TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Odontología

EFICACIA DE LOS MATERIALES BIOCERÁMICOS EN PROTECCIÓN PULPAR DIRECTA.

Madrid, curso académico 2025/2026

Número identificativo: 50

RESUMEN

Introducción: La protección pulpar directa se planteó como una alternativa mínimamente invasiva orientada a preservar la vitalidad pulpar tras una exposición pulpar, aprovechando la capacidad regenerativa del complejo dentino-pulpar. En este contexto, los materiales biocerámicos surgieron como opción terapéutica con propiedades bioactivas y biocompatibilidad superior a los materiales tradicionales; **Objetivos:** Analizar la efectividad terapéutica de los materiales biocerámicos en la protección pulpar directa, valorando la formación de puentes dentinarios y la preservación pulpar, además de comparar su eficacia con materiales tradicionales y analizar la evolución de técnicas empleadas; **Metodología:** se realizó una revisión bibliográfica mediante una estrategia de búsqueda en PubMed y Scopus, utilizando descriptores MeSH y términos libres combinados con operadores booleanos; **Resultados:** tras aplicarse criterios de inclusión y exclusión, fueron seleccionados finalmente 10 estudios de un total de 58 registros; **Conclusiones:** Los materiales biocerámicos demostraron ser más eficaces que los tradicionales en la protección pulpar directa, favoreciendo la regeneración tisular y el sellado pulpar. El uso de estos materiales ha favorecido la evolución hacía técnicas más conservadoras. Aunque se requieren estudios a largo plazo para confirmar estos resultados.

PALABRAS CLAVE

Odontología, materiales biocerámicos, protección pulpar directa, vitalidad pulpar, exposición pulpar.

ABSTRACT

Introduction: Direct pulp capping was proposed as a minimally invasive alternative aimed at preserving pulp vitality after pulp exposure, taking advantage of the regenerative capacity of the dentin-pulp complex. In this context, bioceramic materials emerged as a therapeutic option with bioactive properties and superior biocompatibility compared to traditional materials; **Objectives:** To analyze the therapeutic effectiveness of bioceramic materials in direct pulp capping, assessing dentin bridge formation and pulp preservation, as well as to compare their efficacy with traditional materials and analyze the evolution of the technique used; **Methods:** a bibliographic review was carried out through a search strategy in Pubmed and Scopus; using MeSH descriptors and free terms combined with Boolean operators; **Results:** after applying inclusion and exclusion criteria, 10 studies were finally selected from a total of 58 records; **Conclusions:** Bioceramic materials proved to be more effective than traditional ones in direct pulp capping, promoting tissue regeneration and pulp sealing. The use of these materials has favored the evolution towards more conservative techniques. However, long- term studies are required to confirm these results.

KEYWORDS

Denstistry, bioceramic materials, direct pulp cappinga, pulp vitality, pulp exposure.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 6

1.1. Conceptos 6
1.1.1 Estructura dental: 6
1.1.2 Protección pulpar directa: 8

1.2. Marco Histórico 9
1.2.1 Diagnóstico pulpar: 9
1.2.2 Técnicas de recubrimiento pulpar: 10

1.3. Antecedentes del tema 11
1.3.1 Materiales: 11

1.4. Estado actual 13

2. OBJETIVO 15

2.1. Objetivo principal 15

2.2. Objetivos secundarios 15

3. MATERIAL Y MÉTODOS 16

3.1. Pregunta de investigación 16

3.2. Estrategia de búsqueda 16

4. RESULTADOS 18

4.1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 18

4.2. Tablas con resultados 19

5. DISCUSIÓN 24

5.1. Hidróxido de Calcio 24

5.2. Adhesivo universal 25

5.3. Materiales Biocerámicos 26
5.3.1. MTA 26
5.3.2. Biodentine 28
5.3.3. Total Fill 29
5.3.4. IRoot BP Plus y TheraCal LC 29
5.3.5. CEM 30

5.4. Técnicas 30

6. CONCLUSIONES 31

7. SOSTENIBILIDAD **33**

8. BIBLIOGRAFÍA **34**

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Conceptos

1.1.1 Estructura dental:

Los dientes tienen una estructura similar entre sí, se encuentran divididos en corona, cuello y raíz (1). La corona del diente se divide en corona anatómica y corona clínica, siendo la corona anatómica aquella que se encuentra envuelta por el esmalte y corona clínica aquella que apreciamos en boca (1). En el cuello del diente se fija el epitelio de unión, la raíz se encuentra recubierta por cemento en su exterior y por dentina en su interior (1) (Figura1).

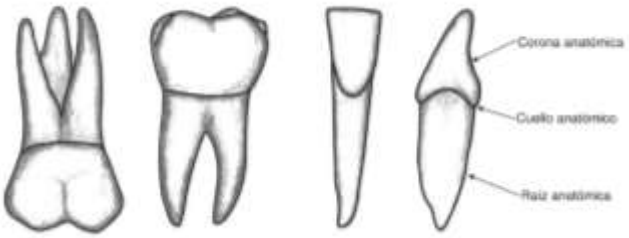


Figura 1: Imagen de las diferentes partes de un diente (1).

En los dientes encontramos diferentes capas de tejido: esmalte- cemento- dentina- pulpa (2,3). Cada una de ellas, presenta una función característica dentro del desarrollo del diente (2,3).
El esmalte está compuesto por hidroxiapatita, elementos orgánicos y agua, formándose el material más duro del organismo (4).

La dentina forma la mayor parte de la estructura del diente, formada por una matriz de hidroxiapatita y túbulos dentinarios (4). Existen diferentes tipos de dentina: dentina primaria, dentina secundaria y dentina terciaria (o reparadora) que se forma en defensa a estímulos externos o internos (4).

El cemento se encuentra recubriendo la raíz del diente, formado por fibras de colágeno que forman una matriz orgánica (compuesta por hidroxiapatita) (4).
Dentro de la corona anatómica del diente encontramos la cámara pulpar, área en la cual está la pulpa dental. Esta pulpa es la encargada de proporcionar vitalidad al diente (4).

La pulpa está formada por dos partes: la cámara pulpar (cavidad en la corona del diente) y el conducto radicular (en el interior de la raíz) (4) (Figura 2).

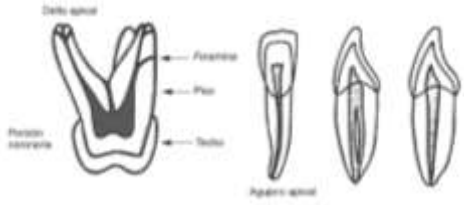


Figura 2: Cámara pulpar y conducto radicular (1).

En el final de la raíz detectamos el agujero apical mediante el cual entra el paquete vasculo-nervioso del diente para proporcionar vitalidad a la pulpa (4) (Figura 3).

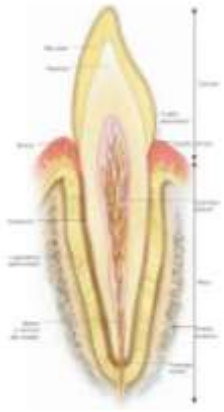


Figura 3: Agujero apical y paquete vasculonervioso dental (4).

La pulpa está formada por tejido conectivo laxo especializado, a su vez este tejido se encuentra formado por vasos sanguíneos y nervios que entran a través del foramen apical (agujero apical) llegando hasta la corona del diente (2,3). Este conjunto de vasos y nervios que forman el tejido pulpar son los encargados de la defensa de la vitalidad del diente junto con otros conjuntos de células encargadas de responder a los estímulos tanto externos como internos del medio (2,3). Existe un complejo denominado “complejo dentino-pulpar” que relaciona estructuralmente a la dentina y a la pulpa dental, respondiendo de forma sensible a estímulos externos (6).

En el interior de la cámara pulpar, encontramos odontoblastos (prolongaciones hacía túbulos dentinarios), seguido encontramos el tejido pulpar mencionado anteriormente (vasos sanguíneos, vasos linfáticos y fibras nerviosas) (7). Además, la pulpa presenta: fibroblastos, células madres mesenquimales y células inmunitarias (7). Los odontoblastos son los encargados de conectar el tejido pulpar con la dentina protectora (7).

El volumen pulpar va disminuyendo con los años debido a la deposición de la dentina secundaria a lo largo de la vida (6). Por otra parte, tenemos dentina terciaria que se deposita sobre la dentina secundaria tras estímulos externos como pueden ser caries, traumatismos, exposición dental… (6)

La pulpa dental en ocasiones puede llegar a presentar inflamación clasificándola como pulpitis, si no se trata esta inflamación desemboca en la pérdida de la vitalidad pulpar (8).

La pérdida de esta vitalidad pulpar termina desembocando en necrosis pulpar, debemos realizar diferentes pruebas para obtener un diagnóstico definitivo correcto como pueden ser: pruebas térmicas (prueba de frío), palpación, percusión… (9) En la necrosis pulpar los resultados de las pruebas son negativos por lo que ya habríamos perdido la vitalidad pulpar (9).

En general, la inflamación es una respuesta del cuerpo a un tejido dañado (pulpa) anteriormente se trataba realizando una endodoncia, actualmente podemos optar por otras técnicas preservando toda la estructura o parte de ella mediante técnicas mínimamente invasivas, de esta manera preservamos la integridad pulpar positivamente hacia la funcionalidad del diente (8).

1.1.2 Protección pulpar directa:

Una de estas técnicas mínimamente invasivas es la protección pulpar directa (RPD), un procedimiento terapéutico incluido en la odontología conservadora basado en aplicar un material biocompatible sobre una exposición pulpar, de esta manera buscamos activar la pulpa dental para crear dentina reparadora (dentina terciaria) (2). Esta exposición pulpar puede estar realizada por varios motivos: caries dental, exposición mecánica en procedimiento dental, exposición pulpar tras un traumatismo… (2).

En el momento que se realiza una exposición pulpar y la pulpa se encuentra vital, el propio mecanismo de defensa de la pulpa actúa produciendo un sangrado acompañado de una inflamación, este proceso tenemos que controlarlo realizando una hemostasia pulpar para poder realizar la protección pulpar directa correctamente (9) (Figura 4).

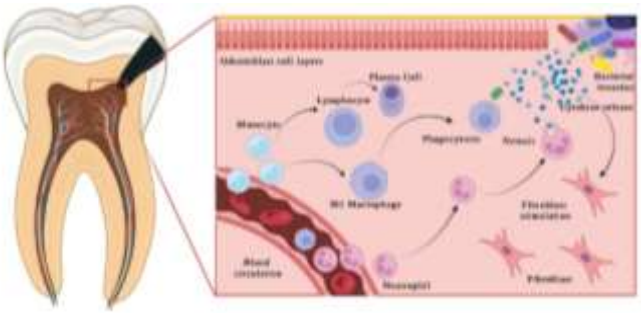


Figura 4: Inflamación producida tras exposición pulpar (10).

La protección pulpar directa es un proceso no invasivo que tiene como finalidad la estimulación de las células madre de la pulpa para diferenciarse en células parecidas a los odontoblastos, de esta manera se creará una capa de dentina reparadora a partir de los materiales biocerámicos (2,11).

La finalidad de este procedimiento es conseguir mantener la vitalidad del diente creando una capa de estos materiales que nos permita mantener un sellado mediante puentes dentinarios y así evitar microfiltraciones (2,11).

1.2. Marco Histórico

Desde el origen las técnicas de preservación de vitalidad pulpar han ido evolucionando en el tiempo, la primera opción era una extracción, con el tiempo pasamos a realizar endodoncias cuando la pulpa se encontraba expuesta, ambos tratamientos se siguen realizando hoy en día, pero intentamos optar por técnicas mínimamente invasivas para alargar lo máximo posible la vida del diente debido al potencial reparador que presenta la pulpa para sanar después de una exposición (11).

1.2.1 Diagnóstico pulpar:

Antes de elegir un tratamiento mínimamente invasivo como puede ser una pulpotomía parcial (PP) o una protección pulpar directa (RPD) debemos diagnosticar correctamente el estado pulpar con el que nos encontramos (13). Optamos por diferentes pruebas para confirmar nuestro diagnóstico, las más usadas son:

- Radiografía periapical: nos permite examinar el ápice del diente y comprobar si existe área radiolucida (14).
- Pruebas de vitalidad (prueba de frío): nos permite examinar el estado pulpa (14).
- Pruebas de percusión: nos permite examinar el estado periodontal (14).
- Pruebas de palpación: examinamos el periodonto (14).

Una vez realizado los exámenes diagnósticos, podemos obtener diferentes resultados en cuanto al diagnóstico pulpar (prueba de vitalidad):

- Necrosis pulpar: la pulpa no responde a los estímulos fríos (15).
- Pulpitis irreversible: el paciente presenta bastante dolor y persiste cuando retiramos el estímulo, dolor nocturno… (15)
- Pulpitis reversible: el paciente presenta dolor, pero desaparece cuando retiramos el estímulo (15).
- Pulpa sana: el paciente siente frío, pero desaparece cuando retiramos estímulo, no presenta dolor (15).

Este diagnóstico nos permite guiarnos en la técnica elegida para el posterior tratamiento debido a que si las pruebas nos confirman una pulpitis irreversible, el tratamiento elegido sería una endodoncia porque las bacterias habrían penetrado en la pulpa, sin embargo, si las pruebas diagnósticas nos indican una pulpitis reversible el tratamiento sería más conservador debido a que las bacterias se encuentran en la capa más profunda de dentina (13).

1.2.2 Técnicas de recubrimiento pulpar:

La técnica de recubrimiento pulpar directo, ha tenido una larga evolución durante los años. Desde su origen, comenzó gracias a Phillip Pfaff en 1756 quién usó una fina lámina de oro metálica (forma cóncava) para cubrir exposiciones pulpares evitando que el metal contactara directamente con la pulpa (16).

Durante el siglo XIX se estuvo tratando las exposiciones pulpares con la idea de que el tejido debía irritarse mediante grabado o cauterización para que posteriormente pudiera cicatrizar (16).

En el siglo XX se comenzó a introducir el concepto de protección pulpar directa (RPD) se trata de la aplicación de materiales compatibles sobre la pulpa (17). Se usaba hidróxido de calcio (pasta) por su alta eficacia antibacteriana y la capacidad de depositar tejidos, este material formaba una capa reparativa de unos 0.3- 0.7 mm (17). Este material presentaba diferentes limitaciones, necesita 2-3 meses para provocar una barrera de tejido duro, a parte presentaba defectos en los túbulos de dentina que terminaban provocando irritación pulpar (17).

Esta técnica anteriormente descrita fue seguida por la pulpotomía parcial consta de la eliminación parcial del tejido pulpar infectado, se trata de eliminar los primeros 2-3mm de la pulpa infectada (lugar dónde se encuentran las bacterias) (13).

Dentro de la pulpotomía parcial, encontramos la pulpotomía parcial de Cveck o técnica de Cveck, es usada sobretodo en dientes jóvenes cuando la exposición pulpar es mayor a 1 mm y no ha

sido tratado inmediatamente, buscando mantener la vitalidad pulpar y conseguir terminar el desarrollo radicular (18).

Para poder realizar estos procedimientos con éxito clínico necesitamos: controlar la infección, activar la pulpa, evitar filtraciones (17).

1.3. Antecedentes del tema

Los materiales biocerámicos en el ámbito de odontología son aquellos materiales inorgánicos, biocompatibles, bioinertes, bioactivos y biodegradables que son usados en procedimientos odontológicos como pueden ser: construcción de barreras apicales, perforaciones, recubrimientos pulpar… buscamos que interactúen con los tejidos dentales promoviendo sellado y estabilidad en el complejo pulpar (19).

Estos tienen que presentar diferentes características para que puedan considerarse como un material apto: biocompatibilidad con el medio oral, no presentar solubilidad con fluidos orales, buen sellado pulpar, deben ser bioinertes, bioactivos y biodegradables (3). Estas propiedades las podemos encontrar en diferentes cementos presentando diferencias notables entre ellos (20).

1.3.1 Materiales:

Para llegar al uso de materiales biocerámicos durante decádas han sido utilizados otros materiales:

- **Óxido de Zinc Eugenol:** Fue uno de los primeros materiales usados para realizar una protección pulpar directa, este material está compuesto de óxido de zinc + eugenol. Se ha utilizado por su efecto sedante sobre la pulpa en casos de dolor, se ha empleado como base intermediaria. Sin embargo se ha demostrado que presenta efectos tóxicos si se aplica directamente sobre la pulpa, debido a que el componente eugenol induce una respuesta inflamatoria crónica a la vez que bloquea la defensa de la pulpa dental. Este fue el motivo por el cuál se dejo de usar el óxido de zinc eugenol en tratamientos de contacto directo con la pulpa dental (21).

- **Hidróxido de calcio:** Durante décadas, el material usado ha sido el hidróxido de calcio (Ca[OH]2) en las exposiciones pulpares, era elegido por su poder antibacteriano además de la formación de dentina que provocaba (20). Este material fue introducido por Herman en 1920, el hidróxido de calcio permite una liberación de iones calcio e hidroxilos generando formación de tejidos duros y actividad antimicrobiana (22). En

ocasiones, provocaba inflamación e incluso necrosis pulpar de hasta 2 mm de profundidad (22), acompañado de falta de adhesión y alta solubilidad que hacía que los fluidos orales provocaran defectos en la capa formada por los túbulos de dentina dando lugar a microfiltraciones hacia el tejido pulpar (23).

- **Cementos de óxidos de zinc reforzados (IRM):** El IRM es un cemento de óxido de zinc reforzado con polimetilmetacrilato, mejoraba las propiedades de los cementos de óxido de zinc eugenol, presentaba una mejora en sus propiedades como: resistencia, solubilidad, abrasión… Se comenzó usando como restauraciones temporales hasta que se descubrió que presentaba un sellado adecuado. El IRM con el tiempo presentaba una irritación hacia la pulpa por lo que se dejó de usar en protecciones pulpares directas (24).

- **Adhesivos dentinarios:** Se basaban en crear un sellado hermético sin necesidad de poner ningún material bioactivo sobre la pulpa, los sistemas adhesivos terminaban provocando filtraciones de bacterias (25).

- **Ionómero de vidrio e Ionómero de vidrio reforzado con resina:** Es usado por su gran capacidad antimicrobiana, adhesión y biocompatibilidad con la dentina, además presenta una liberación de flúor, presenta una clara desventaja frente a los demás materiales, es citotóxico para los tejidos pulpares provocando inflamación y zonas necróticas en la pulpa (25).

- **MTA:** El siguiente biomaterial que fue sacado al mercado fue el MTA (mineral trioxide aggregate) en 1990, que se distingue de otros materiales por su gran capacidad de sellado, además de formar puentes de dentina insolubles a los fluidos orales (20,26). Su composición se basa en cementos de disilicato de calcio (silicato tricálcico, silicado dicálcico, agente radiopacificante)(27). Presenta un Ph elevado durante un largo periodo de tiempo produciendo el sellado de la cámara pulpar evitando así microfiltraciones (20,26). El mecanismo de este material es debido a su ph alcalino desfavorable para la proliferación bacteriana (27). Sin embargo, presenta dos claras desventajas sobre el hidróxido de calcio, el MTA presenta mayor dificultad de manejo y un precio en el mercado más elevado en comparación con el Ca[OH]2) (19,27).

- **Biodentine:** Es uno de los últimos materiales más usados, fue introducido en 2011, introducido como cemento bioactivo compuesto de silicato de tricalcio (20,29). Está compuesto por silicato tricálcico puro, carbonato de calcio, radiopacificante y óxido de circonio (23). Es necesario un vibrador de amalgama para su uso en la clínica (20,29). Este material induce la formación de dentina terciaria cuando entra en contacto con directo con la pulpa vital (25). Este cemento presenta 12 min de fraguado inicial por lo que es más rápido que los anteriores mencionados (20,29). Además, presenta mejoras en las características mecánicas, acompañado de mayor estabilidad en el color (20,29).

1.4. Estado actual

La importancia de mantener la vitalidad pulpar es importante en casos con una exposición pulpar, la exposición pulpar puede ser causada por varios motivos: exposición mecánica (al limpiar una caries), exposición traumática (golpe), exposición por caries (30).

A día de hoy, la importancia de mantener la pulpa en un estado vital es primordial, debido a la importancia que presenta sobre la nutrición, inervación y defensa para el diente (30).

En odontología, se intenta usar la capacidad regenerativa de la pulpa para alargar la vida del diente, se realiza una protección pulpar directa usando materiales biocerámicos con la finalidad de formar puentes dentinarios o tejido mineralizado (30).

Para realizar un RPD tenemos que tener varios factores controlados, la exposición debe ser menor a 3 mm y el sangrado pulpar ha tenido que ser controlado con la ayuda de una bola de algodón estéril (26).

Para poder realizar una protección pulpar directa tenemos que tener en cuenta varios signos o síntomas: no debe haber signos de dolor/inflamación pulpar, no debe haber dolor nocturno, no debe presentar dolor al frío, es decir, no debe haber síntomas de pulpitis irreversible (31). No debe aparecer signos de calcificación o signos de radiolucidez en las radiografías de diagnóstico (31).

En resumen, solo podemos realizar una terapia pulpar vital, es decir en este caso una protección pulpar directa cuando el diente presenta signos o síntomas de pulpitis reversible (31).

La odontología a día de hoy busca ser minamente invasiva, se usan los materiales biocerámicos que presentan bioactividad, biocompatibilidad, y la capacidad de regeneración de dentina (32).

Los primeros materiales usados para realizar protección pulpar directa presentaban microfiltración bacteriana, falta de sellado hermético, inflamación… por estos motivos, aparecieron materiales biocerámicos para mejorar problemas que los materiales tradicionales no podian solventar (32).

1.5. Justificación

La conservación de la vitalidad pulpar es uno de los enfoques más importantes en la odontología actual. En este ámbito, la protección pulpar directa se encuentra enfocada a reducir lo máximo posibles endodoncias innecesarias, pudiendo llegar a tratar el diente de la forma más conservadora posible preservando su integridad pulpar. Para conservar esta vitalidad pulpar es necesario la ayuda de los materiales biocerámicos contribuyendo a su uso en diferentes situaciones clínicas.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo principal

Estudiar la efectividad terapéutica de los materiales biocerámicos usados en protección pulpar directa, valorando la eficacia de formación de puentes dentinarios y preservación pulpar.

2.2. Objetivos secundarios

- Comparar la eficacia de los materiales biocerámicos con los materiales antes empleados en la protección pulpar directa.
- Analizar la evolución de las técnicas de protección pulpar directa.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para desarrollar este trabajo se realizó una revisión bibliográfica orientada a analizar la eficacia de los materiales biocerámicos en la protección pulpar directa.

3.1. Pregunta de investigación

Se planteó la siguiente pregunta de investigación usando el modelo PICO: En pacientes con exposición pulpar (P), ¿Usamos materiales biocerámicos (I) en comparación con materiales tradicionales (C), que preserven la vitalidad pulpar y presenten formación de puentes dentinarios (O)?

3.2. Estrategia de búsqueda

La búsqueda de información para esta revisión se realizó en la base de datos PubMed y Scopus debido a su amplia cobertura sobre literatura científica. Se emplearon descriptores MeSH combinado con términos libres como pueden ser: "pulp exposure", "bioceramics", "pulp vitality"… además de usar operadores Booleanos ("AND", "OR", "NOT"). La ecuación de búsqueda utilizada para esta revisión fue la siguiente: ((((((((((pulp exposure) OR (pulpar exposure)) OR (carious pulp exposure)) AND (bioceramics)) OR (bioceramics materials)) OR (calcium silicate cement)) AND (calcium hydroxide)) AND (dental pulp capping)) OR (pulp vitality)) OR (dentin bridge)) NOT (selective caries removal)

La búsqueda principal se realizó el 3 de diciembre de 2025 usando la base científica PubMed, como primera opción se realizó sin aplicar limitadores obteniendo como resultados 2446 artículos. Como segunda opción se aplicaron limitadores (Full text, Randomized Controlled Trial, Humans, from 2015 – 2025) obteniendo como resultado 57 artículos.

Se realizó una segunda búsqueda el día 8 de diciembre de 2025 usando la base de datos Scopus, en primer lugar, no se aplicaron limitadores obteniendo 40 artículos, en segundo lugar, se volvió a realizar la búsqueda aplicando limitadores (All open Access, English, Article, Dentistry, Human, 2015-2025) se obtuvo un total de 1 artículo.

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda PubMed y Scopus

Bases de datos	Búsqueda	Limitadores	Resultados
PubMed	((((((((((pulp exposure) OR (pulpar exposure)) OR (carious pulp exposure)) AND (bioceramics)) OR (bioceramics materials)) OR (calcium silicate cement)) AND (calcium hydroxide)) AND (dental pulp capping)) OR (pulp vitality)) OR (dentin bridge) NOT (selective caries removal)	Ninguno	2446
		Full text, Randomized Controlled Trial, Humans, from 2015 - 2025	57

Scopus	(pulp exposure OR pulpar exposure OR carious pulp exposure AND bioceramics OR bioceramics materials OR calcium silicate cement AND calcium hydroxide AND dental pulp capping OR pulp vitality OR dentin bridge AND NOT selective caries removal)	Ninguno	40
		All open Access, English, Article, Dentistry,Human 2015-2025	1

3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Para realizar esta búsqueda usamos criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión:

- Fecha de publicación 2015-2025 (últimos 10 años).
- Estudios realizados en humanos.
- Randomized Controlled Trial.
- Texto completo.
- Protección pulpar directa.
- Materiales biocerámicos.

Criterios de exclusión:

- Fecha de publicación superior a 10 años.
- Estudios realizados en animales.
- Textos no completos.
- Protección pulpar indirecta u otras técnicas.
- Revisiones tipo: sistemática, narrativas, meta-análisis.

4. RESULTADOS

4.1. Diagrama de flujo PRISMA 2020

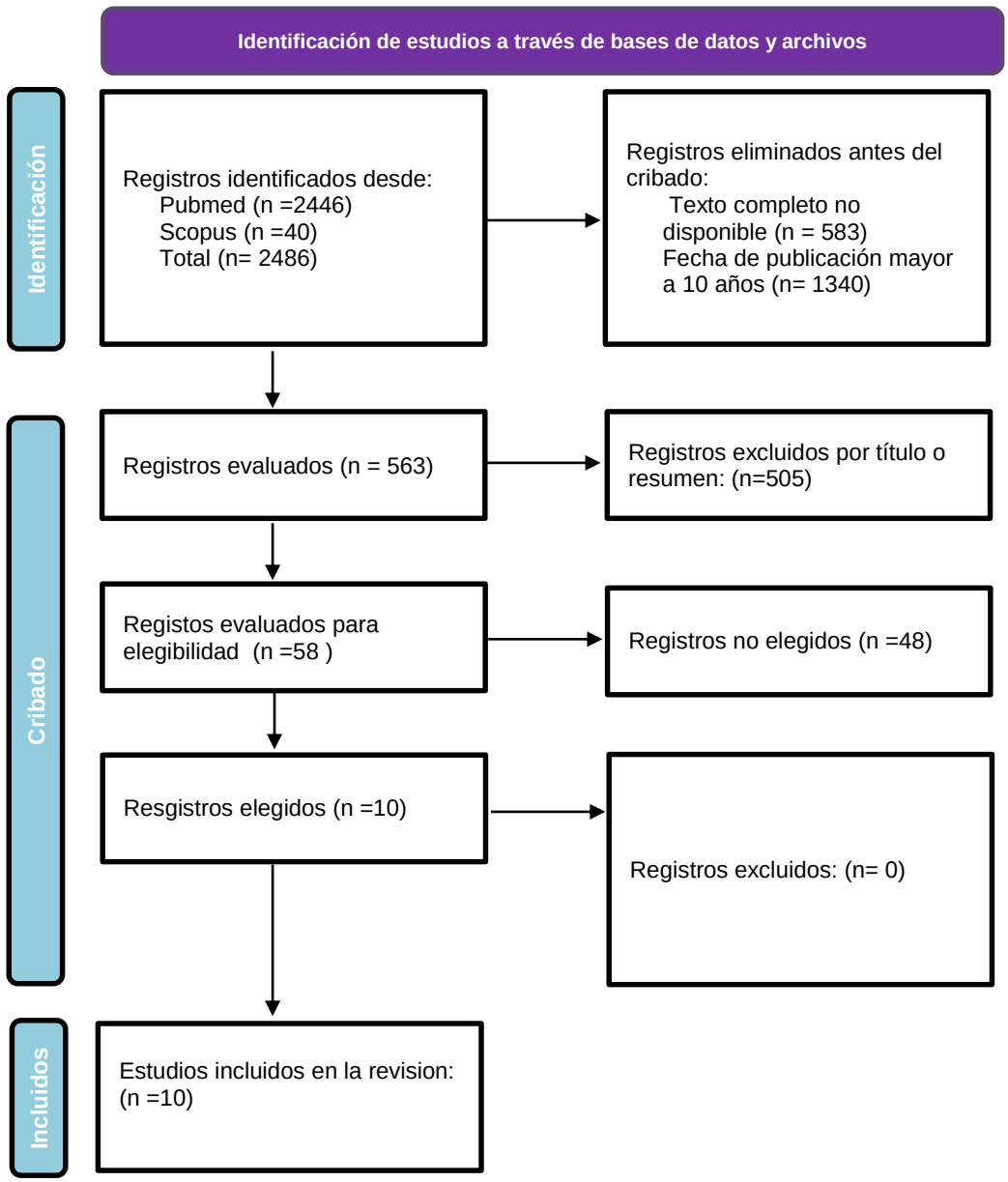


Figura 5: Diagrama de flujo PRISMA (33).

4.2. Tablas con resultados

Después de realizar una búsqueda exhaustiva en varias bases de datos, se eligieron 10 artículos en total que se encuentran relacionados con la pregunta de investigación de este trabajo.

En las siguientes Tabla 2 se explica las características generales de cada estudio:

Tabla 2. Características generales de los estudios

Autor (Año)	País	Tipo de Estudio	Diseño	Muestra	Tipo de Dientes	Seguimiento
2018, Khaled Wagih Al-Saudi et al.	Egipto	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Estudio prospectivo	40 dientes	Premolares	3 semanas – 3 meses
2025, Alaa Muhamad et al.	Siria	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Estudio prospectivo	40 pacientes	Premolares	4 semanas
2016, Alicja Nowicka et al.	Polonia	Ensayo clínico aleatorizado	Estudio prospectivo	28 dientes	Terceros molares	1 semana-6 semanas
2023, Mridula Parameswaran et al.	India	Ensayo clínico aleatorizado	Estudio prospectivo	150 pacientes	Dientes permanentes	1-3-6-12-18 meses
2024, Linlin Zhang et al.	China	Ensayo clínico aleatorizado	Estudio prospectivo	115 dientes	Dientes permanentes y temporales	3-6-12 meses
2017, Claudia Brizuela et al.	Chile	Ensayo clínico aleatorizado	Estudio prospectivo	169 pacientes	Dientes permanentes	1 semana, 3 y 6 meses

2015, Minju Song et al.	Corea	Ensayo clínico aleatorizado	Estudio prospectivo y longitudinal	48 dientes	Dientes permanentes	1-2-4-12 meses
2015, Alicja Nowicka et al.	Polonia	Ensayo in vitro	Estudio prospectivo	44 dientes	Terceros molares	6 semanas
2017, Farbin A. Katge et al.	India	Ensayo clínico aleatorizado	Estudio prospectivo y londitudinal	50 pacientes (7-9 años)	Primeros molares	6 y 12 meses
2018, Saeed Asgary et al.	Iran	Ensayo clínico aleatorizado	Estudio prospectivo y longitudinal	302 pacientes	Primeros molares permanentes	1 año

En la siguiente Tabla 3 se explica la intervención y grupos de comparación de cada estudio:

Tabla 3. Intervención y grupos de comparación de estudios

Autor (año)	**Nº grupos**	**Grupo experimental**	**Grupo comparación**	**Técnica**	**Restauración**
2018, Khaled Wagih Al-Saudi et al.	2	Total fill (TF)	Neo MTA Plus (NMP)	Protección pulpar directa	GC Fuji IX
2025, Alaa Muhamad et al.	4	Neo MTA plus , Neo Putty group	Total fill BC RRM Fast Set Putty group, Total Fill BC RRM Paste group	Protección pulpar directa	Restauración directa de resina
2016,	3	Single Bond Universal with Filtec	No exposición pulpar +	Protección pulpar directa	Misma restauración

Alicja Nowicka et al.		Ultimate (3M)	Hidróxido de calcio (Ca (OH)2) paste Calciplast		para todos los dientes
2023, Mridula Parameswaran et al.	3	Grupo CEM + Grupo MTA	Grupo CH (Dycal)	Protección pulpar directa	Restauración definitiva
2024, Linlin Zhang et al.	2	TheraCal LC	iRoot BP Plus	Protección pulpar directa, pulpotomía parcial y pulpotomía total	Restauración directa de resina
2017, Claudia Brizuela et al.	3	CH, Biodentine	MTA	Protección pulpar directa	Restauración directa de resina
2015, Minju Song et al.	2	ProRoot MTA	Endocem Group	Protección pulpar directa	Resina modificada con CVI
2015, Alicja Nowicka et al.	4	Biodentine, Adhesivo universal	Hidroxido de calcio, MTA	Protección pulpar directa	Restauración directa de resina
2017, Farbin A. Katge et al.	2	Biodentine	MTA	Protección pulpar directa	Restauración directa de resina
2018, Saeed Asgary et al.	1	Cemento CEM	-	Protección pulpar directa, protección pulpar	Restauración directa de resina

				indirecta, pulpotomía parcial, pulpotomía total	

En la siguiente Tabla 4 se explica resultados y eficacia clínica de cada estudio:

Tabla 4. Resultados y eficacia clínica

Autor (año)	**Materiales**	**Seguimiento**	**Éxito (%)**	**Puente dentinario/ inflamación**	**Conclusiones**
2018, Khaled Wagih Al-Saudi et al.	Total fill (TF), Neo MTA Plus (NMP)	3 semanas-3 meses	100%	Sí puentes dentinarios (ambos materiales) No inflamación	TF puentes dentinarios de grosor 0,25 mm mayor que NMP
2025, Alaa Muhamad et al.	Neo MTA plus , Neo Putty group, Total fill BC RRM Fast Set Putty group, Total Fill BC RRM Paste group	4 semanas	-	Sí puentes dentinarios Sí inflamación	NMP presenta menor potencial de reparación del complejo dentino-pulpar en comparación con el resto.
2016, Alicja Nowicka et al.	Single Bond Universal with Filtec Ultimate (3M) Hidróxido de calcio (Ca	1 semana-6 semanas	-	Sí puentes dentinarios Sí inflamación	CH formó puentes dentinarios más efectivos.

	(OH)2) paste Calciplast				
2023, Mridula Parameswaran et al.	Grupo CEM + Grupo MTA + Grupo CH (Dycal)	1-3-6-12-18 meses	74,8%	-	CEM eficacia comparable con MTA y superior a CH.
2024, Linlin Zhang et al.	TheraCal LC, iRoot BP Plus	3-6-12 meses	90,4%	-	Ambos materiales lograron buenos resultados clínicos.
2017, Claudia Brizuela et al.	CH capsula (solución salina), Biodentine, MTA	1 semana, 3 y 6 meses	100% (1º semana), 6 dientes fallaron en 3-6 meses	-	Biodentine y MTA presentan ventajas frente a CH.
2015, Minju Song et al.	ProRoot MTA, Endocem Group	1-2-4-12 meses	93%	-	No encontraron diferencias significativas a corto plazo entre ambos materiales.
2015, Alicja Nowicka et al.	Biodentine, Adhesivo universal, Hidroxido de calcio, MTA	6 semanas	-	Sí formación puentes dentinarios (biodentine y MTA)	El volumen de los puentes dentinarios depende de los materiales utilizados.

2017, Farbin A. Katge et al.	Biodentine, MTA	6 y 12 meses	100%	Sí formación de puentes dentinarios	MTA y Biodentine alta tasa de éxito usada en molares de niños de 7-9 años.
2018, Saeed Asgary et al.	Cemento CEM	1 año	IPC (100%) DPC (94,7%) MP (91,4%) FP (95,5%)	-	En molares permanentes las 4 técnicas de VPT obtuvieron buenos resultados clínicos.

5. DISCUSIÓN

5.1. Hidróxido de Calcio

En relación con el hidróxido de calcio, los estudios seleccionados tras realizar una búsqueda de información específica muestran hallazgos clínicos coincidentes.

Según el estudio realizado por Alicja Nowicka et al. (34) en 2015, observó que los tejidos duros formados tras un tratamiento de recubrimiento pulpar con hidróxido de calcio mostraba un grosor irregular, presentando defectos tipo túnel y porosidades (34). Además, la cantidad de dentina reparativa que se formó en este grupo fue moderada (34). No obstante, desde el punto de vista clínico, se observó éxito del tratamiento a las seis semanas, sin alteraciones radiográficas y todos los dientes respondieron a las pruebas de vitalidad pulpar antes de la extracción (34).

De igual forma, en 2016, Alicja Nowicka et al. (35) describió que el hidróxido de calcio promovió activamente la formación de dentina reparativa, pero el grado de organización estructural variaba entre los diferentes dientes (35). El tejido observado en este grupo de comparación estaba formado principalmente por dentina reparativa junto a áreas de mineralización irregular, en la mayoría de las muestras se encontraron odontoblastos y células con características similares entre ellas (35). Sin embargo, los puentes dentinarios presentaban porosidades y

defectos tipo túnel, lo que implicaba que el sellado pulpar no era completo y que dichas estructuras permanecían permeables (35).

En otro estudio, en 2017, Claudia Brizuela et al (36). observó diferentes limitaciones en el tratamiento con hidróxido de calcio. Este material requiere un ambiente seco para completar su fraguado (36). Además, los puentes dentinarios formados pueden presentar defectos estructurales en forma de túneles y el material tiende a disolverse con el tiempo (36).

Finalmente, en 2023, Mridula Parameswaran et al. (37) indica que únicamente al primer mes se detectó una diferencia significativa en el dolor postoperatio, destacando que cuatro pacientes del grupo que fue tratado con hidróxido de calcio presentaban dolor intenso (37). De igual manera, se observó un mayor número de casos con pérdida de respuesta a las pruebas de vitalidad siendo necesario el tratamiento endodóntico (37). En conjunto, este estudio presentó una disminución progresiva del éxito del recubrimiento pulpar con hidróxido de calcio durante el seguimiento realizado, lo que atribuye propiedades inferiores en comparación con otros materiales (37).

En términos generales, aunque estos estudios evidencian que el hidróxido de calcio es capaz de inducir dentina reparativa y mantener inicialmente la vitalidad pulpar, también pone de manifiesto defectos estructurales recurrentes en los puentes dentinarios y una tendencia a la disminución del éxito clínico a medio plazo, aspectos que resultan clave al compararlo con materiales biocerámicos más recientes (34–37).

5.2. Adhesivo universal

En relación con el sistema adhesivo (Single Bond Universal), los estudios realizados por Alicja Nowicka et al. (34,35) Coinciden en señalar una menor capacidad inductora de dentina reparativa en comparación con el hidróxido de calcio y materiales biocerámicos (34,35).

En el estudio realizado por Alicja Nowicka et al. (34) En 2015, confirma la limitada actividad reparativa del adhesivo, generó cuatro puentes dentinarios (2 pequeños y 2 muy pequeños) (34). A nivel histológico, los tejidos duros formados por este adhesivo presentaron grosor irregular, porosidades y defectos tipo túnel (34). Además, resalta que los puentes obtenidos fueron más delgados y de menor calidad en comparación con hidróxido de calcio y otros biocerámicos (34). Aunque presenten un sellado adecuado y biocompatibilidad con los tejidos del diente, su potencial para estimular la formación de dentina reparativa es inferior (34). Así mismo, existe la posibilidad de la degradación del adhesivo con el tiempo y la citotoxicidad potencial de algunos de sus componentes podrían afectar negativamente la respuesta pulpar (34).

Desde el punto de vista inflamatorio, en el estudio realizado por Alicja Nowicka et al. (35) En 2016, la respuesta obtenida por el grupo Single Bond Universal en algunos dientes se limitó

únicamente a la zona en contacto con el composite, en otros alcanzó zonas de la pulpa coronaria y en otros casos afectó a toda la pulpa coronaria (35). Se observaron también diferencias en la respuesta tisular, con menor reacción vascular en algunas muestras y mayor implicación del tejido conectivo (35). Se describieron signos de atrofia y desorganización de la capa odontoblástica cercana al área expuesta, y en dos casos, coexistencia de inflamación aguda y crónica seguida de necrosis superficial (35). No obstante, no se detectó presencia bacteriana en las paredes cavitarias, en tejido dentinario ni en tejido pulpar (35). En conjunto, se observó que Single Bond Universal mostró una menor capacidad para inducir tejido mineralizado y una inflamación pulpar más intensa a pesar de la ausencia de sintomatología clínica (35).

Ambos estudios llegaron a la conclusión de que este material presenta una capacidad limitada para inducir puentes dentinarios, presentando un menor espesor y calidad estructural (34,35). Aunque pueda mantenerse en una clínica asintomática, la respuesta histológica presenta una menor eficacia reparativa en comparación con materiales tradicionalmente empleados en protección pulpar directa (34,35).

5.3. Materiales Biocerámicos

5.3.1. MTA

En el estudio realizado por, Minju Song et al. (37) En 2015 obtuvo una tasa de éxito del 93% en tratamientos de recubrimiento pulpar directo en dientes permanentes maduros tratados con ProRoot MTA (37). En este grupo de estudio se observaron 19 éxitos de un total de 21 dientes (37). Los fracasos de estos dientes fueron todos en pacientes mayores de 40 años y en exposiciones pulpares axiales (37). Según Minju Song et al. (37) Este tipo de exposiciones presenta peor pronóstico por una mayor permeabilidad de la dentina axial y mayor dificultar para lograr un aislamiento y sellado adecuado evitando contaminaciones (37).

De manera similar, Alicja Nowicka et al. (34) En 2015 obtuvieron resultados clínicos favorables tras seis semanas con éxito de recubrimiento pulpar en todos los dientes evaluados y ausencia de cambios radiográficos apicales (34). Desde el punto de vista histológico, el MTA activó la formación de dentina reparadora observándose puentes dentinarios más gruesos y homogéneos con escasos defectos en tipo túnel (34). Sin presentar diferencias significativas entre ambos grupos comparados (34).

Por otra parte, en el estudio realizado por Claudia Brizuela et al. (36) En 2017, se analizaron 56 dientes tratados con MTA observando un éxito clínico completo en el control realizado a la semana (36). Sin embargo, durante el seguimiento a los seis meses se registraron nuevos fracasos, con un porcentaje del 13,64% (36). El estudio señala algunas limitaciones del MTA como puede ser su largo tiempo de fraguado dificultando complementar el tratamiento en una

sola sesión, la posible decoloración asociada al óxido de bismuto presente en su composición y la dificultad de su manejo clínico (36).

De igual forma, Farbin A. Katge et al. (39) En 2017 comparó diferentes grupos, observando una tasa de éxito del 100% al inicio y durante controles a los 6 y 12 meses (39). Ningún paciente refirió dolor, ni inflamación, ni abscesos (39). Todos los pacientes presentaron respuestas positivas a las pruebas de vitalidad pulpar (39). El grupo de estudio tratado con MTA obtuvo 76,19% formación de puentes dentinarios a los 6 meses y 85,71% presentaban formación de puentes dentinarios a los 12 meses (39).

Igualmente, en el estudio de Khaled Wagih Al-Saudi et al. (40) En 2018 se observaron resultados histológicos muy positivos presentando en los resultados una formación completa de puentes dentinarios acompañado de ausencia completa de inflamación pulpar en todos los grupos de estudios incluidos (40). A las tres semanas de estudio, se evidenciaba la formación parcial de puentes dentinarios con inflamación leve o inexistente, lo que se relaciona con la liberación de iones calcio e hidroxilo y la capacidad de formación de apatita de estos materiales (40). Tras tres meses de seguimiento, este material mostró alta biocompatibilidad, bioactividad y una adecuada capacidad de sellado, siendo estas características factores claves para mantener la vitalidad pulpar (40).

Finalmente, Mridula Parameswaran et al. (37) En 2023, destacó la eficacia de las biomezclas enriquecidas con calcio en el tratamiento de caries profundas con exposición pulpar (37). En este estudio la tasa de éxito global alcanzó 86,7% a los 18 meses de seguimiento (37).

De manera similar, Alaa Muhamad et al. (41) En 2025, analizó la respuesta pulpar frente a diferentes materiales compuestos por base de silicato de calcio (41). En este estudio se observó, que el grupo tratado con Neo MTA Plus obtuvo menor intensidad de inflamación pulpar en comparación con los otros materiales estudiados, la continuidad de puentes dentinarios fue menor con respecto a otros grupos (41). Alaa Muhamad et al. (41) Sugiere que la respuesta inflamatoria inicial podría relacionarse con la liberación de iones calcio, como el aumento del ph, y el calor producido durante la reacción fraguado (41).

En conjunto, estos estudios respaldan la eficacia de los materiales biocerámicos en la protección pulpar directa, evidenciando su capacidad para preservar la vitalidad pulpar, promover la formación de dentina reparativa y presentar una adecuada biocompatibilidad (33,35–40). No obstante, en concreto el material MTA, presenta limitaciones que han sido reflejadas en estos estudios como puede ser el tiempo de fraguado, manipulación clínica, radiopacificadores en su composición. Se necesitarían estudios con muestras más amplias y períodos de seguimientos más prolongados (33,35–40).

5.3.2. Biodentine

Diversos estudios han analizado la eficacia de Biodentine como material biocerámico en procedimientos de protección pulpar directa, mostrando resultados clínicos y biológicos favorables.

En el estudio realizado por Alicja Nowicka et al. (34) En 2015 quién observó éxito clínico del recubrimiento pulpar en todos los dientes evaluados tras seis semanas de seguimiento clínico, sin alteraciones radiográficas apicales (34). Además, los dientes mostraron respuestas positivas a las pruebas de vitalidad pulpar (34). En el análisis histológico realizado en este estudio se identificó la formación de 37 puentes dentinarios (34). Los tejidos duros reparativos formados por MTA y Biodentine se caracterizaron por ser más gruesos y homogéneos, en ausencias de defectos de tipo túnel (34). No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos tratados con MTA y Biodentine sobre el volumen de dentina reparativa formada (34). Si hubo diferencia entre estos grupos de estudios en cuanto al volumen de puentes dentinarios siendo el grupo tratado con Biodentine mayor (34).

Resultados similares fueron descritos en el estudio realizado por Claudia Brizuela et al. (36) En 2017 se estudiaron 60 dientes tratados con Biodentine reportando un éxito clínico completo (36). Durante los controles realizados a los 3,6,12 meses no se observaron diferencias significativas entre los materiales analizados (36). No obstante, en este estudio se destacó que los cementos a base de silicato de calcio presentan propiedades que superan el hidróxido de calcio como material de referencia usado en terapias pulpares vitales (36). Entre las características más relevantes del Biodentine se encuentra su elevada biocompatibilidad, su fraguado relativamente rápido, su resistencia mecánica, capacidad de adhesión a la dentina y su facilidad de manipulación clínica (36).

Por su parte, el estudio realizado por Farbin A. Katge et al. (39) En 2017 comparó Biodentine y MTA en recubrimientos pulpares directos obteniendo un completo éxito clínico tanto al inicio como a los 6 y 12 meses posteriores (39). No se registraron signos de dolor postoperatorio, además todos los pacientes respondieron positivamente a las pruebas de vitalidad pulpar (39). Tras 6 meses el grupo de dientes tratado con Biodentine obtuvo 71,43% de formación de puentes dentinarios, cifra que aumentó a los 12 meses a 95,24% (39). Aunque el grupo Biodentine mostró un mayor números de puentes dentinarios en comparación con el grupo MTA no fueron diferencias estadísticamente significativas (39).

En conjunto, estos estudios indican que los materiales biocerámicos en especial Biodentine, presenta un comportamiento clínico favorable en la protección pulpar directa, mostrando altas tasas de éxito manteniendo la vitalidad pulpar y una notable capacidad para inducir la formación

de dentina reparativa. Además, sus propiedades físicas y biológicas ofrecen ventajas frentes a materiales usados tradicionalmente como es el hidróxido de calcio (34,36,39).

5.3.3. Total Fill

En el estudio realizado por Khaled Wagih Al-Saudi et al. (40) En 2018 no se encontraron diferencias significativas entre los materiales comparados en la mayoría de los parámetros que se evaluaron (40). La mayoría de las muestras realizadas mostraron formación parcial de puente dentinario y ausencia de inflamación pulpar en las fases iniciales de evaluación (40). Sin embargo, al finalizar el periodo de seguimiento se observó una completa formación de puentes dentinarios, obteniendo el 100% de éxito clínico (40). A los 3 meses, los materiales utilizados demostraron elevada biocompatibilidad, bioactividad y capacidad de sellado (40). No obstante, se observó que el grupo tratado con Total Fill obtuvo un mayor espesor en puentes dentinarios que podría ser resultado de una mayor liberación de iones calcio y un efecto alcalinizante más marcado (40).

Por otra parte, el estudio realizado por Alaa Muhamad et al. (41) En 2025 señala que los dientes tratados con recubrimiento pulpar tras exposiciones deben tener un seguimiento mínimo de un año (41). En su estudio el análisis histológico no presentó diferencias significativas de la inflamación pulpar entre los materiales biocerámicos evaluados (41). Sin embargo, en el caso de Total fill BC RRM Fast Set Putty group el 37,5% de las muestras presentó inflamación severa y 62,5% inflamación moderada (41). A pesar de estos datos, mostró que el 75% de las muestras tratadas con este material tuvieron la formación de un puente dentinario completamente formado mientras que el 25% obtuvo una formación parcial (41).

En conjunto, ambos estudios sugieren que los materiales biocerámicos presentan una respuesta biológica favorable cuando se emplean en protección pulpar directa (40,41). De igual manera, determinadas propiedades fisicoquímicas que presentan este tipo de materiales influyen en la calidad y continuidad de la formación de puente dentinario (40,41).

5.3.4. IRoot BP Plus y TheraCal LC

En el estudio realizado por Linlin Zhang et al. (42) En 2024, se analizaron resultados clínicos de procedimientos de terapia pulpar vital usando IRoot BP Plus y TheraCal LC (42). La tasa de éxito de este estudio fue de 90,4% distribuido entre ambos grupos (42). En relación con el diagnóstico inicial del estado pulpar no se observaron diferencias significativas entre ambos si nos referimos a la presencia de pulpitis reversibles o irreversibles (42). Del mismo modo, las respuestas a pruebas de percusión y tiempo necesario para conseguir hemostasia en el procedimiento fueron comparables entre ambos materiales (42).

Se observaron diferencias relevantes en el postoperatio, los pacientes tratados con TheraCal LC experimentaron niveles de dolor más bajo y durante un período más corto (42). En cuanto al tratamiento, la duración fue menor cuando se utilizó TheraCal LC en comparación IRoot BP Plus (42).

En pruebas de vitalidad pulpar en seguimiento realizadas al año no presentaron diferencias significativas entre ambos materiales (42). De igual manera, la formación de puentes dentinarios no presentó tampoco diferencias entre ambos grupos (42). Sin embargo, el número de puentes dentinarios totales formados fue mayor en dientes tratados con IRoot BP Plus obteniendo un 53,2% (42).

5.3.5. CEM

En el estudio realizado por Minju Song et al. (37) En 2015 estudió la eficacia del EndoCem en dientes permanentes maduros. Los resultados globales mostraron una tasa de éxito clínico elevada (93%) (37). El grupo tratado con este material obtuvo una tasa de éxito de 90,5% (37). No se obtuvieron resultados con diferencias significativas entre ambos materiales. Los casos que se consideraron como fracasos correspondían a pacientes mayores de 40 años en cuales la exposición pulpar se localizaba en zonas axiales como hemos mencionado anteriormente (37). Además, destaca que EndoCem presenta un tiempo de fraguado relativamente corto (4-5 minutos) lo que permite realizar el procedimiento clínico en una sola sesión (37).

Por otra parte, en el estudio realizado por Mridula Parameswaran et al. (37) En 2023 el grupo tratado con cemento enriquecido con calcio presentó una tasa alta de éxito (86,7%) tras un seguimiento postoperatio en 18 meses (37). Este material está compuesto por diferentes compuestos a base de calcio y fue introducido como alternativa a otros materiales por presentar propiedades favorables en comparación con el MTA (37). Entre estas propiedades presenta un tiempo de fraguado más corto, espesor de película adecuado, buena fluidez, y facilidad de manipulación clínica (37).

5.4. Técnicas

En el estudio realizado por Saeed Asgary et al. (43) En 2018, se compararon cuatro técnicas diferentes de terapia pulpar vital obteniendo una tasa de éxito superior al 91% (43). Los resultados no mostraron diferencias significativas entre técnicas empleadas. En cuanto al dolor postoperatorio disminuyó de forma significativa en todos los grupos tratados mediante técnicas de terapia pulpar vital (43).

En este estudio se analizó también la influencia que puede presentar el tipo de exposición pulpar y las localizaciones de estas exposiciones (43). Los resultados mostraron que, desde el punto de vista biológico, la pulpitis se origina por invasión bacteriana por lo que la eliminación de estos

factores irritantes y la posterior colocación de un material de recubrimiento con la capacidad de proporcionar un sellado efectivo son fundamentales para la recuperación del tejido pulpar (43).
En relación con las técnicas estudiadas para la colocación de materiales biocerámicos en protección pulpar directa, es necesario seguir un protocolo clínico para garantizar el éxito clínico de este procedimiento. En primer lugar, es primordial contar con aislamiento absoluto del campo operatorio para garantizar un ambiente libre de microorganismos y humedad (43). En segundo lugar, tras la exposición pulpar es necesario lograr una correcta hemostasia (43). Una vez controlado el sangrado, el material de recubrimiento se colocaría directamente sobre tejido pulpar expuesto, debemos evitar una presión excesiva con el material sobre el tejido pulpar (36). Posteriormente, colocaríamos una base protectora o restauración provisional teniendo en cuenta las características de manipulación de cada material empleado y el tiempo de fraguado, por último, se colocaría una restauración definitiva, garantizando un sellado hermético y duradero evitando microfiltraciones (40).
Entre las limitaciones que presenta este estudio se encuentra el seguimiento de todos los pacientes durante el periodo de un año (43). Los controles clínicos a largo plazo permitirían evaluar con una mayor exactitud y precisión la estabilidad de los resultados obtenidos (43).

6. CONCLUSIONES

Este trabajo tuvo como objetivo principal analizar la eficacia terapéutica de los materiales biocerámicos en protección pulpar directa, así como comparar su comportamiento con materiales tradicionales y estudiar la evolución de las técnicas empleadas.
En relación con el objetivo principal de este trabajo, los resultados obtenidos en diferentes estudios tras realizar una búsqueda exhaustiva evidencian que los materiales biocerámicos presentan una elevada efectividad en tratamientos de protección pulpar directa. De esta manera, materiales como MTA, Biodentine, Total Fill, IRoot BP Plus o cementos enriquecidos con calcio muestran altas tasas de éxito clínico, acompañadas de la preservación de la vitalidad pulpar a medio-largo plazo.
Desde el punto biológico, estos materiales presentan una alta capacidad bioactiva, favoreciendo la liberación de iones calcio, el aumento del pH y la formación de apatita, estimulando la diferenciación de células pulpares y la formación de dentina reparativa.
En cuanto a la formación de puentes dentinarios, los materiales biocerámicos han demostrado generar estructuras más homogéneas, continuas y con menor presencia de defectos estructurales, como evitar la presencia de túneles o porosidades en comparación con materiales tradicionales. Esta característica garantiza un sellado pulpar efectivo, reduciendo la

permeabilidad favoreciendo la vitalidad pulpar. Además, presentan una baja respuesta inflamatoria observada en la mayoría de los estudios que confirman su alta biocompatibilidad, siendo este un factor determinante en el éxito terapéutico.

Respondiendo al primer objetivo secundario planteado en este trabajo, centrado en la comparación con materiales previamente empleados, los resultados muestran claras diferencias a favor de materiales biocerámicos. El hidróxido de calcio, fue usado durante años como material de referencia, presentaba la formación de puentes dentinarios y la capacidad inicial de mantener la vitalidad pulpar, pero presenta limitaciones importantes. Entre estas limitaciones, encontramos defectos estructurales en los puentes dentinarios (defectos tipo túnel), solubilidad a lo largo del tiempo, y disminución progresiva de éxito clínico. Estas características comprometen el sellado pulpar y aumentan el riesgo de fracaso terapéutico.

También fueron estudiados los sistemas adhesivos universales, aunque presentaban un buen sellado inicial se demostró que presentan una capacidad significativamente menor para inducir la formación de dentina reparativa. Además, estudios histológicos evidencian mayor respuestas inflamatorias y desorganización del tejido pulpar.

En comparación con los materiales biocerámicos, no solo superan estas características, sino que, aportan ventajas adicionales como una mejor estabilidad dimensional, mayor capacidad de sellado y propiedades bioactivas superiores.

Sin embargo, algunos materiales biocerámicos como el MTA presentan inconvenientes clínicos, un tiempo de fraguado extenso, decoloración dentaria o difícil manipulación. Esto llevó al desarrollo de nuevos materiales biocerámicos.

En relación con el segundo objetivo secundario, enfocado en la evolución de las técnicas de protección pulpar directa, los resultados evidencian un cambio en el enfoque terapéutico.

Tradicionalmente, la protección pulpar directa se asociaba a un pronóstico limitado por lo que se usaban técnicas más agresivas. Sin embargo, la introducción de estos materiales biocerámicos favoreció un enfoque más conservador.

Los estudios que se han revisado muestran, que independientemente de la técnica empleada las tasas de éxito son elevadas siempre que se cumplan diferentes principios como el control de la infección, eliminación de tejido contaminado, y un correcto sellado. Así mismo, el tipo de exposición, la edad del paciente o la capacidad de controlar la hemostasia influyen también en el pronóstico final del tratamiento.

En relación con las técnicas estudiadas para la colocación de materiales biocerámicos en protección pulpar directa, es necesario seguir un protocolo clínico para garantizar el éxito clínico de este procedimiento.

En conjunto, la evolución de las técnicas ha estado ligada al desarrollo de nuevos materiales.

Finalmente, cabe destacar que, aunque se presenten resultados prometedores, muchos estudios presentan limitaciones con tamaños muestrales reducidos o periodos de seguimiento cortos.

En conclusión, los materiales biocerámicos representan en la odontología actual la opción más eficaz en la protección pulpar directa, superando a los materiales tradicionales tanto en resultados clínicos como biológicos, y contribuyendo hacía una odontología mínimamente invasiva y más conservadora basada en la preservación de la vitalidad pulpar.

7. SOSTENIBILIDAD

Los materiales biocerámicos presentan diferentes implicaciones en la sostenibilidad. Basándonos en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) encontramos ODS 3 (Salud y bienestar) en relación con los materiales citados en el texto diversos estudios muestran un mejor resultado clínico reduciendo tratamientos más invasivos, de esta manera alargamos la vida funcional del diente promoviendo la vitalidad pulpar e interviniendo en una mejor salud bucodental (44).

Basado en ODS 8 (trabajo decente y crecimiento económico) enfocando en la economía del paciente sería más económico usar materiales biocerámicos haciendo una RPD antes que realizar un tratamiento más invasivo llegando a una endodoncia manteniendo la vitalidad pulpar (44).

Estos materiales presentan una mayor estabilidad, biocompatibilidad por sus características, provocando una mayor durabilidad en el entorno bucal reduciendo la posibilidad de fracaso restaurador y la necesidad de tratamientos más invasivos posteriormente por lo que concuerda con ODS 12 (producción y consumo responsable) de esta manera, una mayor durabilidad en el tratamiento implica una menor generación de residuos clínicos (44).

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Riojas Garza MTeresa. Anatomía dental [Internet]. Vol: 3ª edición, México; 2014 [citado 23 de febrero de 2026]. Located at: eLibro; edselb.ELB39706. Disponible en: https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselb&AN=edselb.ELB39706&site=eds-live

2. Ortega MA, Rios L, Fraile-Martinez O, Boaru DL, De Leon-Oliva D, Barrena-Blázquez S, Pereda-Cerquella C, Garrido-Gil MJ, Manteca L, Buján J, García-Honduvilla N, García-Montero C, Rios-Parra A Bioceramic versustraditional biomaterials for endodontic sealers according to the ideal properties. Histol Histopathol. 2023;39(03):279-92. doi:10.14670/HH-18-664. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37747049/

3. Delgado MF, Campano MJ. Dental pulp: Histology, dentinal pain and advances in treatment. SCT Proc Interdiscip Insights Innov. 2025;3:440. doi:10.56294/piii2025440. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9968828

4. Velayos Jorge JL, Díaz Santana H. Anatomía de la cabeza : con enfoque odontoestomatológico [Internet]. 1 de enero de 1994 [citado 7 de diciembre de 2025]. Located at: Dialnet Plus; edsdnp.203192LIB. Disponible en: http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=203192

5. Maeda H. Aging and Senescence of Dental Pulp and Hard Tissues of the Tooth. Front Cell Dev Biol. 30 de noviembre de 2020;8:605996. doi:10.3389/fcell.2020.605996. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33363031/

6. Widbiller M, Schmalz G. Endodontic regeneration: hard shell, soft core. Odontology. abril de 2021;109(2):303-12.doi:10.1007/s10266-020-00573-1.Disponible en:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33128100/

7. Pohl S, Akamp T, Smeda M, Uderhardt S, Besold D, Krastl G, et al. Understanding dental pulp inflammation: from signaling to structure. Front Immunol. 29 de octubre de 2024;15:1474466. doi:10.3389/fimmu.2024.1474466. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39221033/

8. Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, et al. Treatment of pulpal and apical disease The European Society of Endodontology (ESE) S3-level clinical practice guideline. Int Endod J. 2023;56(S3):238-295. doi:10.1111/iej.13974. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/nmsama2bgj

9. Islam R, Islam MRR, Tanaka T, Alam MK, Ahmed HMA, Sano H. Direct pulp capping procedures – Evidence and practice. Jpn Dent Sci Rev. diciembre de 2023;59:48-61. doi:10.1016/j.jdsr.2023.02.002. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1882761623000042

10. Nowicka A, Wilk G, Lipski M, Kołecki J, Buczkowska-Radlińska J. Tomographic Evaluation of Reparative Dentin Formation after Direct Pulp Capping with Ca(OH)2, MTA, Biodentine, and Dentin Bonding System in Human Teeth. J Endod. agosto de 2015;41(8):1234-40. doi:10.1016/j.joen.2015.03.017. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239915002988

11. Lee J, Kang S, Jung HI, Kim S, Karabucak B, Kim E. Dentists' clinical decision-making about teeth with apical periodontitis using a variable-controlled survey model in South Korea. BMC Oral Health. diciembre de 2020;20(1):23. doi:10.1186/s12903-020-1014-z. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/html/3nu3jraka5

12. Taha NA, Jaradat HB, DkmaK A, Abidin IZ. Carious Pulp Exposure in Mature Teeth With Reversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial of Direct Pulp Capping and Partial Pulpotomy. J Endod. 1 de octubre de 2025;51(10):1342-1342-50. Located at: ScienceDirect; S0099239925003917. doi:10.1016/j.joen.2025.06.019. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239925003917

13. Chambers IG. The role and methods of pulp testing in oral diagnosis: a review. Int Endod J. enero de 1982;15(1):1-15. doi:10.1111/j.1365-2591.1982.tb01331.x. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/e6k7nj52iv

14. Ozal Mora MA, Petrocco C. Pruebas Térmicas de Sensibilidad Pulpar en Dientes Permanentes con Pulpitis: Valor Diagnóstico y Limitaciones. Rev Odontopediatría Latinoam. 24 de marzo de 2024;14. doi:10.47990/etpeqz19. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/k7jk2oaxjf

15. Dammaschke T. The history of direct pulp capping. J Hist Dent. 1 de marzo de 2008;56(1):9-9-23. Located at: MEDLINE Complete; 18578224. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18578224/

16. Shinde M, Pandit V, Singh S, Jadhav A, Marium S, Patil S. Reparative Mineralized Tissue Characterization by Different Bioactive Direct Pulp-capping Agents. J Int Clin Dent Res Organ. enero de 2024;16(1):8-16. doi:10.4103/jicdro.jicdro_79_23. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/idud6lnfin

17. Zalan AK, Zubairy KK, Zaman H, Maxood A, Gul A, et al. MTA Cvek Pulpotomy Followed by Fragment Re-Attachment in Traumatized Young Permanent Maxillary Left Central Incisor – A Case Report. J Pak Dent Assoc. 20 de febrero de 2021;30(1):70-3. doi:10.25301/JPDA.301.70. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/ejngv6ecgv

18. Mhmod MM, Hassanien EE, Abu-Seida AM, El Ashry SH, Nagy MM, Fahmy SH, et al. Pulp response following direct pulp capping with Tideglusib and mineral trioxide aggregate: an animal study. BMC Oral Health. 19 de julio de 2025;25(1):1218. doi:10.1186/s12903-025-06546-6. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/alqildws5z

19. Lipski M, Nowicka A, Kot K, Postek-Stefańska L, Wysoczańska-Jankowicz I, Borkowski L, et al. Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine. Clin Oral Investig. junio de 2018;22(5):2021-9. doi:10.1007/s00784-017-2296-7. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/2ojzfofgcz

20. Gonzalez-Lara A, Ruiz-Rodriguez MS, Pierdant-Perez M, Garrocho-Rangel JA, Pozos-Guillen AJ. Zinc Oxide–Eugenol Pulpotomy in Primary Teeth: A 24-Month Follow-up. J Clin Pediatr Dent. 1 de marzo de 2016;40(2):107-12. doi:10.17796/1053-4628-40.2.107. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/g4l6qmmksz

21. Mohammadi Z, Shalavi S. Mananging root resorption using calcium hydroxide: A review. International Journal of Clinical Dentistry [Internet]. 2016 Jan 1 [cited 2026 march 27]; 9(4):247-54. Disponible en: https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=5cfe0e3d-0f54-30f9-804f-6dbbb054b406

22. Sanz JL, Rodríguez-Lozano FJ, Llena C, Sauro S, Forner L. Bioactivity of Bioceramic Materials Used in the Dentin-Pulp Complex Therapy: A Systematic Review. Materials. 27 de marzo de 2019;12(7):1015. doi:10.3390/ma12071015. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/t4lsnf2mz5

23. Möller B, Schröder U, Granath L. Effect of IRM on human dental pulp. Eur J Oral Sci. agosto de 1983;91(4):281-7. doi:10.1111/j.1600-0722.1983.tb00817.x. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0722.1983.tb00817.x

24. Alp Ş, Ulusoy N. Current Approaches in Pulp Capping: A Review. Cyprus J Med Sci. 28 de junio de 2024;154-60. doi:10.4274/cjms.2023.2022-37. Disponible en: https://cyprusjmedsci.com/pdf/a6c507d0-c298-4e01-9874-771986926d20/issues/2026-011-001.pdf?v=1771326657357

25. Abdul MSM, Murali N, Rai P, Mirza MB, Salim S, Aparna M, et al. Clinico-Histological Evaluation of Dentino-Pulpal Complex of Direct Pulp Capping Agents: A Clinical Study. J Pharm Bioallied Sci. junio de 2021;13(Suppl 1):S194-8. doi:10.4103/jpbs.JPBS_665_20. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/olbbgjyojb

26. Batista LCN, Crivelari JM, Pegoraro JVDC, Janini ACP, Marciano MA, Lopes CS, et al. Physicochemical evaluation of mineral trioxide aggregate and five mineral oxides calcium silicate-based cements. BMC Oral Health. 2 de julio de 2025;25(1):1056. doi:10.1186/s12903-025-06428-x.Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/bdgsympmdn

27. Chen J, Liu S, Liu M, Dong Y. Multivariate prognostic analysis of direct pulp capping using a bioceramic material in mature permanent teeth with carious pulp exposure: a retrospective cohort study. Clin Oral Investig. 25 de julio de 2023;27(9):5287-96. doi:10.1007/s00784-023-05148-2. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/652b4wjhqz

28. Agrawal P, Chandak M, Patel A, Bhopatkar J. Evaluation of the physical properties of bromelain-modified biodentine for direct pulp capping. BMC Oral Health. 2024;24(1):1053. doi:10.1186/s12903-024-04863-w. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/tgcapg4s5b

29. Nie E, Yu J, Jiang R, Liu X, Li X, Islam R, et al. Effectiveness of Direct Pulp Capping Bioactive Materials in Dentin Regeneration: A Systematic Review. Materials. 11 de noviembre de 2021;14(22):6811. doi:10.3390/ma14226811. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34832214/

30. Lipski M, Nowicka A, Kot K, Postek-Stefańska L, Wysoczańska-Jankowicz I, Borkowski L, et al. Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine. Clin Oral Investig. junio de 2018;22(5):2021-9. doi:10.1007/s00784-017-2296-7. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/2ojzfofgcz

31. Youcharoen K, Akkaratham O, Intajak P, Saikaew P, Chiaraputt S. Comparison of remineralization in caries-affected dentin using calcium silicate, glass ionomer cement, and resin-modified glass ionomer cement: an in vitro study. Restor Dent Endod. 30 de noviembre de 2025;50(4):e37. doi:10.5395/rde.2025.50.e37. Disponible en: https://www.rde.ac/

32. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 29 de marzo de 2021;n71. doi:10.1136/bmj.n71. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/7rmmsmwa5v

33. Nowicka A, Wilk G, Lipski M, Kołecki J, Buczkowska-Radlińska J. Tomographic Evaluation of Reparative Dentin Formation after Direct Pulp Capping with Ca(OH)2, MTA, Biodentine, and Dentin Bonding System in Human Teeth. J Endod. agosto de 2015;41(8):1234-40. doi:10.1016/j.joen.2015.03.017. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239915002988

34. Nowicka A, Łagocka R, Lipski M, Parafiniuk M, Grocholewicz K, Sobolewska E, et al. Clinical and Histological Evaluation of Direct Pulp Capping on Human Pulp Tissue Using a Dentin Adhesive System. BioMed Res Int. 2016;2016:1-9. doi:10.1155/2016/2591273. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/pfjy4txtyn

35. Brizuela C, Ormeño A, Cabrera C, Cabezas R, Silva CI, Ramírez V, et al. Direct Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate, and Biodentine in Permanent Young Teeth with Caries: A Randomized Clinical Trial. J Endod. noviembre de 2017;43(11):1776-80. doi:10.1016/j.joen.2017.06.031. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009923991730818X

36. Parameswaran M, Madanan KV, Maroli RK, Raghunathan D. Efficacy of Calcium Enriched Mixture Cement, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Used as Direct Pulp Capping Agents in Deep Carious Lesions - A Randomised Clinical Trial. Eur Endod J. 25 de julio de 2023;8(4):253-61. doi:10.14744/eej.2023.83007. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/if3hrakiuf

37. Song M, Kang M, Kim HC, Kim E. A Randomized Controlled Study of the Use of ProRoot Mineral Trioxide Aggregate and Endocem as Direct Pulp Capping Materials. J Endod. enero de 2015;41(1):11-5. doi:10.1016/j.joen.2014.09.005. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239914008681

38. Katge FA, Patil DP. 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. J Endod. abril de 2017;43(4):507-13. doi:10.1016/j.joen.2016.11.026. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239916309761

39. Al–Saudi KW, Nabih SM, Farghaly AM, AboHager EAA. Pulpal repair after direct pulp capping with new bioceramic materials: A comparative histological study. Saudi Dent J. octubre de 2019;31(4):469-75. doi:10.1016/j.sdentj.2019.05.003. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1013905218307041

40. Muhamad A, Lazkani T, Manadili A, Alsayed Tolibah Y. Short-term dentin-pulp complex repair with four pulp capping materials: a double-blind randomized crossover histological study. Sci Rep. 5 de noviembre de 2025;15(1):38818. doi:10.1038/s41598-025-22741-5. Disponible en: https://research.ebsco.com/c/5crbx4/viewer/pdf/nuyrjjegkf

41. Zhang L, Yin L, Wu J, Wang X, Huang J, Li Q. Clinical influencing factors of vital pulp therapy on pulpitis permanent teeth with 2 calcium silicate-based materials: A randomized clinical trial. Medicine (Baltimore). 3 de mayo de 2024;103(18):e38015. doi:10.1097/MD.0000000000038015. Disponible en: https://oce.ovid.com/article/00005792-202405030-00052/HTML

42. Asgary S, Hassanizadeh R, Torabzadeh H, Eghbal MJ. Treatment Outcomes of 4 Vital Pulp Therapies in Mature Molars. J Endod. abril de 2018;44(4):529-35. doi:10.1016/j.joen.2017.12.010. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239917313018

43. Schwendicke F, Brouwer F, Stolpe M. Calcium Hydroxide versus Mineral Trioxide Aggregate for Direct Pulp Capping: A Cost-effectiveness Analysis. J Endod. diciembre de 2015;41(12):1969-74. doi:10.1016/j.joen.2015.08.019. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239915007608

44. Wang J, Zhang L, Wang K. Bioactive ceramic-based materials: beneficial properties and potential applications in dental repair and regeneration. Regen Med. 3 de mayo de 2024;19(5):257-78. doi:10.1080/17460751.2024.2343555. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39118532/