



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**“PROTECTORES DENTINO PULPARES EN DIENTES PERMANENTES”**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Odontóloga**

**Autoras:**

**GUZMÁN PAGALO LISSETH AMABEL  
VILLA CÓNDOR FRANCIS GABRIELA**

**Tutora:**

**DRA. DOLORES ARACELY CEDEÑO ZAMBRANO**

**Riobamba, Ecuador. 2024**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

Nosotros, GUZMÁN PAGALO LISSETH AMABEL, con cédula de ciudadanía 060541355-8 y VILLA CÓNDOR FRANCIS GABRIELA, con cédula de ciudadanía 172558470-8 autoras del trabajo de investigación titulado: "PROTECTORES DENTINO PULPARES EN DIENTES PERMANENTES", certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha de su presentación.



.....  
GUZMÁN PAGALO LISSETH AMABEL

C.I. 0605413558

**ESTUDIANTE UNACH**



.....  
VILLA CÓNDOR FRANCIS GABRIELA

C.I. 1725584708


**ESTUDIANTE UNACH**

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación "PROTECTORES DENTINO PULPARES EN DIENTES PERMANENTES", presentado por, GUZMÁN PAGALO LISSETH AMABEL, con cédula de identidad número 060541355-8 y VILLA CÓNDOR FRANCIS GABRIELA, con cédula de identidad número 172558470-8, emitimos el DICTAMEN FAVORABLE, conducente a la APROBACIÓN de la titulación. Certificamos haber revisado y evaluado el trabajo de investigación y cumplida la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

  
.....  
**Firma**

Dra. María Gabriela Benítez Pérez  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

  
.....  
**Firma**

Dra. Dolores Aracely Cedeño Zambrano  
**TUTOR**

  
.....  
**Firma**


## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “PROTECTORES DENTINO PULPARES EN DIENTES PERMANENTES” por GUZMÁN PAGALO LISSETH AMABEL, con cédula de identidad número 060541355-8 y VILLA CÓNDOR FRANCIS GABRIELA, con cédula de identidad número 172558470-8, bajo la tutoría de la DRA. DOLORES ARACELY CEDEÑO ZAMBRANO; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**

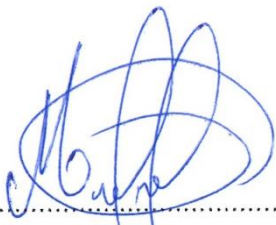


.....

Firma

Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



.....

Firma

Dra. María Gabriela Benítez Pérez

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



.....

Firma

**CERTIFICADO ANTIPLAGIO**

Riobamba, 22 de julio del 2024  
Oficio N°064-2024-IS-TURNITIN -CID-2024

**Dr. Carlos Alban**  
**DIRECTOR CARRERA DE ODONTOLOGÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**UNACH**  
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por la **Dra. Dolores Aracely Cedeño Zambrano**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N°0810-FCS-ACADÉMICO-UNACH-2023, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa TURNITIN, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

| No | Documento número      | Título del trabajo                                 | Nombres y apellidos de los estudiantes                                  | % TURNITIN verificado | Validación |    |
|----|-----------------------|--|---|-----------------------|------------|----|
|    |                       |  |   |                       | Si         | No |
| 1  | 0810-D-FCS-18-09-2023 | Protectores dentino pulpaes en dientes permanentes | Villa Cóndor<br>Francis Gabriela<br><br>Guzmán Pagalo<br>Lisseth Amabel | 3                     | x          |    |

Atentamente



Francisco Javier Ustáriz Fajardo

PhD. Francisco Javier Ustáriz Fajardo  
Delegado Programa TURNITIN  
FCS / UNACH  
C/c Dr. Vinicio Moreno – Decano FCS

## DEDICATORIA

A Dios por otorgarme sabiduría, fuerza y resiliencia en cada paso durante mi carrera. A mis padres, *Rocío y Carlos*, por su gran sacrificio para otorgarme la oportunidad de estudiar y superarme como persona y como profesional. Por aconsejarme, por guiarme y por siempre querer lo mejor para mí. Este logro lleva su nombre y dedicación y es en honor a ustedes. A mis hermanos, *Emily y Carlitos*, por confiar en mí, llenarme de alegría para seguir y ser mis primeros pacientes. Ustedes son uno de los motivos para superarme cada día y ser un buen ejemplo. A mi novio y compañero de vida, *Fabri*, quien me apoyó desde el primer día de mi carrera, por ser mi soporte y acompañarme cada noche de desvelo, permanecer a mi lado incluso en los momentos más difíciles y motivarme a no darme por vencida. A mi amiga y compañera de tesis, *Liss*, porque a pesar de estar en una ciudad nueva y lejos de mi familia, desde el primer día de clases, me hizo sentir siempre el amor y el calor de un hogar.

A todos aquellos, familiares, amigos y pacientes, que me brindaron una palabra de aliento o un consejo en el proceso para lograr esta meta.

Francis Gabriela Villa Córdor

A quienes han sido mi apoyo y mi mayor motivación a lo largo de mi formación: A Dios, quien ha sido mi guía, fuente de fortaleza y me ha sostenido en cada paso de mi vida académica. A mi mami, *Olimpia Pagalo*, quien con su amor, paciencia, sacrificio y apoyo constante ha hecho posible este logro. Gracias por ser el pilar fundamental de mi vida, es y siempre será mi mayor inspiración. A mis abuelitos, *Guillermo y Umbelina*, quienes, con su sabiduría, palabras de aliento y consejos me han guiado e incentivado a seguir adelante, gracias por estar presente y creer en mí. A mi hermano y a mis sobrinos, quienes han compartido conmigo alegrías, sueños y tristezas a lo largo de esta travesía. A *Gaby*, compañera de tesis y amiga incondicional desde el primer día de universidad, gracias por tu amistad única y desinteresada, ha sido invaluable y siempre lo atesoraré con todo mi corazón.

Con amor y gratitud infinita.

Lisseth Amabel Guzmán Pagalo

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento especial a nuestra tutora académica DRA. DOLORES ARACELY CEDEÑO ZAMBRANO por ser nuestra guía en este proceso, quien, con su conocimiento nos orientó en el desarrollo de este trabajo. A la Universidad Nacional de Chimborazo por darnos la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa institución de la que nos llevamos la mejor experiencia estudiantil. A todos nuestros docentes quienes nos compartieron sus conocimientos los que nos han permitido desempeñarnos de la mejor manera en esta vida universitaria y como ser humano.

LISSETH AMABEL GUZMÁN PAGALO  
FRANCIS GABRIELA VILLA CÓNDOR

## ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| DECLARATORIA DE AUTORÍA  |    |
| DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL                |    |
| CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL                                     |    |
| CERTIFICADO ANTIPLAGIO   |    |
| DEDICATORIA  |    |
| AGRADECIMIENTO   |    |
| ÍNDICE GENERAL   |    |
| ÍNDICE DE TABLAS   |    |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS   |    |
| RESUMEN  |    |
| ABSTRACT   |    |
| CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....  | 14 |
| CAPÍTULO II MARCO TEORICO .....  | 18 |
| 2.1 ESTRUCTURA DEL ÓRGANO DENTAL .....                                       | 18 |
| 2.1.1 Esmalte.....   | 18 |
| 2.1.2 Dentina.....   | 18 |
| 2.1.3 Tipos de dentina .....   | 19 |
| 2.1.4 Pulpa dental.....  | 21 |
| 2.1.5 Principales células de la Pulpa .....                                  | 21 |
| 2.1.6 Funcionamiento del complejo dentino-pulpar.....                        | 22 |
| 2.1.7 Tipos de irritantes del complejo dentino pulpar.....                   | 22 |
| 2.1.8 Proceso de la respuesta inflamatoria del complejo dentino pulpar ..... | 23 |
| 2.1.9 Fase exudativa o inflamación aguda.....                                | 24 |
| 2.1.10 Fase proliferativa o inflamación crónica.....                         | 24 |
| 2.2 TRATAMIENTO DE PROTECCIÓN PULPAR .....                                   | 25 |
| 2.2.1 Protección Pulpar Directa .....  | 25 |
| 2.2.2 Protección Pulpar Indirecta.....                                       | 25 |
| 2.2.3 Mecanismo de acción de los biomateriales en la pulpa dental.....       | 26 |
| 2.2.4 Protectores Dentino Pulpares .....                                     | 27 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....   | 30 |



|  |  |    |
|--|--|----|
| 3.1  | Pregunta PICO .....  | 30 |
| 3.2  | Criterios de selección .....                                       | 31 |
| 3.2.1  | Criterios de inclusión .....                                       | 31 |
| 3.2.2  | Criterios de exclusión .....                                       | 31 |
| 3.3  | Estrategia de búsqueda .....                                       | 31 |
| 3.4  | Tipo de estudio .....  | 32 |
| 3.5  | Técnica de obtención de información y fuentes documentales .....   | 32 |
| CAPITULO IV VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE ESTUDIOS ..... |  | 36 |
| 4.1  | Número de publicaciones por año .....                              | 36 |
| 4.2  | Publicaciones por factor de impacto y año de publicación .....     | 37 |
| 4.3  | Número de publicaciones por promedio de conteo de citas .....      | 38 |
| 4.4  | Publicaciones por cuartil .....                                    | 39 |
| 4.5  | Publicaciones por área y base de datos .....                       | 40 |
| 4.6  | Publicaciones por tipo de estudio y área .....                     | 41 |
| 4.7  | Publicaciones por tipo de estudio y enfoque de investigación ..... | 42 |
| 4.8  | Publicaciones por tipo de estudio y base de datos .....            | 43 |
| 4.9  | Publicaciones por base de datos .....                              | 44 |
| 4.10   | Publicaciones por país .....                                       | 45 |
| 4.11   | Tasa de éxito de los materiales según los autores .....            | 46 |
| 4.12   | Tasa de éxito de 1 a 5 años .....                                  | 47 |
| 4.13   | Tasa de éxito de 5 a 10 años .....                                 | 48 |
| CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....               |  | 49 |
| 5.1  | RESULTADOS .....   | 49 |
| 5.1.1  | INDICACIONES DE USO DE LOS PROTECTORES DENTINO PULPARES            |    |
|  | 49   |    |
| 5.1.2  | IMPORTANCIA DEL USO DE LOS MATERIALES DE PROTECCIÓN PULPAR .....   | 84 |

|     |                                     |     |
|-----|-------------------------------------|-----|
| 5.2 | DISCUSIÓN. ....                     | 90  |
| 6.  | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 106 |
| 6.1 | CONCLUSIONES .....                  | 106 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES.....                | 109 |
| 7.  | BIBLIOGRAFÍA.....                   | 110 |
| 8.  | ANEXOS .....                        | 103 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabla 1. | Clasificación de los protectores dentino pulpaes ..... | 27 |
| Tabla 2. | Pregunta PICO .....                                    | 30 |
| Tabla 3. | Ecuaciones de búsqueda .....                           | 33 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1. Algoritmo de búsqueda.....  | 35 |
| Gráfico 2. Número de publicaciones por año .....                                 | 36 |
| Gráfico 3. Publicaciones por factor de impacto y año de publicación.....         | 37 |
| Gráfico 4. Número de publicaciones por promedio de conteo de citas .....         | 38 |
| Gráfico 5. Publicaciones por cuartil.....  | 39 |
| Gráfico 6. Publicaciones por área y base de datos.....                           | 40 |
| Gráfico 7. Publicaciones por tipo de estudio y área .....                        | 41 |
| Gráfico 8. Publicaciones por tipo de estudio y enfoque de investigación .....    | 42 |
| Gráfico 9. Publicaciones por tipo de estudio y base de datos .....               | 43 |
| Gráfico 10. Publicaciones por base de datos .....                                | 44 |
| Gráfico 11. Publicaciones por país .....   | 45 |
| Gráfico 12. Tasa de éxito de los materiales según los autores .....              | 46 |
| Gráfico 13. Tasa de éxito de 1 a 5 años .....                                    | 47 |
| Gráfico 14. Tasa de éxito de 5 a 10 años .....                                   | 48 |
| Gráfico 15. Indicaciones del uso de protectores dentino pulpares .....           | 51 |
| Gráfico 16. Características relevantes de los protectores dentino pulpares ..... | 56 |
| Gráfico 17. Comparación de protectores dentino pulpares .....                    | 83 |
| Gráfico 18. Comparación de protectores dentino pulpares .....                    | 89 |

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es analizar las indicaciones de uso de los protectores dentino pulpaes en dientes permanentes mediante los lineamientos PRISMA(1) para obtener bibliografía científica actualizada. Así también establecer los materiales de protección dentino pulpar más relevantes mediante el análisis de sus características, mecanismo de acción y manipulación, identificar el material de mejor y menor calidad tomando en cuenta su efectividad, ventajas y desventajas y determinar la importancia del uso de protectores dentino pulpaes como método de conservación del complejo dentino pulpar. La búsqueda de información para el desarrollo de este estudio se realizó con ayuda de PubMed, Elsevier, Google Scholar, Latindex y Scopus, abarcando publicaciones que estén dentro de los últimos 10 años, eligiendo 71 artículos con una alta relevancia científica para ser analizados. Los resultados mencionan que las indicaciones de uso de los protectores dentino pulpaes dependen de factores como el tipo de lesión, la evaluación radiografía, el tiempo y tipo de sangrado, el origen de la lesión, el diagnóstico pulpar y la edad del paciente. Las características relevantes de los materiales dependen de cada uno, sin embargo, se menciona como características ideales la biocompatibilidad, la inducción para la mineralización, que sea de fácil manipulación, tiempos cortos para fraguar, costos accesibles, no ser citotóxicos, evitar microfiltraciones y estimular la curación y regeneración pulpar. A pesar de las ventajas y desventajas que los biomateriales estudiados poseen se destacan materiales cuya eficacia se han evaluado en intervalos de tiempo de hasta 10 años, donde los HCSC como el Biodentine y el MTA destacan por su efectividad, por consiguiente la importancia del uso de los protectores dentinopulpaes se enfoca principalmente en la conservación de la vitalidad pulpar, el fortalecimiento de las respuestas defensivas y regenerativas de la pulpa y la preservación de la estructura dental.

**Palabras claves:** Protección pulpar, recubrimiento pulpar directo, recubrimiento pulpar indirecto, biocerámicos, materiales biocompatibles, sustitutos dentinarios, terapia pulpar vital, regeneración pulpar.

## ABSTRACT

This research work intends to analyze the indications for the use of dental pulp protectors in permanent teeth. The researcher systematically reviewed updated scientific literature based on PRISMA (26) (Preferred Reporting Items for Systemic Reviews and Meta-Analysis) guidelines. Likewise, it establishes the relevant characteristics, the mechanism of action, and the manipulation of the different direct and indirect dentine-pulpal protectors, describes the other options of dentine-pulpal protectors available considering their effectiveness, advantages, and disadvantages, and determines the importance of the use of dentine-pulpal protectors as a method of conservation of the pulpal dentine complex. It was essential to review recognized scientific databases such as PubMed, Elsevier, Google Scholar, Latindex, and Scopus, covering publications within the last ten years, choosing 71 articles with high scientific relevance to be analyzed. The results mention that the indications for using pulpal dentine protectors depend on factors such as the type of lesion, the radiographic evaluation, the time and type of bleeding, the origin of the lesion, the pulp diagnosis, and the patient's age. The relevant characteristics of the materials depend on each one. However, ideal characteristics are biocompatibility, mineralization induction, easy handling, short setting times, affordable costs, not being cytotoxic, avoiding micro leaks, and stimulating pulp healing and regeneration. Despite the advantages and disadvantages of the biomaterials studied, materials whose effectiveness has been evaluated in time intervals of up to 10 years stand out. In contrast, HCSCs such as Biodentine and MTA stand out for their efficacy. Consequently, the importance of using pulp dentine protectors focuses mainly on conserving pulp vitality, which is linked to strengthening the inherent defensive and regenerative responses of the pulp and preserving the dental structure to achieve the objectives of minimally invasive dentistry.

**Keywords:** Pulp protection, direct pulp capping, indirect pulp capping, bioceramics, biocompatible materials, dentin substitutes, vital pulp therapy, pulp regeneration.



### Reviewed by:

Mgs. Jessica María Guaranga Lema

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 0606012607

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo de titulación es analizar las indicaciones de uso de los protectores dentino pulpares por medio de una revisión sistemática de bibliografía actualizada. Al presente, la odontología comprende una nueva visión que se enfoca en atenuar en lo posible las lesiones en el paciente, así como en sus tejidos. Principalmente la intención de los tratamientos de restauración es mantener la estructura del órgano dental sana y al mismo tiempo conservar la vitalidad del complejo dentino pulpar, permitiendo a largo plazo que aumente el tiempo de supervivencia del órgano dental y además aumentando su resistencia mecánica. (2)

Para cumplir con este objetivo, hoy en día es común el uso de materiales restauradores con propiedades bioactivas, ya que poseen la capacidad de promover y estimular la remineralización del tejido, proteger a la pulpa de estímulos perjudiciales tanto químicos como térmicos y principalmente preservar la vitalidad. (2) Los materiales que pertenecen a estos tratamientos conservadores se pueden clasificar en protectores dentino pulpares directos e indirectos. (3)

La protección pulpar directa (PPD) es la opción terapéutica de mayor elección en lesiones pulpares reversibles. El hidróxido de calcio ha sido uno de los materiales más usados para esta técnica a lo largo del tiempo, sin embargo, ante los efectos negativos que se han evidenciado, incluyendo desde una inadecuada adherencia al tejido dentinario hasta la relación con efectos necrotizantes en los tejidos duros y blandos, ha quedado gradualmente en desuso. (3)

Además, con el acrecentamiento e innovación de otros biomateriales han surgido cementos de silicato de calcio, que son materiales con elementos bioactivos que promueven, estimulan y además mejoran la capacidad regenerativa de los tejidos, entre estos se incluye el agregado trióxido mineral (MTA), biomaterial que al contacto con el tejido pulpar promueve la formación de cristales de calcio, induciendo un proceso de mineralización y brinda propiedades bactericidas. Así también, el Biodentine es otra opción de biomaterial que ha dado excelentes resultados. Al ser el trisilicato de calcio la base de este material posee

propiedades mecánicas favorables, buena biocompatibilidad y la capacidad para estimular la formación de dentina reparadora. (4)(5)(6)

Sin embargo, es importante considerar factores como la edad, diámetro de exposición, estado pulpar, naturaleza y origen de exposición y capacidad de sellado de materiales de restauración. Por esto es importante que se realice un diagnóstico adecuado, y se elabore un plan de tratamiento idóneo que sumado al uso correcto de materiales biocerámicos promueva la conservación de la vitalidad pulpar. (5)(6)

Por otro lado, dentro de los métodos principales de terapia pulpar vital está la protección pulpar indirecta (PPI). Este tratamiento consiste principalmente en cubrir la capa de dentina más cercana a la pulpa evitando que haya una exposición visible de esta. Los materiales que se usan para el PPI permiten que se forme la dentina de reparación y se proteja el tejido pulpar. (7)

Uno de los materiales mayormente usados para el PPI es el hidróxido de calcio Ca (OH), sin embargo, a través del tiempo se han tratado de buscar otras alternativas de materiales que eviten las desventajas de este como la reabsorción. Por esta razón, se ha considerado que el MTA y el Theracal son otras opciones que se pueden utilizar debido a que estos establecen un puente de dentina más grueso y resistente. (8)

Además, es importante tener en consideración la dentición del ser humano que se divide en decidua y permanente, compuestas por 20 y 32 piezas dentales respectivamente. Entre ellas existen diferencias que se deben considerar como el tamaño de los órganos dentales, que la capa de esmalte y dentina es más delgada y próxima a la pulpa en la dentición decidua mientras que es todo lo contrario en el caso de la dentición permanente. (8)

Es importante mencionar que la dentición humana cumple con funciones vitales para la supervivencia y comunicación de las personas, ya que están relacionadas principalmente con la masticación, deglución, fonación, estética y la oclusión funcional. Por esta razón, actualmente los tratamientos odontológicos se enfocan en ser mínimamente invasivos logrando de esta manera preservar la integridad y vitalidad de las piezas dentales. (8)

Según estudios realizados en México en base a diferentes antecedentes indican que el uso del hidróxido de calcio, posee ineficacia frente a materiales biocerámicos actuales, ya que pese a su fácil manipulación es soluble, posee una adhesión baja al tejido dentinario, evidenciando el fracaso en la conservación de una pulpa vital, mientras que según hallazgos tomográficos e histológicos los protectores dentinarios a base de silicato de calcio promueven la síntesis de dentina reparativa, mediante la estimulación de los odontoblastos, mostrando eficacia de los recubrimientos pulpares indirectos con mayor éxito clínico. (9)

En cambio, en un trabajo de investigación realizado en la Universidad de Guayaquil se determinó que el mejor protector dentino pulpar existente en la actualidad es el Theracal, debido a que luego de una comparación con otros materiales este demostró cumplir con características importantes como formación dentinaria, reparación y regeneración tisular y una excelente acción terapéutica ante lesiones profundas. (10)

Por esto el siguiente trabajo investigativo será realizado debido a su factibilidad y además será guiado por una especialista con gran conocimiento que domina el tema en el área de la operatoria dental, ante todo en el uso de protectores dentino pulpares. Así mismo las investigadoras disponen de los medios para poder desarrollar este estudio con éxito. Conjuntamente, se puede asegurar que el trabajo de investigación que se presentará contará con bibliografía relevante y de calidad acorde al tema seleccionado, porque es posible acceder a los repositorios científicos de relevancia y cuya finalidad se enfocará en solucionar el problema inicial que este plantea.

También los resultados de este trabajo investigativo beneficiarán a los estudiantes, odontólogos tanto generales como especialistas y en general el público que necesite información de primera mano, de relevancia y actualizada sobre el tema que se desarrolló en esta investigación y de esta manera contribuir en la resolución de dudas o inquietudes que puedan darse.

La ejecución de este trabajo fue mediante una revisión de la literatura en bases de datos como Google Scholar, Medigraphic, PubMed, Elsevier y Scielo, profundizando en los artículos científicos más relevantes, teniendo en cuenta que estos se encuentren dentro de los 4



primeros cuartiles (Q), además pertenezcan a un período de los últimos 10 años (2013-2023) y su calidad sea garantizada por factores como Scimago Journal Ranking (SJR).

Por todo lo mencionado anteriormente, la finalidad de este trabajo investigativo es analizar las indicaciones de uso de los protectores dentino pulpaes por medio de una revisión sistemática de bibliografía actualizada, establecer los materiales de protección dentino pulpar más relevantes mediante el análisis de sus características, mecanismo de acción y manipulación, identificar el material de mejor y menor calidad tomando en cuenta su efectividad, ventajas y desventajas y determinar la importancia del uso de protectores dentino pulpaes como método de conservación del complejo dentino pulpar.

## **CAPÍTULO II MARCO TEORICO**

### **2.1 ESTRUCTURA DEL ÓRGANO DENTAL**

#### **2.1.1 Esmalte**

El esmalte es aquel que se encuentra localizado por completo en la corona de la pieza dental y su función principal consiste en proteger al órgano de estímulos o desgastes producidos por funciones fisiológicas como la masticación, puesto que se trata del tejido más resistente del cuerpo humano. Tiene un espesor aproximado de 2 a 3mm y su composición incluye 96% de materia inorgánica (mayormente hidroxiapatita), 1% de materia orgánica (entre amelogeninas, enamelinas y ameloblastos) y 3% de agua, la cual disminuye con el pasar de los años.(11)

Entre las propiedades físicas propias del esmalte destacan su dureza dada por su alto contenido de sales minerales, su translucidez por lo cual su color depende siempre de la dentina, variando entre un tono blanco amarillento y un blanco grisáceo, su escasa permeabilidad y elasticidad y debido a su alto grado de mineralización radiográficamente se observa como una sombra radiopaca bien delimitada.(12)

#### **2.1.2 Dentina**

La estructura de la pieza dental se encuentra constituida en gran parte por la dentina, la cual está compuesta, en términos de volumen, de un 45% de matriz inorgánica, 33% de materia orgánica y 22% de agua. A diferencia del esmalte, la dentina presenta un grado de mineralización más bajo por lo cual se observa menos translúcida. Por lo general posee un color característico blanco amarillento, sin embargo, este puede variar por el grado de mineralización, el estado pulpar o la edad de la persona. (9)

La dentina posee una microestructura que consta de túbulos dentinarios capaces de comunicar la cámara pulpar con la unión amelo-dentinaria y el medio externo, además de

contener a los procesos odontoblásticos. Los odontoblastos son las células de mayor importancia, tanto en el desarrollo del órgano como en su finalización, ya que son los encargados de formar la predentina, para posteriormente diferenciarse en dentina del manto y dentina circumpulpar. (13)

### **2.1.3 Tipos de dentina**

La dentina se diferencia de forma histogenética en 3 tipos: primaria, secundaria y terciaria.

#### **2.1.3.1 Dentina primaria**

Esta es aquella que se forma desde que inicia la dentinogénesis, constituye el mayor porcentaje de la dentina y se caracteriza por delimitar en los órganos dentales ya formados la cámara pulpar. Su formación se detiene cuando el diente ocluye con su pieza antagonista y se puede diferenciar de las demás por presentar células odontoblásticas recién formadas. (9)

#### **2.1.3.2 Dentina secundaria**

También conocida como dentina adventicia o fisiológica, es aquella que comienza su producción una vez que el diente completa la formación de su raíz y perdura a lo largo de toda la vida. Se considera que las fuerzas oclusales y el desgaste pueden actuar como estímulos para la producción de dentina secundaria, ya que su objetivo es compensar y fortalecer la estructura dental mediante una capa de dentina más gruesa. (9)

#### **2.1.3.3 Dentina terciaria**

A diferencia de la dentina primaria y secundaria, este tipo de dentina únicamente se produce como respuesta ante estímulos injuriosos como la caries principalmente, aunque también en algunos procesos operatorios o casos de abrasión. Los odontoblastos afectados producen

de forma rápida la cantidad y calidad de dentina terciaria necesaria para proteger la pulpa dependiendo de la intensidad, profundidad y duración del estímulo. (9) (13)

Esta puede ser de dos tipos: dentina terciaria reactiva o reparadora. Estímulos leves a moderados son los causantes de que los odontoblastos preexistentes desde la formación del órgano dental secreten dentina terciaria reactiva. En contraste, el segundo tipo de dentina terciaria aparece cuando las noxas van de moderadas a altas y se forma mediante odontoblastos de nueva generación producidos posterior a la muerte de sus precursores por la injuria de origen. Además, es importante recordar que tanto la forma como el tamaño de la cámara de la pulpa se suele modificar con la presencia de dentina terciaria. (14)

Por otro lado, también es importante mencionar a la dentina esclerótica y la dentina opaca, que a pesar de no ser consideradas un tipo de dentina terciaria suelen presentarse junto con ella como un mecanismo de defensa ante estímulos nocivos. (14)

#### **2.1.3.4 Dentina esclerótica o translúcida**

Esta dentina se produce como resultado ante la presencia de noxas leves, persistentes y lentas creando una obliteración de los túbulos propios de la dentina primaria y secundaria por depósitos de calcio en la matriz peritubular. A la evaluación clínica no responde antes estímulos térmicos y se observa con un aspecto vidrioso. (13)

#### **2.1.3.5 Dentina opaca o tractos desvitalizados**

Como mecanismo de defensa ante estímulos intensos, los odontoblastos retraen sus prolongaciones produciendo que segmentos de los túbulos queden vacíos. Si el estímulo es más intenso, los odontoblastos mueren y sus prolongaciones se necrosan afectando a la dentina. Por lo general este tipo de dentina se puede distinguir en los bordes incisales o en los vértices de los cuernos pulpares. (13) Al contrario de la dentina terciaria, este tipo de dentinas se consideran de remineralización y se caracterizan por no modificar el tamaño ni la forma de la cámara pulpar. (13)

#### **2.1.4 Pulpa dental**

La pulpa es una estructura que forma parte del conocido complejo dentino-pulpar y se origina de la papila dentaria. Se caracteriza principalmente por encontrarse envuelto por un tejido duro y rígido como es la dentina. Consta de una estructura donde se puede distinguir la cámara pulpar, prolongaciones hacia oclusal denominados cuernos pulpares y prolongaciones hacia apical que se dirigen por los conductos radiculares. (3)

Se constituye por un 75% de agua, 25% de matriz orgánica y no hay presencia de matriz inorgánica. La matriz orgánica está compuesta por matriz extracelular y células que se detallan a continuación. (5)

#### **2.1.5 Principales células de la Pulpa**

##### **2.1.5.1 Odontoblastos**

Estas células se caracterizan por ser específicas del tejido pulpar. Se ubican en dos zonas a la vez: en la periferia de la pulpa se distingue el cuerpo de los odontoblastos mientras que sus prolongaciones se albergan en el interior de los túbulos dentinarios. Estas se distribuyen a lo largo de toda la pulpa, siendo más numerosas en la zona coronaria y disminuyendo conforme se dirigen a la zona de la raíz. (3)(8)

Es importante destacar que los odontoblastos maduros llegan a una etapa terminal en la cual no pueden dividirse ante un estímulo lesivo. Por lo tanto, la actividad de los odontoblastos depende del estado pulpar, si el tejido se encuentra sano estos entran en un estado de latencia mientras que si existen signos de inflamación los odontoblastos aumentan a través de la diferenciación de las células ectomesenquimáticas indiferenciadas que forman odontoblastos de nueva generación. (8)

#### **2.1.5.2 Fibroblastos**

Son aquellas que se encuentran en mayor cantidad en la pulpa dental presentando un contorno fusiforme y un citoplasma de tipo basófilo, que junto a los organelos participan en la síntesis de las proteínas. Estos secretan precursores que se transforman en fibras de colágeno, fibras elásticas, fibras reticulares y matriz extracelular. (15) (8)

#### **2.1.5.3 Células ectomesenquimáticas**

También se las conoce como las células madre de la pulpa o células mesenquimáticas indiferenciadas. Se caracterizan por ser una población de reserva puesto que pueden diferenciarse en otras células dependiendo del estímulo aplicado como odontoblastos cuando se requiere producir dentina o en fibroblastos cuando se necesita matriz pulpar. (8)(16)

#### **2.1.6 Funcionamiento del complejo dentino-pulpar**

Dentro de las diferentes funciones de la pulpa como la formativa o nutritiva, se encuentra la capacidad de defensa y reparación que esta proporciona ante estímulos nocivos. Esta es de relevancia para esta investigación por lo cual a continuación se detalla de mejor manera todo lo que este proceso implica. (8)(16)

#### **2.1.7 Tipos de irritantes del complejo dentino pulpar**

Son varios los factores que pueden producir irritación al complejo dentino pulpar dando como resultado un proceso inflamatorio o de necrosis pulpar en el peor de los casos. Por lo general, ante estímulos irritante como los bacterianos, físicos o químicos, la pulpa activa mecanismos de defensa como la formación de dentina terciaria, dentina peritubular o dentina esclerótica. Además, estos procesos fisiológicos también pueden ir acompañados de procesos externos como colocar protectores dentino pulpares con la finalidad de crear una barrera ante los irritantes del medio externo. (17)

#### **2.1.7.1 Irritantes bacterianos**

Estos son la causa más frecuente de irritación de la pulpa puesto que se derivan de procesos como la caries dental, atacando principalmente a los odontoblastos. A pesar de que se considera que la etiología de la caries es multifactorial, el principal factor para la formación de caries es la presencia de *Streptococcus mutans* seguido por los lactobacilos que desmineralizan la pieza dental formando cavidades que de no ser tratadas a tiempo pueden comprometer la integridad del complejo dentino pulpar. (17)

#### **2.1.7.2 Irritantes químicos**

Entre los irritantes químicos que con mayor frecuencia se han descrito se encuentran las soluciones antisépticas, los productos desecantes y desensibilizantes para cavidades, los protectores dentino pulpares y los materiales para restauraciones definitivas. (17)

#### **2.1.7.3 Irritantes físicos**

Por lo general son aquellos que se producen durante los procedimientos realizados por el profesional como el calor ante la fricción, la desecación dentinaria, extensión anormal de la preparación cavitaria, contracción al momento de polimerizar el material de restauración, intensidad de rayos láser, toma de impresiones dentales y protocolo de cementación de restauraciones. (17)

#### **2.1.8 Proceso de la respuesta inflamatoria del complejo dentino pulpar**

Como resultado a cualquiera de los anteriores irritantes mencionados, la pulpa reacciona produciendo un proceso de inflamación que busca destruir el agente nocivo, neutralizar, aunque sea de forma temporal al estímulo irritante y reparar el tejido dañado a través de las condiciones adecuadas. Clínicamente, a este proceso inflamatorio lo acompañan los cuatro signos cardinales: calor, rubor, dolor y tumefacción; aunque en ocasiones también suele

haber pérdida de la función. (17)(18) El proceso de inflamación consta de dos fases: la exudativa o inflamación aguda y la proliferativa o inflamación crónica. (18)

### **2.1.9 Fase exudativa o inflamación aguda**

Esta es la respuesta que los tejidos pulpaes tienen de forma inmediata cuando existe la presencia de un estímulo irritante, sin importar si su origen es de tipo físico, químico o bacteriano. El objetivo de este proceso es neutralizar y eliminar la noxa, por lo cual se produce un exudado inflamatorio que busca diluir al agente irritante. Este exudado además se acompaña de la presencia de leucocitos, principalmente los polimorfonucleares o conocidos como neutrófilos que inmovilizan e ingieren al invasor. (17)(18)

### **2.1.10 Fase proliferativa o inflamación crónica**

La siguiente fase se trata de una respuesta secundaria y más lenta consecuencia de no lograr eliminar de forma completa el estímulo irritante durante la fase anterior, por lo cual las células de defensa y el irritante se equilibran y entran en un estado crónico. El propósito de esta fase es producir fibroblastos recientes, vasos sanguíneos y fibras. A diferencia de las células que se observan en la fase exudativa, aquí se presencian principalmente linfocitos, macrófagos y células plasmáticas encargadas de cumplir diferentes funciones que hacen de este un tejido no sólo de cicatrización sino de defensa y de regeneración. (17)(18)

Los macrófagos son los encargados de la ingesta de cualquier invasor, pertenece al complejo antígeno-anticuerpo y participa en el inicio de la coagulación. Por otro lado, los linfocitos sintetizan, almacenan y transportan hacia otras células las nucleoproteínas. Mientras que las células plasmáticas se enfocan en sintetizar y almacenar ARN y gammaglobulina. (18)



## **2.2 TRATAMIENTO DE PROTECCIÓN PULPAR**

### **2.2.1 Protección Pulpar Directa**

La protección pulpar directa consiste en un procedimiento de recubrimiento en pulpas expuestas accidentalmente, ya sea por remoción de tejido cariado o por fracturas dentales, donde se expone la pulpa y cuya terapéutica consiste en colocar un material protector y reparador, conservando un campo de trabajo aséptico a lo largo de todo el procedimiento.(7)

Para que el pronóstico de la aplicación de un protector pulpar directo sea favorable, se deben considerar varios factores como que el diagnóstico pulpar (pulpitis reversible), ausencia radiográfica de lesiones periapicales y además el origen de la exposición. Este último factor es crucial puesto que las lesiones que se originan de un proceso carioso presentan menor potencial de reparación ya que la pulpa se ve afectada de manera directa por agentes contaminantes como bacterias haciendo que su capacidad protectora, defensiva y restaurativa se vea limitada. Sin embargo, se ha evidenciado que el porcentaje de éxito de este proceso también está sujeto a la técnica del operador y la elección del material.(19)

Independientemente de qué materiales se utilicen en los métodos actuales de recubrimiento pulpar directo, el mecanismo de formación de dentina reparadora es una reacción de la pulpa dental a la estimulación química de materiales con un pH alto, a diferencia del proceso de formación del complejo dentina-pulpa. Se espera el desarrollo de una nueva terapéutica que induzca la cicatrización de heridas y la dentinogénesis similar al proceso natural, resultando en procedimientos mínimamente invasivos y conservadores. (19)

### **2.2.2 Protección Pulpar Indirecta**

La técnica de protección dentino pulpar indirecta es el tratamiento en que la dentina cariada más próxima a la pulpa se protege con la finalidad de evitar exposición pulpar, colocando una protección con un material biocompatible y estimulando la acción de los mecanismos propios del órgano dental para curarse. El uso de este tipo de protección no es para todos los casos, sino en situaciones específicas como caries profundas asintomáticas, pulpitis

reversibles, ausencia de signos y síntomas de inflamación irreversible y también cuando el paciente no presenta dolor ni infección. (3)

Para proteger la pulpa dental con esta técnica se pueden emplear distintos materiales que principalmente se enfocan en crear, entre la pulpa y la restauración, un puente de dentina con el fin de estimular la regeneración del tejido afectado. Se ha demostrado que varios de estos materiales tienen impacto bacteriostático y bactericida y por lo tanto se pueden aplicar sobre la dentina afectada.(20)

### **2.2.3 Mecanismo de acción de los biomateriales en la pulpa dental**

Por lo general, el mecanismo de acción de los biomateriales usados en protección pulpar consiste en la formación de un tejido necrótico superficial y controlado en la interfaz pulpa-biomaterial, misma que resulta de la liberación de iones hidroxilo que se propician por el pH alcalino elevado en el tejido pulpar adyacente, de modo que permite procesos reparativos y regenerativos, al promover que las células pulpares que se localizan debajo de la capa necrótica superficial queden protegidas, así también se le atribuye al pH alcalino la formación de dentina reparadora e inclusive se le confiere un efecto antiinflamatorio al desnaturalizar citoquinas proinflamatorias y activar la interleucina-10 (IL-10) reguladora. (15)

Los biomateriales de protección pulpar liberan iones de calcio que se encargan de estimular el depósito de carbonato de calcio en el área afectada colaborando en el inicio del proceso de mineralización. Posteriormente las células pulpares comienzan a diferenciarse, adoptando características comportamentales parecidas a las de los odontoblastos, y empiezan a producir una matriz rica en colágeno muy parecida a la predentina. A los iones de calcio secretados por los materiales de protección pulpar se les confiere funciones fundamentales como la mantención y regulación de actividades biológicas, mediadores formadores en el proceso de mineralización y proliferación de vías de señalización intracelular. (15)

## 2.2.4 Protectores Dentino Pulpares

Los materiales que se usan en protección dentino pulpar se dividen en 3 diferentes grupos, los cuales serán descritos en el cuadro a continuación:

**Tabla 1. Clasificación de los protectores dentino pulpares**

| <b>Selladores dentinarios</b>   | <b>Liners o forros cavitarios</b>  | <b>Bases cavitarias</b>   |
|---|--|---|
| Se subdividen en barnices y sistemas adhesivos. Su objetivo es formar una película protectora delgada que no posee la capacidad de ser un aislante térmico sin embargo previene que factores irritantes penetren ya que actúan como una barrera, evitan las posibles microfiltraciones marginales y cuida que no exista sensibilidad dentinaria. (21) | Se colocan en la cavidad en un volumen no mayor a los 0,5 mm y su consistencia es fluida. Su intención es formar dentina terciaria o reparativa, poseen la capacidad de ser aislantes eléctricos y químicos, evitan que la pieza presente sensibilidad dentinaria y galvanismo. Entre sus principales ejemplos están el hidróxido de calcio, ionómero de vidrio y resinas fluidas.(22) | Ya que su aplicación es en un espesor mayor a 1mm se las puede llegar a considerar como sustitutos de dentina. Además, cumplen con la función de ser aislantes térmicos y devolver la rigidez natural del órgano dental. Dentro de este grupo destaca el ionómero de vidrio. (23) |

### 2.2.4.1 Hidróxido de Calcio

Este ha sido el material de primera elección de los odontólogos por años al proveer de ventajas como la inhibición de crecimiento bacteriano, estimulación de mecanismos de curación y defensa del tejido pulpar. A pesar de que el HCO brinde deseables características se ha evidenciado en estudios bajas tasas de éxito de protección pulpar con hidróxido de

calcio ya que son resultados muy variables, generalmente impredecibles y a con frecuencia ineficaces, y que se acentúan con el tiempo, debido a su ineficaz adherencia, elevada solubilidad, limitando el sellado a los tejidos duros y desencadenando a su vez en una contaminación con bacterias patógenas a largo plazo. (7)

#### **2.2.4.2 Ionómero de vidrio**

El GIC se adhiere bien al sustrato dentinario y al composite sin la necesidad de grabado, posee solubilidad mínima, y no se contrae al fotopolimerizar por lo que es favorable como un material sustituto de la dentina, sin embargo carece de propiedades antibacterianas ya que son de naturaleza ácida, y al tener un pH bajo puede provocar efectos dañinos en el tejido pulpar, este material demuestra inflamación crónica sin rasgos de formación de puente dentinario posterior a su aplicación, por lo que no se sugiere su uso en tratamientos de protección pulpar. (24)

#### **2.2.4.3 Óxido de Zinc Eugenol (ZOE)**

A pesar de proveer de efectos bactericidas similares a otros cementos de HCO y silicatos de calcio, no se considera un material adecuado para protección pulpar debido a su desfavorable propiedad mecánica, ya que el eugenol que libera es altamente citotóxico, además no refleja signos de curación pulpar con el tiempo e inclusive se le atribuye limitaciones en la polimerización de composites que desfavorecen la durabilidad de restauraciones.(25)

Sin embargo, debido a las desventajas de estos materiales, actualmente están siendo desplazados por nuevos materiales bioactivos, que se consideran una mejor opción por la superioridad de sus propiedades como una mejor biocompatibilidad o la estimulación de respuesta de regeneración pulpar. Entre estos materiales bioactivos encontramos:

#### **2.2.4.4 Biodentine**

Este material se compone de sulfato tricálcico y posee propiedades similares a una dentina sana, permitiendo un sellado hermético de los túbulos de dentina. Para su aplicación sobre la superficie dentinaria no es necesario un grabado previo, ya que su adhesión a la dentina puede ser un mecanismo físico resultado del desarrollo interno de cristales en los túbulos. Se considera que este material ha sido ideado con la finalidad de estimular funciones biológicas puntuales como incentivar el proceso de formación de dentina reparadora después de una lesión a la pulpa, mediante la regulación de los elementos bioactivos secretados por la sustancia fundamental y otros factores de crecimiento.(26)

#### **2.2.4.5 Agregado de Trióxido Mineral (MTA)**

Esta alternativa de cemento con características bioactivas similares posee propiedades favorables como eficacia en el sellado, alta compatibilidad biológica, citotoxicidad disminuida, segregación de iones calcio y propiedades bactericidas atribuidas por su alcalinidad elevada. Por otro lado, posee particularidades desfavorables como el tiempo de fraguado amplio, cambio de coloración de los dientes con el tiempo, alto costo. (25)

#### **2.2.4.6 Theracal**

El Theracal es el resultado de incluir resina a materiales que contienen silicato para mejorar sus propiedades. Su componente principal es el cemento Portland, se usa en protecciones pulpares directas como indirectas, ya que debido a la capacidad de liberar calcio y a la vez ser más soluble que el MTA y el Dycal, brinda mayor efectividad sin embargo debido a los monómeros de resina que pueden quedar no polimerizados este material puede incluir un efecto citotóxico. (24)

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

La investigación actual se realizó siguiendo las pautas de PRISMA(1). La pregunta PICO (población, intervención, comparación, resultados) formulada fue: ¿cuál es la importancia del uso de los protectores dentino pulpares en dientes permanentes? Las constantes de esta pregunta incluyeron: “P”; dientes permanentes, “I”; el uso de protectores dentino pulpares, “C”; características, efectividad, ventajas y desventajas de los protectores dentino pulpares, “O”; importancia del uso de los protectores dentino pulpares en dientes permanentes.

A su vez, este trabajo de investigación implicó una revisión exhaustiva de la literatura científica en el campo de la salud humana, enfocándose particularmente en el área odontológica, destacando aquellos que se han dado a conocer a través de revistas de relevancia científica. Para la búsqueda se utilizaron repositorios de información científica reconocidas como Google Scholar, PubMed, Latindex, Elsevier y Scopus, abarcando publicaciones que estén dentro de la última década. Se destaca que la ejecución se realizó de metódicamente para solventar tanto la variable dependiente (dentición permanente) como la variable independiente (uso de los protectores dentino pulpares). En total se logró recopilar 71 artículos científicos, obteniendo 67 artículos en inglés y 4 en español.

### 3.1 Pregunta PICO

Pregunta: ¿cuál es la importancia del uso de los protectores dentino pulpares en dientes permanentes?

**Tabla 2. Pregunta PICO**

| Dato 2 |                          |  |
|--------|--------------------------|--|
| Dato 1 |                          |  |
| P      | Población                | Dentición permanente   |
| I      | Intervención             | Uso de los protectores dentino pulpares  |
| C      | Comparación              | Características, efectividad, ventajas y desventajas de los protectores dentino pulpares |
| O      | Outcomes<br>(Resultados) | Importancia del uso de los protectores dentino pulpares en dientes permanentes           |

## **3.2 Criterios de selección**

### **3.2.1 Criterios de inclusión**

- Artículos científicos que contengan datos relevantes y meritorios acerca de los protectores dentino pulpaes en dientes permanentes.
- Artículos científicos de la última década que sean ensayos clínicos aleatorios, casos clínicos, revisiones bibliográficas y metaanálisis.
- Artículos científicos que superen el valor de referencia del factor de impacto SJR (Scimago Journal Ranking) y ACC (Average Count Citation).
- Artículos científicos completos, gratuitos, en inglés y español.

### **3.2.2 Criterios de exclusión**

- Artículos científicos que han perdido su vigencia por encontrarse fuera del lapso de la última década.
- Artículos científicos que no proporcionen datos relevantes para la investigación.
- Artículos científicos que se encuentran incompletos o se requiere realizar un pago para obtenerlos.

## **3.3 Estrategia de búsqueda**

La estrategia de búsqueda de información utilizada para la presente investigación consistió en una revisión exhaustiva a través del análisis de artículos científicos indexados en bases de datos de alta relevancia, siguiendo los criterios de selección previamente establecidos,

con especial importancia en el factor de impacto (SJR) con el fin de recopilar información que responda a los objetivos planteados.

### **3.4 Tipo de estudio**

El tipo de estudio que se aplicó en esta investigación fue de carácter descriptivo, ya que su enfoque principal fue analizar, describir y determinar el uso de los protectores dentino pulpares en dientes permanentes, con la ayuda de una matriz de metaanálisis para organizar los datos obtenidos. Así también, el estudio se caracteriza por tener un diseño transversal, al revisar y sintetizar información relevante sobre este tema durante un periodo específico de diez años. Por último, se aplicó un enfoque retrospectivo, mediante la revisión bibliográfica con la finalidad de comparar y actualizar la información relacionada con los protectores dentino pulpares en dentición permanente

### **3.5 Técnica de obtención de información y fuentes documentales**

Para obtener los primeros datos de información de la investigación se utilizó los conectores lógicos "AND", "OR" y "NOT" en conjunto con las siguientes palabras clave: protección pulpar, recubrimiento pulpar, protección pulpar directa, protección pulpar indirecta, biomateriales, regeneración pulpar, pulpitis reversible, agente de recubrimiento pulpar obteniendo 10713 resultados. Luego se filtraron usando los criterios de inclusión y exclusión, lo cual redujo a 154 el número de artículos relevantes para la investigación. A continuación, se analizó los resúmenes y el contenido de cada artículo científico.

Posteriormente, con la finalidad de confirmar la veracidad y la confianza de la bibliografía utilizada en esta investigación, se evaluó que los artículos científicos finales cumplan con los valores SJR y ACC establecidos.

La importancia del valor SJR radica en clasificar a los artículos en 4 cuartiles (Q) de acuerdo con el factor de impacto, donde el mayor factor de impacto se representa por el Q1 (Cuartil uno) mientras que el factor de impacto de menor nivel está en el Q4 (Cuartil cuarto). Mientras que, el ACC, es un indicador de las veces que los autores han citado el artículo en



un tiempo determinado, recalcando que entre más citas tenga un artículo más relevante es. Estos dos valores mencionados aseguran la alta calidad de la bibliografía usada.

Una vez concluido con el proceso de selección de información, se redujo la cantidad de artículos científicos de 154 a un total definitivo de 71 usados para esta investigación. Es importante mencionar que a pesar de que los artículos científicos validados a través de los criterios de selección son los pilares fundamentales de este estudio, se complementan con otras referencias bibliográficas auxiliares para hacer de esta una investigación idónea.

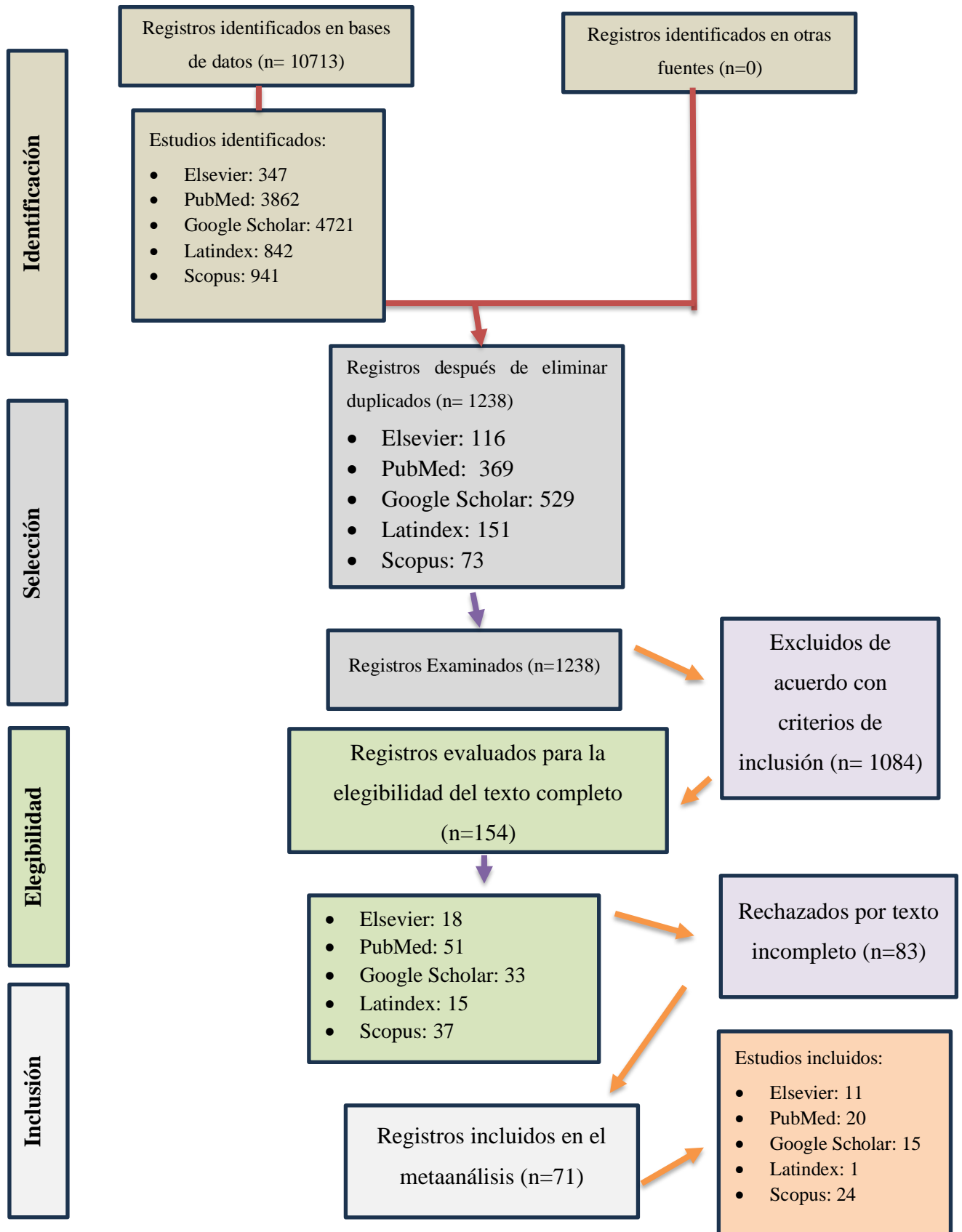
**Tabla 3. Ecuaciones de búsqueda**

| <b>Fuente</b>  | <b>Ecuación de búsqueda</b>          |
|----------------|--------------------------------------|
| PubMed (PMC)   | Dental Pulp Capping “OR”             |
|                | Pulp Capping Materials “OR”          |
|                | Pulp Capping Agents “AND”            |
|                | Calcium Hydroxide “OR”               |
|                | Biocompatible Materials “AND”        |
|                | Dentin regeneration                  |
|                | TOTAL DE FUENTES = 3862              |
| Google Scholar | Protección Pulpar “OR”               |
|                | Recubrimiento pulpar directo “OR”    |
|                | Recubrimiento pulpar indirecto “AND” |
|                | Cementos de Silicato de Calcio “OR”  |
|                | Dentin substitute                    |
|                | TOTAL DE FUENTES = 4721              |
| Latindex       | Biodentine “OR”                      |
|                | Biocerámicos “AND”                   |
|                | Theracal                             |
|                | TOTAL DE FUENTES = 842               |

|                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| Elsevier               | Mineral Trioxide Aggregate “OR”    |
|                        | Vital Pulp Therapy “OR”            |
|                        | Permanent Teeth Pulp Capping “AND” |
|                        | Dental Pulp Therapy “OR”           |
|                        | Biocompatibility                   |
| TOTAL DE FUENTES = 347 |                                    |
| Scopus                 | Regenerative endodontics “OR”      |
|                        | Calcium Silicate “OR”              |
|                        | Pulp Regeneration “AND”            |
|                        | Endodontics Materials “OR”         |
|                        | Cavity Liners “OR”                 |
|                        | Exposed Pulp                       |
| TOTAL DE FUENTES = 941 |                                    |

El tipo de estudio, población, idioma del artículo, disponibilidad de la publicación y tiempo de publicación son los criterios por considerarse para esta investigación.

**Gráfico 1. Algoritmo de búsqueda**



## CAPITULO IV VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE ESTUDIOS

### 4.1 Número de publicaciones por año

Gráfico 2. Número de publicaciones por año



Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo

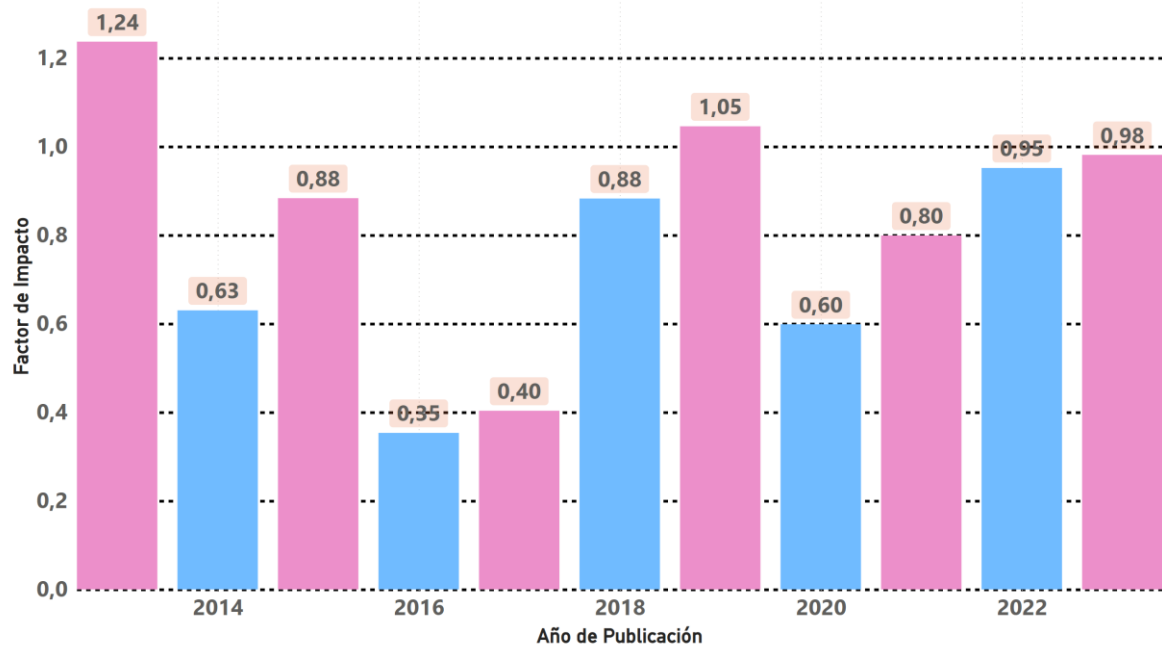
Fuente: Microsoft Power BI 2023

#### Descripción:

Gráfico donde se muestra el número de bibliografías alcanzadas según el año en el que han sido publicadas, evidenciando una curva creciente en la cantidad desde los primeros a los últimos años, recordando que el rango considerado es desde el 2013 al 2023. Del mismo modo se identifica que el interés en publicar estudios referentes al tema de esta investigación se elevó en los años recientes, siendo que la mayoría de los artículos obtenidos fueron publicados en el 2022.

## 4.2 Publicaciones por factor de impacto y año de publicación

**Gráfico 3. Publicaciones por factor de impacto y año de publicación**



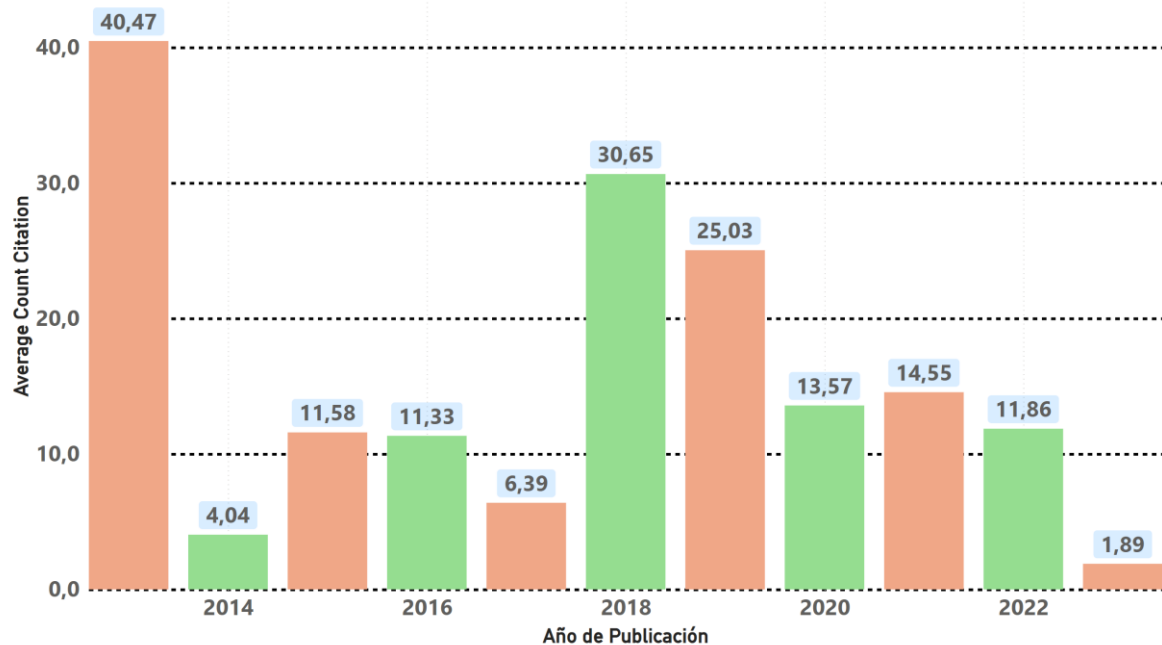
Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo  
Fuente: Microsoft Power BI 2023

### Descripción:

Gráfico que muestra el promedio de factor de impacto resultante del total de artículos por cada año de publicación, en el que se observa que casi la mayoría han superado el mínimo valor necesario de 0,5 que avala la calidad de información de la que se dispone para desarrollar la investigación. Se observa que el SJR más alto (1,24) es en 2013, seguido del año 2019 con un SJR de 1,05 y el año 2023 con un SJR de 0,98.

### 4.3 Número de publicaciones por promedio de conteo de citas

**Gráfico 4. Número de publicaciones por promedio de conteo de citas**



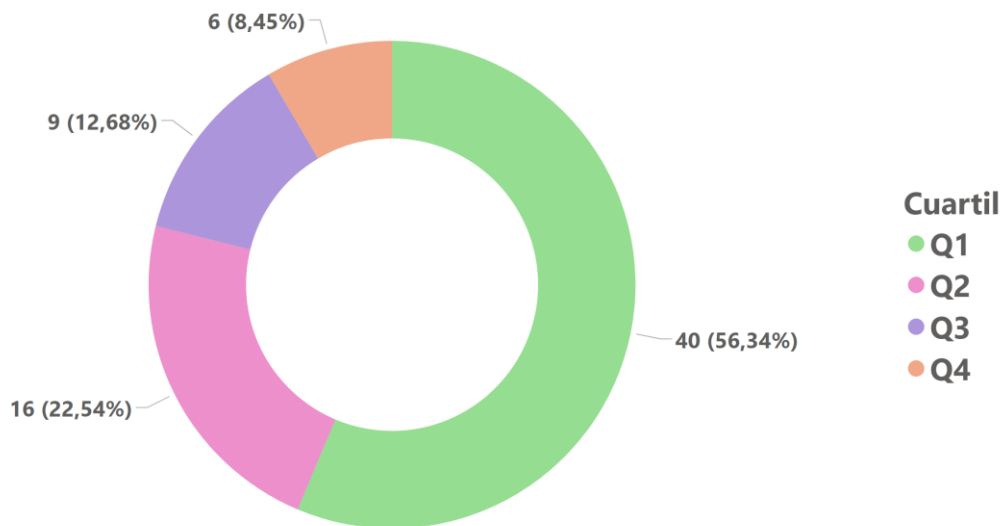
Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo  
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

Gráfico en donde se aprecia el ACC de las fuentes de literatura, demostrando que la información usada tiene un aval interesante, pues el promedio mínimo establecido es de 1,5. Este valor del mismo modo garantiza la excelencia de información con la que se cuenta para un fundamento teórico apropiado. El más relevante es el del 2013 con 40,47, seguido del año 2018 con 30,65 y finalmente el 2019 con 25,03.

#### 4.4 Publicaciones por cuartil

**Gráfico 5. Publicaciones por cuartil**



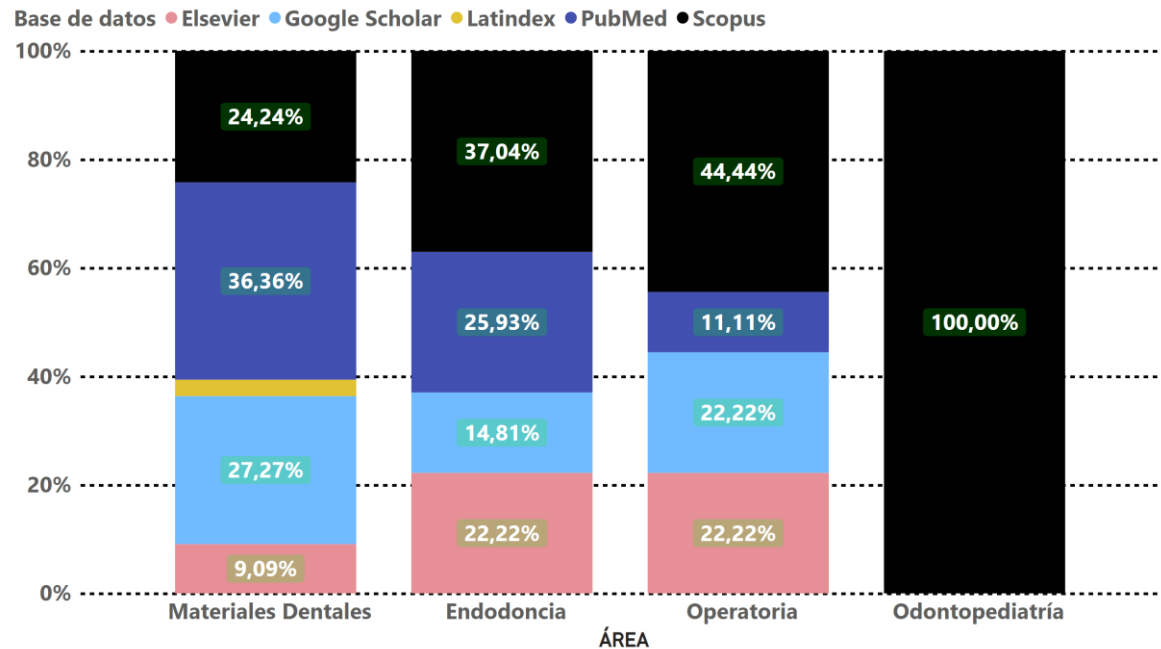
Creado por: Francis Gabriela Villa Cóndor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo  
Fuente: Microsoft Power BI 2023

##### Descripción:

Se visualiza la ubicación por cuartiles y la cantidad numérica y porcentual que representa el impacto literario del que se dispone para la ejecución de este trabajo, cabe recalcar que la clasificación va en forma ordenada, es decir, el cuartil 1 (Q1) representa el mayor impacto, y el cuartil 4 (Q4) el de menor valor. Siendo más del 50% de fuentes ubicadas en el Q1, seguido del Q2 con 22,54%, el Q3 con 12,68% y el Q4 con 8,45%.

#### 4.5 Publicaciones por área y base de datos

Gráfico 6. Publicaciones por área y base de datos



Creado por: Francis Gabriela Villa Cóndor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo  
Fuente: Microsoft Power BI 2023

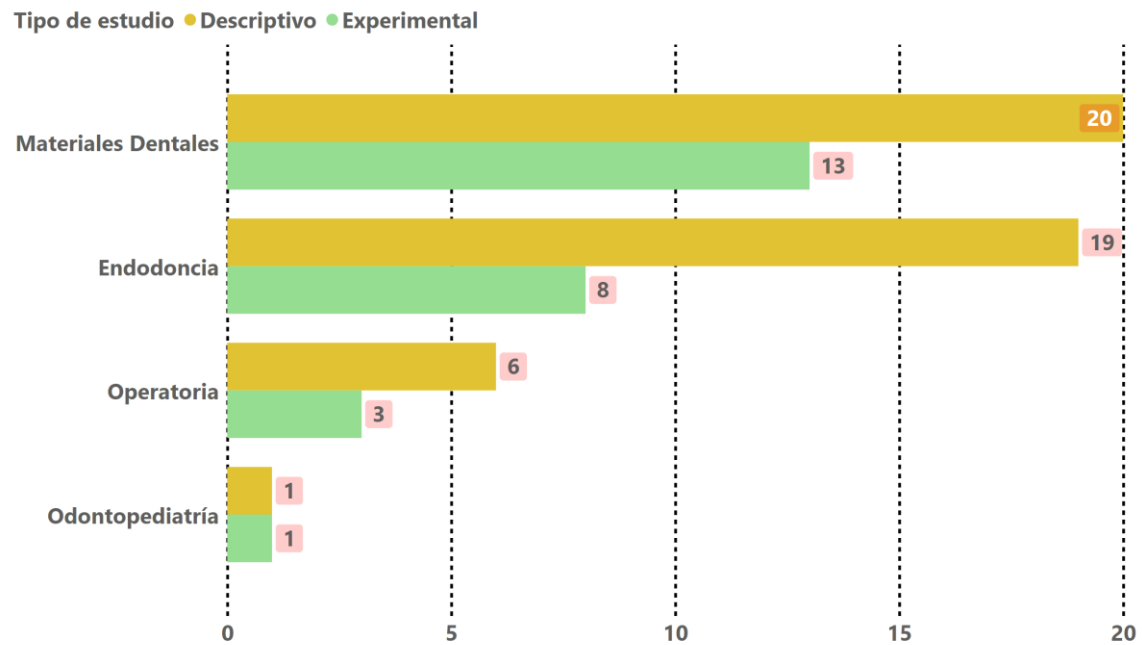
#### Descripción:

Se visualiza el porcentaje de investigaciones captadas en base al área odontológica que representan, es decir, como un ligero ejemplo de un componente, el área de endodoncia se identifica que del 100% de estudios, el 22,22% provinieron de Elsevier, el 14,81% de Google Scholar, el 25,93% de PubMed y el 37,04% de Scopus. Pudiendo analizar de la misma manera a las otras áreas.



#### 4.6 Publicaciones por tipo de estudio y área

**Gráfico 7. Publicaciones por tipo de estudio y área**



Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo

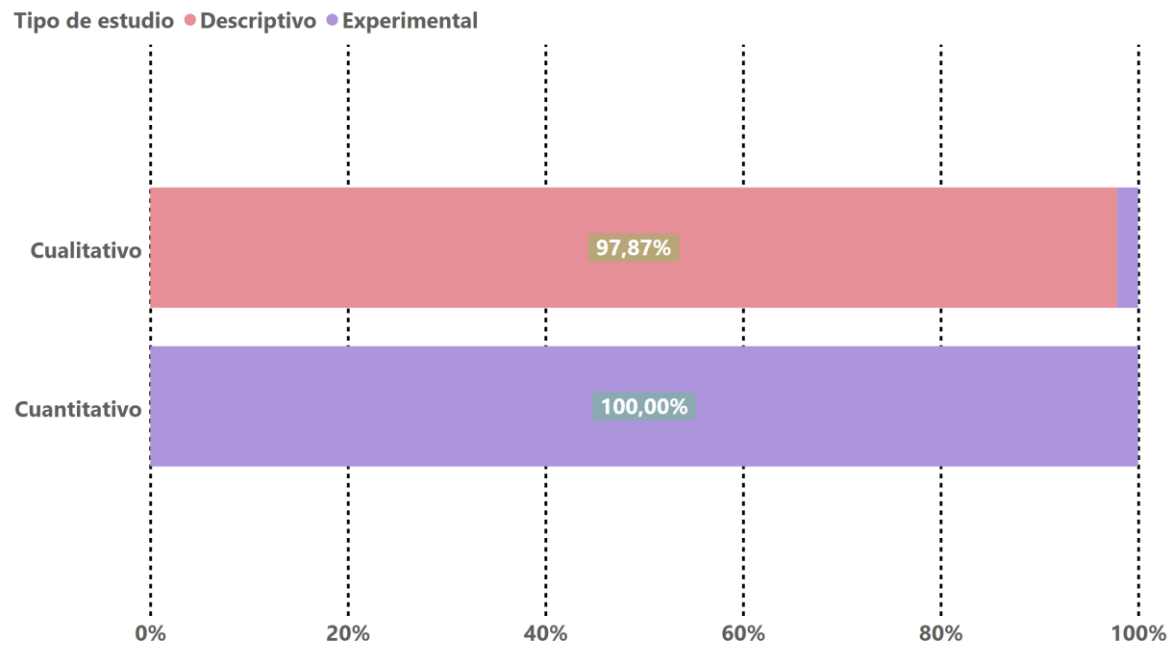
Fuente: Microsoft Power BI 2023

##### Descripción:

Gráfico donde se analiza la distribución del tipo de estudio en relación con el área de la Odontología que representan, ejemplificando, si tomamos a “Materiales Dentales”, se indica que, del total de 33 artículos, 20 son descriptivos y los 13 son experimentales. Para “endodoncia” 19 descriptivos y 8 experimentales. El análisis funciona en cualquier área sobranste con sus respectivos valores.

#### 4.7 Publicaciones por tipo de estudio y enfoque de investigación

**Gráfico 8. Publicaciones por tipo de estudio y enfoque de investigación**



Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo

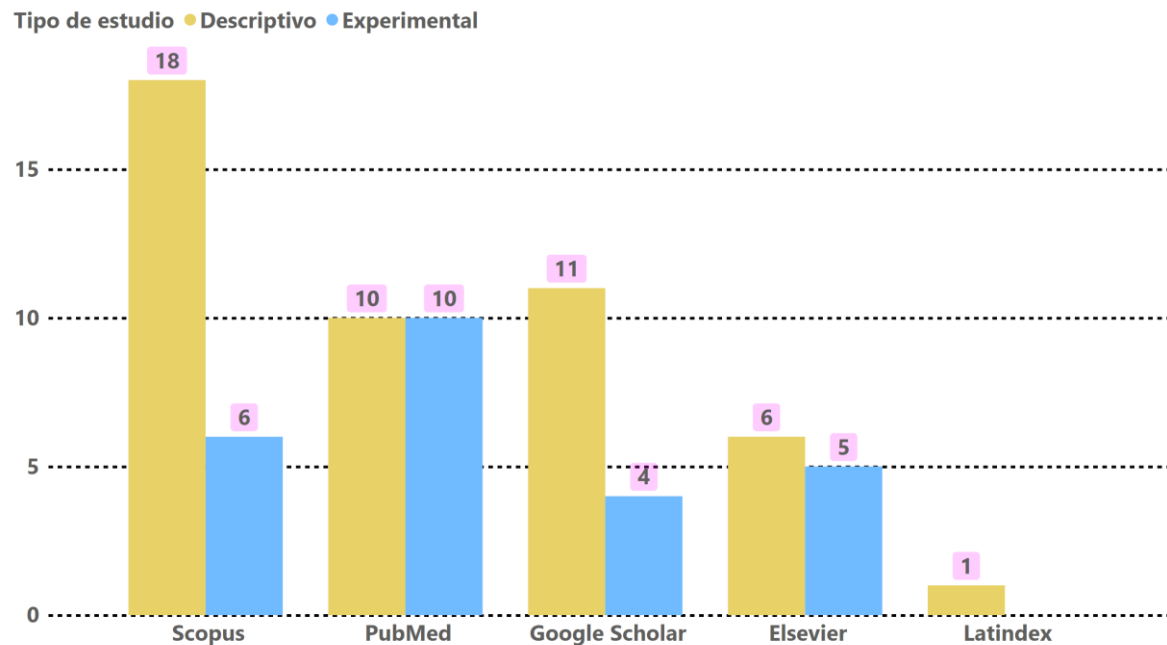
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

Gráfico donde se analiza el tipo de estudio de las fuentes de literatura de acuerdo con el enfoque de estos, es decir, del 100% de bibliografías cualitativas usadas en este trabajo, el 97,87% son descriptivos, y el restante 2,13% son experimentales. En cambio, el 100% de estudios cuantitativos son de carácter experimental.

#### 4.8 Publicaciones por tipo de estudio y base de datos

**Gráfico 9. Publicaciones por tipo de estudio y base de datos**



Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo

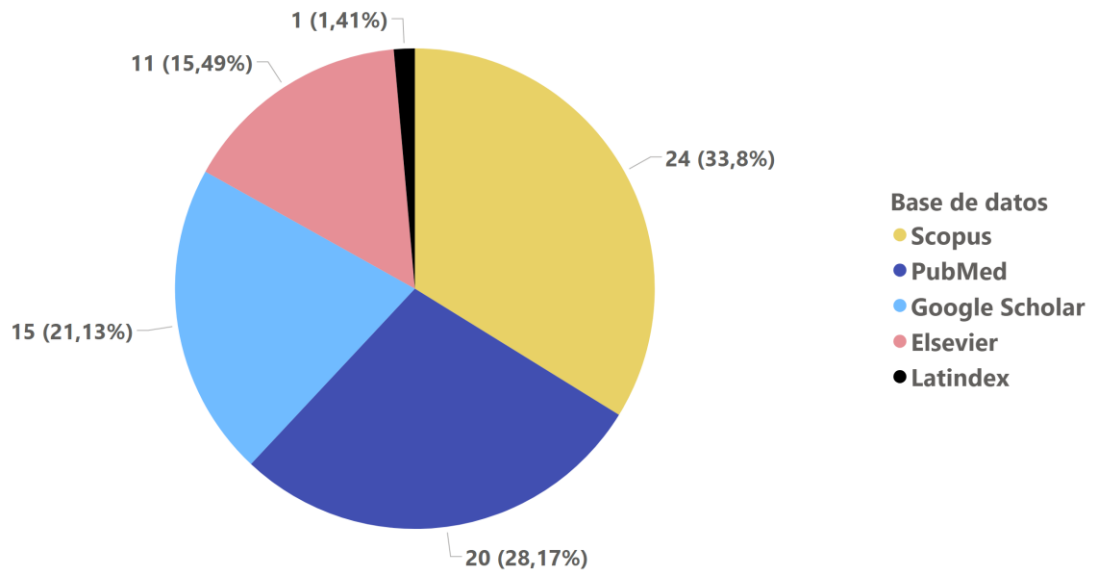
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

Gráfico donde se aprecia la distribución del tipo de estudio con relación a la base de datos científicas, por ejemplo, de Scopus el total de artículos es 24, que se dividen en 18 descriptivos y 6 experimentales. PubMed del total de 20 artículos 10 descriptivos y 10 experimentales, Google Scholar del total de 15 artículos 11 descriptivos y 4 experimentales. Elsevier del total de 11 artículos 6 descriptivos y 5 experimentales. Y finalmente Latindex con un artículo descriptivo.

#### 4.9 Publicaciones por base de datos

**Gráfico 10. Publicaciones por base de datos**



Creado por: Francis Gabriela Villa Cóndor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo

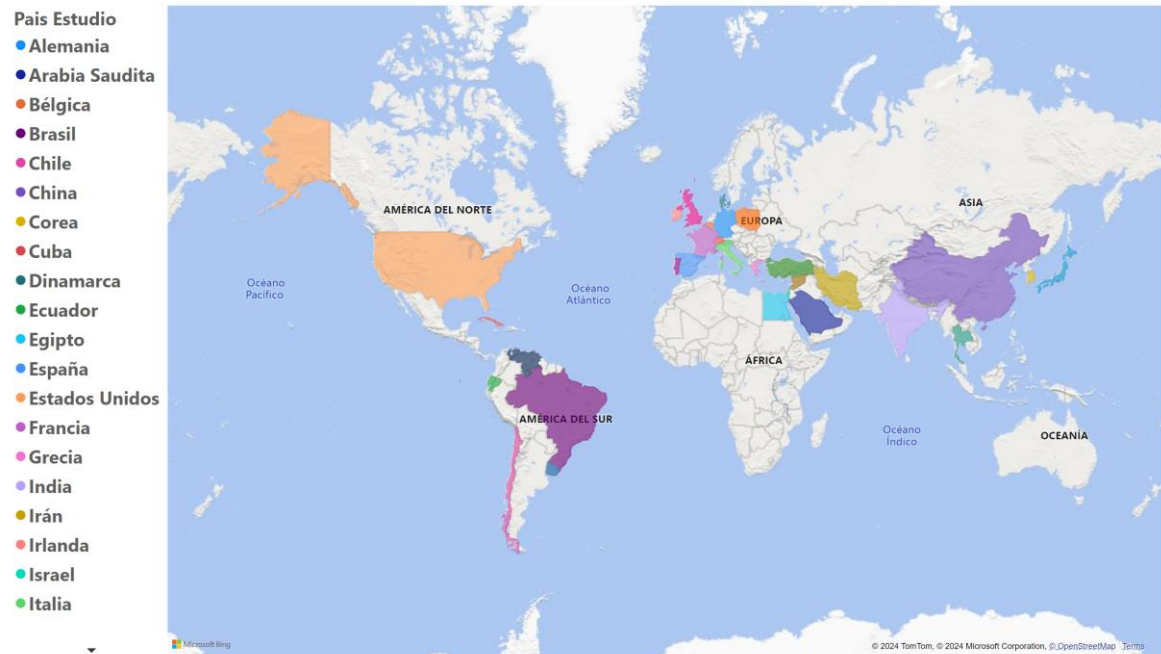
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

Gráfico donde se identifica la cantidad numérica y porcentual de las bibliografías usadas y la base de datos de donde fueron seleccionados. Es evidente que Scopus con el (33.8%) es la principal con aportaciones, seguido de PubMed con (28.17%), Google Scholar con (21.13%), Elsevier con (15.49%) y finalmente con menor porcentaje Latindex con (1.41%).

#### 4.10 Publicaciones por país

Gráfico 11. Publicaciones por país



Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo

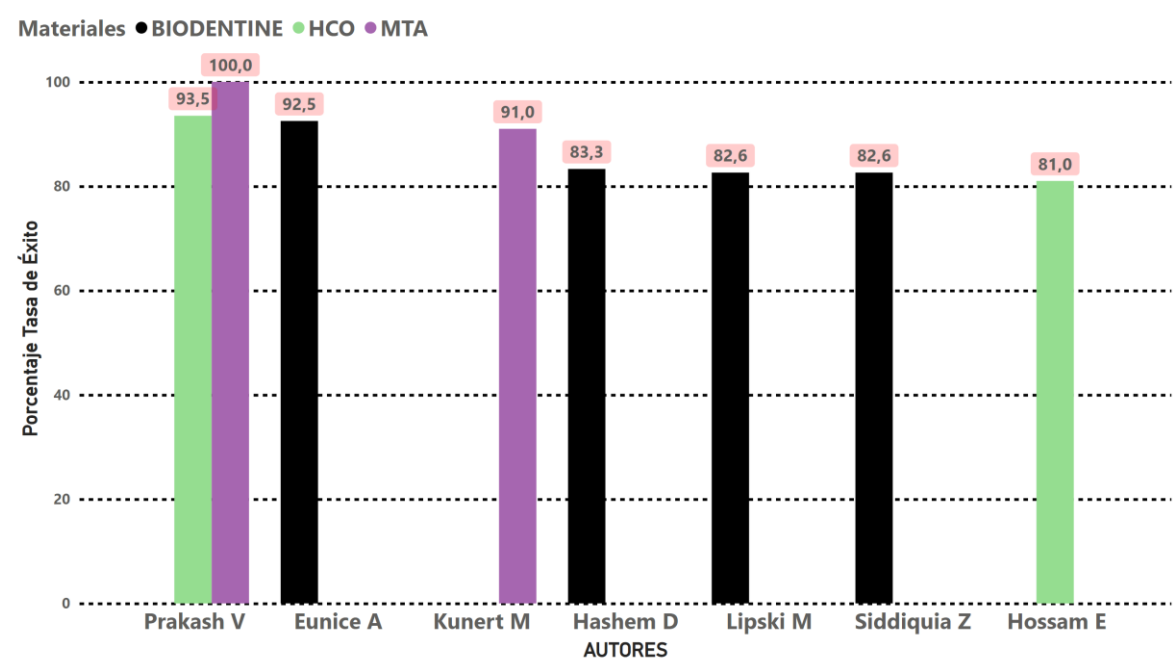
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

Gráfico donde se analiza el origen de los artículos, donde Alemania es el principal en aportar fuentes de literatura para elaborar este trabajo, seguido de Arabia Saudita, Bélgica, Brasil y el resto de países identificados en la lista. Esto nos indica que en todo el mundo existe un interés profundo en crear estudios referentes al tema de esta investigación.

4.11 Tasa de éxito de los materiales según los autores

Gráfico 12. Tasa de éxito de los materiales según los autores



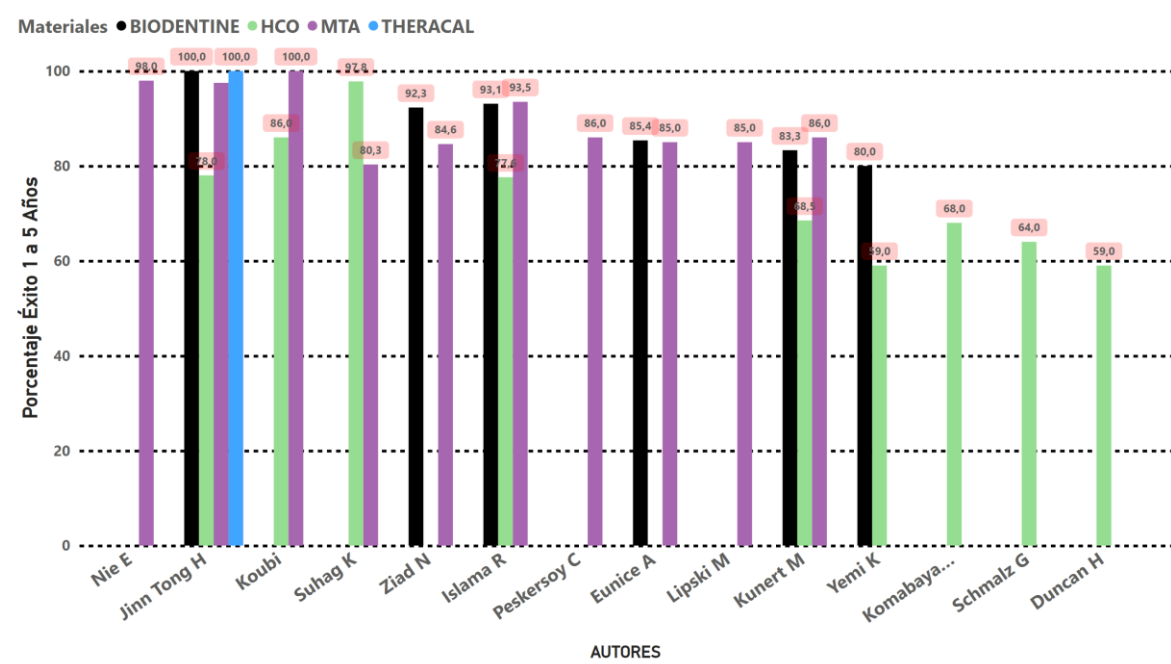
Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo  
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

El cuadro nos permite analizar la tasa de éxito porcentual alcanzado de acuerdo con los criterios de los diversos autores de donde se obtuvo información. Siendo el Biodentine el material más considerado y con mejores resultados por Eunice A, Hashem D, Lipski M y Siddiquia Z. Seguido del MTA considerado por Prakash V. y Kunert M. Y al final el HCO considerado por Prakash V y Hossam E.

4.12 Tasa de éxito de 1 a 5 años

Gráfico 13. Tasa de éxito de 1 a 5 años



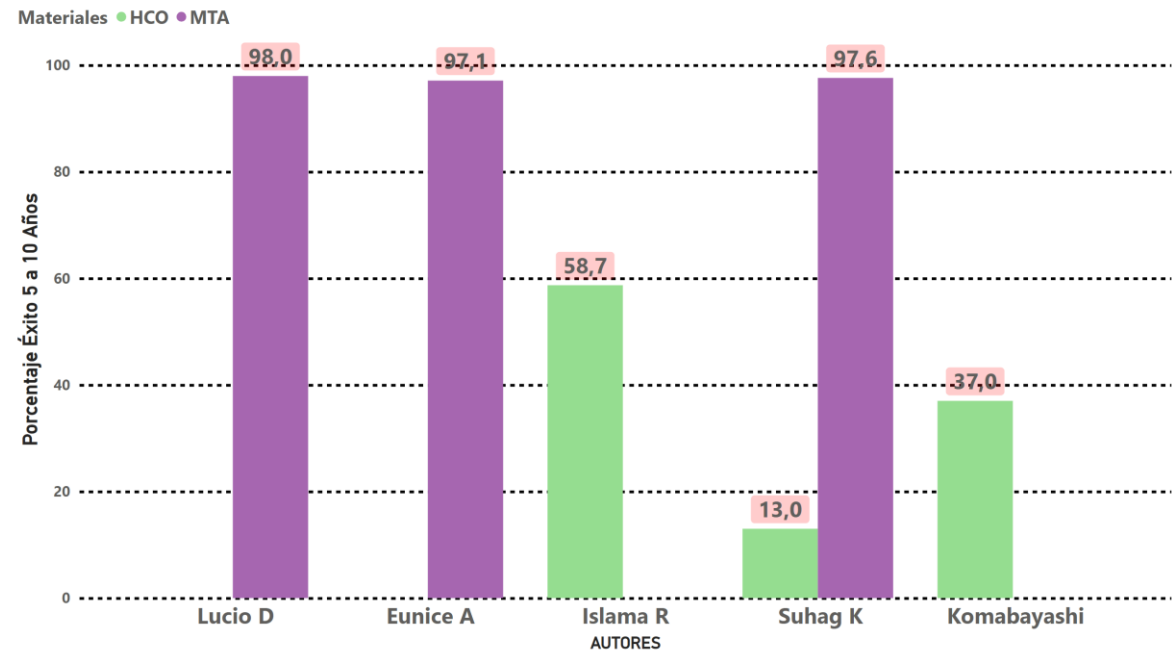
Creado por: Francis Gabriela Villa Cóndor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo  
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

El cuadro nos permite analizar la tasa de éxito porcentual alcanzado de acuerdo con los criterios de los diversos autores en los primeros 5 años desde su aplicación. Siendo el MTA el principal de todos los materiales analizados, seguido del BIODENTINE, HCO y al final THERACAL.

4.13 Tasa de éxito de 5 a 10 años

Gráfico 14. Tasa de éxito de 5 a 10 años



Creado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo  
Fuente: Microsoft Power BI 2023

Descripción:

El cuadro nos permite analizar la tasa de éxito porcentual alcanzado de acuerdo con los criterios de los diversos autores desde los 5 a los 10 años desde su aplicación. Siendo nuevamente el MTA el principal de todos los materiales analizados. Es decir, se identifica que el MTA posiblemente sea el material que mejor resista el pasar del tiempo como protector dentino pulpar versus el HCO.



## **CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **5.1 RESULTADOS**

#### **5.1.1 INDICACIONES DE USO DE LOS PROTECTORES DENTINO PULPARES**

Los procedimientos conservadores que aprovechan los mecanismos reparadores intrínsecos del complejo dentino pulpar se encuentran dentro de la terapia pulpar vital. Ante agresiones externas, como traumatismo o caries, este complejo presenta un potencial para regenerarse incluso en casos en los que la pulpa se encuentra en un estado irreversible. Sin embargo, este tejido atraviesa fases del proceso inflamatorio, que si no se logran controlar podrían conducir a una necrosis o apoptosis. (9) La VPT en dientes con exposición pulpar debido a caries implica la realización de una protección pulpar directa (PPD) para preservar el potencial de la pulpa para curarse y regenerarse. (10)

El uso de los materiales de restauración bioactivos, como los ionómeros de vidrio o los silicatos de calcio, pueden promover la reparación y remineralización de la dentina desmineralizada por caries.(2) Estos materiales se usan con el objetivo de reemplazar la dentina perdida y cumplir con el papel de barrera protectora, además protegen la pulpa y facilitan la formación de los puentes dentinarios.(27)

La protección pulpar indirecta (PPI) se usa en cavidades profundas con dentina cariada muy cerca de la pulpa, pero sin exposición visible. Por otro lado la protección pulpar directa (PPD) se aplica cuando la pulpa se encuentra expuesta por caries, traumatismos o errores en la preparación mecánica de la pieza, por lo cual se cubre con un biomaterial y finalizando con una restauración definitiva.(7)

Las situaciones en las que se utilizan las PPI o PPD son diferentes para cada caso. La protección pulpar indirecta es adecuada cuando se trata de cavidades profundas, mientras que la protección pulpar directa son para perforación que expongan la pulpa. La PPI es un tratamiento que se puede aplicar en una sola sesión cuando se trata de molares, teniendo en cuenta que se debe evitar la contaminación bacteriana y procurando un sellado hermético.(8)(22)

Además, los PPI son ideales cuando se trata de dientes asintomáticos o con pulpitis reversible, considerando que se debe confirmar el estado real de la pulpa mediante pruebas en la consulta odontológica y la observación de tejido pulpar. Este tratamiento no se recomienda cuando se trata de órganos dentales con dolor constante, coronas totalmente destruidas, lesiones periapicales, sangrado incontrolable e intenso o cuando ya se observa necrosis del tejido.(28)(29) La protección pulpar indirecta se puede clasificar en enfoques de un solo paso donde se elimina la caries parcialmente, la mayoría de dentina cariada y se sitúa un biomaterial; y en enfoque de dos pasos que consiste en eliminar la caries por pasos de forma gradual, además de eliminar la dentina blanda y cariada. (15)

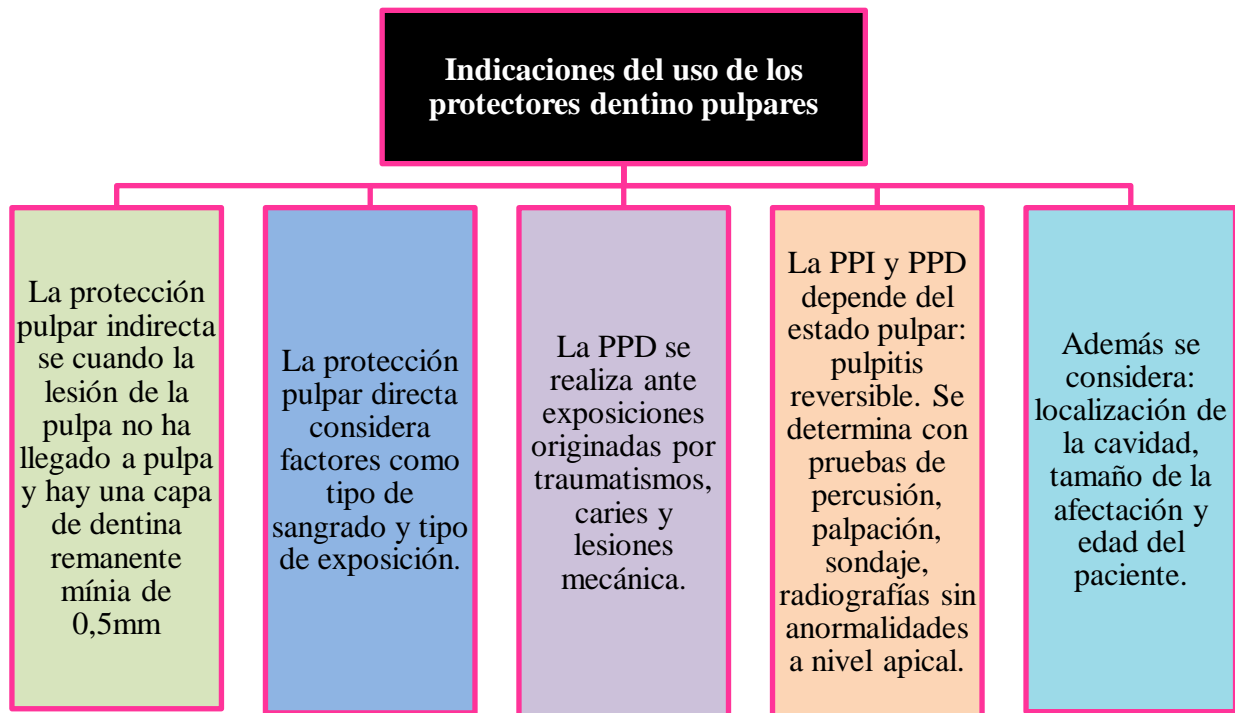
La protección pulpar directa (PPD) se trata de una técnica restauradora para preservar la vitalidad de la pulpa en casos cuando hay exposiciones puntuales tras la eliminación de procesos cariosos, fracturas coronarias complejas o un proceso de restauración.(30) Su objetivo principal es reemplazar la dentina afectada y mantener la salud de la pulpa, actuando como una barrera protectora y estimulando la formación de dentina reparadora.(31) La aplicación de esta terapia se limita a casos diagnosticados de pulpitis reversible, donde la pulpa no presenta un estado crónico e irreversible que requiera un tratamiento endodóntico, por eso se ha utilizado únicamente en caries profundas que afectan de forma directa a la pulpa.(32)(33)(34)

Para una PPD exitosa, la selección del material de recubrimiento es realmente importante, resalando que este debe ser biocompatible, adherirse firmemente al sustrato dentinario, crear un sellado hermético, exhibir estabilidad dimensional y radiopacidad y no presentar características como citotoxicidad, ser cancerígeno o genotóxico. Además, se busca que el material sea regenerativo y por lo tanto pueda inducir la diferenciación odontogénica de las células mesenquimáticas.(19)

La protección pulpar directa se considera una opción favorable cuando el objetivo es evitar cualquier riesgo de infección y daño continuo de la pulpa. El éxito de la PPD depende de varios factores, incluyendo el tipo de biomaterial utilizado, su efecto inductivo para diferenciación de la células pulpares, la calidad del sellado para prevenir el ingreso de agentes microbianos, la correcta contaminación y aislamiento de la cavidad dentaria, y una cuidadosa selección y planificación del tratamiento.(35)(36) Así mismo, se destaca que los

materiales deberían ser insolubles, ser biocompatible, ser bioactivo y no causar decoloración en las piezas dentales.(15)(26)

**Gráfico 15. Indicaciones del uso de protectores dentino pulpaes**



**Realizado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo**

Originalmente, las bases cavitarias se usaban principalmente para proporcionar bajo las restauraciones de amalgama propiedades como aislamiento térmico, mecánico y eléctrico. Actualmente se utilizan para reconstrucciones internas y se limita a cavidades profundas, acompañadas de un liner de hidróxido de calcio. Se cree que es necesario colocar una base siempre debajo de cualquier restauración metálica para evitar que el paciente sienta dolor o choques térmicos, sin embargo es importante considerar otros factores antes de elegir un material de revestimiento.(37)

Para usar cualquier tipo de protección pulpar es importante que la inflamación del diente no sea severa y además las piezas deben encontrarse en estado vital con un suministro alto de

sangre para poder cumplir con la curación y reparación perirradicular.(11) Radiológicamente, se señala que los dientes con radiolucidez pueden ser tratados con PPD usando comúnmente materiales como Biodentine o ionómero de vidrio que son eficaces cuando se trata de pulpitis reversibles.(33) Además, se debe considerar la etapa de maduración radicular y la que la corona se encuentre lo más integra posible para obtener resultado con mayor éxito. (15)(26)

Son varias las causas que pueden generar exposición de la pulpa, sin embargo, se puede destacar tres categorías principales: motivos traumáticos, motivos mecánicos o progresión de lesiones cariosas que pueden provocar infecciones de la pulpa y dolor en el paciente. (12) (4) Además, factores como la edad del paciente, el tipo, lugar y extensión de la exposición pueden afectar el éxito de la PPD.(6) Además es necesario identificar el estado pulpar antes de empezar con el tratamiento realizando pruebas de percusión, palpación y sondaje del periodonto y obteniendo resultados dentro de los límites favorables. También el tamaño de la exposición debe ser menor a 1mm y si existe hemorragia esta debe ser fácil de detener previo a la colocación del material.(25)

Existen tres tipos de exposiciones: si esta ocurre antes de eliminar completamente la caries se considera como una exposición por caries. Si se da durante algún procedimiento odontológico sin presencia de caries, se llama exposición mecánica y si es el resultado de un accidente como una lesión deportiva se denomina exposición traumática. Determinar el diagnóstico pulpar es imprescindible por lo cual se debe considerar los síntomas del paciente y valorar los signos clínicos de la pulpa. La principal prueba diagnóstica debe ser la de vitalidad pulpar, buscando un resultado positivo para tener una pulpa vital. Si esta no presenta síntoma es una pulpa vital normal, si el paciente presenta sensibilidad térmica que desaparece cuando se retira el estímulo se trata de una pulpitis reversible. Y si el dolor es espontáneo, continuo y referido se diagnostica como una pulpitis irreversible. (25)(38)

Cuando se trata de un traumatismo es importante evaluar de forma inmediata el órgano dental. Valorando factores como respuestas a las pruebas de vitalidad pulpar puesto que en ocasiones puede existir sensibilidad pulpar pero eso no asegura que en el futuro se desarrolle una necrosis pulpar.(39) Además, los traumatismo se suelen dividir en varias categorías siendo la más importante las fracturas de corona con o sin complicaciones. En este tipo de

fracturas está indicada la protección pulpar puesto que incluso en periodos prolongados los agentes del medio externo no son capaces de invadir la cámara pulpar, por lo que una desinfección íntegra puede ser lo necesario para que la pulpa sobreviva a largo término. También se considera que el periodo entre el trauma hasta nueve días después puede ser admisible para tener un efecto imperceptible sobre la pulpa expuesta. Finalmente, factores como el tipo de material de protección pulpar, el tipo de terapia pulpar realizada y la etapa del desarrollo radicular, no se consideran relevantes para el nivel de éxito.(16)

Actualmente, hay cada vez más evidencias de que el riesgo a la exposición de la pulpa pueda darse por la eliminación total de la caries por lo cual se recomienda utilizar métodos más conservadores. Por esta razón, se sugiere que la eliminación de la caries sea selectiva o ya no se elimine, además de sellar la cavidad con varios materiales que puedan remineralizar. Este enfoque tiene como principio la mínima intervención y preservar la mayor cantidad de estructural sana para que los dientes sigan siendo funcionales. En este enfoque se destaca la eliminación de caries por etapas para evitar exponer la pulpa, eliminando la caries por completo en la periferia y dejando intacta la caries que está cerca de la pulpa. Se informa que este método de remoción contribuye a la remineralización de la dentina cariada y además reduce considerablemente los microorganismos nocivos. (14)(40)(41)

Los lineamientos en la actualidad solo apoyan que las pulpas que se han expuesto mecánicamente, es decir, que están en buen estado y sin ninguna patología, debe contemplarse para la protección pulpar directa.(42) Las bases se colocan siempre por debajo del material restaurativo en los casos en el que el espesor de la dentina sea mayor de 0,5mm mientras que los revestimientos se aplican cuando la dentina que se identifica es menor a 0,5mm.(38)(8)

Estudios han indicado que los dientes que tienen más probabilidades de sobrevivir son aquellos presentan una exposición pulpar originada de forma mecánica, contrario a aquella proveniente de caries ya que producen inflamación de la pulpa por invasión de las bacterias. Esta inflamación también puede persistir posterior al tratamiento dental, mostrándose como una inflamación crónica pero leve que limita la capacidad de reacción y retrasa la curación de la pulpa. Eventualmente, una vez que esa inflamación se reduzca, el tejido de la pulpa suele iniciar el proceso para curarse.(15)

La capacidad de reacción del tejido pulpar depende de la edad del paciente siendo así que entre más jóvenes sean los pacientes y más nuevos los órganos dentales más alta será la tasa de éxito. Esto debido a que los dientes permanentes inmaduros poseen ápices radiculares sin cerrar que proporcionan un suministro alto de sangre y además no padecen los problemas asociados con el envejecimiento.(14) Sin embargo, se considera que la edad no es un factor principal para el éxito de la protección pulpar. Además, es fundamental revisar la historia clínica para conocer los tratamientos realizados anteriormente, ya que podría influir en la situación actual de la pieza. Es indispensable que el tejido de la cámara pulpar se encuentre libre de bacterias y toxinas que por ende resulta en un diente sin síntomas. En cuanto al volumen y el estado pulpar se logra analizar a través de radiografía y la anamnesis. Adicional, se evalúa el sangrado para el cuál se han usado varias soluciones, aunque la solución salina o agua del cal son las más usadas, ya que el hipoclorito de sodio a pesar de tener propiedades antibacterianas suele generar una respuesta inflamatoria.(4)(43) La presencia de un sangrado incontrolable, que no se logra intervenir, indica que el estado de la pulpa va desde una inflamación moderada a severa y por eso se sugiere que no se coloque una protección pulpar directa.(5)

Las caries se pueden clasificar en profundas y extremadamente profundas para realizar el tratamiento adecuado y evaluar el riesgo de exposición e inflamación de la pulpar. Las caries profundas se caracterizan por afectar el tercio o cuarto interno dentinario, manteniendo una zona translúcida entre la dentina cariada y el tejido pulpar; mientras que las extremadamente profundas atraviesan completamente la dentina. También se puede clasificar la lesión cariosa en tamaño 3 y 4 según Mount y Hume. La caries trabaja descomponiendo el tejido dental debido a la presencia de biopelículas bacterianas dando como resultado una respuesta de inflamación pulpar. Esta respuesta, suele estar mediada por células como odontoblastos entre otros que buscan la reparación de la pulpa si se elimina la caries y se restaura correctamente la pieza dental.(28)(44)

La European Society of Endodontology (ESE) sugiere que en los casos de exposición por caries donde la pieza presente síntomas compatibles con una pulpitis irreversible, se debe realizar un tratamiento aséptico además que no debería ser considerada como una primera elección el tratamiento de protección pulpar.(45) El dolor y la sensibilidad a la percusión, es de los síntomas clínicos más reportados y por otro lado, en el aspecto radiográfico los

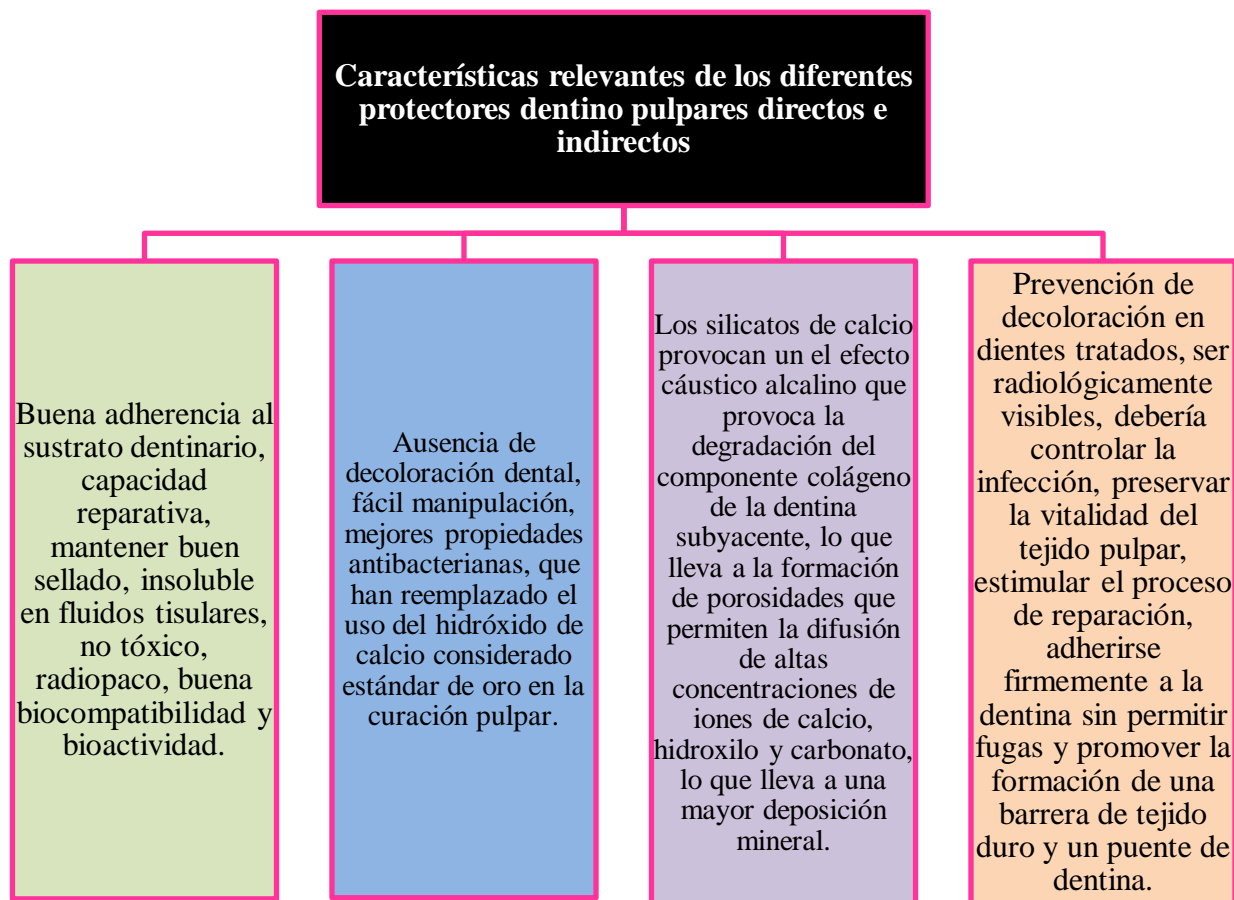
descubrimientos más relevantes fueron el ensanchamiento del ligamento periodontal y sombras periapicales radiolúcidas.(14) Por otro lado, este tratamiento si se recomienda cuando no hay antecedentes de sensibilidad ni de dolor espontáneo, solamente responde ante estímulos como frío o calor. Además, que la corona de la pieza debe estar integra para poder colocar el aislamiento absoluto.(46)(39)

Finalmente, se destaca que el diagnóstico de la pulpa, un correcto sellado de la cavidad y el control de la progresión de la caries son realmente trascendentales para obtener una terapia de vitalidad pulpar con éxito dando como resultado un tejido de remineralización similar a la dentina. Adicional, se señala que la experiencia y la opinión del profesional son fundamentales para escoger el tratamiento y obtener éxito. (29)

Los materiales de protección pulpar deben cumplir con ciertas indicaciones ideales como proporcionar un sellado ante microorganismo, ser biocompatibles, inducir a la mineralización y actuar contra el proceso inflamatorio. Además, se busca que sea fácil de manipular para el operador, tiempos de fraguado más cortos, costos moderados y se identifique radiográficamente como radiopacos. Incluso, en materiales de nueva generación como los andamios se busca que el material estimule la regeneración.(47) (48)

Otras propiedades ideales que estos materiales deberían proporcionar al estar en contacto cercano a la pulpa dental es no ser citotóxicos, evitar filtraciones, inducir la liberación de flúor, adaptarse de manera firme tanto a la dentina como al material elegido para la restauración, ser en medida de lo necesario insoluble, bioactivo, mantener su estabilidad dimensional, ser resistente a las fuerzas de compresión, pero sobre todo mantener con vida a la pulpa a través de la formación de tejidos de barrera y puentes dentinarios.(38)(17)

**Gráfico 16. Características relevantes de los protectores dentino pulpaes**



**Realizado por: Francis Gabriela Villa Cóndor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo**

#### **5.1.1.1 HIDRÓXIDO DE CALCIO**

Conocido por ser el “Golden estándar” de los protectores pulpaes, es un material de recubrimiento propuesto por Hermann en 1921 y utilizado principalmente para mantener la vitalidad e integridad pulpar.(49)(4) Este posee un pH de 12 a 12,5 y por lo tanto secreta  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{OH}^-$  que promueven el desarrollo de una necrosis externa, provocando la mineralización como respuesta a la misma.(31) Por ello se considera que la formación de dentina de reparación es una respuesta defensiva de la pulpa que se produce gracias a la acción de irritación del hidróxido de calcio.(50)



Este material posee varias formas de presentación como suspensiones acuosas, cementos, liner o rellenos. Se define como un liner a la combinación entre un barniz y el hidróxido de calcio. Por otro lado, los cementos en cambio vienen en dos pastas, una que contiene el salicilato y otra con el hidróxido.(22)

La pasta base se debe colocar en partes iguales con la pasta catalizadora en un bloque de papel, mezclar rápidamente hasta obtener una consistencia y color uniforme, mezclar nuevamente por 10 segundos y dejar que el material se afirme en 2 o 3 minutos.(24) La capa que se tiene que aplicar debe ser delgada con un espesor menor a 1mm, únicamente sobre la pulpa expuesta y sobre la dentina restante. El tiempo para que el material fragüe debe ser de 3 minutos para posteriormente realizar la restauración.(27)

El hidróxido de calcio cumple con su función de remineralización a través de la segregación de iones de Calcio e iones hidroxilos. Esta recuperación de la dentina se logra mediante la diferenciación y mineralización de las células propias de la pulpa que se encargan de regular factores como la osteopontina, las proteínas morfogenéticas, expandir las células de la pulpa dental. Además estos iones cumplen con funciones bacteriostáticas, bactericidas, neutralizadora de ácido láctico y promotoras de la apatita.(20)

El hidróxido de calcio produce una respuesta a las lesiones a través de la formación de un tejido duro producido por los fibroblastos formando un tejido calcificado de cicatrización. Los autores de esta investigación destacan que este proceso no se considera de regeneración, pues el tejido duro que se forma después de la aplicación de este material no cumple con las características adecuadas de la dentina real. Por eso, a través de los odontoblastos de nueva generación se logra producir dentina terciaria o de reparación.(43) La necrosis formada incita el desarrollo de las células odontoblásticas ya que la sangre contiene la mayor fuente de calcio que permite la formación de dentina de reparación.(51)

Entre las principales ventajas se menciona sus propiedades antibacterianas, inducción de dentina de reparación cuando el material se encuentra de forma directa sobre el tejido vivo de la pulpa dental.(49) (4) Estas propiedades provienen de la segregación del hidróxido de calcio, convirtiéndose en iones de calcio e iones hidroxilos produciendo un pH alcalino que convierte la cavidad en un ambiente hostil. Los iones hidroxilo actúan sobre el crecimiento

de los microorganismos, afectando su estructura, su metabolismo y su división celular. Por esta razón, el número de bacterias se ve reducido de mejor manera que si sólo se sellará la cavidad.(22)(11)

Este material también se caracteriza por inducir la curación y la reparación de los tejidos duros, tiene propiedades de biocompatibilidad y es capaz de formar nuevos puentes de dentina en el sitio de la lesión.(26)(19) Además, permite un proceso para formar dentina de reparación que se lleva a cabo mediante la segregación de matriz extracelular, especialización celular y mineralización.(29)

El Dycal es el material que se evalúa en el actual estudio el cual muestra una incapacidad para cicatrizar heridas y además evidencia defectos en los túneles formados después de la invasión de las bacterias y visibilizando una dentina porosa.(31) (12) Así también presenta desventajas como una pobre adhesión tanto a la estructura del órgano dental como a los materiales usados para restaurar provocando un sellado deficiente.(4)

Otras desventajas de este material incluyen la falta de adhesión suficiente con la dentina restante y la solubilidad con el pasar de los años. (6) Sumado a esto, el hidróxido también presenta problema con las propiedades mecánicas pues son inestables y provocan filtraciones microscópicas que puede inducir lesiones en el tejido de la pulpa resultando incluso en la pérdida de la vitalidad.(49)

También presenta una alta alcalinidad, lo cual hace que al entrar en contacto con la pulpa de forma directa se genere una zona de necrosis fuera de control. Esta reacción necrótica estimula una respuesta inflamatoria que se convierte en crónica o a su vez puede formar calcificación dentro de la pulpa.(7) Así también su poca elasticidad, su débil resistencia a la compresión mecánica y su pobre capacidad para conducir estímulos térmicos hacen que este material solo sea adecuado para aplicarse en capas muy delgadas y en punto determinados. (11)

Adicional a esto, el hidróxido de calcio posee una alta solubilidad y retención de agua, lo que produce un reblandecimiento del material y por lo tanto pérdidas del mismo debajo de

la restauración cuando esta se encuentra con filtraciones, ya que permite el paso de fluidos que disuelven de forma parcial o total el hidróxido.(22)

Otra desventaja significativa son los defectos de túnel en la nueva dentina desarrollada que se presentan cerca del 90% de los casos, ya que estas porosidades suelen provocar microfiltraciones y pérdidas de la vitalidad del tejido pulpar. Estos defectos de túnel hacen que la barrera no sea duradera en un lapso prolongado y además permite el ingreso de agentes externos como las bacterias. También, contrario a lo que se cree, el tiempo para formar los puentes de dentina es relativamente largo y toma alrededor de un par de semanas como mínimo.(25)(15)(17)

Es importante señalar que el uso del hidróxido de calcio de forma directa bajo el composite suele interferir en la adhesión entre el protector dentinario y el suelo de la cavidad. Así también, mezclar el CH con agentes grabadores, imprimadores y adhesivos incita a la disolución del protector y la contaminación de los materiales antes mencionados.(21) En estudios actuales se ha observado de que el hidróxido de calcio (Dycal) no logra adherirse de manera correcta al ionómero de vidrio (Vitrebond) ni a la dentina restante ya que se evidenciaban microespacios entre las superficies de contacto.(52)

Las tasas de éxito varían de acuerdo con los estudios realizados y los tiempos de control. Después de 1 a 2 años de control la tasa de éxito es superior al 90% y al pasar a un período de seguimiento más largo de entre 2 a 5 años disminuye a un 82% hasta el 37%. En un período de 1,5 y 9 años los resultados obtenidos fueron del 80%, 68% y 59% respectivamente.(25) (53)

Otros estudios sugieren que el seguimiento se debe realiza hasta por un lapso de 10 años para obtener datos más certeros. Las tasas de éxito a largo plazo van desde el 37% hasta el 81% sin embargo algunos estudios señalan la capacidad del hidróxido para inducir la curación del tejido pulpar. Otro rango de estudio fue de 6, 9 y más de 10 años donde los resultados fueron de 77,6%, 58,7% y 72,7% de tasa de éxito respectivamente.(15)

### 5.1.1.2 IONÓMERO DE VIDRIO

Los RMGI se aplican como revestimiento en el tratamiento de protección pulpar.(38) Durante años, el uso de RMGI ha sido fundamental para restaurar pérdidas significativas de estructura dental y minimizar el estrés generado por la contracción de polimerización del composite. La aplicación de un revestimiento de composite fluido o de ionómero de vidrio ha demostrado mejorar la integridad marginal en el piso gingival de restauraciones de Clase II. Vitrebond, un RMGI, que se mezcla sobre una almohadilla por 15 segundos y se aplica directamente sobre el piso pulpar con un espesor de 2 mm, este RMGI interactúa químicamente con la dentina produciendo una reacción efervescente que forma obturaciones en los túbulos dentinarios, que son resistentes a la presión del agua como al lavado suave. Los resultados de este estudio mencionan que la adhesión de este RMGI a la dentina es principalmente de naturaleza química y que su resistencia mecánica puede verse comprometida si se retrasa la fotopolimerización.(27)(52)

Los RMGI pueden ser sustitutos ideales de la dentina. Están compuestos de polvo: vidrio de aluminosilicato y líquido: agua destilada, ácido poliacrílico, ácido tartárico.(54) Los RMGI se utilizan como sustitutos de la dentina protectora, se recomienda aplicarlos en capas de 1 mm cuando esté indicado. Esta aplicación debajo de la restauración con resina reduce la formación de microespacios y la aparición de manchas en comparación con capas de menor grosor (0,5 mm). En general, se considera que el espesor ideal entre la pulpa y el material debe ser de 2 mm.(37)

El Ionómero de vidrio (GIC) está compuesto de vidrio de fluoroaluminosilicato y ácidos polialquenoicos.(12) Los GIC exhiben biocompatibilidad con un efecto citotóxico mínimo cuando se usan indirectamente sobre la pulpa, contribuye a la remineralización en los casos en que la caries afecta a la dentina a través de la segregación de iones de fluoruro y estroncio.(33) Proporciona un sellado y protección adecuados a la pulpa dental debido en parte a la adhesión química a los sustratos dentales combinada con su capacidad para liberar fluoruro. Los revestimientos RMGI se promocionan ampliamente como la mejor opción para combinar con los revestimientos CHO en cavidades profundas.(12)(21) El GI o RMGI son ácidos y no tienen propiedades antibacterianas.(15)

Para restauraciones profundas cercanas a la pulpa sin exposición pulpar, RMGIC es una de las opciones más recomendadas. Su manipulación requiere de la medida normada de polvo de 3,2g (una cucharada de polvo sin que sobresalga de la medida) y de líquido de 1,0g (2 gotas). El proceso consiste en mezclar la primera mitad del polvo con el líquido con movimientos suaves, luego incorporar el resto del polvo hasta obtener una consistencia homogénea y brillante. Finalmente, la mezcla se fotopolimeriza durante 20 segundos.(24)

RMGI no deben utilizarse en cavidades profundas donde la PDR esté  $\leq 0,5$  mm para limitar la lesión pulpar, este material proporciona un sellado y protección adecuados a la pulpa dental, mejora las propiedades mecánicas, disminuye el tiempo de fraguado y atenúa la sensibilidad a la humedad a diferencia de los ionómeros de vidrio convencionales, brindan un sellado y protección adecuados a la pulpa dental debido, en parte, a la adhesión química a los sustratos dentales combinada con su capacidad para liberar fluoruro, disminución de la solubilidad y las propiedades mecánicas superiores.(22)(21)(24)(55) Debido a bajo pH inicial, ha planteado problemas de biocompatibilidad al restaurar cavidades con un espesor de dentina residual  $< 0,5$  mm y en casos de protección pulpar directa.(54)

Ambos materiales, Biodentine y Fuji IX, mostraron clínicamente tasas de éxito comparables, de un 83,3%. El Biodentine que fue utilizado para restaurar cavidades profundas sin exposición pulpar, demostró una alta tasa de éxito a los 3 años, evidenciando la capacidad de la pulpa para repararse, reflejada por ausencia de radiolucidez periapical y la vitalidad normal de la pulpa tras un periodo de 6 a 36 meses. La hipótesis nula, que establece ausencia de diferencias significativas en la respuesta pulpar-dentinaria entre Biodentine y Fuji IX, fue aceptada desde un punto de vista clínico, pero no radiográfico.(33)

El GI presenta cierta citotoxicidad debido a sus componentes, y su acidez inicial se mantiene a un pH bajo durante un período prolongado, lo que puede tener efectos perjudiciales en el tejido pulpar. Por consiguiente, los GI y RMGI no deben utilizarse para la protección pulpar directa (DPC). Además de la citotoxicidad, la acidez inicial de estos materiales, que persiste en un pH bajo durante un tiempo extendido, puede dañar el tejido pulpar. En comparación con el HCO y el GI/RMGI, se ha informado que el HCO proporciona una curación pulpar significativamente superior, mientras que el GI/RMGI muestra inflamación crónica sin signos de formación de puente dentinario tras un período de 10 meses.(15)

### 5.1.1.3 ÓXIDO DE ZINC-EUGENOL (ZOE)

El ZOE se forma de una parte de polvo que incluye óxido de zinc, polvo de polimetilmetacrilato, acetato de zinc y pigmento, y otra parte líquida compuesta por eugenol y ácido acético. (54) El ZOE describe dos tipos: el tipo I para cementación temporal y el tipo II para bases y restauraciones temporales. Los cementos tipo II se utilizan durante un período provisional (de unas pocas semanas a unos meses). Se introdujeron cementos ZOE modificados con el propósito de maximizar los atributos mecánicos y atenuar la solubilidad del ZOE regular no modificado.(37) Posee efectos bactericidas similares a los cementos de CH y silicato de calcio,(15) además de ser indicado para la protección pulpar directa.(25)

ZOE se contraindica para las restauraciones con composite debido a la inhibición de la polimerización de la resina por el hidrógeno fenólico del eugenol.(54) Entre sus desventajas se encuentra que al ser un material relativamente débiles en capas delgadas solubles, no estimulan la dentina reparadora y demuestran una alta fuga interfacial.(22) Además de sus limitadas propiedades de sellado y mayor microfiltración en comparación con GIC, se distingue por sus efectos sedantes sobre el dolor pulpar, se le considera una opción eficaz como base para cavidades dentales, especialmente en casos de caries profundas en dientes con pulpitis reversible. Presenta una notable acción antibacteriana contra diversas especies microbianas, incluidas *Streptococcus mutans*, y mejora significativamente la resistencia a la compresión, haciéndolo adecuado para su uso como base o revestimiento de cavidades.(37) Con ZOE se evidencia inflamación crónica y falta de cicatrización pulpar, ausencia de formación de puente dentinario después de 12 semanas, además el eugenol liberado es altamente tóxico y que el eugenol de óxido de zinc provocó una alta fuga interfacial, no hubo curación pulpar sino inflamación crónica, por lo tanto no se recomienda ZOE como agente PPD.(25)(15)(56)

### 5.1.1.4 SISTEMAS ADHESIVOS

Se cree que los sistemas de unión de dentina sellan eficazmente tanto la dentina como la pulpa mediante la formación de una interfaz dentina-adhesivo adecuadamente hibridada, permitiendo la curación completa del tejido y la conformación de dentina de reparación a

través de la capacidad inherente del complejo dentina-pulpa. Clearfil Protect Bond (CPB) es un sistema adhesivo de autograbado que contiene un monómero MDPB antibacteriano en su imprimación de autograbado. Los primers autograbantes tratan la superficie de la dentina con una solución sin enjuague de monómeros ácidos que modifica y/o disuelve la capa de barrillo, pero no elimina sus residuos; por lo tanto, el movimiento del líquido dentinario no se altera y, por lo tanto, existe la posibilidad de que no se produzca irritación pulpar. (17)

Los sistemas adhesivos fueron sugeridos para ser empleados directamente en el tejido pulpar hace 12-15 años atrás. (44) Muchos adhesivos universales incorporan el monómero monofuncional HEMA, una molécula de pequeño tamaño con alta afinidad por el agua (hidrófila), que actúa como agente de difusión y puede facilitar la absorción de agua desde la dentina hacia la interfaz adhesiva, lo que aumenta su vulnerabilidad a la degradación hidrolítica. Además, la adición de silano a estos sistemas adhesivos reduce la acidez de la solución ( $\text{pH} > 2,5$ ), lo que restringe el proceso de auto acondicionamiento de la dentina y disminuye la efectividad adhesiva. Los compuestos basados en resina y los agentes adhesivos para dentina se han evaluado en procedimientos de tratamiento pulpar vital (VPT), pero actualmente no se aconseja su uso debido a su citotoxicidad, falta de mineralización en la zona de la herida y los resultados clínicos insatisfactorios en VPT. Los materiales adhesivos de resina demuestran cicatrización pulpar asociada con inflamación crónica y la ausencia de formación de puentes dentinarios.(15)

#### **5.1.1.5 AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL (MTA)**

Se desarrolló en un inicio con la finalidad de obturar herméticamente comunicaciones entre los conductos radiculares y el periodonto en la Universidad de Loma Linda. Sin embargo, se descubrió que también cumplía con propiedades de biocompatibilidad y de inducción para la producción de odontoblastos y cementoblastos, razón por la cual actualmente se usa como un protector del complejo dentino pulpar. (31)(4)(49) La composición de este material consiste en una mezcla entre óxido de calcio y dióxido de silicio que dan como producto silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, aluminoferrita tetracálcica entre otros. También, se le agrego el óxido de bismuto como radiopacificador para identificarse

en los estudios radiográficos y el sulfato de calcio que cumple con la función de modificar el fraguado.(6) (25)

La reacción que se produce entre el MTA y los fosfatos ubicados en el líquido tisular dan como resultado iones de calcio que son los encargados de proveer al material características biocompatibles y facultades para el sellado, además de inducir la formación de una capa de hidroxiapatita que es la encargada del cierre químico entre el MTA y las paredes de la dentina restante.(7) (54)

Con el pasar de los años el MTA tradicional se ha ido modificando para obtener propiedades mejoradas y resultados más exitosos. Por ejemplo, para mejorar el tiempo que le toma al material fraguar completamente y además aumentar la biocompatibilidad, se le añadió cloruro de calcio al MTA original. Así también, en otro tipo de MTA se reemplazó el cemento Portland por silicato tricálcico puro para obtener un biomaterial con mejores propiedades físicas y mecánicas. Para visualizar de mejor manera las variaciones del MTA, se recomienda revisar la tabla 1 en los anexos.(19)(57)

El MTA es un material que se coloca de forma directa sobre la exposición pulpar con la ayuda de un aplicador. No se introduce dentro de la cámara pulpar, sino que solamente se realizan ligeros golpes para que el material entre delicadamente en contacto con la pulpa y la pared de la dentina.(48) La proporción para la mezcla del material debe ser de 3 partes de polvo y 1 parte de agua, colocadas sobre una loseta de vidrio y empleando una espátula plástica o metálica. Se busca conseguir una consistencia pastosa parecida al de una masa y se recomienda para que la mezcla no se deshidrate cubrirla con una gasa o bolita de algodón húmedo.(58)

El MTA y el hidróxido de calcio comparten similitudes en su mecanismo de acción puesto que posterior a la hidratación del MTA se obtiene como subproductos hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado en forma de gel, el cual al contactar directamente la pulpa causa una necrosis.(25) Además, este material induce la especialización de células mesenquimáticas originarias de la pulpa y promueve la actividad conductora en el tejido de calcificación. La interacción entre el MTA y la pulpa dental es menos agresiva y por lo tanto hay menor inflamación.(50)



La liberación constante de iones de fósforo e iones de calcio se da a través de la hidroxiapatita aportando a la metabolización de tejido mineralizado, al sellado periférico dentinario y a la regeneración de la dentina.(5) Así también este material, interviene en la especialización de los odontoblastos, para que estos se encarguen de secretar dentina de reparación y participen en la formación de los puentes dentinarios.(26)

El tiempo de fraguado varía de acuerdo con la etapa en la que se encuentre. Inicialmente es de 2 horas y 55 minutos para el MTA gris y de 2 horas con 20 minutos para el MTA blanco. Además, el pH también se ve afectado, siendo que en un inicio es de 10,2 y al cabo de 3 horas aumenta a 12,5.(58)

El MTA es considerado como un material de protección pulpar alternativo al estándar oro. Entre sus múltiples ventajas destacan su potencial para inducir en el complejo dentino pulpar la cicatrización de las heridas. (15)(59) Otras ventajas incluyen su capacidad para el sellado periférico, un pH de 12,5, que al ser alcalino induce en el tejido conjuntivo la osteoconducción además de otorgarle al MTA propiedades bacteriostáticas.(4) Algunas variaciones de este material presentan ventajas propias que las diferencias de otros tipos de MTA. Un ejemplo es el NeoMTA que presenta la capacidad de evitar la decoloración del órgano dental o el ProRoot MTA que presenta niveles elevados de biocompatibilidad, un sellado máximo, actividad contra las bacterias y además induce la formación de tejido duro.(60) (25)

Entre sus ventajas se destaca la capacidad del material para inducir la formación de puentes dentinario ya que el material fomenta la producción de dentina de reparación y de odontoblastos cuando se usa como protector dentino pulpar.(6) Este proceso produce una respuesta del tejido pulpar a través de un estado de inflamación que suele ser leve, prolongado por un lapso de aproximadamente 28 días y por lo cual se obtiene tasas de éxito altas.(54)

Este material posee también la capacidad de comunicación celular en el tejido mineralizado, lo cual facilita obtener células mesenquimáticas humanas. En comparación al hidróxido de Calcio, el MTA forma puentes de dentina más resistentes y con un proceso inflamatorio

menor, evitando posibles casos de hiperemia o necrosis de la pulpa.(8) El MTA también posee una menor solubilidad, mayor durabilidad ante estímulos físicos y mayor equilibrio. Además este material tiene la capacidad de adaptarse a un ambiente húmedo donde puede completar de forma exitosa su fraguado, previniendo la penetración de bacterias.(19)(15)

El MTA se considera como uno de los materiales con mejor biocompatibilidad adecuado para la terapia vital de la pulpa ya que forma puentes de dentina que constan de una estructura más duradera, además de cualidades antibacterianas.(3)(23) En materiales como el MTA blanco se distingue una menor cantidad de óxido de hierro que es más frecuente de encontrar en el MTA gris y es el encargado de causar la decoloración de la pieza. Además este estudio obtuvo como resultado que al pasar 30 días se puede observar una diferencia en la coloración de los órganos dentales.(18) (57)

En otro estudio se compara las ventajas del MTA con otros materiales usados comúnmente para determinar cuál ofrece una mejor tasa de éxito. Por ejemplo, en comparación a la gutapercha o la amalgama, el MTA presenta una mejor radiopacidad y una radiodensidad similar a la del ZOE, lo cual hace que sea más fácil de identificar por el profesional en la radiografía. Se considera que un espesor aproximado de 4mm es adecuado para obtener un sellado exitoso sobre todo contra microorganismo como el *Enterococcus faecalis* y el *Streptococcus sanguis*. Además, el MTA no produce mutaciones, no es citotóxico, es biocompatible lo cual hace que el tejido pulpar lo tolere de buena forma.(58)

En un estudio enfocado a nivel histológico se demuestra que el MTA fue aceptado exitosamente por el tejido de la pulpa formando puentes de dentina en la interfaz entre la lesión y el protector dentino pulpar. En la mayoría de los cortes histológicos estudiados no se logró diferenciar una cantidad considerable de células inflamatorias o dilatación de los vasos sanguíneos. Por lo cual se cree que es poco probable que la pieza presente inflamación, procesos infeccioso o necrosis.(13)

No obstante, el MTA presenta también algunas desventajas como el prolongado tiempo de fraguado que en diferentes estudios se han señalado que van desde los 50 o 70 minutos para el fraguado inicial y 175 minutos para el fraguado final. Otras contradicciones que se

mencionan son la manipulación complicada, la decoloración que le produce a las piezas dentales y el alto costo.(15) (25) (61)

Las posibles causas de la decoloración del diente puede abarcar un grupo muy grande de factores que incluye exposición con sangre, contacto con soluciones como el hipoclorito de sodio y sobre todo se considera como el mayor factor la presencia del óxido de bismuto que se usa como radiopacificador que además se lo considera como un retardante para el fraguado.(25)(30) Otros motivos para la decoloración puede ser la existencia de arsénico que además aumenta la citotoxicidad. (19) Se señala también que el MTA presenta una débil resistencia a las fuerzas compresivas lo cual hace que su manejo sea más complicado.(22)

Las tasas de éxito de este material son altas y sostenibles a lo largo del tiempo gracias a su aptitud para inducir la formación de puentes dentinarios, su compatibilidad biológica, conservar un pH elevado y sellar herméticamente a través de una reacción química para evitar filtraciones.(53)

En investigaciones que se realizaron en pacientes de 7 a 9 años que presentaban exposición de la pulpa originadas por medios mecánicos como cariosas, se obtuvo como resultado que el MTA era superior al CH, mostrando tasas de éxito de 80,3% y 68,5% respectivamente en el lapso de 2 años. Así también, un estudio de 3 años indica que la pulpa logra sobrevivir en el 85% de los casos cuando se usa MTA en comparación con el CH donde solo se obtuvo un 52% de éxito. El dolor es otro factor que evaluar para determinar el éxito del material, el cual no fue significativamente diferente entre ambos grupos de comparación en un lapso de 24 horas. Sin embargo, otra investigación sugiere que el dolor en el grupo MTA es menor con 50% contrario al CH que era de 61%.(53)

Otro estudio compara en cambio al MTA con Biodentine. A pesar de que el Biodentine presenta algunas ventajas sobre el MTA, este también es superior en otros aspectos como la calidad de la dentina producida. Así también, en un seguimiento de casos de 6 meses se obtuvo que las tasas de éxito para el MTA era de 83,3% mientras que para el Biodentine es de 91,7%.(7) En otra investigación en cambio, se enfoca en las tasas de éxito en un lapso prolongado de años de seguimiento. Siendo así que durante el año de seguimiento N°1 la

tasa de éxito es de 91,7%, después de 3 años es de 85% y a los 9 años llega incluso al 97,1%.  
(5)

En otra investigación se señala la eficacia del MTA en los procedimientos de protección pulpar, obteniendo tasas de éxito hasta del 100% en un período de 12 meses. La barrera que el MTA forma para proteger al tejido pulpar es completamente eficaz los primeros 6 meses.(29)(62)

#### **5.1.1.6 BIODENTINE**

Este material es un protector dentino pulpar usado principalmente como un reemplazo de la dentina afectada. Es un biocerámico compuesto por silicato de calcio y similar al MTA, pero con propiedades mejoradas. Sus componentes se dividen en una parte de polvo que contiene silicato tricálcico, silicato dicálcico, carbonato de calcio, óxido de hierro y óxido de circonio y otra parte líquida a base de cloruro de calcio.(4) (6)

El Biodentine presenta varias propiedades entre las que se destaca su nula toxicidad, respuestas pulpares positivas que inducen la regeneración de la dentina y de la pulpa, mejores propiedades físicas y biológicas en comparación a otros materiales y sobre todo características parecidas a la dentina.(31)(12)(6) Algunos autores consideran que el Biodentine no se usa solamente como un sustituto dentinario sino también podría cumplir con el papel de una restauración provisional.(63)

Este protector pulpar también conocido como un material restaurativo y sustitutivo del tejido dentinario cumple con funciones de bioactividad ya que liberan iones y formar apatita.(32)(64) Sus componentes cumplen distintos roles como el dióxido de carbono que funciona como un contraste o el cloruro de calcio que acelera el fraguado.(59)

Las indicaciones para usar el material consisten en colocar dentro del amalgamador la cápsula con el polvo por un lapso de 8-10 segundos para disolver y unir el contenido. Posterior se coloca en el interior de la cápsula 5 gotas de líquido y se vuelve a mezclar en el amalgamador por 30 segundos hasta lograr una consistencia algo densa. Una cápsula

consiste en 0,7 gramos de polvo y debe ser mezclado a 4000-42000 revoluciones por minuto. Los tiempos de fraguado del material inicia a los 6 minutos y termina aproximadamente a los 12 minutos, lo cual permite que se realice inmediatamente la restauración final.(7) (24) (4)

Este cemento reacciona con la elaboración de hidroxiapatita ante la presencia de líquidos fisiológicos. Esto es lo que convierte al material en biocompatible puesto que participa en la diferenciación de las células propias del tejido pulpar, un mecanismo casi similar al del hidróxido de calcio. (5)

Un estudio clínico informó una tasa de éxito a 42 meses de casi el 80% con MTA en comparación con el 59% con hidróxido de calcio, Biodentine muestra una eficacia de mineralización similar a la del MTA en procedimientos de recubrimiento directo y puede considerarse como una alternativa adecuada al MTA. ProRoot MTA y Biodentine dieron como resultado una mayor viabilidad celular y tasas de migración celular más rápidas en comparación con Dycal. Theracal LC mostró una menor viabilidad celular y una tasa de migración celular más lenta en comparación con ProRoot MTA y Biodentine.(31)

Biodentine y MTA se emplean de manera efectiva en la protección pulpar directa y tienen la capacidad de regenerar la pulpa que ha sufrido daños relativos, formando un puente de dentina resistente.(6) Biodentine se considera un material de alta eficacia en la creación de un puente de dentina amplio, grueso y uniforme, siendo una barrera eficaz para sellar completamente la pulpa, muestra una tasa de éxito prometedora del 82,6%, como agente de protección pulpar, sin embargo la edad del paciente influye en los resultados.(11)

La alcalinidad que Biodentine posee le confiere una capacidad antibacteriana, lo que impide el desarrollo de bacterias y una eficaz desinfección de la dentina, ejerciendo mayor acción sobre *Enterococcus faecalis*, a diferencia del MTA que actúa sobre la *Candida albicans*. Biodentine tiene una acción diferenciadora de odontoblastos, esto debido a su capacidad bioactiva que además ayuda a potenciar la nueva formación de tejido dental, además de estimular la aparición de puntos de mineralización a manera de osteodentina, quizá relacionado a la liberación de TGF- $\beta$ 1, de las células de la pulpa, del mismo modo contribuye al desarrollo de un puente dentinario integro, reflejando en su porcentaje, éxito satisfactorio

para protección pulpar directa al cabo de un año de seguimiento, comparado con HCO. A pesar de todas sus ventajas considerables es desacertado asegurar que sea un eficaz reemplazo de dentina, al aportar con características biológicas adecuadas, sin embargo, es un material que va acrecentando su selección para casos de protección pulpa. (26)(49)(33)

Es un material viable como material de restauración, además de ser buen sustituto de la dentina evitando la infiltración bacteriana a través de los túbulos dentinarios. Posee resistencia satisfactoria, no afecta las funciones específicas de los fibroblastos de la pulpa, como la mineralización, la expresión del colágeno I, la sialoproteína de la dentina y la nestina, mejora la reparación y la cicatrización pulpar en caso de deterioro parcial de la capa odontoblástica, evidencia además ausencia de dolor postoperatorio y el deterioro secundario.(63)

Biodentine favorece un adecuado sellado en los márgenes y protege la pulpa, ya que fomenta la integración y remineralización de dentina reparativa. Se puede aplicar directamente en la pulpa, ayudando a la formación de puentes dentinarios, sin surgir consecuencias de carácter inflamatorio por parte de la pulpa, además se evidencia que al paso de 6 semanas hay presencia de odontoblastos y células semejantes cubriendo la pulpa.(7)(13) La radiopacidad de Biodentine es significativamente menor que la del MTA Angelus a pesar de tener en su composición el óxido de circonio, además esta disminuye progresivamente, lo que ocasiona problemas para identificar el materiales en radiografías posteriores de control.(7)

Entre sus desventajas radica su limitada radiopacidad y la dificultad para obtener la consistencia deseada u optimizada, MTA y Biodentine exhiben tasas de éxito generales del 93,5 % y 93,1 % respectivamente, se reveló que cuando se utilizan como materiales de protección pulpar directa en dientes definitivos maduros expuestos a caries, Biodentine y MTA tienen una eficacia favorable y contrastable, exponiendo que la viabilidad del tratamiento y el pronóstico se condicionan de factores como la edad, el tipo, el área de exposición y la intensidad de la lesión pulpar.(15)

El principal componente del Biodentine es el biosilicato, este gel puede precipitar un compuesto parecido a la hidroxiapatita cuando entra en contacto con iones fosfato, el tiempo

de fraguado de Biodentine es muy corto, por lo que es factible realizar la restauración definitiva en la misma cita sin necesidad de una base entre el biomaterial y los materiales restauradores. También se ha informado del uso de cemento de silicato tricálcico como reemplazo completo del tejido dentinario en técnicas restauradoras tipo sándwich. Las tasas de éxito reportadas varían entre el 30% y el 85%, con este estudio mostrando un 92.5% de éxito para Biodentine™ y 84.6% para White ProRoot MTA. Algunos autores indican tasas de éxito similares para ambos biomateriales en dientes permanentes inmaduros. El éxito de las terapias de recubrimiento pulpar directo radica de una rigurosa selección de casos y una correcta aplicación del protocolo de tratamiento.(5)

Comparado con MTA y Theracal LC, Biodentine presenta una mejor idoneidad en la calidad de sellado, mayor firmeza a la compresión, menor tiempo de espera para el fraguado y posee propiedades biocompatibles y bioactivas. Su tiempo de fraguado inicial es de aproximadamente 12 minutos, pero requiere hasta 14 días para alcanzar la resistencia suficiente para soportar las tensiones de polimerización.(24)

Se ha demostrado que Biodentine forma un puente dentinario de manera similar al MTA, sin provocar una respuesta inflamatoria en la pulpa, gracias a que reprime la generación de mediadores inflamatorios y la acción de células inflamatorias. Biodentine y MTA inducen formación de dentina reparadora homogénea, mientras que con CH es más porosa, lo que indica que los silicatos de calcio inducen una mayor eficacia de reparación de tejidos en comparación con el CH.(26)(47)

Biodentine es un material bioactivo y biocompatible que, debido a su facilidad de uso, no causa decoloración de la dentina. Presenta un tiempo de fraguado relativamente rápido, con un fraguado inicial entre 9 y 12 minutos, y se solidifica completamente después de 45 minutos. La combinación de Biodentine con pasta triple antibiótica (TAP) mostró la máxima liberación de iones de calcio, además de una notable eficacia antibacteriana contra *Enterococcus faecalis*.(61)

La efectividad de Biodentine no se ve afectado por factores como el sexo, el tratamiento inicial o secundario de la caries, la ubicación de la caries (oclusal o cervical), el aplazamiento en la colocación de la restauración definitiva, posición de los dientes o tipo de arco. No

obstante, la edad de los pacientes sí reflejó diferentes resultados, al igual que la decoloración evidente de la corona de los dientes tratados. En particular, 6 de 71 dientes con pulpa vital presentaron una tonalidad más amarilla que los dientes adyacentes después de 1 a 1,5 años, aunque no se observó decoloración gris. Se evaluó la duración en que Biodentine puede funcionar como material restaurador bajo la fuerza de masticación oclusal, determinando que es efectivo hasta por 6 meses. Sin embargo, en este estudio, algunas restauraciones mostraron discontinuidades (sin exposición de la dentina) y una mayor amarillez tras 2 a 3 meses en comparación con el color inmediato post-restauración. Colocar la restauración final inmediatamente después de un recubrimiento pulpar directo puede complicar procedimientos posteriores, por tanto, un período de observación de tres meses es adecuado para realizar un pronóstico preliminar y determinar la necesidad de restauraciones definitivas. La decoloración amarilla observada en la corona está asociada con la formación de dentina, inducida por la estimulación de los odontoblastos tras la aplicación de un protector pulpar directo.(50)

Biodentine facilita la regeneración del tejido duro y mejoran la capacidad de sellado al formar cristales de hidroxiapatita en la interfaz entre el material y la dentina, debido a sus propiedades bioactivas. Además, es fácil de manejar, posee buena capacidad de expulsión, alta fuerza de unión y reduce la microfiltración.(64) Posee a su vez óptimas cualidades mecánicas, mantenimiento del color natural, escasez de decoloración de las piezas dentales, manejo simple y un tiempo de espera para el proceso de fraguado inicial más corto de 12-16 min comparado con 3-4 horas con MTA. Los niveles de calcio secretados por el Biodentine son mucho más altos que los cementos de HCO. Biodentine induce la proliferación de osteoblastos y la expresión genética mediante la segregación de colágeno, la mineralización del tejido óseo y la ligadura del tejido conectivo. La hidroxiapatita producida por Biodentine sella la interfaz diente/material por lo que provee de una excelente capacidad de sellado del material de recubrimiento que es importante para el éxito del recubrimiento pulpar, sella el sitio de exposición contra microfiltraciones bacterianas y proporciona un entorno adecuado para la formación de dentina reparadora, reduce significativamente las microfiltraciones en las interfaces diente/ restauración al proporcionar mejores barreras secundarias debajo del sello de la superficie, posee gran afinidad para intercambiar iones con el sustrato del diente y unirse químicamente con la dentina.(30)



Los dientes tratados con Biodentine mostraron una formación de puentes dentinarios más gruesos y continuos, junto con menor inflamación pulpar en comparación con Dycal. Se evaluó el desempeño como protector pulpar directo en molares de adultos jóvenes de Biodentine y MTA, revelando un éxito del 100% con ambos materiales. Tras un año de seguimiento, el éxito en el grupo Biodentine fue de 100% y de 86,36% en los grupos CH y MTA. En dientes permanentes maduros, en pacientes de 15 a 30 años con exposición pulpar debida a caries, el estudio indicó tasas de éxito de 84,6% para MTA y 92,3% para Biodentine, a los 18 meses post-tratamiento. Tanto Biodentine como MTA mostraron tasas de supervivencia similares cuando se usaron como protectores dentinarios durante un período de 3 años (Biodentine: 91,7%; MTA: 96%). El estudio también resaltó que la edad es un factor influyente en el éxito del tratamiento, con una tasa del 90,9% cuando se trataba de pacientes por debajo de 40 años, en contraste con el 73,8% en pacientes de 40 años o más. Finalmente, Biodentine demostró que en el caso de ser usado como protección pulpar directa en dientes permanentes con ápices abiertos o cerrados, podía ser eficaz aunque la exposición pulpar fuera traumática, mecánica o causada por caries.(30)

#### **5.1.1.7 THERACAL**

Este material caracterizado por ser de fotocurado es usado en protección pulpar directa e indirecta, compuesto de silicato de calcio modificado con resina, contiene un monómero de resina hidrófilo, un monómero de resina hidrófobo y un relleno hidrófilo, desarrollado por BISCO.(31) Este material bioactivo, derivado del cemento Portland, le agrega una matriz de resina al MTA, equilibrando cuidadosamente la composición química. Su fórmula, que incluye MTA y una resina con afinidad al agua, se debe aplicar sobre dentina húmeda ya que facilita la segregación sostenida de calcio, posibilitando la precipitación de cristales de hidroxiapatita. Theracal LC se comercializa en jeringas similares a las resinas fluidas, lo que facilita su manipulación y permite buena fluidez del producto, aunque su manejo requiere ciertos cuidados para preservar sus propiedades. Dado su alto grado de radiopacidad, se recomienda no aplicar capas superiores a 1 mm de grosor. En caso de necesitarse capas más gruesas, deben aplicarse incrementos sucesivos para asegurar una fotopolimerización adecuada, con un volumen menor a 1 mm cubriendo la dentina que bordea la exposición.

Tras la fotopolimerización de Theracal LC por al menos 20 segundos, se puede continuar con la operatoria dental mediante técnicas adhesivas o convencionales.(4)(27)(24)

Este material fotocurable basado en silicato de calcio, diseñado para la protección pulpar tanto directa como indirecta, permite la colocación inmediata de la restauración final. Theracal LC destaca por su capacidad para liberar iones de hidróxido y calcio, combinando las propiedades beneficiosas del silicato con el manejo optimizado de la resina. Se clasifica como una cuarta generación de materiales a base de silicato de calcio.(9)(31)(7)(8)(15) (40) Su composición incluye aproximadamente un 45% de cemento Portland tipo III, un 10% de componentes radiopacos, un 5% sílice pirógena que actúa como agente espesante hidrofílico y alrededor de 45% de resina.(20) Theracal LC contiene además óxido de calcio, vidrio de estroncio, sulfato de bario, circonato y resina compuesta de Bis-GMA y dimetacrilato de polietilenglicol.(25)(24)

Theracal LC sella eficazmente el sitio de recubrimiento pulpar, incluso en presencia de fluidos dentinarios o pulpares, gracias a su solubilidad inferior en comparación con ProRoot MTA, MTA Angelus y Biodentine. A pesar de contar con una bioactividad adecuada, sus superiores propiedades de manipulación y su capacidad de establecer una unión de alta calidad con la restauración final podrían justificar su uso como agente de protección pulpar indirecta (IPC). Sin embargo, se necesita desarrollar estudios in vitro e in vivo más completos para obtener mejor información. (7)

Entre las desventajas de Theracal LC se incluyen propiedades citotóxicas que afectan a las células mesenquimáticas de la pulpa dental. Los componentes de la resina de metacrilato afectan negativamente las membranas celulares al alterar la bicapa lipídica, y su uso en protección pulpar directa puede resultar en la formación de puentes dentinarios discontinuos, lo que incrementa la microfiltración. Además, si el área de exposición pulpar no proporciona suficiente agua para la hidratación del material, la liberación de iones de calcio de Theracal LC puede ser menor en comparación con Biodentine, reduciendo su capacidad de liberar calcio. La presencia de posible resina sin fotopolimerizar en el agente de recubrimiento pulpar, se asocia con frecuencia a reacciones pulpares perjudiciales, como efectos tóxicos e inflamatorios sobre la pulpa. Por estas razones, Theracal LC no es recomendable para su uso en protección pulpar directa.(4)(31)(7)

El uso de Theracal LC aún es controversial debido al contenido de resina y acidez como característica, sin embargo, posee un elevado pH, convirtiéndolo en alcalino lo que es beneficioso para limitar el crecimiento bacteriano. Se ha concluido que los materiales que contienen como componente principal el silicato de calcio secreta iones y generan apatita, cumpliendo con las propiedades de biointeractividad y bioactividad, lo cual los convierte en un biomaterial. La liberación significativa de calcio y la acelerada formación de apatita exponen su capacidad para formar un puente integro de dentina.(4)

Este material ha sido objeto de numerosos estudios tanto in vitro como in vivo, arrojando resultados mixtos, varios autores han sugerido limitar su aplicación al recubrimiento pulpar indirecto, debido a su impacto negativo en la viabilidad, proliferación, adhesión y afectando en las células mesenquimáticas de la pulpa su morfología. Esto se evidencia en un estudio clínico reciente que evalúa la eficacia de Theracal LC, Biodentine y MTA como agentes de recubrimiento pulpar, encontrando que Theracal LC tuvo una tasa de éxito inferior en comparación con Biodentine. La capacidad significativamente mayor de mineralización demostrada por Biodentine y Theracal LC, en comparación con los grupos de control, destaca sus propiedades bioactivas y, en consecuencia, su potencial para favorecer la formación de una capa mineralizada en su superficie cuando se colocan en contacto directo con el tejido pulpar.(9) Además, Theracal LC ha demostrado que su fuerza de adhesión es sustancialmente más altos en comparación con otros materiales, así como una menor solubilidad que Biodentine y los revestimientos a base de hidróxido de calcio. Por lo tanto, parece menos probable que ocurra la contaminación de la superficie dentinaria debido al proceso de grabado, que se considera crucial para la adhesión del composite a la dentina.(24)

Theracal LC proporciona la alcalinidad alta inicial, pH 10 a 11, necesaria para la curación pulpar, pero vuelve a un pH neutro después de unos días, hace factible la viabilidad de las células pulpares y el desarrollo de nueva dentina reparadora, descarga altos iones de calcio al principio y produce un pH natural cercano al pH fisiológico después de 60 días. Los resultados mostraron que la liberación de iones calcio fue significativamente mayor en Theracal LC que en ProRoot MTA, y disminuyó durante todo el período analizado. La gran cantidad de iones calcio liberados por Theracal LC están relacionados con la presencia de

un componente de silicato de calcio en un monómero hidrófilo, lo que lo convierte en un material excepcionalmente estable y duradero.(20)

Al comparar Theracal LC con Biodentine y MTA, no se observó una diferencia notable estadísticamente en sus tasas de éxito global. Según el estudio, Theracal LC mostró resultados prometedores a corto plazo, aunque su eficacia a largo plazo sigue siendo limitada.(15) A diferencia de los materiales basados en hidróxido de calcio, Theracal LC exhibió una disminución notable en la viabilidad celular en estudios in vitro. Esta disminución podría deberse al componente de relleno de Theracal LC que afecta negativamente a las células pulpares, inhibiendo su crecimiento y provocando una desregulación del ciclo celular. Esta podría ser la principal causa del fallo observado en el hidróxido de calcio fotopolimerizable.(35)

Tanto Dycal y Theracal LC no logran proporcionar necesario aislamiento térmico para procedimientos posteriores activados por luz, tampoco evitan el aumento de la temperatura intrapulpar durante la fotopolimerización. Por lo tanto, a pesar de que los revestimientos tengan baja conductividad térmica, no se traduce en que proporcionen un aislamiento térmico propicio. Ninguna de las bases, como el ionómero de vidrio (Fuji IX GP), el ionómero de vidrio modificado con resina (Vitrebond Plus) o el silicato tricálcico (Biodentine), son capaces de proporcionar suficiente aislamiento térmico.(27) Los aditivos fotopolimerizables liberados por Theracal LC están relacionados a la inducción de la apoptosis de las células al aumentar la presencia de especies que reaccionan ante la presencia de oxígeno; mientras que el alto pH producido por Dycal proporciona una alta concentración de iones hidroxilo y posteriormente provoca la muerte celular.(23)

Los cementos fotocurables a base de hidróxido de calcio, compuestos por monómeros de metacrilato, presentan un tiempo de trabajo controlado, buena resistencia, baja solubilidad en ácido, y alcanzan de inmediato propiedades mecánicas óptimas tras el proceso de curado. Estos cementos ofrecen características físicas superiores, como polimerización ligera, menor susceptibilidad al ácido fosfórico y baja solubilidad en agua a lo largo del tiempo. Sin embargo, se ha observado un período prolongado de lixiviación, lo cual puede resultar en elevados valores de solubilidad. Este fenómeno puede comprometer la capacidad de sellado de la restauración y afectar negativamente la liberación de iones.(51)

El uso de un liner en la restauración dental disminuye la superficie disponible para la adhesión, aunque también reduce el grosor de la resina compuesta, lo cual mejora las propiedades mecánicas de la restauración. No obstante, la aplicación de un liner bajo una resina compuesta se ha asociado con reducciones significativas en la durabilidad de la restauración, debido a la falta de adhesión del liner a la estructura dental que induce comportamientos mecánicos adversos. Dado que las resinas compuestas poseen propiedades aislantes y la necesidad de un liner puede ser discutible, ya que el material de restauración podría ofrecer un aislamiento térmico suficiente por sí mismo.(55)

El cemento de silicato de fosfato de calcio, en el que se incorporan sales de fosfato al cemento de silicato de calcio convencional, se presenta como masilla premezclada o como una pasta en jeringa, que comienza a fraguar al contacto con la humedad. Este material, comercializado como TotalFill, compuesto por silicato de calcio hidráulico y fosfato de calcio monobásico, posee propiedades mejoradas de fraguado y produce una estructura cristalina similar a la hidroxiapatita dental. El hecho de que las partículas se reduzcan en tamaño favorece una mejor reacción de hidratación y una liberación más eficiente de iones calcio e hidroxilo, lo que incrementa la mineralización y promueve una alta deposición de fosfato de calcio. Esto se acompaña con la creación de conjuntos tipo etiquetas que se extienden hacia los túbulos dentinarios, generando un anclaje micromecánico.(57)

La tasa general de éxito para la protección pulpar directa se calculó en un 98%, sin importar el material empleado. El éxito clínico y radiográfico fue del 100% a los 12 meses y del 96% a los 24 meses. El mayor valor tanto en éxito clínico como radiográfico se registró para Biodentine (100% en ambos casos), siendo ligeramente superior al de MTA (97,5%) e hidróxido de calcio (97% en ambos casos). Ninguno de los estudios mostró características clínicas o radiográficas específicas. Por otro lado, la tasa de éxito general para la protección pulpar indirecta fue del 93,5% de éxito radiográfico siendo ligeramente superior al éxito clínico. En términos de eficacia de los diferentes medicamentos, Theracal demostró resultados excelentes, alcanzando el 100% tanto en éxito clínico como radiográfico a los 24 meses. Biodentine presentó resultados similares (94% clínico y 100% radiográfico), superando a los de hidróxido de calcio (78% y 89%, respectivamente). Los resultados indicaron que las tasas de éxito para todas las técnicas de pulpa vital, independientemente

del medicamento utilizado, superaron el 75%, siendo el éxito clínico y radiográfico similar en la mayor parte de casos estudiados. Pese a eso, no se han obtenido conclusiones claras sobre la superioridad de alguna técnica de terapia pulpar vital (VPT) en el desarrollo completo de la raíz, y se requieren más estudios para evaluar las tasas de éxito de PPI y PPD. Hasta que se disponga de más evidencia, y considerando la tendencia actual hacia terapias mínimamente invasivas, se debe considerar la selección de la terapia menos invasiva que preserve la vitalidad pulpar e induzca un mayor desarrollo de la raíz.(14)

En general, en el caso de la protección pulpar directa (PPD) la tasa de éxito obtenida es alta, mucho más en los primeros momentos, la elección del material de protección también influye en los resultados que se controlan durante los siguientes años. La tasa de éxito de la protección pulpar fluctúa entre el 72,9% y el 95,4%.(38) El resultado de la protección pulpar con hidróxido de calcio es comparable al de los cementos hidráulicos de silicato de calcio, como el MTA y Biodentine, durante 6 meses de seguimiento. Por otro lado, en observaciones de más de 12 meses, el MTA posee mejor respuesta que el hidróxido de calcio en comparaciones directas aleatorias y no aleatorias. MTA y Biodentine mostraron resultados similares tanto a corto como a largo plazo. Los datos recopilados para esta revisión reflejan una disminución de la tasa de éxito del CH a medida que se prolonga el tiempo, mientras que el de MTA y Biodentine permanece moderadamente estable, ambos materiales comparten características biológicas, químicas y propiedades físicas, a pesar de que Biodentine es de fácil manejo y de fraguado más rápido que el MTA. No hay evidencia que respalde una diferencia en el éxito a corto plazo (hasta 6 meses) entre los cementos de hidróxido de calcio y los de silicato de calcio. (36)

Determinaron el espesor promedio del puente de dentina en una radiografía en un intervalo de 3 y 6 meses. Los espesores promedio fueron 0,235 mm para MTA y 0,121 mm para hidróxido de calcio, a diferencia del espesor promedio de la dentina de 0,52 mm en este ensayo, que es ligeramente mayor que en el estudio referido. Se encontró que la tasa de éxito con hidróxido de calcio (fraguado) es del 93,5%; con GIC (Tipo VII) fue del 97% y con MTA fue del 100%.(29)

El éxito conjunto del tratamiento con HCSC fue superior al 80% a los 3 años, pero el hidróxido de calcio fue sólo del 59%, por lo que se evidencia que HCSC tienen un alto nivel

de éxito y predeciblemente mejores que el hidróxido de calcio. Hasta la fecha, aunque la respuesta biológica a los HCSCs crea puentes mineralizados más gruesos y de mayor calidad que el hidróxido de calcio, la respuesta a ambos es reparativa en naturaleza, con la formación de un tejido duro similar a una cicatriz que no se considera dentina. La acción reparadora del hidróxido de calcio, los HCSCs y otros agentes se atribuye tanto a la interacción con las células pulpares como a la liberación inducida por el material de componentes bioactivos de la matriz dentinaria que contienen una variedad de factores de crecimiento que estimulan individualmente eventos reparativos en las poblaciones de células de la pulpa dental.(45)

La tasa de éxito del recubrimiento pulpar directo varía según el tiempo de seguimiento. La edad del paciente, el sitio de exposición, y el material de cobertura tuvieron efectos significativos en la tasa de supervivencia. Los pacientes más jóvenes obtuvieron mejores resultados en los estudios previos, con una notable diferencia en comparación con los pacientes de 60 años: aquellos menores de 40 años presentaron resultados significativamente superiores. La dentina axial es más permeable en comparación con los pisos pulpares de las cavidades de Clase II. Además, es más complicado aislar la exposición axial de los contaminantes que la exposición oclusal. Asimismo, puede resultar más desafiante la eliminación por completo de la caries, aplicar el material de recubrimiento pulpar y sellar adecuadamente la cavidad.(46)

Los puentes de dentina más completos se observaron después del recubrimiento pulpar directo (DPC) con MTA. El recubrimiento pulpar con el uso de MTA afectó citológica y funcionalmente a las células pulpares, resultando así en la formación de fibrodentina y dentina reparadora. Se observó una formación ligeramente inferior del tejido después del recubrimiento pulpar con Biodentine. Además, resulta que, en términos de características, la dentina reparadora recién formada gracias a Biodentine se parecía más a la osteodentina. Los resultados obtenidos indican que MTA y BD indujeron nueva dentina reparadora, y que las características de la dentina inducida por MTA fueron superiores después del recubrimiento pulpar indirecto con MTA, cemento de ionómero de vidrio (GIC) tipo VII y CH, el espesor de la dentina terciaria (dentina reactiva en este caso) fue el mayor después del uso de MTA. Además, en el recubrimiento pulpar directo el mayor espesor de dentina terciaria se observó con MTA.(65)

Hidróxido, MTA y Biodentine afectaron positivamente la pulpa expuesta e iniciaron activamente la formación de dentina reparadora en cada diente, mientras que Single Bond Universal resulta en la formación de puentes significativamente de menor calidad, espesor y volumen. Los tejidos reparativos inducidos por MTA y Biodentine son homogéneos, mientras que los inducidos por hidróxido son porosos, lo que sugiere un proceso reparador diferente al inducido por el silicato de calcio. Los estudios indican una mayor eficacia de reparación de tejidos del silicato de calcio en comparación con el del hidróxido, probablemente debido al reclutamiento de células madre pulpares por parte de los primeros. La proliferación y especialización de las células está estimulada por el propio silicato de calcio, que es uno de los componentes principales de MTA y Biodentine.(66)

El mantenimiento de la vitalidad pulpar debe confirmarse mediante pruebas de sensibilidad pulpar. Los procedimientos VPT deben evaluarse 6 y 12 meses después de la operación y a intervalos regulares después de eso. Las respuestas a las pruebas de sensibilidad pulpar deben ser positivas sin que persista dolor o respuesta exagerada. El paciente no debe presentar dolor ni otros síntomas y debe haber evidencia radiológica de formación continua de raíces en dientes inmaduros, así como ausencia de signos reabsorción interna de raíz y periodontitis apical.(28)

Cuando los DPC se colocan en contacto directo con cementos de silicato tricálcico, mostraron niveles más altos de activación genética, lo que a su vez podría traducirse en una reparación pulpar más efectiva y una formación más rápida y predecible de dentina reparadora. La bioactividad es una de las propiedades más deseadas de los cementos de silicato tricálcico y es responsable del número cada vez mayor de aplicaciones clínicas de estos cementos en la ingeniería de tejidos biomédicos. La bioactividad básicamente es la capacidad de un material de interactuar con las células del cuerpo humano para inducir una respuesta biológica específica.(62)

Los estudios informan que ante la aplicación de un protector pulpar directo la respuesta de la pulpa se relaciona con la microfiltración bacteriana. Los microbios interfieren con la respuesta pulpar a los materiales de cobertura. Se observó que las bacterias estimulan la actividad inflamatoria pulpar y reducen el área de formación del puente dentinario independientemente del material utilizado para el recubrimiento pulpar. Muchos autores han



sugerido que la supervivencia pulpar después de una exposición oral no es tanto una función de la bioactividad potencial de un agente sino de su capacidad para proteger la pulpa de exposiciones bacterianas.(13)

La ventaja de los materiales naturales no puede ser exagerada ni superada fácilmente por ningún material sintético, que puede ser probado para determinar sus características adecuadas en un período relativamente corto. Otra ventaja de los materiales naturales es que se obtienen relativamente fácilmente debido a su abundancia y producción sin necesidad de un control de reacción estricto o pasos complicados. Presumiblemente debido a estas ventajas, los materiales de origen natural han sido preferidos para procedimientos endodónticos y estrategias regenerativas durante muchos años.(47)

#### **5.1.1.8 PRÓXIMA GENERACIÓN DE MATERIALES**

Los andamios TAMP multiporosos amorfos hechos a medida, compuestos de óxido de calcio y silicatos, son una nueva clase prometedora de material que ha demostrado una sólida regeneración y preservación de huesos y tejidos blandos, tienen buena biocompatibilidad como agente de recubrimiento pulpar con DPSC humanas y porcinas.(11)

El fluoruro de diamina de plata (SDF) se emplea como una opción más conservadora para el tratamiento de la caries dental. Esta solución tópica de fluoruro contiene una elevada concentración tanto de fluoruro como de iones de plata, estos iones poseen un efecto bactericida sobre la biopelícula cariogénica; el fluoruro ejerce un efecto remineralizante en el esmalte y la dentina afectada por caries. El SDF inhibe la actividad de las metaloproteinasas y catepsinas de la matriz, enzimas que contribuyen a la degradación del colágeno en la dentina; además, los precipitados de plata resultantes pueden hacer que la permeabilidad propia de los túbulos de dentina disminuya, impidiendo que los microorganismos y sus subproductos accedan a la pulpa dental. (67)

Además, el fluoruro de diamina de plata (SDF) puede contribuir al control del dolor y las infecciones dentales, limitando la progresión de las lesiones cariosas. Su acción inhibe la desmineralización y preserva el colágeno en la dentina afectada, fomentando así una

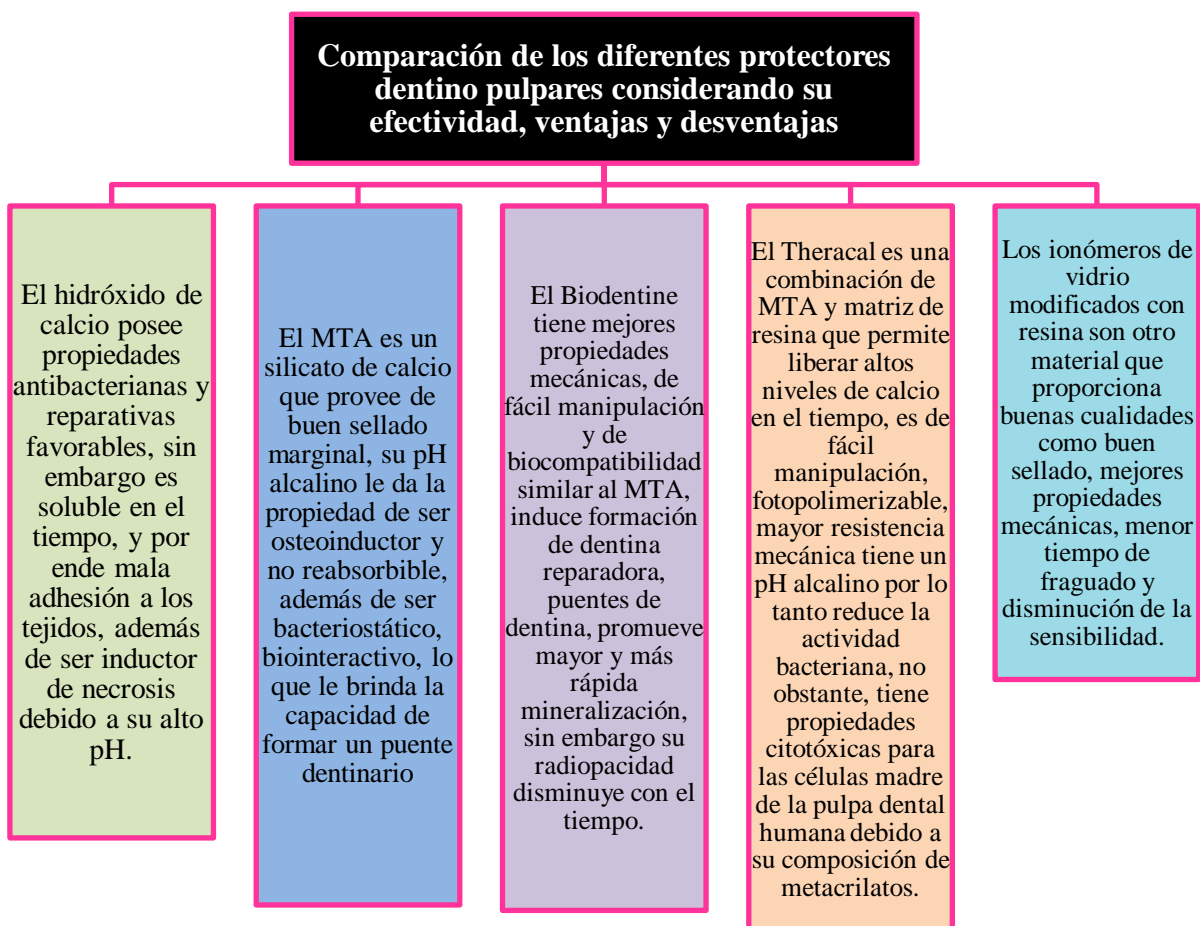
respuesta positiva del complejo dentina-pulpa. La tasa de formación de dentina terciaria está directamente relacionada con la gravedad del trauma infligido a la pulpa. Este trauma puede ser provocado por la acción de los microorganismos y sus subproductos, procedimientos, o los materiales de restauración empleados. El colágeno del tejido duro del diente se expone debido a la desmineralización provocada por los subproductos ácidos de las bacterias responsables de la caries. A medida que el colágeno se expone más, un mayor número de iones de plata se reducen a plata metálica en un período de tiempo más corto, lo que resulta en una decoloración negra. No obstante, algunos estudios han demostrado variaciones en la profundidad de la penetración de la plata y la extensión de la decoloración de los dientes. Según revisiones de literatura disponibles la aplicación directa de SDF causa necrosis pulpar mientras que la aplicación indirecta ante respuestas inflamatorias leves es biocompatible con el tejido pulpar, para consolidar estas aseveraciones es imprescindible realizar estudios futuros con pruebas cuantitativas y cualitativas precisas, un tamaño de muestra más grande y mayor tiempo de seguimiento para comprender la actividad biológica de la pulpa dental en el tratamiento con SDF.(67)

El óxido nítrico exógeno (NOC-18) ha emergido recientemente como una opción comparable al MTA para VPT, ya que ofrece resultados similares, el óxido nítrico regula tanto la función como la diferenciación de diversos tipos de células madre, ejerciendo también un efecto modulador sobre las células de los tejidos dentales. En estudios recientes, el NO ha sido reconocido como un elemento crucial en la regeneración del tejido pulpar dental, tanto en procesos fisiológicos como patológicos.(3)

En la búsqueda de alternativas restaurativas, la experimentación e investigaciones con nuevos medicamentos han incluido la actividad del Tideglusib. Este fármaco se ha enfocado en la premisa de lograr la regeneración completa de la dentina terciaria. Se estima que en pocos años se logre implementar este procedimiento en las clínicas dentales.(68) En un esfuerzo por mejorar la inducción y diferenciación de células similares a odontoblastos, se han realizado varios intentos para estimular la dentinogénesis regenerativa utilizando inhibidores o activadores farmacológicos, a menudo ya aprobados por la Unión Europea (UE) o la Food and Drug Administration (FDA) para otras enfermedades como cáncer y Alzheimer. Entre estas el Tideglusib, uso de fármacos anti-colesterol como simvastatina, estos medicamentos han demostrado una promesa considerable en la mejora de la

mineralización y los procesos regenerativos en comparación con los tratamientos existentes; sin embargo, la aplicación de estos novedosos tratamientos de próxima generación a la clínica dental presenta desafíos relacionados con la regulación, la financiación y el desarrollo de asociaciones industriales que deben abordarse. Los materiales poliméricos de origen natural utilizan moléculas derivadas de las propias células, sus características y funcionalidad son preferibles para la administración de medicamentos y se producen como resultado de años de selección natural.(47)

**Gráfico 17. Comparación de protectores dentino pulpares**



**Realizado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo**

### **5.1.2 IMPORTANCIA DEL USO DE LOS MATERIALES DE PROTECCIÓN PULPAR**

Frente a los tratamientos endodónticos o exodoncia, una opción es el uso de un protector pulpar directo (PPD) que implica la aplicación directa de un agente terapéutico sobre la exposición pulpar, o la colocación de un recubrimiento protector (PPI), buscando preservar con vida a la pulpa dental, evitando así intervenciones más invasivas. .(69)(4)(31)(19)

Los objetivos fundamentales de la protección pulpar son: la preservación de la pulpa dental con vitalidad en dientes comprometidos, función del diente y tejidos de soporte ya sea por caries o lesiones traumáticas, la estimulación de la reparación defensiva mediante la elaboración de dentina reparativa, la protección pulpar contra posibles efectos tóxicos de los materiales de restauración y el sellado de los túbulos dentinarios para evitar la penetración de microorganismos o sus subproductos en la interfaz restauración-diente, y así mismo proteger la pulpa de irritantes asociados con procedimientos restaurativos, que provocan inflamación principalmente por fuga de microorganismos. (24)(36)Es crucial mantener la salud y vitalidad de la capa de células de odontoblastos, ya que son responsables de la capacidad pulpar para protegerse por medio de secreción de dentina terciaria por los odontoblastos primarios. La entrada de iones de calcio desde el material aplicado a la pulpa promueve el reclutamiento y la proliferación de células indiferenciadas en la pulpa, además de activar las células madre.(22) (37)(33)(8)(50)(51)

El recuento microbiano reducido se logra por la limitación del suministro de nutrientes exógenos al aislar la caries de la cavidad bucal mediante el recubrimiento de la cavidad con hidróxido de calcio o silicato de calcio los cuales poseen propiedades bactericidas y bacteriostáticas, resultando en una reducción significativa de las bacterias cariogénicas permitiendo mantener la integridad total del tejido pulpar bajo diversas condiciones patológicas de exposición.(26)(40)(20)

La pulpa se encuentra altamente innervada, por lo que la pérdida pulpar conlleva la alteración de sus funciones neurológicas, lo que resulta en la desaferentación del nervio pulpar en el tronco del encéfalo. Otra repercusión de la pérdida pulpar es la perturbación de las defensas de la pulpa, afectando tanto la inmunidad innata como la adquirida. En respuesta a la

invasión bacteriana causada por la caries, la pulpa dental libera una variedad de sustancias, incluidos neuropéptidos, y desencadena una inflamación neurogénica para combatir la mayor infiltración bacteriana.(39)

La aplicación de materiales como protección pulpar ha demostrado buenos resultados en cuanto al mantenimiento asintomático de la vitalidad pulpar y la restauración de la función fisiológica dental.(9) En dientes desvitalizados, la respuesta a estímulos externos disminuye debido a la pérdida total de la percepción y de las funciones inmunológicas, lo que resulta en una mayor fragilidad causada por la reducción de la capacidad metabólica. Además, los dientes sin vitalidad se encuentran inmunocomprometidos, lo que frecuentemente los expone a nuevas infecciones bacterianas. La ausencia de sensación durante estas reinfecciones facilita la progresión de la caries dental, sumado a que la tasa de éxito en el retratamiento del conducto radicular es limitada, y la repetición de estos tratamientos suele ser necesaria, incrementando la fragilidad del diente e inclusive causar grietas o fracturas en las raíces. En consecuencia, la extracción del diente a menudo se torna necesaria, lo que hace que la calidad de vida se vea deteriorada para el paciente. Por esta razón, un adecuado recubrimiento pulpar directo puede prevenir la necesidad de tratamientos de conducto y extracciones dentales.(19)(5)

La protección pulpar directa se ha empleado como un tratamiento alternativo para conservar la vitalidad pulpar, evitando así la realización de hasta 22 millones de tratamientos endodónticos anuales en los Estados Unidos.(25) Preservar la pulpa dental con vida es esencial, ya que los tejidos pulpares permanecen vitales y funcionales pueden activar mecanismos de autorreparación y proteger el diente contra la invasión bacteriana. Por el contrario, el daño irreversible a la pulpa puede resultar en necrosis y en la interrupción del desarrollo radicular.(14)(15)

La pulpa dental está frecuentemente amenazada por la invasión microbiana, y si esta infección no se trata, puede sobrepasar la capacidad defensiva de la pulpa, causando una pulpitis progresiva, muerte de los odontoblastos y, finalmente, necrosis pulpar. Aunque la endodoncia permite la conservación del diente, la eliminación total del tejido pulpar dañado de manera irreversible es un proceso tanto destructivo como técnicamente demandante, que elimina todas las propiedades inherentes de la pulpa, incluidas la percepción sensorial y las

funciones inmunológicas y reparadoras, incrementando el riesgo de fracturas y pérdida dental. La conservación del tejido pulpar sano y la subsiguiente prevención de la patología apical constituyen la base biológica del cuidado dental operativo y el núcleo de la endodoncia preventiva. La promoción de la mineralización mediante la dentinogénesis reparadora terciaria incrementa el grosor de la dentina entre la pulpa y la región más profunda de cualquier cavidad, alejando así la proximidad de la amenaza hacia la pulpa.(47)

Es esencial preservar íntegra la pulpa para mantener funciones de desarrollo pulpar, incluyendo la dentinogénesis primaria y secundaria, así como de defensa a través de la dentinogénesis terciaria y respuesta propioceptiva. Tiene como finalidad además eliminar la irritación microbiana y prevenir futuros ataques bacterianos, es crucial la colocación de un biomaterial dental que actúe como sellador y estimular las células similares a los odontoblastos para generar materiales dentinoides o lo que se llama puente dentinario y proteger la pulpa dental vital expuesta, o su vez produzca esclerosis dentinaria, que induzca el desarrollo de dentina reparativa limitando la desmineralización de dentina cariada, protegiendo tanto dentina expuesta como la pulpa frente a estímulos externos físicos, químicos, térmicos, eléctricos o agentes químicos lixiviados de los sistemas adhesivos, también ejercer un control bacteriano, reducción de la contaminación, estimular la formación de dentina terciaria, promover la curación pulpar. Además, busca restaurar la cavidad de manera que se establezca un sellado duradero y a largo plazo, garantizando así la conservación de un diente vital, asintomático y funcional.(28)(29)(38)(3)(23)(41)

En casos de fracturas complicadas de la corona dental, la conservación de la vitalidad pulpar es de suma importancia. Esto no solo es esencial para dientes inmaduros, en los cuales es crucial la continuación del desarrollo radicular y su completa maduración, sino también para dientes permanentes jóvenes y maduros en los que el desarrollo de la raíz ya se ha terminado.(16)

La protección pulpar es el tratamiento de elección para dientes permanentes inmaduros con exposición pulpar, dado que la obturación endodóntica definitiva del conducto radicular resulta en paredes delgadas y mayor susceptibilidad a fracturas. Mantener el tejido pulpar vital es esencial, ya que ayuda a la producción de dentina secundaria, dentina peritubular (esclerosis) y dentina reparadora ante estímulos biológicos y patológicos. Una pulpa

funcionalmente vital constituye la mejor barrera para proteger contra la invasión de microorganismos en los tejidos pulpaes.(18)

El núcleo de la Odontología Operativa es conservar en la posibilidad del caso la vitalidad e integridad del tejido pulpar y ofrecer al paciente una mínima intervención, poco invasiva y manteniendo las funciones de desarrollo, defensa y propioceptivas. El objetivo principal del recubrimiento pulpar es proteger el tejido expuesto de la irritación externa, principalmente de naturaleza bacteriana. Se desaconsejan los materiales adhesivos a base de resina y se desarrollan nuevos materiales de base biológica con el objetivo principal de promover la formación de puentes mineralizados.(48)

Un abordaje mínimamente invasivo en el tratamiento de lesiones de caries que causan pulpitis reversible, evitando la necesidad de realizar un tratamiento de conducto, mantener la pulpa dental vital con protección pulpar tiene varias ventajas: preserva la integridad estructural y las funciones inmunológicas del diente, es una técnica más sencilla que requiere menos tiempo, menos equipo y menos materiales por parte del dentista y, además, es un procedimiento menos costoso para el paciente, que provoca menos dolor.(34) La protección pulpar directa es un procedimiento mínimamente invasivo que ahorra tiempo, costos y esfuerzo tanto para los médicos como para los pacientes. Por tanto, esta opción de tratamiento se considera de alto valor en el contexto socioeconómico.(46) La exposición directa de la pulpa al ambiente bucal rompe la integridad del complejo pulpa-dentinaria y, si no se trata adecuadamente, provocará periodontitis apical, que eventualmente requerirá tratamiento de conducto o extracción.(53)

Favorecer las capacidades de defensa y regeneración de la pulpa, conduciendo así a la curación de las lesiones.(65) Actualmente, las nuevas inclinaciones de la odontología consisten en mantener y salvar en lo posible la más alta cantidad y calidad de estructura dental. Se considera que ante estímulos agresivos y dañinos, como procesos cariosos o traumatismos aún es posible la regeneración completa de la dentina terciaria.(68) La protección de la vitalidad del diente mediante la regeneración de la dentina reparadora en el complejo material-pulpar, que funciona como un sello biológico antes de causar la necesidad de una opción de tratamiento más costosa e invasiva como los tratamientos de conducto.(70) Después de la exposición de la pulpa y el DPC, los primeros cambios incluyen hemorragia

e inflamación moderada, que se resuelven durante la primera semana. Entonces las células de la pulpa comienzan a diferenciarse, estas células tienen rasgos de comportamiento similares a los de los odontoblastos y comienzan a producir una matriz rica en colágeno que se asemeja a la predentina.(15)

Sin relación a qué materiales se utilicen en los métodos actuales de recubrimiento pulpar directo, el mecanismo de formación de dentina reparadora es una reacción de la pulpa dental a la estimulación química de materiales con un pH alto, a diferencia del proceso de formación del complejo dentina-pulpa. Se espera la invención y estudios de nuevas terapias que induzcan la cicatrización de heridas y la dentinogénesis similar al proceso natural. En tratamientos de protección pulpar directa, normalmente se administran anestésicos locales y se realiza la preparación de la cavidad, lo que puede provocar efectos perjudiciales, incluido el daño a la pulpa dental. Los principales efectos adversos de estos procesos son el estrés por calor y la isquemia. El estrés por calor es generado por los instrumentos giratorios que cortan y se usan para eliminar el tejido duro dental infectado y es uno de los estímulos exógenos más severos para la pulpa dental. Isquemia causada por anestésicos locales, que puede inducir hipoxia en la pulpa dental.(19)

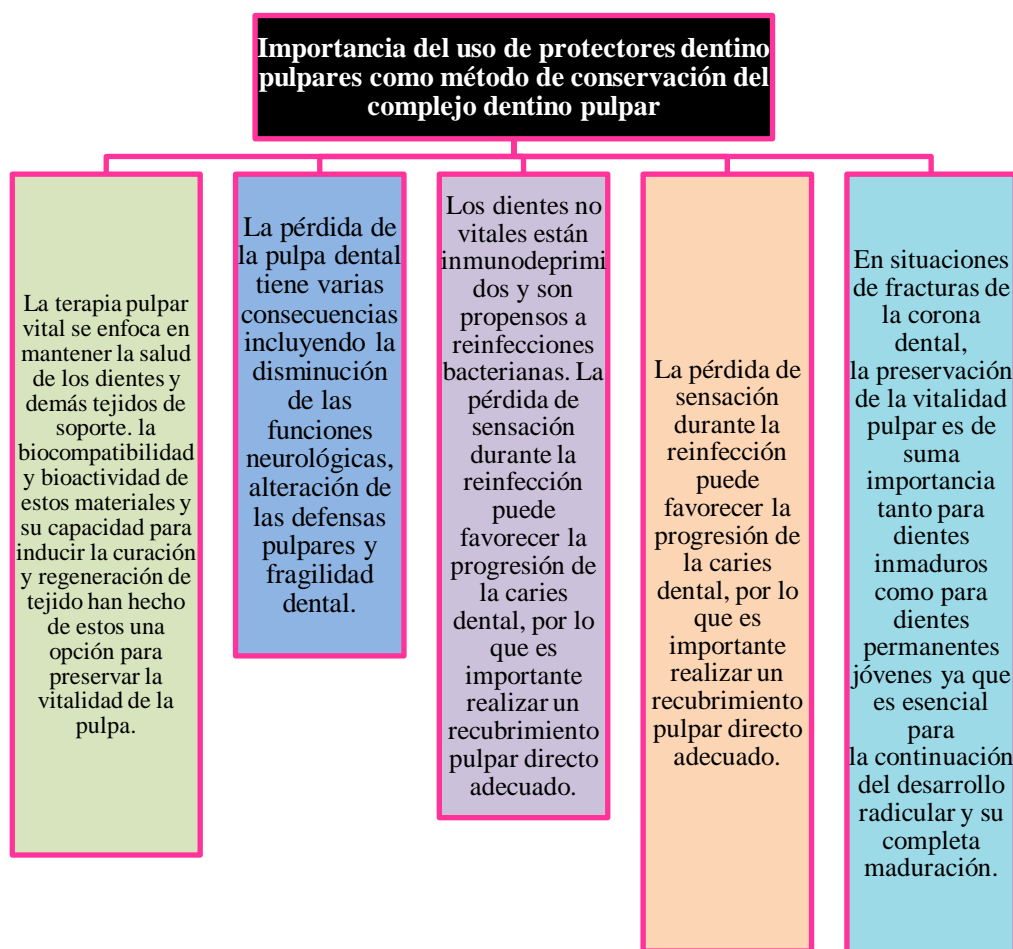
El tejido pulpar, tiene una capacidad innata para sanar si se elimina la lesión y el diente se restaura adecuadamente, a pesar de limitar la inflamación pulpar es fundamental durante la VPT, un nivel controlado de pulpitis es útil, al menos en las etapas iniciales, para impulsar los procesos reparativos. En respuesta al desafío y la lesión, el complejo dentina-pulpa no sólo reacciona inmunológicamente, sino que también forma dentina terciaria que provee de una barrera reparadora física local adyacente al desafío dañino y contribuye a la restauración de la integridad del tejido. Aunque el sellado del material de recubrimiento es importante y debe ser proporcionado por el material de recubrimiento pulpar o por la restauración suprayacente, otros factores como la biocompatibilidad, la promineralización, las propiedades antiinflamatorias y/o antimicrobianas también son primordiales, así como consideraciones prácticas relacionadas con la manipulación, el tiempo de fraguado, el costo y la radiopacidad. (47)

El material promueve simultáneamente la curación del tejido pulpar mediante la inducción de la formación de dentina reparadora, siendo así que la cicatrización de heridas pulpares,



las células generalmente proliferan y migran al sitio lesionado. Posteriormente, estas células se diferencian en células similares a odontoblastos, responsables de la formación de dentina terciaria. Estas células se originan en diversas regiones del tejido pulpar, incluyendo el área perivascular. En respuesta a una caries dental profunda, las células de la zona perivascular proliferan y luego migran a un área adyacente al sitio de la lesión en un período de 4 a 6 semanas, formando dentina reaccionaria. Tanto el MTA como el Biodentine han mostrado biocompatibilidad y han respaldado la actividad celular, contribuyendo así a la capacidad de regeneración.(23) Las filtraciones y la migración bacteriana desde la interfaz de la restauración pueden provocar diversos problemas, tales como hipersensibilidad posoperatoria, caries secundaria y, en última instancia, el fallo de la restauración.(70)

**Gráfico 18. Comparación de protectores dentino pulpares**



**Realizado por: Francis Gabriela Villa Córdor – Lisseth Amabel Guzmán Pagalo**

## 5.2 DISCUSIÓN.

Los protectores dentinopulpaes son materiales que están ganando cada vez más relevancia en el campo odontológico debido a la creciente tendencia hacia tratamientos más conservadores y de intervención mínima, con el propósito de mantener la mayor cantidad posible de estructura en buen estado y vitalidad las piezas dentales. Estos materiales actúan revistiendo una cavidad antes de colocar una restauración definitiva, ya sea que haya o no exposición pulpar, formando así un bloqueo que evite la propagación de bacterias hacia la pulpa dental. Además, tienen un efecto terapéutico que busca fomentar la salud del complejo dentinopulpar actuando como reemplazo de la dentina y en ocasiones, dependiendo de las propiedades del material, puede regenerar las células propias de la pulpa. (9)(71)

Los autores (39)(28)(68) mencionan que los protectores dentinopulpaes se utilizan en dos tipos de tratamiento: la protección pulpar directa (PPD) e indirecta (PPI). El autor (7) y el autor (37) definen a la protección pulpar directa como el proceso donde se coloca un material biocompatible sobre la exposición de la pulpa en la zona coronal, con la finalidad de inducir la formación de un puente reparador de dentina y mantener la vitalidad pulpar. Por otro lado, los autores (25) y (31) describen al recubrimiento pulpar indirecto como un tratamiento utilizado en cavidades profundas que se encuentran muy cercanas a la pulpa, pero donde aún no existe la presencia de una exposición visible, por lo cual el material de protección se aplica sobre la fina capa de dentina restante.

Para el uso de los materiales dentinopulpaes, es necesario cumplir con ciertas indicaciones que permitirán prever el éxito o el fracaso del tratamiento. Según los autores (69) y (72) la principal indicación para el uso de la protección pulpar indirecta es una cavidad profunda sin que exista contacto directo con la pulpa, y donde aún se identifique una capa de dentina presente. De esta manera, el material podrá favorecer la recuperación y remineralización de la dentina que queda en el suelo de la cavidad. Así también, los autores (12) , (47) y (2) complementan esta información mencionando que es importante realizar una evaluación radiográfica donde la progresión de la lesión no haya alcanzado la pulpa, no haya presencia de radiolucidez periapical, ni reabsorción interna o externa.

Por el contrario, los autores (17), (46) y (38) sugieren que el factor más importante a considerar para determinar si el uso de un protector pulpar indirecto está indicado es el espesor de la dentina remanente (PDR), ya que esta es la encargada de proteger la pulpa de amenazas químicas, térmicas o biológicas y de esto dependerá la necesidad de utilizar o no un biomaterial. Por esa razón, mencionan que si la cavidad es muy profunda ( $PDR < 1,5$  mm), se debe colocar una base previa a la restauración definitiva. Mientras que si la cavidad es poco profunda ( $PDR > 1,5$  mm), no es necesario el uso de ningún material de protección. Además, los autores (11) y (10) resaltan la importancia de manipular el material de protección con cuidado, evitando siempre la contaminación bacteriana y posteriormente colocando una restauración definitiva hermética.

Por otra parte, las indicaciones para utilizar la protección pulpar directa difieren, puesto que su principal característica es la exposición visible de la pulpa. Según los autores (19), (29) y (6) la exposición de la pulpa dental puede generarse principalmente por tres causas: traumatismos, motivos mecánicos o progresión de caries. Los autores (55) y (26) comparten este criterio; sin embargo, han considerado importante detallar en qué consiste cada tipo de exposición. Cuando la parte coronal de un diente se agrieta o fractura debido a una lesión accidental, como un golpe de contacto directo o accidentes de tránsito, se considera una exposición traumática. Si la exposición ocurre como resultado de una iatrogenia durante un procedimiento dental se denomina exposición mecánica. Y si la exposición se da antes de la eliminación completa de la caries, se considera una exposición por caries.

Sin embargo, los autores (15), (4) y (22) sostienen que solo las pulpas expuestas mecánicamente deberían considerarse para el recubrimiento pulpar directo, dado que las cavidades no se encontraban comprometidas con caries y, además, en gran parte de los casos la exposición se da mientras el aislamiento absoluto se encuentra en uso. Por otro lado, los autores (34) y (61) señalan que las pulpas expuestas debido a traumas tendrían un mejor pronóstico para el uso de esta técnica de protección, ya que incluso después de un período relativamente prolongado de exposición pulpar (hasta nueve días), las bacterias no logran propagarse y colonizar la pulpa dental. En consecuencia, podría ser suficiente con una desinfección profunda y la colocación de un biomaterial para lograr la supervivencia a largo plazo de la pieza dental.

Así también, los autores (16), (14) y (43) mencionan que otra indicación que se debe considerar para el uso de esta técnica es el tipo de sangrado post exposición. Si este sangrado es intenso, continuo y difícil de controlar para el operador dentro de un tiempo límite de 10 minutos, sugiere que la pulpa del paciente se encuentra en un estado inflamatorio que va de moderado a severo y por lo cual no sería indicada la terapia de protección pulpar directa. Por otro lado, los autores (45) y (33) coinciden con este criterio, pero difieren con el tiempo de control, puesto que consideran que el sangrado debe detenerse en un lapso de 3 a 5 minutos después de ejercer presión con un algodón estéril embebido con una solución hemostática antes de colocar directamente el material.

Adicional a las indicaciones antes mencionadas, los autores (11), (54) y (60) indican dos factores más que se deben tener presentes antes de proceder con la protección pulpar directa o indirecta. Estos son: el estado real de la pulpa y la edad del paciente. Con respecto al estado de la pulpa, el diagnóstico ideal es cuando la pieza se encuentra asintomática, las respuestas a las pruebas de sensibilidad pulpar están dentro de los límites normales, el paciente no presenta dolor persistente ni espontáneo sino únicamente como una respuesta a estímulos de corta duración que se elimina al retirarlos, es decir debe cumplir con los requisitos necesarios para considerarse una pulpitis reversible. Además, los autores (29) y (38) resaltan la importancia de la edad puesto que la capacidad del tejido de la pulpa para reaccionar favorablemente ante injurias será mayor cuanto más joven sea el paciente y el órgano dental. Los autores (12) y (57) comparten esto, sin embargo resaltan que las piezas inmaduras permanentes serían los mejores candidatos para el uso de los recubrimientos ya que al poseer ápices abiertos todavía, cuentan con un suministro mayor de sangre, mientras que conforme la edad de los pacientes progresa, la capacidad para regenerarse baja debido a una reducción de las células y un aumento de tejido fibroso. Los autores (29) y (15) añaden a esta información que las pulpas de pacientes mayores presentan un riesgo más alto a desarrollar pulpitis irreversible o necrosis con mayor facilidad y por la cual no sería indicado el uso de un protector dentino pulpar.

Una vez que se ha determinado las indicaciones para el uso de los protectores dentino pulpares, es necesario conocer las características relevantes de cada material y de esta manera elegir el más adecuado según el caso.

Los autores (21) y (53) mencionan las características que debería tener un material ideal: tener la capacidad de formar dentina reparadora, mantener a la pulpa con integridad y vitalidad, que no sea reabsorbible ni soluble, capacidad bactericida y bacteriostática, adhesión dentinaria, resistencia a las fuerzas que se dispersan durante la elaboración de la restauración definitiva, ser estéril, distinguirse como radiopaco en las radiografías y ser de fácil manejo para el operador. Sin embargo, ningún material cumple con todos los requerimientos, por lo cual se detalla a continuación las características principales de cada material para que el profesional elija el más adecuado según el caso.

Según los autores (40), (31) y (63) el hidróxido de calcio es considerado el “estándar de oro” en materiales de protección dentino pulpar desde su uso por primera vez en 1939, además de ser en la mayoría de los casos la primera elección de los odontólogos. Una de sus características más relevantes es su pH alcalino, que se encuentra entre 11 y 12. Los autores (24), (10) y (7) clasifican al hidróxido en dos tipos: químicamente puro y sistema de dos componentes. Este material produce un daño químico a través de los iones de hidroxilo liberados al momento de la colocación en una cavidad profunda o sobre la pulpa expuesta, desarrollando una necrosis superficial. Esta produce una irritación leve que induce la defensa de la pulpa y la reparación, buscando como resultado la formación de un puente de dentina.

Los autores (43) y (54) coinciden con la información anterior, pero añaden la manipulación pues consideran que es relevante que el operador maneje de forma correcta el material. Primero se debe colocar cantidades iguales de pasta base y catalizadora sobre un block de mezcla, posterior se revuelve de forma inmediata hasta obtener un color y espesor uniforme, se coloca rápidamente la mezcla en el sitio de lesión en un lapso de 10 segundos para evitar que el material se seque y finalmente esperar el efecto de auto fraguado aproximadamente en 2 a 3 minutos.

De la misma manera los autores (11), (52) y (66) aseveran que el hidróxido de calcio posee propiedades beneficiosas entre las que destacan su propiedad antibacteriana y bactericida inherente, además que al entrar en contacto con la pulpa vital muestra considerables niveles de estimulación de desarrollo dentinario terciario y la capacidad de promover la diferenciación de odontoblastos. Son estos factores los que reflejan el grado de efectividad que según el autor (14) abarca una tasa de éxito de entre el 37% y el 81,8% en un periodo de

10 años, evidenciando que para ser un tratamiento exitoso se debe considerar las indicaciones y uso de materiales de restauración apropiados. Por su parte, el autor (31) manifiesta que su eficacia se reduce con el pasar del tiempo. En su estudio, reflejó tasas de éxito del 90% posterior al seguimiento de 1 a 2 años, no obstante, al cabo de 9 años se refleja una tasa de éxito del 59%.

Por el contrario, los autores (31) y (53) manifiestan que debido a su propiedad alcalina al contacto directo con la pulpa, este desintegra la capa pulpa superficial dando lugar a un tejido necrótico que provoca como respuesta inflamación, misma que puede o no mantenerse en el tiempo y a su vez conducir a la formación de calcificaciones intra pulpaes. Sumado a esto, los autores (41) y (70) exhiben otra desventaja de este material relacionada a su alta solubilidad con el tiempo ya que muestra nula adhesión con el sustrato dentinario y también a materiales de restauración, de esta forma deja en evidencia deficiencias en su efectividad al inducir únicamente la formación de dentina porosa, además de defectos en el túnel en los puentes de dentina siendo incapaz de proveer de un sellado eficaz contra infecciones bacterianas que a su vez dan lugar a microfiltraciones que provocan irritación, procesos inflamatorios, necrosis coagulativa, calcificación distrófica, posibles cambios degenerativos dentro de la pulpa e incluso pérdida de la vitalidad pulpar del diente.

Otro material mencionado por los autores (24),(29) y (33) es el ionómero de vidrio y sus variantes como el ionómero de vidrio modificado con resina. Este material está compuesto por vidrio de fluoroaluminosilicato y ácidos polialquenoicos que le proporcionan características como la biocompatibilidad con un bajo nivel de citotoxicidad cuando se aplica de forma directa sobre la pulpa. Además, este material induce un proceso de remineralización ante la presencia de dentina afectada por caries a través de la segregación de iones de fluoruro y estroncio.

Los autores (21) y (12) indican que la manera correcta de manipular este material es a través de una mezcla estándar entre polvo y líquido, la cual tiene una proporción de 1:2 respectivamente. La mezcla se debe hacer en dos pasos: primero la mitad del polvo con el líquido procurando movimientos leves y posteriormente incorporar el polvo restante hasta lograr una mezcla uniforme y de aspecto brillante. Para terminar, se lleva la mezcla a la cavidad y se foto polimeriza por 20 segundos.

Por otro lado, los autores (52) y (54) recomiendan primar la elección del ionómero de vidrio modificado con resina debido a sus múltiples ventajas como cumplir la función de una barrera protectora y de sellado para el tejido pulpar, optimizar las propiedades mecánicas, reducir el tiempo de espera para que el material fragüe y además de su compatibilidad con un medio húmedo a comparación de los ionómeros de vidrio convencionales.

Los autores (38) y (27) también comparten este criterio ya que consideran al ionómero de vidrio modificado con resina como un reemplazo de la dentina protectora. Sin embargo, destacan que se debe colocar en capas de 1mm de espesor para evitar la generación de microespacios y aparición de manchas que se suelen evidenciar en capas más finas. De forma general, se recomienda que el espacio entre el material de restauración final y el tejido pulpa sea de 2mm.

No obstante, a pesar de todos los beneficios mencionados tanto para el ionómero de vidrio convencional como para el modificado con resina los autores (15), (19) y (3) recomiendan que el uso de este material no debería ser la primera elección del profesional. Los autores señalan que los componentes de este material causan una acidez inicial que provoca un pH bajo extenso lo que causa efectos nocivos para el tejido de la pulpa. Además, esta característica también evita que el ionómero de vidrio tenga propiedades antibacterianas. Así también, en estudios actuales se evidencia que, en comparación con el Hidróxido de Calcio, este provoca inflamación crónica y en 10 meses de seguimiento a los pacientes no se han identificado puentes dentinarios formados. De igual manera, según el autor (5) el factor curativo para el tejido pulpar que el GIC provee es mínimo en comparación a otros materiales.

Un material alternativo que los autores (21), (17) y (44) señalan como un protector dentino pulpar son los sistemas adhesivos. Estos materiales son recomendados debido a que forman una unión entre la dentina y el adhesivo que sellan herméticamente los túbulos dentinarios dando lugar a la recuperación del tejido y a la producción de dentina terciaria como resultado de la actividad del complejo dentino pulpar.

Los autores (15) y (36) recomiendan que el tipo de adhesivo adecuado para este tratamiento son los de autograbado ya que al no requerir enjuague los monómeros ácidos desintegran el

barrillo dentinario, pero no lo elimina totalmente por lo que el líquido de la dentina no sufre alteraciones que generen irritación de la pulpa.

Así también, los autores (53) y (57) comparten este criterio, pero resaltan que no todos los adhesivos pueden ser utilizados para proteger a la pulpa. Este es el caso de los adhesivos universales, que al tener presente en su composición el monómero monofuncional HEMA, adquiere una propiedad hidrofílica lo cual hace que el agua se absorba con mayor facilidad desde la dentina hacia la interfaz adhesiva produciendo susceptibilidad a la degradación. De la misma forma, el silano es otro componente que desfavorece la efectividad adhesiva y el autocondicionamiento a la dentina ya que disminuye la acidez del adhesivo. Por esta razón, no se aconseja el uso de los adhesivos universales en la actualidad para terapia pulpar vital puesto que presentan alta citotoxicidad, ausencia de mineralización en el área de exposición, respuesta inflamatoria crónica en el proceso de cicatrización y nula presencia de puentes de dentina.

Por lo antes expuesto, en la actualidad donde prima la odontología conservadora enfocada en preservar la vitalidad pulpar estos materiales ya no son la primera elección del profesional puesto que no reúnen todas las condiciones ideales de un biomaterial. Es así como en el presente las investigaciones recientes se han enfocado en el estudio de nuevos materiales bioactivos capaces de no sólo proteger la pulpa sino de regenerar el complejo dentino pulpar.

Los autores (11), (34) y (58) mencionan como un material alternativo al agregado de trióxido mineral (MTA) que se implementó en 1993 por primera vez. Este se desarrolló inicialmente para sellar perforaciones en los conductos radiculares, sin embargo, con el tiempo se descubrió su capacidad para promover la proliferación de células de la pulpa dental por lo cual se lo consideró adecuado como un material de protección dentino pulpar. El MTA principalmente consiste en la combinación de cemento Portland purificado con óxido de bismuto como radiopacificador. Entre las principales características de este material esta la bioactividad que induce a la mineralización, la biocompatibilidad y la capacidad de sellado resultado de una reacción química entre el MTA y las paredes dentinarias. Los autores (28), (31) y los autores (33), (21) comparten que el mecanismo de acción del MTA es parecido al que se produce con el hidróxido de calcio. Posterior a la mezcla del polvo de MTA con el líquido se obtiene como subproducto hidróxido de calcio el cuál al entrar en contacto con la



pulpa promueve la migración de los fibroblastos desde el núcleo de la pulpa hasta la zona de lesión, estimulando la proliferación y diferenciación en células parecidas a los odontoblastos provocando una ligera necrosis sin inducir apoptosis en las células pulpares.

Los autores (8) y (21) resaltan además la importancia de una correcta manipulación del material para obtener un resultado exitoso. El MTA, viene en una presentación de dos partes para la mezcla: sobres herméticos con el polvo y pipetas con agua estéril. La proporción debe ser de 3:1 (P: A), mezclar de forma homogénea sobre un block de papel o loseta de vidrio y usarlo de forma inmediata. Los autores (11) y (67) también adicionan la necesidad de humedad para el fraguado del MTA, por lo cual recomiendan condensar usando una bolita de algodón humedecida.

Como parte de los aspectos beneficiosos del MTA, los autores (11), (19) , (26) y (48) mencionan su excelente biocompatibilidad, propiedades contra la proliferación de bacterianas y sobre todo su aptitud para la elaboración de puentes de dentina compactas, la capacidad elevada en la formación de dentina reparadora en pulpas moderadamente perjudicadas, sumado a efectos estimulantes en los odontoblastos que proveen de una capa más gruesa de estos en el puente dentinario. Los autores (71), (68) y (54), añaden que es un material cuya toxicidad es menor, fácil manejo y proporciona disminuida inflamación pulpar en comparación con el HCO, posee sellado superior, es menos soluble, e inclusive puede fraguar en un ambiente húmedo. Conjuntamente, el autor (3) presenta un estudio histológico en el que se denota que el MTA mejora la regeneración de la pulpa dental al aumentar la secreción de TGF $\beta$ 1 de las células de la pulpa, ya que este factor dirige la migración de las células progenitoras a la interfaz material-pulpa y estimula su diferenciación a células odontoblásticas que secretan dentina reparadora. Además, el tratamiento con MTA resulta en una capa de dentina más regular, homogénea y de espesor uniforme, destacando su potencial para mejorar los tratamientos de regeneración pulpar y producir mejores resultados clínicos.

Es así que los autores (36), (32) y (42) indican que según estudios clínicos, basados en síntomas del paciente, resultados de las pruebas de sensibilidad pulpar, y evaluación radiográfica el MTA refleja su eficacia en un 91,7% durante 6 meses de seguimiento, así también muestra elevada calidad de dentina reparadora en comparación con BD, por ende el

MTA genera cierta estabilidad hacia la regeneración teniendo mejores resultados clínicos. El autor (22) manifiesta que durante 9 años de seguimiento el MTA demuestra una tasa de éxito del 97,1%, así también el autor (37) constata en ensayos clínicos una eficacia que va desde el 92,5% al 97,96%, más aún el autor (35) compara la tasa de éxito para MTA con un 84,6% durante 18 meses de seguimiento posteriores a la colocación del material en paciente de entre 15 a 30 años, contrastado con un 73,8% en pacientes mayores a 40 años.

A pesar de ello, los autores (71), (35), (46), (60) y (64) le atribuyen ciertos inconvenientes al MTA que limitan su uso. Una de las principales desventajas es su tiempo de fraguado extremadamente largo de más de 2 horas, por lo que requiere mayor tiempo de espera para proceder con tratamientos restaurativos posteriores. Esta demora puede ser desfavorable, ya que prolonga el tiempo total del tratamiento y aumenta las posibilidades de contaminación o dificultades durante el periodo de espera. Además, el autor (7) indica que el MTA tiene malas propiedades mecánicas, lo que afecta su resistencia y durabilidad cuando se utiliza en aplicaciones que requieren materiales con mayor dureza, pues pueden comprometer la integridad y eficacia del tratamiento, especialmente en áreas sometidas a altas fuerzas masticatorias, factores que sumadas a su alto costo y propiedades de decoloración, hacen que el operador considere cuidadosamente cuando usar MTA.

Otro material que ha ido tomando fuerza en la actualidad según el autor (31) es el Biodentine, el cual fue lanzado al mercado en 2009 por Septodont. Entre sus características, los autores (19), (7) y (35) destacan principalmente su capacidad de sustituir a la dentina pues presenta propiedades mecánicas similares. Este biocerámico además resulta ser bioactivo, no ser citotóxico y brindar una respuesta positiva ante injurias pulpares. Adicional posee propiedades antibacterianas debido a su alto pH alcalino, que inhibe el crecimiento de microorganismos y desinfecta la dentina.

También los autores (42), (5) y (18) señalan que el Biodentine está compuesto principalmente de un 80,1% de silicato tricálcico altamente purificado, un 14,9% es relleno compuesto por carbonato de calcio y como radiopacificador contiene óxido de circonio. Por otro lado, el líquido contiene: agua, un acelerador de fraguado (cloruro de calcio) y un polímero hidrosoluble como agente reductor de agua. A diferencia del MTA, el Biodentine

entre sus componentes no tiene óxido de bismuto que suele dar la coloración grisácea por lo que este material es más estético.

Los autores (59), (49) y (13) recalcan la importancia de comprender el mecanismo de acción de este material para seleccionarlo. La mezcla del polvo y el líquido resulta en un gel de silicato hidratado e hidróxido de calcio como subproductos. El hidróxido de calcio liberado aumenta el pH y es el encargado de promover una de las principales características de este material que es la bioactividad, por esa razón una vez que se aplica este material sobre el tejido pulpar afectado, se forma una fina capa de necrosis coagulativa que causa formación de apatita, diferenciación de las células pulpares y la mineralización.

A su vez, los autores (34), (20) y (42) exponen que el Biodentine al igual que el MTA, viene en una presentación de dos partes: la cápsula que contiene el polvo y la pipeta con el líquido. Para mezclar el contenido es necesario el uso de un amalgamador dentro del cual se coloca la cápsula por un promedio de 8 a 10 segundo inicialmente, posterior se mezcla por 30 segundos con 5 gotas del líquido a una velocidad de 4000-4200 rpm. Una vez finalizado este proceso, se abre la cápsula y se comprueba que la consistencia del material sea densa para una mejor manipulación, se puede llevar a la cavidad con instrumentos metálicos y se debe colocar una capa de 2mm de espesor de forma directa sobre el área de lesión.

Por su parte, los autores (37), (43), (20) y (23) refieren al Biodentine como un material que ha demostrado diversas actividades biológicas significativas, destacándose por su capacidad para inducir la proliferación y diferenciación de células madre de la pulpa dental. Este material promueve no solo la proliferación y migración de estas células, sino también su adhesión, lo que es crucial para la reparación dentinaria; además estimula la formación de puentes dentinarios sin causar una respuesta inflamatoria en la pulpa, mediante la secreción del factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ 1). La modulación de la secreción de TGF- $\beta$ 1 por parte de Biodentine facilita la síntesis de dentina reparadora con células organizadas de manera similar a los odontoblastos, lo que resulta en una mineralización más temprana y rápida en comparación con otros materiales. Sus ventajas técnicas incluyen un tiempo de fraguado más corto de hasta 12 min, mejor capacidad de sellado, propiedades mecánicas superiores, y una composición estable sin aditivos, con un tamaño y forma de grano más normalizados. Además, según los autores (47) y (54) Biodentine no afecta

negativamente las funciones de los fibroblastos de la pulpa humana, manteniendo la mineralización y la expresión de proteínas esenciales como el colágeno I, la sialoproteína de la dentina y la nestina. Esto contribuye a una mejor reparación y cicatrización de la pulpa en casos de daño parcial a la capa odontoblástica.

Los autores (27), (50) y (13) destacan que para seleccionar Biodentine en tratamientos odontológicos, es fundamental abordar sus desventajas, destacando especialmente su baja radiopacidad puesto que esta puede disminuir progresivamente con el tiempo, lo que genera complicaciones en la interpretación de las imágenes radiográficas a largo plazo. Tal característica limita la capacidad de los profesionales de la salud dental para monitorear de manera precisa el estado del material y la salud del tejido dental tratado en el futuro. Adicional, existe la dificultad para lograr una consistencia deseada del Biodentine si no se cuenta con el equipo necesario por lo cual esto constituye otro desafío significativo en su aplicación clínica.

Según el autor (12), en la evaluación del éxito clínico y radiográfico del Biodentine en tratamientos de protección pulpar directa e indirecta, se observa que este material ofrece resultados sobresalientes. En un seguimiento de 24 meses, el Biodentine alcanzó un éxito del 100% tanto clínico como radiográfico en la protección pulpar directa, y un 94% clínico y 100% radiográfico en la protección pulpar indirecta. Sin embargo, el autor (22) sugiere que la efectividad de las terapias de recubrimiento pulpar directo está condicionada por la rigurosa selección de los casos y la aplicación adecuada del protocolo de tratamiento, obteniendo tasas de éxito comparables del 92,5%. Además, el autor (60) refiere que según un análisis indirecto los dientes con ápices abiertos presentaron resultados estadísticamente más exitosos que aquellos con ápices cerrados. Específicamente, con el uso del Biodentine como empaste temporal la tasa de éxito fue del 78,4% y del 85,7% con la restauración definitiva inmediata, resultando en una tasa de éxito general del 82,6% para el recubrimiento pulpar directo. Cabe señalar que también los resultados fueron afectados por la edad, sugiriendo que factores demográficos deben considerarse al utilizar este cemento de silicato en tratamientos pulpares.

En contraste, los autores (51), (27) y (7) mencionan al Theracal LC como otro material usado comúnmente en protección pulpar directa e indirecta. Con el objetivo de funcionar como

barrera protectora del complejo dentino pulpar, fue desarrollado por BISCO con una base principal de silicato de calcio al cual se le realizó una modificación con resina. Esta empresa se enfocó en crear una mezcla equilibrada entre el MTA y una matriz de resina, la cual se encarga de liberar calcio y iones de hidróxido para inducir una precipitación de cristales de hidroxiapatita con la singularidad de ser constante con el pasar de los años. La estructura de este material consiste en un 45% de cemento Portland tipo III (partículas de silicato de calcio), un 45% de resina compuesta, un 10% de los agentes radiopacificadores y un 5% de sílice pirógena que actúa como agente espesante hidrófilo.

Una de las características más relevantes del Theracal LC que nombran los autores (43) y (31) es su presentación en jeringa parecida a una resina fluida por lo que facilita la manipulación para el operador. Sin embargo, para tener un resultado favorable el autor (42) acota que es imperativo seguir ciertas indicaciones durante su aplicación. La más importante es colocar capas delgadas iguales o menores a 1mm de espesor, debido a su característica de alta radiopacidad. Si se trata de un área expuesta muy extensa, y de ser necesario colocar más material, se debe hacer de forma incremental y con la fotopolimerización adecuada por 20 segundos entre capas. Una vez finalizado esto, se puede proceder de forma inmediata con el proceso de restauración definitiva.

Del mismo modo, los autores (71), (40), (35) y (33) destacan al Theracal LC por su notable resistencia mecánica y su capacidad para ser fotopolimerizado de inmediato, lo que facilita su manipulación y aplicación precisa en la pulpa expuesta. Esta característica permite realizar rápidamente un procedimiento de restauración superior que sella completamente el diente. Theracal LC posee excelentes capacidades de sellado y es bien tolerado por las células de odontoblastos inmortalizados. Así mismo, Theracal LC proporciona una alta alcalinidad inicial, con un pH de 10 a 11, que es esencial para la curación de la pulpa, retornando a un pH neutro después de unos días, esta transición de pH hace posible la viabilidad de las células pulpares y el desarrollo de nueva dentina reparadora. Además, Theracal LC libera altos niveles de iones de  $\text{Ca}^{2+}$  al principio, estabilizándose a un pH natural cercano al fisiológico después de 60 días, lo que contribuye significativamente a la reparación y regeneración de la dentina.

A pesar de sus múltiples beneficios, los autores (39), (12), (44) y (43) consideran que el Theracal LC también presenta ciertas limitaciones. Este material posee propiedades citotóxicas más pronunciadas para las células madre del tejido pulpar. Los componentes de la resina de metacrilato de Theracal LC pueden influir negativamente en las membranas celulares al alterar la bicapa lipídica, lo que puede dar como resultado el desarrollo de puentes dentinarios discontinuos cuando se aplica como recubrimiento pulpar directo. Además, existe un riesgo de aumento de microfiltraciones debido a la formación incompleta de estos puentes. Si el área de exposición pulpar no proporciona suficiente agua para la hidratación adecuada del material, se lixiviarán menos iones de calcio de Theracal LC, disminuyendo su capacidad de liberación de calcio. Esta situación, junto con la presencia de resina en el agente de recubrimiento pulpar, puede resultar en material sin polimerizar, que generalmente se relaciona con reacciones nocivas para la pulpa que producen procesos inflamatorios y niveles tóxicos altos.

Sin embargo, estos materiales a pesar de presentar buenas propiedades aun no cumplen con todos los requerimientos para ser considerados ideales. Además, la respuesta del complejo dentino pulpar ante lesiones no es suficiente para preservar la vitalidad de la pieza dental. Por esa razón, los actuales estudios han empezado a enfocarse en buscar nuevas opciones para lograr la regeneración completa de la dentina.

Los autores (11), (31) y (9) indican el uso de las células madre mesenquimales adultas (CMM) como una de las principales terapias que se ha empezado a investigar más a fondo recientemente. Esto debido a que son células sumamente importantes por su capacidad para diferenciarse en células especializadas necesarias para el equilibrio dental. Los nuevos estudios se enfocan no solamente en el uso de las células madre dentales, sino también en la no dentales como las células madre derivadas del tejido adiposo, de la médula ósea, embrionarias y obtenidas del cordón umbilical. El uso de esta terapia es favorable sobre todo en pacientes de la tercera edad que carecen de suficiente tejido de la pulpa.

Los autores (11), (45) y (46) en cambio mencionan a los andamios TAMP multiporosos amorfos. Estos se componen por óxido de calcio y silicatos. Este nuevo material es capaz de regenerar y preservar huesos y tejidos blandos. Su biocompatibilidad se evidencia en las células pulpares humanas y porcinas. Por el momento el estudio in vivo se ha realizado

únicamente en porcinos, en los que se ha observado dentina remineralizada al cabo de 4-5 meses posterior a su aplicación.

Otra opción de nueva generación indicada por los autores (68) y (45) es el uso del Tideglusib que se ha aplicado para controlar enfermedades como diabetes, cáncer, alzhéimer y artritis, Sin embargo, recientemente se ha vuelto relevante en el campo de la odontología pues cumple con un papel de activador farmacológico que promueve la inducción y diferenciación de células semejantes a los odontoblastos, buscando reparar por completo la dentina. Este medicamento se aplica sobre una esponja reabsorbible de colágeno y se coloca de forma directa en la lesión. A medida del paso del tiempo esta se disuelve, y el espacio que usaba anteriormente será sustituido por la dentina recién formada. No obstante, esto se ha experimentado únicamente en animales cuyos resultados han sido favorables para la regeneración completa de la dentina en una zona de hasta 10 veces superior a la lesión inicial.

Dentro de este marco, los autores (11), (71), (29) y (40) resaltan la importancia del uso de estos materiales debido a que preservar con vida la pulpa de dientes comprometidos es un aspecto crucial en la práctica odontológica, con múltiples beneficios asociados. Primordialmente, estimula la reparación defensiva mediante el depósito de dentina terciaria, fortaleciendo así la estructura dentaria y protegiendo la pulpa de posibles agresiones externas. Además, al proteger la pulpa de los efectos tóxicos de los materiales de restauración, se promueve un entorno propicio para la salud pulpar a largo plazo. Los autores (7) y (33) añaden que este enfoque terapéutico no solo contribuye a la integridad del diente, sino que también sirve para sellar los túbulos dentinarios, previniendo la entrada de microorganismos y sus subproductos, lo que podría comprometer la salud pulpar.

Sumado a esto, los autores (56), (21) y (58) afirman que resulta esencial reconocer la importancia de mantener la salud y vitalidad de los odontoblastos, ya que estos cumplen con un rol crucial en la respuesta pulpar ante agresiones externas, promoviendo la formación de dentina como mecanismo de defensa. Sumado a que una entrada controlada de iones de calcio desde los materiales de restauración hacia la pulpa desencadena respuestas biológicas que favorecen la regeneración y la protección del tejido pulpar, activando incluso células madre que pueden participar en procesos regenerativos adicionales.

Así mismo los autores (65) y (6) refieren que la compleja red nerviosa que inerva la pulpa dental humana desempeña un papel fundamental en su función y respuesta a los estímulos externos. Una consecuencia significativa de la pérdida pulpar es la deficiencia en las funciones neurológicas del tejido, lo que lleva al deterioro del nervio pulpar en el tronco del encéfalo. Esta pérdida sensorial puede tener implicaciones importantes en la percepción del dolor y otras sensaciones asociadas con el diente afectado. Además, los autores (36), (42) y (21) agregan que ante la ausencia de la pulpa también se da una alteración de las defensas pulpares, tanto de la inmunidad innata como adquirida por lo que frente a una invasión bacteriana asociada con la caries, la pulpa dental responde secretando una variedad de sustancias, incluyendo neuropéptidos, como parte de una reacción inflamatoria neurogénica diseñada para contrarrestar la invasión bacteriana y limitar el daño tisular, por lo que esta interacción entre los nervios y la respuesta inmunitaria subraya la importancia de la conservación de la salud pulpar para mantener un equilibrio funcional y protector en el entorno dental.

Según los autores (26) y (25), en los dientes permanentes inmaduros es imprescindible mantener la pulpa integra debido a que la estimulación en la maduración de la raíz es mayor, dando como resultado un mejor proceso de apexogénesis. El autor (72) menciona que preservar la vitalidad mantiene el desarrollo de la pulpa (dentinogénesis primaria y secundaria), función defensiva (dentinogénesis terciaria) y propioceptiva, los materiales de protección pulpar están encaminados en parar el proceso carioso, estimulando un proceso esclerótico en la dentina, esto con la producción de dentina reparadora o también llamado puente dentinario aminorando la desmineralización de dentina cariada enfocado en preservar un diente vital, asintomático y funcional.

En cuanto a la disminución de la percepción sensorial y la pérdida de funciones inmunológicas, los autores (68), (14) y (46) exponen que los dientes no vitales son más susceptibles a daños externos y reinfecciones bacterianas, esta falta de respuesta a los estímulos externos contribuye a la fragilidad del diente, exacerbada por la pérdida de su capacidad metabólica. Adicional, la inmunodepresión asociada con los dientes no vitales aumenta el riesgo de reinfección, lo que, combinado con la pérdida de sensibilidad, puede acelerar la progresión de la lesión dental. Aunque el retratamiento del conducto radicular es una opción para las reinfecciones, su tasa de éxito no siempre es alta, y la necesidad de



repetir el procedimiento puede debilitar aún más el diente, aumentando el riesgo de grietas o fracturas radiculares. En última instancia, estas complicaciones pueden requerir la extracción del diente, lo que impacta negativamente en la calidad de vida del paciente, derivando en costosas e invasivas intervenciones.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1 CONCLUSIONES

- Al concluir esta investigación se resuelve que las indicaciones de uso de los protectores dentino pulpares dependerán de varios factores. En primer lugar, determinar el tipo de lesión, si es indirecta o directa. Cuando el tratamiento a realizar es una protección pulpar indirecta se debe cumplir con los siguientes requerimientos: que la lesión sea profunda sin llegar a la pulpa y todavía exista una capa de dentina remanente mínima de 0,5mm. Además, en la evaluación radiográfica no se debe observar radiolucidez periapical, ni reabsorción interna o externa. Por otro lado, la protección pulpar directa conlleva consideraciones como el tipo de sangrado (debe ser moderado y detenerse en un lapso de 3 a 5 minutos) y el tipo de exposición (traumática, mecánica o cariosa), puesto que se considera que las lesiones traumáticas o mecánicas serán más viables para obtener un tratamiento exitoso. Junto con esto, sin distinguir el tipo de protección, se debe analizar el diagnóstico pulpar (pulpitis reversible) y la edad del paciente (piezas permanentes inmaduras) dado que esto asegura una reacción favorable ante el uso de los protectores dentino pulpares.
- Los resultados de este estudio concluyeron que los materiales más relevantes de acuerdo con sus características son el Biodentine y el MTA. El Biodentine debido a que presenta propiedades como capacidad de sustituir a la dentina por presentar propiedades mecánicas similares, además resulta ser bioactivo, no ser citotóxico y brindar una respuesta positiva ante injurias pulpares. Adicional posee propiedades antibacterianas por su pH alcalino que inhibe el crecimiento de microorganismo y desinfecta la dentina. Su mecanismo de acción consiste en la liberación de hidróxido de calcio posterior a la mezcla de sus componentes, que, al ser aplicado sobre el tejido pulpar afectado, forma una fina capa de necrosis coagulativa que causa formación de apatita, diferenciación de las células pulpares y mineralización. Finalmente, su manipulación consiste en la mezcla de la cápsula con polvo en un amalgamador por 8 a 10 segundos, para luego colocar 5 gotas de líquido y mezclar por 30 segundos, obteniendo una consistencia del material densa que se lleva a la cavidad con instrumentos metálicos y se coloca en una capa de 2mm de espesor de

forma directa sobre el área de lesión. Por otro lado, el MTA presenta como principales características la bioactividad que induce la mineralización, la biocompatibilidad y la capacidad de sellado resultado de una reacción química entre el MTA y las paredes dentinarias. Su mecanismo de acción consiste en un subproducto de hidróxido de calcio el cual al entrar en contacto con la pulpa promueve la migración de los fibroblastos desde el núcleo de la pulpa hasta la zona de lesión, estimulando la proliferación y diferenciación en células parecidas a los odontoblastos provocando una ligera necrosis sin inducir apoptosis en las células pulpares. En cuanto a su manipulación, se indicó que la proporción para la mezcla debe ser de 3:1 (P: A), mezclar de forma homogénea sobre un block de papel o loseta de vidrios y usarlo de forma inmediata. Además, se recomienda condensar usando una bolita de algodón humedecida.

- Se concluyó que el material de mejor calidad es el MTA, mientras que el material de menor calidad es el Hidróxido de Calcio. Esto debido a que el MTA presenta ventajas como una excelente biocompatibilidad, propiedades contra la proliferación de bacterias y sobre todo su aptitud para la elaboración de puentes de dentina compactas. Además, su toxicidad es menor, es de fácil manejo y proporciona disminuida inflamación pulpar. Sin embargo, también presenta desventajas como su tiempo de fraguado extremadamente largo de más de 2 horas, malas propiedades mecánicas, su alto costo y propiedades de decoloración. Aun así, el MTA, reporta rangos de efectividad que van desde el 80,3 % hasta el 100 %, de éxito, que además se mantiene eficaz con el tiempo. Por el contrario, a pesar de que el Hidróxido de Calcio presenta ventajas como su propiedad antibacteriana y bactericida inherente, es esta misma propiedad alcalina la que produce sus desventajas como desintegrar la capa superficial de la pulpa dando lugar a un tejido necrótico que provoca inflamación. Además, presenta alta solubilidad, formación de dentina porosa, defectos en el túnel en los puentes de dentina siendo incapaz de proveer un sellado eficaz contra las infecciones bacterianas. Por esta razón, su efectividad no es constante, reportando una tasa de éxito de 97,8% durante los primeros meses, pero con una caída de hasta el 13% al cabo de 10 años.

- En conclusión, con esta investigación se determinó que la importancia del uso de los protectores dentino pulpares radica en fomentar la preservación de la vitalidad pulpar, ya que estos materiales incitan a la reparación defensiva y regeneración pulpar, fortalece la estructura del diente mediante mecanismos de defensa con el sellado de túbulos dentinarios y la formación de puentes de dentina protegiendo a la pulpa de agentes externos. A su vez el uso de estos materiales se enfoca en mantener la inervación pulpar para evitar la pérdida de respuestas ante estímulos dañinos, la percepción del dolor y la alteración de la defensa pulpar, factores de mayor importancia en dientes permanentes inmaduros ya que se torna fundamental para completar el proceso de apexogénesis.

## **6.2 RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda realizar un análisis profundo de los diferentes materiales de protección pulpar disponibles actualmente, además de evaluar la situación de cada caso antes de seleccionar el material puesto que estos presentan diferentes propiedades y efectividad dependiendo del caso.
- Se recomienda que los profesionales del ámbito odontológico se mantengan en constante formación y actualización sobre los avances continuos en biomateriales disponibles para la protección pulpar.
- Estudios futuros deberían incluir muestras más amplias tanto de datos cuantitativos y cualitativos de los materiales de protección pulpar, de manera que puedan respaldar la información del presente trabajo de titulación.
- Se sugiere incentivar a universidades y demás profesionales odontológicos en la participación de proyectos de investigación, basadas en metodologías eficaces de manera que se pueda ampliar la información disponible del tema del presente trabajo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

1. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Rev Esp Cardiol.* 2021;74(9):790–9.
2. Foxton RM. Current perspectives on dental adhesion: (2) Concepts for operatively managing carious lesions extending into dentine using bioactive and adhesive direct restorative materials. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020;56(1):208–15.
3. Alnour A, Almohammad G, Abdo A, Layous K. Evaluation of the pulp response following direct pulp capping with exogenous nitric oxide and Mineral Trioxide Aggregate (MTA) a histologic study. *Heliyon.* 2023;9:e17458.
4. Giani A, Cedrés C. Avances en protección pulpar directa con materiales bioactivos. *Actas Odontológicas.* 2017;14(1):4.
5. Paula A, Carrilho E, Laranjo M, Abrantes AM, Casalta-Lopes J, Botelho MF, et al. Direct pulp capping: Which is the most effective biomaterial? A retrospective clinical study. *Materials (Basel).* 2019;12(20).
6. Mahmoud S, El-negoly SA, El-din AMZ, El-zekrid MH, Grawish LM, Grawish HM, et al. Biodentine versus mineral trioxide aggregate as a direct pulp capping material for human mature permanent teeth – A systematic review. *J Conserv Dent.* 2018;21(5):466–73.
7. Kunert M, Lukomska-Szymanska M. Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping - A Review Article. *Materials (Basel).* 2020;13(5).
8. Gurcan AT, Seymen F. Clinical and radiographic evaluation of indirect pulp capping with three different materials: A 2-year follow-up study. *Eur J Paediatr Dent.* 2019;20(2):105–10.
9. Sanz JL, Soler-Doria A, López-García S, García-Bernal D, Rodríguez-Lozano FJ, Lozano A, et al. Comparative Biological Properties and Mineralization Potential of 3 Endodontic Materials for Vital Pulp Therapy: Theracal PT, Theracal LC, and Biodentine on Human Dental Pulp Stem Cells. *J Endod.* 2021;47(12):1896–906.
10. Huang H, Okamoto M, Watanabe M, Matsumoto S, Moriyama K, Komichi S, et al. Development of Rat Caries-Induced Pulpitis Model for Vital Pulp Therapy. *J Dent Res.* 2023;102(5):574–82.
11. Siddiqui Z, Acevedo-Jake AM, Griffith A, Kadincesme N, Dabek K, Hindi D, et al.

- Cells and material-based strategies for regenerative endodontics. *Bioact Mater.* 2022;14:234–49.
12. Chumpraman A, Tannukit S, Chotigeat W, Kedjarune-Leggat U. Biocompatibility and mineralization activity of modified glass ionomer cement in human dental pulp stem cells. *J Dent Sci.* 2023;18(3):1055–61.
  13. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M, Sporniak-Tutak K, Lichota D, Kosierkiewicz A, et al. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2013;39(6):743–7.
  14. Tong HJ, Seremidi K, Stratigaki E, Kloukos D, Duggal M, Gizani S. Deep dentine caries management of immature permanent posterior teeth with vital pulp: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2022;124.
  15. Islam R, Islam MRR, Tanaka T, Alam MK, Ahmed HMA, Sano H. Direct pulp capping procedures – Evidence and practice. *Jpn Dent Sci Rev.* 2023;59:48–61.
  16. Tzanetakakis GN, Tsiouma O, Mougiou E, Koletsi D. Factors Related to Pulp Survival After Complicated Crown Fracture Following Vital Pulp Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod [Internet].* 2022 Apr;48(4):457-478.e4. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239922000462>
  17. Cobanoglu N, Alptekin T, Kitagawa H, Blatz MB, Imazato S, Ozer F. Evaluation of human pulp tissue response following direct pulp capping with a self-etching adhesive system containing MDPB. *Dent Mater J.* 2021;40(3):689–96.
  18. Leonardo NGES, Almeida LHS, Kodama A, Jacobovitz M, Masotti AS, Ferrari JCL, et al. Influence of different pulp capping materials to induce coronal tooth discoloration. *G Ital Endod.* 2016;30(1):22–6.
  19. Morotomi T, Washio A, Kitamura C. Current and future options for dental pulp therapy. *Jpn Dent Sci Rev.* 2019;55(1):5–11.
  20. Beegum MSF, George S, Anandaraj S, Sumi Issac J, Khan SN, Ali Habibullah M. Comparative evaluation of diffused calcium and hydroxyl ion release from three different Indirect pulp capping agents in permanent teeth – An in vitro study. *Saudi Dent J.* 2021;33(8):1149–53.
  21. Arandi NZ. Pulp protection protocols under posterior composite restorations: A survey of dentists in Palestine. *Saudi Endod J.* 2020;10(1):15–20.
  22. Arandi NZ. Calcium hydroxide liners: A literature review. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2017;9:67–72.

23. Manaspon C, Jongwannasiri C, Chumprasert S, Sa-Ard-Iam N, Mahanonda R, Pavasant P, et al. Human dental pulp stem cell responses to different dental pulp capping materials. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):1–13.
24. Tohidkhah S, Ahmadi E, Abbasi M, Morvaridi Farimani R, Ranjbar Omrani L. Effect of Bioinductive Cavity Liners on Shear Bond Strength of Dental Composite to Dentin. Feitosa V, editor. *Biomed Res Int* [Internet]. 2022 Mar 18;2022:1–8. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2022/3283211/>
25. Komabayashi T, Zhu Q, Eberhart R, Imai Y. Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dent Mater J*. 2016;35(1):1–12.
26. 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 (Basel)* [Internet]. 2021 Nov 11;14(22). Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/22/6811>
27. Oliveira D, Rocha MG, Zoidis P, Pereira P, Ribeiro AP. The effect of different pulp capping methods on the intrapulpal temperature when using light-cured procedures. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(8):633–8.
28. Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, Simon S, El-Karim I, Kundzina R, et al. European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J* [Internet]. 2019 Jul 10;52(7):923–34. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.13080>
29. Mathur V, Dhillon J, Logani A, Kalra G. Evaluation of indirect pulp capping using three different materials: A randomized control trial using cone-beam computed tomography. *Indian J Dent Res* [Internet]. 2016;27(6):623. Available from: <http://www.ijdr.in/text.asp?2016/27/6/623/199588>
30. Arandi NZ, Thabet M. Minimal Intervention in Dentistry: A Literature Review on Biodentine as a Bioactive Pulp Capping Material. Abbassy M, editor. *Biomed Res Int* [Internet]. 2021 Apr 3;2021:1–13. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2021/5569313/>
31. Kim Y, Lee D, Song D, Kim HM, Kim SY. Biocompatibility and bioactivity of set direct pulp capping materials on human dental pulp stem cells. *Materials (Basel)*. 2020;13(18).
32. Daniele L. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) direct pulp capping: 10 years clinical results. *G Ital Endod* [Internet]. 2017 Jun;31(1):48–57. Available from:



<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1121417117300092>

33. Hashem D, Mannocci F, Patel S, Manoharan A, Brown JE, Watson TF, et al. Clinical and radiographic assessment of the efficacy of calcium silicate indirect pulp capping: A randomized controlled clinical trial. *J Dent Res*. 2015;94(4):562–8.
34. Ruiz-González P, Cabanillas-Balsera D, Saúco-Márquez JJ, Segura-Egea JJ. Outcome of Direct Pulp Capping in Teeth Diagnosed as Irreversible Pulpitis: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(7):594–603.
35. Peskersoy C, Lukarcanin J, Turkun M. Efficacy of different calcium silicate materials as pulp-capping agents: Randomized clinical trial. *J Dent Sci*. 2021;16(2):723–31.
36. Cushley S, Duncan HF, Lappin MJ, Chua P, Elamin AD, Clarke M, et al. Efficacy of direct pulp capping for management of cariously exposed pulps in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2021;54(4):556–71.
37. Arandi NZ, Rabi T. Cavity Bases Revisted. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2020;12:305–12.
38. Omrani LR, Moradi Z, Abbasi M, Kharazifard MJ. Evaluation of Compressive Strength of Several Pulp Capping Materials. *J Dent*. 2021;22(1):41–7.
39. Schmalz G, Widbiller M, Galler KM. Clinical Perspectives of Pulp Regeneration. *J Endod*. 2020;46(9):S161–74.
40. Bayoumy EED, Abi Elhassan M, Al-Zohairy AF, Al-Awady B. Clinical and microbiological evaluation of calcium silicate versus calcium hydroxide in two-step indirect pulp treatment: A randomized clinical trial. *J Int Oral Heal* [Internet]. 2021;13(1):1. Available from: <http://www.jioh.org/text.asp?2021/13/1/1/308367>
41. da Rosa WLO, Lima VP, Moraes RR, Piva E, da Silva AF. Is a calcium hydroxide liner necessary in the treatment of deep caries lesions? A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2019;52(5):588–603.
42. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part I: vital pulp therapy. *Int Endod J*. 2018;51(2):177–205.
43. Dammaschke T, Nowicka A, Lipski M, Ricucci D. Histological evaluation of hard tissue formation after direct pulp capping with a fast-setting mineral trioxide aggregate (RetroMTA) in humans. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2019 Dec 12;23(12):4289–99. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00784-019-02876-2>

44. Chaple Gil AM, Gispert Abreu E de los Á. Recomendaciones para el empleo práctico de resinas compuestas en restauraciones estéticas. *Rev Cubana Estomatol.* 2015;52(3):46–60.
45. Duncan HF. Present status and future directions—Vital pulp treatment and pulp preservation strategies. *Int Endod J.* 2022;55(S3):497–511.
46. Cho SY, Seo DG, Lee SJ, Lee J, Lee SJ, Jung IY. Prognostic factors for clinical outcomes according to time after direct pulp capping. *J Endod.* 2013;39(3):327–31.
47. Duncan HF, Kobayashi Y, Kearney M, Shimizu E. Epigenetic therapeutics in dental pulp treatment: Hopes, challenges and concerns for the development of next-generation biomaterials. *Bioact Mater.* 2023;27:574–93.
48. Bjørndal L, Simon S, Tomson PL, Duncan HF. Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J.* 2019;52(7):949–73.
49. Simancas Escorcía V, Díaz Caballero A. Biodentine: ¿sustituto de la dentina? *Salud Uninorte.* 2020;36(3):587–605.
50. Poggio C, Ceci M, Dagna A, Beltrami R, Colombo M, Chiesa M. In vitro cytotoxicity evaluation of different pulp capping materials: A comparative study. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2015;66(3):181–8.
51. Taghvaei N, Ghavami-Lahiji M, Evazalipour M, Tayefeh Davalloo R, Zamani E. Ion release, biocompatibility, and bioactivity of resin-modified calcium hydroxide cavity liners. *BMC Oral Health.* 2023;23(1):1–11.
52. Dionysopoulos D, Koliniotou-Koumpia E. SEM evaluation of internal adaptation of bases and liners under composite restorations. *Dent J.* 2014;2(2):52–64.
53. Suhag K, Duhan J, Tewari S, Sangwan P. Success of Direct Pulp Capping Using Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide in Mature Permanent Molars with Pulps Exposed during Carious Tissue Removal: 1-year Follow-up. *J Endod.* 2019;45(7):840–7.
54. Anastasiadis K, Koulaouzidou E, Palaghias G, Eliades G. Bonding of Composite to Base Materials: Effects of Adhesive Treatments on Base Surface Properties and Bond Strength. *J Adhes Dent.* 2018;20(2):151–64.
55. Muñoz-Sandoval C, Gambetta-Tessini K, Rodriguez-Jaque C, Bravo-Cavicchioli D, Giacaman RA. Effect of Liners on Composite Resin Microleakage After Selective Carious Lesion Removal. an Experimental Study. *J Oral Res.* 2022;11(3):1–11.
56. Itskovich R, Lewinstein I, Zilberman U. The Influence of Zinc Oxide Eugenol (ZOE)

- and Glass Ionomer (GI) Base Materials on the Microhardness of Various Composite and GI Restorative Materials. *Open Dent J* [Internet]. 2014 Feb 7;8(1):13–9. Available from: <https://opendentistryjournal.com/VOLUME/8/PAGE/13/>
57. 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*. 2019;31(4):469–75.
  58. Macwan C, Deshpande A. Mineral trioxide aggregate (MTA) in dentistry: A review of literature. *J Oral Res Rev*. 2014;6(2):71.
  59. 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* [Internet]. 2018 Jun 12;22(5):2021–9. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00784-017-2296-7>
  60. Kim B, Lee YH, Kim IH, Lee KE, Kang CM, Lee HS, et al. Biocompatibility and mineralization potential of new calcium silicate cements. *J Dent Sci*. 2023;18(3):1189–98.
  61. Halkai R, Ishaq Ss, Halkai K, Zakaullah S, Diwanji P, Mahveen S, et al. Evaluation of pH and dimensional stability of mineral trioxide aggregate and biodentine with and without triple antibiotic medicament: An in vitro study. *Saudi Endod J* [Internet]. 2023;13(2):183. Available from: [https://journals.lww.com/10.4103/sej.sej\\_183\\_22](https://journals.lww.com/10.4103/sej.sej_183_22)
  62. Rathinam E, Rajasekharan S, Chitturi RT, Martens L, De Coster P. Gene expression profiling and molecular signaling of dental pulp cells in response to tricalcium silicate cements: A systematic review. *J Endod*. 2015;41(11):1805–17.
  63. Koubi G, Colon P, Franquin JC, Hartmann A, Richard G, Faure MO, et al. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):243–9.
  64. Baranwal HC, Yadav J. Interdisciplinary approach for diagnosis and management of the tooth with type III palatogingival groove. *Saudi Dent J*. 2023;13(2).
  65. Palczewska-Komsa MP, Gapiński B, Nowicka A. The Influence of New Bioactive Materials on Pulp–Dentin Complex Regeneration in the Assessment of Cone Bone Computed Tomography (CBCT) and Computed Micro-Tomography (Micro-CT) from a Present and Future Perspective—A Systematic Review. *J Clin Med* [Internet]. 2022 May 30;11(11):3091. Available from: <https://www.mdpi.com/2077->

0383/11/11/3091

66. Nowicka A, Wilk G, Lipski M, Kolečki J, Buczkowska-Radlińska J. Tomographic Evaluation of Reparative Dentin Formation after Direct Pulp Capping with Ca(OH)<sub>2</sub>, MTA, Biodentine, and Dentin Bonding System in Human Teeth. *J Endod.* 2015;41(8):1234–40.
67. Zaeneldin A, Yu OY, Chu CH. Effect of silver diamine fluoride on vital dental pulp: A systematic review. *J Dent.* 2022;119.
68. Vaca Altamirano G, Casa Yugsi E, Naranjo Bedón S, Tubon Usca I. Tideglusib: una nueva visión para la regeneración dentinaria. *Rev Latinoam Hipertens.* 2022;17(6).
69. Patro S, Meto A, Mohanty A, Chopra V, Miglani S, Das A, et al. Diagnostic Accuracy of Pulp Vitality Tests and Pulp Sensibility Tests for Assessing Pulpal Health in Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 Aug 4;19(15):9599. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/15/9599>
70. Vural UK, Kiremitci A, Gokalp S. Which is the most effective biomaterial in indirect pulp capping? 4- year comparative randomized clinical trial. *Eur Oral Res.* 2022;56(1):35–41.
71. Álvarez-Vásquez JL, Castañeda-Alvarado CP. Dental Pulp Fibroblast: A Star Cell. *J Endod.* 2022;48(8):1005–19.
72. Soubhagya M, Goud KM, Deepak BS, Thakur S, Nandini TN, Arun J. Comparative in vitro evaluation of internal adaptation of resin-modified glass ionomer, flowable composite and bonding agent applied as a liner under composite restoration: A scanning electron microscope study. *J Int oral Heal JIOH* [Internet]. 2015 Apr;7(4):27–31. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29109750>

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Variantes del MTA

| Tipos de MTA       | Composición   | Color  | Presentación  | Otras consideraciones  |
|--------------------|---|--------|---|--|
| <b>NeoMTA Plus</b> | Silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de tantalio  | Blanco | Polvo extremadamente fino   | Tipo gel<br>El óxido de tantalio previene la coloración gris de los dientes. |
| <b>ProRoot MTA</b> | Polvo: silicato tricálcico, silicato cálcico, aluminato tricálcico, óxido de bismuto, yeso Líquido: agua  | Blanco | Bolsas de 0,5 g de polvo<br>Dosis unitaria de agua previamente medida | Tiempo de fraguado: 228-261 minutos<br>Alto costo                            |
| <b>Angelus MTA</b> | Polvo: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de silicio, óxido de potasio, óxido de aluminio, óxido de sodio, óxido de hierro, óxido de calcio, óxido de bismuto, óxido de magnesio, residuos insolubles de sílice cristalina. Líquido: agua | Blanco | Bolsas de 0,5 g de polvo<br>Dosis unitaria de agua previamente medida | Tiempo final de fraguado: 24-83 minutos                                      |

|                 |   |        |  |   |
|-----------------|---|--------|--|---|
| <b>RetroMTA</b> | Polvo: carbonato de calcio, dióxido de silicio, óxido de aluminio,<br>circonio cálcico complejo Líquido: agua | Blanco | Bolsitas de 0,3 g de<br>polvo + 3 gotas de<br>agua | Tiempo de fraguado final<br>de 12 minutos |
|-----------------|---|--------|--|---|

- **Anexo 2.** Tabla de caracterización de artículos científicos escogidos para la revisión.

| Título del artículo | Nº de citas | Año de publicación | Acc | Revista | Factor de impacto SJR | Cuartil | Lugar de búsqueda | Área | Colección de datos | Tipo de estudio | País de publicación |
|---------------------|-------------|--------------------|-----|---------|-----------------------|---------|-------------------|------|--------------------|-----------------|---------------------|
|                     |             |                    |     |         |                       |         |                   |      |                    |                 |                     |
|                     |             |                    |     |         |                       |         |                   |      |                    |                 |                     |
|                     |             |                    |     |         |                       |         |                   |      |                    |                 |                     |

**Anexo 3.** Tabla de metaanálisis utilizada para la revisión sistemática.

| Autor | Titulo | Año | Características | Descripción | Analizar las indicaciones de uso de protectores dentino pulpares por medio de una revisión sistemática de bibliografía actualizada. | Establecer los materiales de protección dentino pulpar más relevantes mediante el análisis de sus características, mecanismo de acción y manipulación | Identificar el material de mejor y menor calidad tomando en cuenta su eficacia, ventajas y desventajas. | Determinar la importancia de los protectores dentino pulpares como método de conservación del complejo dentino pulpar. |
|-------|--------|-----|-----------------|-------------|---|---|---|--|
|       |        |     |                 |             |   |   |   |  |
|       |        |     |                 |             |   |   |   |  |
|       |        |     |                 |             |   |   |   |  |