más alto en comparación con Biodentine. Ninguna diferencia significativa en los períodos de almacenamiento de 1, 2, 4, 8 y 12 semanas. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017)
Adaptación Marginal y Capacidad de Sellado	Las opiniones están divididas. Estos autores están a favor del Biodentine en cuanto a adaptación marginal y capacidad de sellado: Biodentine exhibe propiedades de sellado superiores a las de MTA (Caron, Azerad, Faure, Machtou, & Yves, 2017). El sellado del Biodentine, filtró a las 4 y 24 h significativamente más bajo en comparación con MTA. (Butt, Talwar, Chaudhry, & Roongta Nawal, 2017) Biodentine tiene una capacidad de biomineralización más prominente que MTA, con una capa rica en calcio y silicio más amplia en la interfaz material-dentina. (Han & Okiji, 2021) Biodentine posee una mayor capacidad de adaptación y sellado que el MTA (Ravichandra, y otros, 2014). Biodentine es superior a MTA en términos de capacidad de sellado. sellado (Mousavi, Khademi, Soltani, Shahnaseri, & Poorghorban, 2018). Pero 2 autores le dan mejores propiedades al MTA: Sin embargo, Ozbay y otros (2014) observaron menos microfiltración con MTA que con Biodentine cuando se analizó mediante el método de filtración de fluidos (Ozbay, Kitiki, Peker, & Kargul, 2014). MTA obtuvo resultados de adaptación marginal con una diferencia significativa mejor comparado con el Biodentine. (Soundappan, Sundaramurthy, Raghu, & Natanasabapathy, 2014)
Fuerza de adhesión a la dentina	Biodentine tiene una fuerza de adhesión mayor en comparación con MTA, y resultó similar a la registrada para la dentina. (Malkondu, Kazandag, & Kazazoglu, 2017) En la prueba de cizallamiento por solapamiento, BD mostró el valor de resistencia de unión al cizallamiento medio más alto de manera significativa (Al-Sherbiny, y otros, 2021)

8.2 Resultados estudios clínicos

La siguiente tabla resume los hallazgos de los estudios clínicos realizados a partir del recubrimiento pulpar utilizando los materiales MTA y Biodentine.

Tabla 10. Resumen estudios de resultados del recubrimiento pulpar directo con Biodentine y MTA

Autor	Tipo estudio	Numero dientes	Seguimiento	Edad (años)	Tasa éxito MTA	Tasa éxito Biodentine
Exposiciones pulpares en Dientes permanentes sin caries						
(Nowicka, y otros, 2013)	RTC	MTA: 11 BD: 11	6 semanas	19-28	100%	100%
(Nowicka, Wilk, Lipski, Kołeci, & Buczkowska-Radlińska, 2015)	RTC	MTA: 11 BD: 11	6 semanas	19-32	100%	100%
Exposiciones pulpares cariadas en Dientes jóvenes permanentes con raíces inmaduras						
(Katge & Patil, 2017)	RTC	MTA: 29 BD: 29	12 meses	7-9	100%	100%
(Brizuela, y otros, 2017)	RTC	MTA: 56 BD: 60	12 meses	7-16	86.36%	100%
(Parinyaprom, y otros, 2018)	RTC	MTA: 27 BD: 28	6-54 meses	6-18	92.6%	96.4%
Exposiciones pulpares cariadas en Dientes permanentes con raíces maduras						
(Linu, Lekshmi, Varunkumar, & Sam Joseph, 2017)	Retrospectivo	MTA: 15 BD: 15	18 meses	15-30	84.6%	92.3%
(Awawdeh, Hamouri, & Chakra, 2018)	RTC	MTA: 34 BD: 34	36 meses	16-51	96%	91.7%
(Lipski, y otros, 2018)	RTC	BD: 112	12-18 meses	11-79		82.6%
(Hegde, y otros, 2017)	RTC	MTA: 12 BD: 12	6 meses	18-40	83.3%	91.7%
(Paula, Carrilho, & Laranjo, 2019)	Retrospectivo	MTA: 21 BD: 21	6 meses	18-55	95%	100%

	v					
	o					

RTC = Randomized controlled study

Fuente: (Arandi & Thabet, 2021).

En Exposiciones pulpares en Dientes permanentes sin caries la tasa de éxito del MTA y del Biodentine es del 100%. (Nowicka, y otros, 2013) (Nowicka, Wilk, Lipski, Kołeccki, & Buczkowska-Radlińska, 2015)

En Exposiciones pulpares cariadas en Dientes jóvenes permanentes con raíces inmaduras, los resultados de (Katge & Patil, 2017) muestran un 100% de tasa de éxito para ambos materiales, mientras que para (Brizuela, y otros, 2017) el Biodentine conserva el 100% y el MTA un 86%. Para (Parinyaprom, y otros, 2018) los resultados también son mayores para el Biodentine con un 96.4% versus un 92.6% del MTA.

En Exposiciones pulpares cariadas en Dientes permanentes con raíces maduras, los resultados de diversos autores, muestran siempre al Biodentine con una tasa de éxito mayor que el MTA.

- Para (Linu, Lekshmi, Varunkumar, & Sam Joseph, 2017) una tasa de éxito del 84.6% y 92.3% para el MTA y Biodentine Respectivamente.
- Para (Hegde, y otros, 2017), la tasa de éxito es del 83.3% y 91.7% para el MTA y Biodentine Respectivamente
- Para (Paula, Carrilho, & Laranjo, 2019) es del 95% y 100% para el MTA y Biodentine Respectivamente

Contrario a lo que muestra el autor (Awawdeh, Hamouri, & Chakra, 2018), quien concluye que la tasa de éxito del MTA es mayor con un es del 96% versus el 91.7% de Biodentine.

9. Conclusiones

Los usos clínicos de los materiales biocerámicos en odontología restauradora y endodoncia, específicamente en el recubrimiento pulpar, han aumentado a lo largo de los años. Por muchos años el Hidóxido de calcio fue el material recomendado y utilizado, hasta el lanzamiento del MTA en 1995, el cual se consideró un gran avance en la historia de la ciencia de los materiales; sin embargo, se han detectado por diversos autores algunas limitaciones de este material como la difícil manipulación, y el tiempo de fraguado lento. En el año 2010, se introdujo el Biodentine, que ha demostrado ser un segundo gran avance, el cual muestra, a la luz de esta revisión bibliográfica, mejores características físico químicas como una mejor manipulación, mejoras en tiempo de fraguado, mejor sellamiento, una más alta la resistencia a la compresión y la flexión, una alta biocompatibilidad y bioactividad, y tasa de éxito clínico. (Kaur, H, Singh Dhillon, Batra, & Saini, 2017) Sin embargo, en la Radio-opacidad el MTA sigue presentando mejores resultados. (Caron, Azerad, Faure, Machtou, & Yves, 2017) (Arandi & Thabet, 2021); así como también en la solubilidad. (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013)

Biodentine mostró una tasa de éxito más alta en los procedimientos de recubrimiento pulpar directo en dientes permanentes con ápices tanto abiertos como cerrados, independientemente de que la naturaleza de la exposición pulpar sea traumática, mecánica o cariosa. Sin embargo, se debe tener precaución cuando se deban hacer recomendaciones sobre el uso de Biodentine como alternativa a MTA. El éxito y el pronóstico dependen de la edad, el tipo, el sitio y el tamaño de la exposición pulpar. También debe tenerse en cuenta el hecho de que el MTA se ha evaluado más extensamente que el Biodentine como material de recubrimiento pulpar directo. (Arandi & Thabet, 2021)

Se encontró que Biodentine tiene una buena eficacia clínica en los procedimientos de recubrimiento pulpar directo en dientes permanentes con ápices tanto abiertos como cerrados. En pulpas expuestas, Biodentine tiende a promover la formación de puentes de dentina, y esto puede deberse a una combinación de su biocompatibilidad, alcalinidad y capacidad de sellado. Sin embargo, se requieren más estudios in vivo a largo plazo con un tamaño de muestra más grande y entornos clínicos adecuados para ampliar el conocimiento y sacar una conclusión definitiva sobre Biodentine. (Arandi & Thabet, 2021)

A pesar de la superioridad de Biodentine en cuanto a una manipulación relativamente más sencilla, precios competitivos y resultados clínicos predecibles, se necesitan más estudios clínicos a largo plazo sobre Biodentine como agente de recubrimiento pulpar. (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020)

Se puede concluir que en el caso de Exposiciones pulpares en Dientes permanentes sin caries la tasa de éxito del MTA y del Biodentine es del 100%, y todos los autores consultados coincidieron en lo mismo. (Nowicka, y otros, 2013) (Nowicka, Wilk, Lipski, Kołdecki, & Buczkowska-Radlińska, 2015)

En Exposiciones pulpares cariadas en Dientes jóvenes permanentes con raíces inmaduras, solo para el autor (Katge & Patil, 2017) muestran un 100% de tasa de éxito para ambos materiales. En contraste con lo anterior, Dos estudios muestran que mientras que el Biodentine tiene tasa de éxito muchos mejor (100% versus 86,5% del MTA). (Brizuela, y otros, 2017) y (Parinyaprom, y otros, 2018) (96.4% versus un 92.6%)

En Exposiciones pulpares cariadas en Dientes permanentes con raíces maduras, tres autores muestran siempre al Biodentine con una tasa de éxito mayor que el MTA (Linu, Lekshmi,

Varunkumar, & Sam Joseph, 2017), (Hegde, y otros, 2017), (Paula, Carrilho, & Laranjo, 2019); mientras que un autor obtuvo los resultados contrarios (Awawdeh, Hamouri, & Chakra, 2018),.

Aunque se puede concluir que es más recomendable el Biodentine sobre le MTA para recubrimiento pulpar directo, los dos materiales presentan inconvenientes a tener en cuenta

Para el MTA los principales inconvenientes son:

1. Tiempo de fraguado largo
2. Manejo difícil, la consistencia del material
3. Decoloramiento
4. Biocompatibilidad

El BIODENTINE presenta los siguientes inconvenientes:

1. Mala radio-opacidad
2. Solubilidad
3. Adaptación Marginal y Capacidad de Sellado

La decisión de beneficio y costo, la decisión está en las manos del profesional tratante. A través de este trabajo se ofrece una ayuda para ayudar a tomar dicha decisión.

10. Referencias bibliográficas

- Abo El-Mal, E. O., Abu-Seida, A. M., & El Ashry, S. H. (abr de 2019). A comparative study of the physicochemical properties of hesperidin, MTA-Angelus and calcium hydroxide as pulp capping materials. *Saudi Dental Journal*, *31*(2), 219-227.
doi:10.1016/j.sdentj.2018.09.004
- Al-Hiyasat, A. S., Barrieshi-Nusair, K. M., & Al-Omari, M. A. (2006). The radiographic outcomes of direct pulp-capping procedures performed by dental students: a retrospective study. *Journal of the American Dental Association* 1939, *137*(12), 1699–1705.
doi:10.14219/jada.archive.2006.0116
- Allen, A. J., Thomas, J. J., & Jennings, H. M. (abr de 2007). Composition and density of nanoscale calcium-silicate-hydrate in cement. *Nat Mater*, *6*(4), 311-6.
doi:10.1038/nmat1871
- Alonso, M. E., Calabria D, H., Lorenzo, I., Añaña, N., Golubchin, D., & Vola, J. (nov de 2009). Manejo clínico de la caries profunda. *Odontoestomatología*, *11*(13), 59-67. Recuperado el 06 de 01 de 2022, de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392009000200006
- Al-Sherbiny, I. M., Farid, M. H., Ashraf, M., Abu-Seida, A. M., Motawea, I. T., & Bastawy, H. A. (may de 2021). Chemico-physical and mechanical evaluation of three calcium silicate-based pulp capping materials. *The Saudi Dental Journal*, *33*(4), 207-214.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.02.001>
- Andrade M, M. d., Medeiros F, I., & Borba, F. (2020). Cap 19. Terapia pulpar en dientes primarios y permanentes jóvenes. En C. d. Rica, *Manual de referencia para Procedimientos Clínicos en Odontopediatría* (págs. 150-174). San José, Costa Rica:

Colegio de Cirujanos dentistas de Costa Rica. Recuperado el 15 de abr de 2022, de <http://www.colegiodentistas.org/sitCol/wp-content/uploads/2020/10/17.-Terapia-pulpar-en-dientes-primarios-y-permanentes-jo%CC%81venes.pdf>

- Arandi, N. Z., & Thabet, M. (2021). Intervención Mínima en Odontología: Una Revisión de la Literatura sobre Biodentine como Material de Recubrimiento Pulpar Bioactivo. *BioMed Research International*, 2021. doi:<https://doi.org/10.1155/2021/5569313>
- Awawdeh, L. A.-Q., Hamouri, H., & Chakra, R. J. (2018). Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or Biodentine: a prospective randomized clinical trial. *Journal of Endodontia*, vol. 44, no. 11, pp. 1603–1609, 2018, 44(11), 1603–1609. doi:10.1016/j.joen.2018.08.004
- Bansal, K., Jain, A., Aggarwal, N., & Jain, A. (2020). Biodentine VS MTA: A comparative analysis. *International Journal of Oral Health Dentistry*, 6(3), 201-208. doi:doi.org/10.18231/j.ijohd.2020.042
- Bhat, S. S., Hegde, S. K., Adhikari, F., & Bhat, V. S. (2014). Direct pulp capping in an immature incisor using a new bioactive material. *Contemp Clin Dent*, 5(3), 393-396. doi:10.4103/0976-237X.137967
- Bhavna, V., Chaitanya, K. P., Gandhi, P. P., & Dola, B. R. (ene-feb de 2015). Evaluation of antibacterial and antifungal activity of new calcium-based cement (Biodentine) compared to MTA and glass ionomer cement. *J Conserv Dent*, 18(1), 44-6. doi:10.4103/0972-0707.148892
- Brizuela, C., Ormeño, A., Cabrera, C., Cabezas, R., Inostroza S, C., Ramírez, V., & Mercade, M. (2017). Direct pulp capping with calcium hydroxide, mineral trioxide aggregate, and

Biodentine in permanent young teeth with caries: a randomized clinical trial. *Journal of Endodontia*, 43(11), 10-14. doi:10.1016/j.joen.2017.06.031

Butt, N., Talwar, S., Chaudhry, s., & Roongta Nawal, R. (nov de 2017). Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian journal of dental research: official publication of Indian Society for Dental Research*, 25(6), 692-7. doi:10.4103/0970-9290.152163

Çalışkan, M. K., & Güneri, P. (ene de 2017). Prognostic factors in direct pulp capping with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide: 2-to 6- years follow-up. *Clin Oral Invest*, 21(1), 357-367. doi:10.1007/s00784-016-1798-z

Camilleri, J., Grech, L., Galea, K., Keir, D., Fenech, M., & Formosa, L. (2013). Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. *J. Clin. Oral Investig*, 14, 256-264. Recuperado el 30 de abr de 2022, de https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84901298902&origin=inward&txGid=ceac2378d2cc22c71f1ffb655da9f731&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1

Caron, G., Azerad, J., Faure, M. O., Machtou, P., & Yves, B. (2017). Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: two case reports. *Int J Oral Sci*, 6(4), 250–53. doi:10.1038/ijos.2014.25

Cedrés, C., Giani, A., & Laborde, J. C. (2014). Una Nueva Alternativa Biocompatible: Biodentine. *Actas Odontológicas*, 11(1). doi:<https://doi.org/10.22235/ao.v11i1.965>

Coaguila Ll, H., & Denegri H, A. (abril-junio de 2014). Uso de barreras apicales y apexificación en endodoncia. *Revista Estomatológica Herediana*, 24(2), 120-126.

- Danesh, G., Dammaschke, T., Gerth, H. U., & Zandbiglari T, S. E. (2006). A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J*, 39(3), 213–29.
- De Souza, E. T., Nunes T, M. D., Roter, J. N., De Assis, J. T., De Almeida N, A., & De-Deus, G. A. (oct de 2013). Caracterización cuantitativa tridimensional de la porosidad de tres fracciones de cemento de reparación a base de silicato de calcio para uso endodóntico. *Tecnología de microscopía*, 76(10), 1093-1098. doi:10.1002/jemt.22270
- Dube, K., Jain, P., Rai, A., & Paul, B. (may-jun de 2018). Endodoncia preventiva mediante recubrimiento pulpar directo con sustituto de dentina restauradora-biodentine: serie de quince casos. *Indian Journal of Dental Research*, 29(3), 268-274.
doi:10.4103/ijdr.IJDR_292_15
- Elizondo A, M. L., López M, F., & Santoy L, A. (2016). MTA vs. Biodentine. *X Congreso Internacional De Endodoncia. Memorias*. Monterrey: Colegio de endodoncia de Nuevo León, a. c. Recuperado el 15 de abr de 2022, de
<https://www.remexesto.com/index.php/remexesto/article/view/93/177>
- El-Maaita, A., Qualtrough, A. J., & Watts, D. C. (2013). The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements. *Dent Mater*, 797-803.
doi:10.1016/j.dental.2013.04.020
- Fridland M, R. R. (2003). Mineral Trioxide Aggregate (MTA), solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *Journal of Endodontics*, 29(12), 814–87.
doi:10.1097/00004770-200312000-00007

- Giraud, T., Jeanneau, C., Bergmann, M., & Laurent, P. (2018). About, I. Tricalcium silicate capping materials modulate pulp healing and inflammatory activity in vitro. *Journal of Endodontics*, 44(11), 1686–1691. doi:<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.06.009>
- Goldberg, M., Pradelle-Plasse, N., Tran, X. V., Colon, P., Laurent, P., & Aubut, V. (2009). Emerging trends in (bio) material research Physico – chemical properties of Biodentine. En *Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites*. Oxford: Coxmoor publishing co.
- Grech, L., Mallia, B., & Camilleri, J. (feb de 2013). Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater*, 29(2), e20-28. doi:[10.1016/j.dental.2012.11.007](https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.11.007)
- Guneser, M. B., Akbulut, M. B., & Eldeniz, A. U. (16 de ene de 2013). Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *J Endod*, 39(3), 380-4. doi:[10.1016/j.joen.2012.11.033](https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.033).
- Han, L., & Okiji, T. (dic de 2021). Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J*, 44(12), 1081-7. doi:[10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x)
- Hashem, D. F., Foxton, R., Manoharan, A., Watson, T. F., & Banerjee, A. (2008). The evaluation of bond strength of a composite and a compomer to white mineral trioxide aggregate with two different bonding systems. *J Endod*, 603-5. doi:[10.1016/j.joen.2008.02.026](https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.02.026)
- Hegde, S., Sowmya, B., Mathew, S., Bhandi, S. H., Nagaraja, S., & Dinesh, K. (2017). Clinical evaluation of mineral trioxide aggregate and biodentine as direct pulp capping agents in carious teeth. *J Conserv Dent*, 20(2), 91-95. doi:[10.4103/0972-0707.212243](https://doi.org/10.4103/0972-0707.212243)

- Hincapié N, S., & Valerio R, A. L. (dic de 2015). Biodentine: Un nuevo material en terapia pulpar. *Universitas Odontologica*, 34(73). doi:<https://doi.org/10.11144/Javeriana.uo34-73.bmtp>
- Hiremath, G., Kulkarni, R. D., & Naik, B. D. (mar-abr de 2015). Evaluation of minimal inhibitory concentration of two new materials using tube dilution method: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 18(2), 159-62. doi:10.4103/0972-0707.153056
- Hoseinifar, R., Eskandarizadeh, A., Parirokh, M., Torabi, M., Safarian, F., & Rahmanian, E. (2020). Histological Evaluation of Human Pulp Response to Direct Pulp Capping with MTA, CEM Cement, and Biodentine. *Journal of Dentistry (Shiraz University of Medical Sciences)*, 21(3), 177–183. doi:10.30476/DENTJODS.2019.81796.0
- Ilić, D. V., Antonijević, D. M., Biočanin, V. M., Čolović, B., Danilović, V., Komlev, V. S., . . . Jokanović, V. R. (2019). Physico-chemical and biological properties of dental calcium silicate cements - literature review. *Hemijska Industrija; Belgrade*, 73(5), 281-294. doi:DOI:10.2298/HEMIND190614027I
- Islam, I., Chng, H. K., & Yap, A. U. (mar de 2006). Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del MTA y el cemento portland. *Journal of Endodontics*, 32(3), 193-197. doi:10.1016/j.joen.2005.10.043
- Jalan, A. L., Warhadpande, M. M., & Dakshindas, D. M. (mar-abr de 2017). A comparison of human dental pulp response to calcium hydroxide and Biodentine as direct pulp-capping agents. *J Conserv Dent*, 20(2), 129-133. doi:10.4103/0972-0707.212247
- Katge, F. A., & Patil, D. P. (abr de 2017). comparative analysis of 2 calcium silicate-based cements (biodentine and Mineral Trioxide Aggregate) as direct pulp-capping Agent in

young Permanent Molars: A Split Mouth Study. *Journal of Endodontics*, 43(4), 507-513.
doi:10.1016/j.joen.2016.11.026.

Kaup, M., Dammann, C. H., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (19 de abr de 2015). Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head Face Med*, 11(14). doi:10.1186/s13005-015-0071-z

Kaur, M., H, S., Singh Dhillon, J., Batra, M., & Saini, M. (Aug de 2017). MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(8), ZG01–ZG05. doi:10.7860/JCDR/2017/25840.10374

Kaur, M., Singh, H., Dhillon, J. S., Batra, M., & Saini, M. (Ago de 2017). MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *J Clin Diagn Res*. 2017, 11(8), ZG01-ZG05. doi:10.7860/JCDR/2017/25840.10374

Kim, J., Song, Y. S., Min, K. S., Kim, S. H., Koh, J. T., Lee, B. N., . . . Hwang, Y. C. (feb de 2016). Evaluation of reparative dentin formation of ProRoot MTA, Biodentine and BioAggregate using micro-CT and immunohistochemistry. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 41(1). doi:10.5395/rde.2016.41.1.29

Kundzina, R., Stangvaltaite, L., Eriksen, H. M., & Kerosuo, E. (2017). Capping carious exposures in adults: a randomized controlled trial investigating mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*, 50(10), 924–932.
doi:10.1111/iej.12719

Kunert, M., & Lukomska-Szymanska, M. (mar de 2020). Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping-A Review Article. *Materials (Basel)*, 13(5), 1204.
doi:10.3390/ma13051204

- Linu, S., Lekshmi, M. S., Varunkumar, V. S., & Sam Joseph, V. G. (oct de 2017). Treatment outcome following direct pulp capping using bioceramic materials in mature permanent teeth with carious exposure: a pilot retrospective study. *Journal of Endodontia*, 43(10), 1635–1639,. doi:10.1016/j.joen.2017.06.017
- Lipski, M., Nowicka, A., Ko, t. K., Postek-Stefańska, L., Wysoczańska-Jankowicz, I., Borkowski, L., . . . Drożdżik, A. (jun de 2018). Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine. *Clin Oral Investig*, 22(5), 2021-2029. doi:10.1007/s00784-017-2296-7
- Llanos C, M. (ene-jun de 2019). Evolución de los cementos biocerámicos en endodoncia. *Conocimiento para el Desarrollo*, 10(1), 151-162. doi:10.17268/CpD.2019.01.24
- Mahmoud, S. H., El-Negoly, S. A., Zaen El-Din, A. M., El-Zekrid, M. H., Grawish, L. M., Grawish, H. M., & Grawish, M. E. (2018). Biodentine versus mineral trioxide aggregate as a direct pulp capping material for human mature permanent teeth – A systematic review. *Journal of Conservative Dentistry*, 21(5), 466-473. doi:10.4103/JCD.JCD_198_18
- Malkondu, O., Kazandag, M. K., & Kazazoglu, E. (2017). Una revisión sobre biodentina, un material de reparación y reemplazo de dentina contemporáneo. *Investigación BioMed Internacional*. doi:10.1155/2014/160951
- Matt, G. D., Thorpe, J. R., Strother, J. M., & McClanahan, S. B. (dic de 2004). Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (MTA) simulating a one- or two-step apical barrier technique. *J Endod*, 30(12), 876–89. doi:10.1097/01.don.0000136213.93171.45
- Mente, J., Geletneky, B., Ohle, M., Koch, M. J., Friedrich D, P. G., Wolff, D., . . . Pfefferle, T. (may de 2010). Mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: an

analysis of the clinical treatment outcome. *Jornal of Edodontics*, 36(5), 803-813.

doi:0.1016/j.joen.2010.02.024

Miñana G, M. (2002). El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. *RCOE*, 7(3), 283-289. Recuperado el 15 de abr de 2022, de

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1138-123X2002000400006

Mouawad, S., Artine, S., Hajjar, P., McConnell, R., Fahd, J., & Sabbagh, J. (2014). Frequently asked questions in direct pulp capping of permanent teeth. *Dental Update*, 41(4), 298–304. doi:10.12968/denu.2014.41.4.298

Mousavi, S., Khademi, A., Soltani, P., Shahnaseri, S., & Poorghorban, M. (sep-oct de 2018).

Comparison of sealing ability of ProRoot mineral trioxide aggregate, biodentine, and ortho mineral trioxide aggregate for canal obturation by the fluid infiltration technique.

Dent Res J (Isfahan), 15(5), 307-312. Recuperado el 25 de abr de 2022, de

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30233649/>

Murray, P., Hafez, A., Smith, A., & Cox, C. (sep de 2002). Bacterial Microleakage and pulp inflammation associated with various restorative materials. *Dent Mater*, 18(6), 470-8.

doi:10.1016/s0109-5641(01)00072-0

Nie, E., Yu, J., Riang, R., Liu, X., Li, Islam, R., & khursheed Alam, M. (nov de 2021). Eficacia de los materiales bioactivos de recubrimiento pulpar directo en la regeneración de la dentina: una revisión sistemática. *Materials (Basel)*, 14(22), 6811.

doi:10.3390/ma14226811

Nowicka, A., Lipski, M., Parafiniuk, M., Sporniak-Tutak, K., Lichota, D., Kosierkiewicz, A., . . . J, B.-R. (jun de 2013). Response of human dental pulp capped with biodentine and

mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 39(6), 743-7.

doi:10.1016/j.joen.2013.01.005

Nowicka, A., Wilk, G., Lipski, M., Kołdecki, J., & Buczkowska-Radlińska, J. (ago de 2015).

Tomographic Evaluation of reparative Dentin Formation after Direct Pulp Capping with Ca (OH)₂, MTA, Biodentine, and Dentin Bonding System in Human Teeth. *Journal of Endodontics*, 234-1240. doi:10.1016/j.joen.2015.03.017

Núñez, C. M., Bosomworth, M. H., Field, C., Whitworth, J. M., & Valentine, R. A. (mar de

2014). Biodentine and mineral trioxide aggregate induce similar cellular responses in a fibroblast cell line. *J Endod*, 40(3), 406-11. doi:10.1016/j.joen.2013.11.006

Ozbay, G., Kitiki, B., Peker, S., & Kargul, B. (jun de 2014). Apical Sealing Ability of a Novel

Material: Analysis by Fluid Filtration Technique. *Acta Stomatol Croat*, 48(2), 132-9.

Recuperado el 15 de abr de 2022, de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27688357/>

Palomer R, L. (feb de 2006). Caries dental en el niño. Una enfermedad contagiosa. *Rev. chil.*

pediatr., 77(1), 56-60. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062006000100009>

Parinyaprom, N., Nirunsittirat, A., Chuveera, P., Lampang, S. N., Srisuwan, T., Sastraruji, T., . . .

Simprasert, S. (mar de 2018). Outcomes of Direct Pulp Capping by Using Either ProRoot Mineral Trioxide Aggregate or Biodentine in Permanent Teeth with Carious Pulp Exposure in 6- to 18-Year-Old Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Endodontia*, 44(3), 341–348. doi:10.1016/j.joen.2017.10.012

Parirokh, M., & Torabinejad, M. (mar de 2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive

literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action.

Journal of Endodontics, 400-413. doi:10.1016/j.joen.2009.09.009

- Parirokh, M., Asgary, S., Eghbal, M. J., & Kakoei, S. S. (jun de 2011). A comparative study of using a combination of calcium chloride and mineral trioxide aggregate as the pulp-capping agent on dogs' teeth. *J Endod*, *37*(6), 786-8. doi:10.1016/j.joen.2011.03.010
- Paula, A., Carrilho, E., & Laranjo, M. (2019). Direct pulp capping: which is the most effective biomaterial? A retrospective clinical study. *Materials (Basilea)*, *12*(20).
- Paula, A., Laranjo, M., Marto, C. M., Abrantes, A. M., Casalta-Lopes, J., Gonçalves, A. C., . . . Carrillo, E. (abr de 2019). Biodentine™ aumenta, WhiteProRoot® MTA aumenta y Life® suprime la actividad de los odontoblastos. *Materials*, *12*(7), 1184. doi:10.3390/ma12071184
- Perard, M., Le Clerc, J., Meary, F., Perez, F., Tricot-Doleux, S., & Pellen-Mussi, P. (jun de 2013). Spheroid model study comparing the biocompatibility of Biodentine and MTA. *J Mater Sci Mater Med*, *24*(6), 1527-34. doi:10.1007/s10856-013-4908-3
- Primus, C. M., Tay, F. R., & Niu, L. (sep de 2019). Cementos bioactivos de silicato tri/dicálcico para el tratamiento de tejidos pulpares y periapicales. *Acta Biomaterialia*, *96*, 35–54. doi:10.1016/j.actbio.2019.05.050
- Raghavendra, S. S., Jadhav, G. R., Gathani, K. M., & Kotadia, P. (2017). Bioceramics in Endodontics a review. *J Istanbul Univ Fac Dent*, *36*(3), 400-413.
- Ravichandra, P. V., Vemisetty, H., Deepthi, K., Reddy, J., Ramkiran, D., Krishna, J. N., & Malathi, G. (2014). Comparative Evaluation of Marginal Adaptation of Biodentine(TM) and Other Commonly Used Root End Filling Materials-An Invitro Study. *J Clin Diagn Res*, *8*(3), 243–45. doi:10.7860/JCDR/2014/7834.4174

Sarkar, N. K., Caicedo, R., Ritwik, P., Moiseyeva, R., & Kawashima, I. (feb de 2005).

Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 31(2), 97–100. doi:10.1097/01.don.0000133155.04468.41

Septodont. (2020). *Biodentine. Active Biosilicate Technology. Scientific file*. Recuperado el 15 de abr de 2022, de Septodont: <https://biodentine.com/wp-content/uploads/2020/08/Biodentine-Scientific-File.pdf>

Soundappan, S., Sundaramurthy, J. L., Raghu, S., & Natanasabapathy, V. (2014). Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. *J Dent, Ciencias Médicas de la Universidad de Teherán*, 11(2), 143–49. Recuperado el 15 de abr de 2022, de <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/24910689/>

Swartz, D. B., Skidmore, E., & Griffin Jr, J. A. (may de 1983). Twenty years of endodontic success and failure. *Journal of Endodontics*, 9(5), 198-202. doi:10.1016/S0099-2399(83)80092-2

Till, D. (2008). The history of direct pulp capping. *J Hist Dent*, 56(1), 9-23. Recuperado el 15 de abr de 2022, de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18578224/#:~:text=The%20first%20scientific%20clinical%20study,pulp%20as%20a%20doomed%20organ.>

Torabinejad, M., & Parirokh, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review—Part II: Leakage and Biocompatibility. *J Endod*, 36(2), 190–202. doi:10.1016/j.joen.2009.09.010

- Torabinejad, M., Hong, C.U, C. U., & McDonald, F. P. (1995). Physical and chemical properties of a new root- end filling material. *Journal of Endodontics*, 21(7), 343–351.
doi:10.1016/S0099-2399(06)80967-2
- Torabinejad, M., Watson, T. F., & Pitt Ford, T. R. (dec de 1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of Endodontics*, 19(12), 591-5. doi:10.1016/S0099-2399(06)80271-2
- Tran, X., Gorin, C., & Willig, C. (dic de 2012). Effect of a calcium-silicate-based restorative cement on pulp repair. *J Dent Res*, 91(12), 1166-71. doi:10.1177/0022034512460833
- Tunc, E. S., Sonmez, I. S., Bayrak, S., & Egilmez, T. (2008). The evaluation of bond strength of a composite and a compomer to white mineral trioxide aggregate with two different bonding systems. *J Endod*, 603-5. doi:10.1016/j.joen.2008.02.026
- Valles, M. M.-S., & Bourdelande, J. L. (2013). Influence of light and oxygen on the color stability of five calcium silicate-based materials. *Journal of Endodontics*, 525–28.
doi:10.1016/j.joen.2012.12.021
- Vural, U. K., Kiremitçi, A., & Gökalp, S. (may de 2017). Clinical assessment of mineral trioxide aggregate in the treatment of deep carious lesions. *Niger J Clin Pract*, 20(5), 600-604.
doi:10.4103/1119-3077.183252
- Walker, M. P., Diliberto, A., & Lee, C. (abr de 2006). Effect of setting conditions on mineral trioxide aggregate flexural strength. *Journal of Endodontics*, 32(4), 334–36.
doi:10.1016/j.joen.2005.09.012
- Yepes D, F. L., & Castrillón Y, C. A. (jul-dic de 2013). El hidróxido de calcio, como paradigma clínico, es superado por el agregado de trióxido mineral (MTA). *Revista Facultad de*

Odontología Universidad de Antioquia, 25(1). Recuperado el 15 de abr de 2022, de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2013000200011

Zaen El-Din, A., Hamama, H., Abo El-Elaa, M., Grawish, M., Mahmoud, S., & Neelakantan, P.

(ago de 2020). The effect of four materials on direct pulp capping: An animal study. *Aust*

Endod J, 46(2), 249-256. doi:doi: 10.1111/aej.12400

Zhou, H., Shen, Y., Wang, Z., Li, L., Zheng, Y., & Hakkinen, L. (abr de 2013). In vitro

cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. *J Endod*, 39(4), 478-83.

doi:10.1016/j.joen.2012.11.026