



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
AREA ACADEMICA DE ODONTOLOGIA
LICENCIATURA DE CIRUJANO DENTISTA

TESIS

**“RESPUESTA CLINICA DEL BIODENTINE Y MTA COMO RECUBRIMIENTO DIRECTO:
REVISION BIBLIOGRAFICA”**

**Para obtener el grado de
Cirujano Dentista**

PRESENTA

Leslie Abigail Santiago Cruz

Comité tutorial

Director

Mtro. Javier Dimas Cruz

Codirector interno

Mtra. Maricela Alvarado Meneses

Codirector externo

Dr. Alejandro José Casanova Rosado

ASESORES

Dr. Carlo Eduardo Medina Solís

Dra. Miriam Alejandra Hernández Veras

Dr. en C.S. Vicente Rueda Ibarra

Pachuca de Soto, Hgo., México, marzo de 2025



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
AREA ACADEMICA DE ODONTOLOGIA
LICENCIATURA DE CIRUJANO DENTISTA

TESIS

**“RESPUESTA CLINICA DEL BIODENTINE Y MTA COMO RECUBRIMIENTO DIRECTO:
REVISION BIBLIOGRAFICA”**

**Para obtener el grado de
Cirujano Dentista**

PRESENTA

Leslie Abigail Santiago Cruz

Comité tutorial

Director

Mtro. Javier Dimas Cruz

Codirector interno

Mtra. Maricela Alvarado Meneses

Codirector externo

Dr. Alejandro José Casanova Rosado

ASESORES

Dr. Carlo Eduardo Medina Solís

Dra. Miriam Alejandra Hernández Veras

Dr. en C.S. Vicente Rueda Ibarra

Pachuca de Soto, Hgo., México, marzo de 2025



Advertencias

Cualquier trabajo de investigación no publicado postulado para el grado de licenciatura y depositado en la modalidad de tesina en las bibliotecas de esta Universidad, queda abierta para inspección, y solo podrá ser usado con la debida autorización. Las referencias bibliográficas pueden ser utilizadas, sin embargo, para ser copiadas se requerirá el permiso del autor y el crédito se dará a la escritura y publicación del trabajo.

Esta tesina ha sido usada por las siguientes personas, que firman y aceptan las restricciones señaladas

La biblioteca que presta esta tesina se asegurará de recoger los datos de cada persona que la utilice.

[illegible]

No. Oficio UAEH/ICSA/AAO/485/2025

Asunto: Designación comité tutorial

MTRO. E. JAVIER DIMAS CRUZ

MTRA. MARICELA ALVARADO MENESES MTRO.

DR. CARLO EDUARDO MEDINA SOLÍS

DRA. MIRIAM ALEJANDRA VERAS HERNÁNDEZ

DR. EN C.S. VICENTE RUEDA IBARRA

P R E S E N T E

Me es grato comunicarles que, en atención a sus logros y desempeño laboral, así como a su formación y experiencia profesional han sido designados como integrantes del comité tutorial de la Licenciatura de Cirujano Dentista, de la tesis denominada **"Respuesta clínica de Biodentine y MTA como recubrimiento pulpar directo: revisión bibliográfica"**, de la alumna **Leslie Abigail Santiago Cruz**. El comité tutorial integrado por:

Mtro. E. Javier Dimas Cruz

Mtra. Maricela Alvarado Meneses

Dr. Carlo Eduardo Medina Solís

Dra. Miriam Alejandra Veras Hernández

Dr. en C.S. Vicente Rueda Ibarra

Director

Codirector interno

Asesor

Asesor

Asesor

Sin otro particular, reciba usted la seguridad de mi más alta y distinguida consideración, esperando su valioso apoyo que permita la culminación de la tesis del alumno.

ATENTAMENTE

AMOR, ORDEN Y PROGRESO

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, 14 de noviembre de 2025

M.C. José Antonio Hernández Vera
Director del ICSA

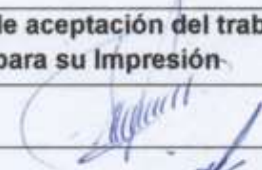
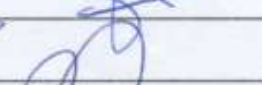
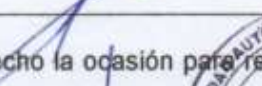
Dr. José de Jesús Navarrete Hernández
Jefe del Área Académica De Odontología

Ccp. Archivo



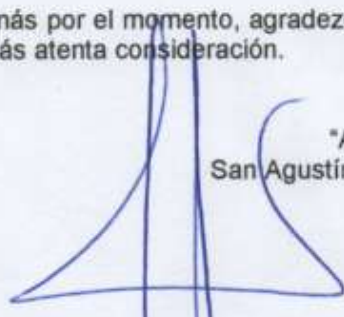
MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH
P R E S E N T E

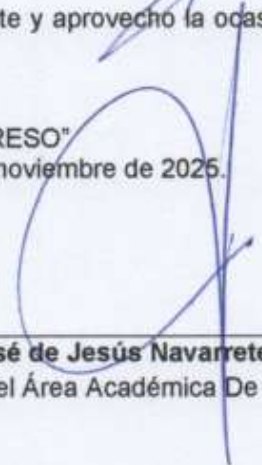
Por medio del presente, informo a usted que el jurado asignado al pasante de la Licenciatura en Cirujano Dentista **Leslie Abigail Santiago Cruz** con número de cuenta **230697**, quien presenta el trabajo bajo la modalidad de tesis, titulada **"Respuesta clínica del Biodentine y MTA como recubrimiento directo: revisión bibliográfica"**, y que después de haber revisado el documento preliminar y realizadas las correcciones indicadas por su comité tutorial y jurado de examen, ha decidido autorizar la impresión del mismo.

Nombres de los Docentes Jurados	Función	Firma de aceptación del trabajo para su Impresión
Mtro. E. Javier Dimas Cruz	Presidente	
Mtra. Maricela Alvarado Meneses	Secretario	
Dr. Carlo Eduardo Medina Solís	Primer Vocal	
Dra. Miriam Alejandra Veras Hernández	Segundo Vocal	
Dr. en C.S. Vicente Rueda Ibarra	Tercer Vocal	
Dra. María de Lourdes Márquez Corona	Suplente	
Dr. Salvador Eduardo Lucas Rincón	Suplente	

Sin más por el momento, agradezco la atención a la presente y aprovecho la ocasión para reiterar mi más atenta consideración.

Atentamente
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
 San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo 14 de noviembre de 2025.


M.C. José Antonio Hernández Vera
 Director del ICESA


Dr. José de Jesús Navarrete Hernández
 Jefe del Área Académica De Odontología

Ccp. Archivo



Circuito ex-Hacienda La Concepción s/n
 Carretera Pachuca Actopan, San Agustín
 Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P. 42160
 Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 4311, 4320
 odontologia@uaeh.edu.mx



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias de la Salud

School of Medical Sciences

Área Académica de Odontología

Department of Dentistry

ICSa/AAO/487/2025

Asunto: Incorporación al repositorio de tesis

Mtro. Jorge E. Peña Zepeda

Director de Bibliotecas y Centros de Información

P R E S E N T E

Estimado Mtro. Peña,

Por medio del presente hago constar que la tesis en formato digital titulada: "**Respuesta clínica del biodentine y MTA como recubrimiento directo: revisión bibliográfica**", que presenta la pasante de la Licenciatura en Cirujano Dentista **Leslie Abigail Santiago Cruz** con número de cuenta **230697**, cumple con el oficio de autorización de impresión y se ha verificado que es la versión digital del ejemplar impreso, por lo que solicito su integración en el repositorio institucional de tesis.

Sin más por el momento, agradezco la atención a la presente y aprovecho la ocasión para reiterar mi más atenta consideración.

Atentamente

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Dr. José de Jesús Navarrete Hernandez
Jefe del Área Académica de Odontología

Leslie Abigail Santiago Cruz
Autor



"Amor, Orden y Progreso"



2025



Circuito ex-Hacienda la Concepción s/n Carretera
Pachuca Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo,
México, C.P.42170
Teléfono: 52(771)7172000 Ext. 41523 y 41534
odontologia@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis representa no solo el cierre de una etapa académica, sino también el reflejo del esfuerzo, la disciplina y el apoyo de todas las personas que me acompañaron durante este camino. Por ello, deseo expresar mi mas profundo agradecimiento a quienes hicieron posible la culminación de esta meta.

A mi Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en especial al área de odontología, institución que me brindo los conocimientos, las herramientas y las oportunidades necesarias para desarrollarme como profesionista.

A mis docentes y a mi asesor de tesis, por compartir su conocimiento con generosidad. Gracias por la paciencia, por las correcciones que me hicieron crecer y por su guía invaluable en la construcción de este trabajo.

A mi madre por ser mi primer ejemplo de perseverancia, trabajo y esfuerzo. Gracias por tus oraciones constantes, por el sacrificio incansable que hizo posible que hoy sea un profesional, este titulo es tuyo.

A mi familia, por ser mi refugio y mi motivación. Gracias por el apoyo incondicional en los momentos de estrés y celebrar conmigo cada pequeño avance.

A mi pareja, por ser mi equilibrio y mi paz. Gracias por estar a mi lado en las noches de desvelo, por tus palabras de aliento y por caminar de la mano conmigo hacia esta meta.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, por todo su apoyo incondicional, a mi familia que siempre ha estado apoyándome en cada logro, a mi pareja por siempre estar en mi crecimiento profesional y a mis docentes.

Contenido

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
Introducción	13
OBJETIVOS	14
Objetivo general:.....	14
Objetivos específicos:	14
Metodología	15
Antecedentes	17
Agregado de trióxido mineral	17
Aplicaciones clínicas del MTA:.....	18
Propiedades físicas, químicas y mecánicas del MTA	19
Propiedades biológicas:.....	21
Manipulación del MTA	21
Usos y presentaciones del MTA	22
Biodentine	33
Composición química:.....	34
Aplicaciones clínicas del Biodentine:	34
Propiedades físicas, químicas y mecánicas del Biodentine:	35
Propiedades biológicas:.....	36
Presentación:.....	37
Manipulación del Biodentine (septodont):	37
Recubrimiento Pulpar Directo.	38
Factores que intervienen en el éxito del recubrimiento pulpar directo:	38
Discusión	40
Conclusión	42
Referencias	43
ANEXOS	48

RESUMEN

Este trabajo realiza una revisión bibliográfica (2021-2025) sobre la respuesta clínica del Biodentine (BDTN) y el Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en recubrimientos pulpaes directos (RPD). El RPD es un tratamiento conservador para preservar la vitalidad pulpar tras una exposición, donde la elección del material es crucial. Históricamente, el hidróxido de calcio fue el material de referencia, pero su alta solubilidad y pobre sellado han favorecido el uso de cementos de silicato de calcio como el MTA y el BDTN. El MTA, considerado el estándar de oro, destaca por su excelente biocompatibilidad, capacidad de sellado hermético, pH alcalino prolongado (con efecto antibacteriano) y su probada eficacia en la formación de puentes dentinarios de calidad. Sus principales desventajas son su tiempo de fraguado prolongado, difícil manipulación, costo elevado y riesgo de decoloración dental. El Biodentine, desarrollado posteriormente, se presenta como un sustituto de la dentina. Ofrece ventajas significativas en manipulación y un fraguado más rápido (10-12 min). Posee alta bioactividad, induce la formación de puentes dentinarios y tiene propiedades mecánicas similares a la dentina, sin causar decoloración. Sin embargo, su radiopacidad es menor y puede requerir una etapa de maduración antes de la restauración final. La evidencia analizada indica que ambos materiales son altamente efectivos para el RPD, con tasas de éxito clínico y radiográfico superiores al 90% en seguimientos a mediano plazo. El MTA mantiene su posición de referencia por su predictibilidad y sellado superior, mientras que el Biodentine emerge como una excelente alternativa, destacando por su facilidad de uso clínico. El éxito final del procedimiento depende además de un diagnóstico preciso, el aislamiento absoluto y factores del paciente como la edad.

Palabras clave: Recubrimiento pulpar directo, MTA, biodentine, biocompatibilidad, radiográfico.

ABSTRACT

This work conducts a bibliographic review (2021-2025) on the clinical response of Biodentine (BDTN) and Mineral Trioxide Aggregate (MTA) in direct pulp capping (DPC). DPC is a conservative treatment to preserve pulp vitality after exposure, where material choice is crucial. Historically, calcium hydroxide was the reference material, but its high solubility and poor seal have favored the use of calcium silicate-based cements like MTA and BDTN. MTA, considered the gold standard, stands out for its excellent biocompatibility, superior sealing ability, prolonged alkaline pH (with antibacterial effect), and proven efficacy in forming quality dentin bridges. Its main disadvantages are its long setting time, difficult handling, high cost, and risk of tooth discoloration. Biodentine, developed later, is presented as a dentin substitute. It offers significant advantages in handling and a faster setting time (10-12 min). It has high bioactivity, induces dentin bridge formation, and possesses mechanical properties similar to dentin, without causing discoloration. However, its radiopacity is lower, and it may require a maturation stage before the final restoration. The evidence analyzed indicates that both materials are highly effective for DPC, with clinical and radiographic success rates exceeding 90% in medium-term follow-ups. MTA maintains its reference position due to its predictability and superior seal, while Biodentine emerges as an excellent alternative, standing out for its ease of clinical use. The final success of the procedure also depends on an accurate diagnosis, absolute isolation, and patient factors such as age.

Keywords: Direct pulp capping, MTA, biodentine, biocompatibility, radiographic

Marco Teórico

Introducción

El recubrimiento pulpar directo RPD, busca reducir el riesgo de infección y daño adicional a la pulpa con un material biocompatible y antibacteriano, mientras proporciona un sello biológico y previene la filtración bacteriana. (4) convencionalmente, el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) se ha utilizado ampliamente como agente de recubrimiento pulpar directo debido a su alto pH que forma un puente sobre la dentina, pero uno de los inconvenientes del (Ca(OH)_2) es que no proporciona un sellado eficiente de la pulpa expuesta; debido a la característica de solubilidad al contacto con los fluidos bucales que este presenta. (8) En el procedimiento de recubrimiento pulpar directo se utilizan biomateriales para preservar y proteger los tejidos pulpares expuestos, la estimulación en la formación de una dentina reparadora en contacto con el tejido pulpar vital; sin embargo, siguen existiendo problemas de adhesión a la superficie dentinaria, reabsorción del material e inestabilidad mecánica. El principal problema del HC es su alta solubilidad y falta de adhesión a los tejidos dentales así como al material restaurador; que puede ocasionar que ocurran filtraciones. (4) Al pasar los años se han desarrollado nuevos biomateriales que poseen características más favorables para el empleo en el recubrimiento pulpar directo, los cementos a base de silicato de calcio como lo es el Agregado de trióxido mineral (MTA) es un cemento bioactivo compuesto principalmente por elementos de calcio y silicato; se considera el estándar de oro para procedimientos de recubrimiento pulpar directo, se ha desarrollado otros materiales que también introduce para la terapia pulpar vital junto con el MTA como es el caso del Biodentine este es un cemento biológicamente activo a base de silicato de calcio y se introdujo como un material sustituto de la dentina, con las características físico-químicas, biocompatibilidad y facilidad de manipulación. (09)

OBJETIVOS

Objetivo general:

Identificar la eficacia de (BDTN y MTA) en recubrimientos pulpaes directos.

Objetivos específicos:

- Analizar la importancia del uso de un cemento bioactivo empleado en recubrimientos pulpaes directos como tratamiento posterior a una exposición pulpar.
- Comparar las propiedades físicas, químicas y biológicas entre dos diferentes materiales de recubrimiento directo (BDTN y MTA)
- Determinar la biocompatibilidad de estos materiales en la superficie dental.
- Seleccionar el cemento bioactivo de mejor manipulación empleado como protector pulpar en beneficio de los tiempos dentro del operatorio.

Metodología

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica relacionada con la acción de materiales bioactivos en la superficie dentinaria cuando existe una exposición pulpar directa, haciendo énfasis en su composición, aplicaciones clínicas y manipulación en la práctica clínica odontológica.

Diseño del estudio

Para ello se llevó a cabo la búsqueda sistemática de la literatura en base de datos científica como SciELO, Google Académico, PubMed, utilizando palabras clave en español e inglés: “recubrimiento directo”, “MTA”, “Biodentine”, “Direct pulp capping”, “biocompatibility”, entre otros.

Criterios de selección

Se incluyeron 39 artículos originales de 80 artículos de los cuales solo se admitieron revisiones sistemáticas, publicados entre 2021 al 2025. Con los cuales se hizo una comparación de los trabajos de investigación realizados por los autores de los mismos; verificando protocolo de colocación de material bioactivo, tiempo de evolución, tomas radiográficas a los 15 días posterior al recubrimiento, 3 meses, 6 meses y hasta un año, pruebas de vitalidad pulpar (frio, calor, percusión, y palpación). descartando la presencia de lesiones apicales. Condiciones de salud, se corroboró la ausencia de enfermedades sistémicas, edad del paciente, diagnóstico pulpar, que el paciente no se encuentre bajo ningún tratamiento de analgésico o antibiótico, descartar presencia de enfermedad periodontal, localización de la lesión cariosa, ausencia de lesión peri apical.

Proceso de revisión

La selección de los documentos se realizó en tres fases:

- **Búsqueda inicial** mediante palabras clave y filtro por relevancia y fecha
- **Revisión de títulos y resúmenes** para evaluar pertinencia
- **Lectura crítica del texto completo** para extraer información relevante sobre la composición, manejo del material y tratamiento.

Análisis y síntesis de la información

La información recabada se utilizó para identificar los diferentes tipos de materiales utilizados para mantener la vitalidad pulpar después de una exposición pulpar, determinar que biomaterial de elección es el mejor para un recubrimiento pulpar directo. Se definió de manera teórica la eficacia, ventajas y desventajas del uso de biomateriales, la composición, sus aplicaciones clínicas y manipulación utilizados en odontología como recubrimientos pulpares directos al presentar una exposición pulpar.

Antecedentes

Tradicionalmente, el hidróxido de calcio era considerado el material de elección para el recubrimiento pulpar directo, pero esto cambio con el paso de los años debido a las distintas desventajas que presenta; por su alta solubilidad que conduce a la desaparición del material y la formación de defectos en la dentina reparadora no proporcionan un sello permanente contra la invasión bacteriana, a diferencia de los cementos a base de silicato de calcio CSC que tiene propiedades ventajosas: su alta bioactividad, biocompatibilidad, capacidad de sellado y propiedades mecánicas.(4)

Agregado de trióxido mineral

En los años 90 apareció un nuevo material, el MTA (Agregado Trióxido material) patentado en 1995 por Torabinejad y White, y aprobado en 1998 por la FDA. (24)

A pesar de la amplia variedad de ventajas del MTA, existen ciertas limitaciones como el largo tiempo de fraguado, difícil manipulación, el alto costo y la decoloración de los dientes. (4) Se realizaron algunas modificaciones para mejorar las propiedades del MTA y acortar su tiempo de fraguado. La adición de cloruro de calcio al MTA elevo su pH, acorto su tiempo de fraguado y mejoro sus propiedades mecánicas. (3) El MTA se comercializa actualmente en dos formas: gris (GMTA) y blanco (WMTA). Para superar la limitación del largo tiempo de fraguado del MTA, en 2001 se introdujo una alternativa llamada MTA Angelus que carecía de sulfato de calcio dihidrato como unos de sus compuestos principales. Entre el MTA gris y blanco la diferencia radica en la presencia de hierro en el gris que forma demás la fase de tetracalcioalumino-ferrita. Mientras que hay ausencia de óxido de hierro en el Blanco. (22)

La composición química del MTA consta de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad. La hidratación del polvo genera un gel coloidal que forma una estructura dura. Está compuesto principalmente por partículas de:

Silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) al unirse con el calcio y el oxígeno, compuesto que le brinda al cemento su resistencia mecánica, aluminio tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) y silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) este último se ha observado que puede formar compuestos con otros elementos presentes, proporcionando las características de biocompatibilidad a los cementos porque permite desarrollar un pH básico. La sílice fue el segundo elemento

encontrado en mayor proporción, y el aluminato férrico tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) El aluminio presente igual que proporciona resistencia contra la corrosión, estos 3 compuestos representan el 75% del MTA. El óxido de bismuto (Bi_2O_3) proporciona al MTA la característica de la radiopacidad, este compuesto está presente en un 20%. El sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en un 4,4% y por último los residuos insolubles (sílica cristalina, óxido de calcio y sulfato de potasio y sodio) en un 0,6%. (24)

Aplicaciones clínicas del MTA:

- 🚦 Recubrimiento directo: el MTA es un material para preservar la vitalidad pulpar cuando se utiliza como material en recubrimientos pulpares directos. Es prometedor para utilizarse en el tratamiento de exposiciones pulpares, ya que tienen la cualidad de formar puentes dentinarios, ser biocompatibles, tener un pH alcalino, nula solubilidad, adaptación marginal, microfiltración disminuida y que no favorece la inflamación. Se forma una capa odontoblástica y dentina secundaria o de reparación en tres semanas, si la asepsia es adecuada.
- 🚦 Pulpotomía en dientes temporales: está indicado cuando el tejido coronal infectado puede ser eliminado y el tejido radicular remanente es juzgado como vital por criterios clínicos y radiológicos; no debe presentar síntomas o signos de dolor espontáneo, dolor a la percusión, movilidad anormal, fístulas, reabsorción interna, calcificaciones pulpares, reabsorciones externas patológicas, radiolucidez periapical, radiolucidez interradicular y excesivo sangrado. Además, el diente debe poder ser restaurado y al menos deben permanecer dos tercios de la longitud radicular, a fin de asegurar una vida funcional razonable. El MTA es un material que actualmente se presenta como gran alternativa para el Odontopediatra en tratamientos pulpares, su utilización se ve justificada por su gran biocompatibilidad, capacidad microbiana, por no mostrar toxicidad, por contribuir a un buen sellado y remover el tejido original cuando está unido a la pulpa y los tejidos perirradiculares. ha demostrado ser una alternativa al formocresol; con una respuesta clínica superior a este y con indicadores radiográficos que demuestran una respuesta biológicamente favorable de la pulpa remanente.
- 🚦 Apexogénesis en dientes permanentes jóvenes: se indica cuando existe vitalidad pulpar, buscando el desarrollo radicular y cierre apical; MTA estimula la formación

de puentes de dentina adyacentes a la pulpa dental, puede deberse al sellado, capacidad, biocompatibilidad y alcalinidad del MTA.

- ✚ Perforaciones de furca y fractura vertical: al ser principalmente hidrófilo, hoy en día el MTA puede considerarse el material ideal para sellar perforaciones.
- ✚ Apexificación: se indica cuando existe necrosis y sin embargo no existe un desarrollo radicular evidente, debido a sus propiedades de sellado, alta biocompatibilidad, naturaleza hidrófila, y su tiempo de tratamiento reducido, el MTA se considera la mejor opción.
- ✚ Reparación de defectos de reabsorción: el MTA es un material de elección para la reparación quirúrgica y no quirúrgica de la reabsorción.

El MTA es un cemento a base de silicato de calcio, es un material hidrofílico ideal para procedimientos de recubrimiento pulpar directo. Una ventaja muy apreciada del MTA es que se adhiere en los ambientes húmedos comúnmente encontrados en la odontología. A diferencia de incontables materiales dentales, el cemento MTA se incorpora en un entorno húmedo. Cuando este se expone a la humedad, su elemento principal que es el óxido de calcio, se desvincula, convirtiéndose así en hidróxido de iones de calcio, dando como resultado final el hidróxido de calcio, con el que muchos odontólogos estarán familiarizados. Este proceso da como resultado un microambiente de pH elevado que trae consigo efectos antibacterianos extremadamente ventajosos. (6)

Propiedades físicas, químicas y mecánicas del MTA

- **Tiempo de fraguado:**
el tiempo de mezcla de MTA es de 30 segundos, completa el fraguado después de 3 horas 180 min. Aprox. (23)
- **Pigmentación, decoloración de la estructura dental:**
El óxido de bismuto que contiene el MTA causa decoloración. (23)
- **Solubilidad:**
La solubilidad se define como la cantidad de un material sólido que se puede disolver en una determinada cantidad de disolvente. la falta de solubilidad se ha señalado como una característica ideal para el material de limado de raíces y el MTA muestra una solubilidad baja o nula en agua. (23) proporcionando un relleno satisfactorio y evitando la microfiltración bacteriana. (2)

- **Resistencia a la compresión:**

La resistencia a la compresión es considerada como una de las principales características físicas de los cementos hidráulicos, es esencial que el material tenga la capacidad de soportar las fuerzas masticatorias, en otras palabras, suficientes resistencias a la compresión para resistir los impactos externos. (23) la fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 MPa. (megapascals). (24)

- **Fuerza flexible:**

La resistencia a la flexión de cualquier material dental es un factor importante ya que disminuye el riesgo de fractura en el uso clínico. La resistencia a la flexión del MTA fue de 14,27 MPa cuando las muestras se expusieron a la humedad de ambos lados después de 24 hrs. Del tiempo de fraguado. (23)

- **Valor del pH:**

el valor de pH del MTA es 10,2 después de mezclar. Este valor aumenta a las 3 horas se estabiliza en 12,5. Esta lectura se realizó a través de un pH-metro en vista que el MTA presenta, un pH similar al cemento de hidróxido de calcio, por lo que puede posibilitar efectos antibacterianos y luego de aplicar esta sustancia como material de obturación apical, probablemente, este pH pueda inducir la formación de tejido duro. (24)

- **Radiopacidad:**

La radiopacidad media del MTA se ha informado en 7,17 mm de espesor equivalente de aluminio. (23) entre las características ideales para un material de obturación, encontramos que debe ser más radio-opaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en una cavidad. (24)

- **Microdureza:**

La cristalización del gel de hidrato de silicato de calcio continua, lo que reduce la porosidad y aumenta la dureza con el tiempo. (23)

- **Densidad y porosidad:**

La porosidad determina la cantidad de fuga, el resultado de la terapia, la absorción, la permeabilidad, la resistencia y la densidad del material de recubrimiento. Entre mayor sea el diámetro de poro, se puede presentar mayor fuga, por donde ingresan y se transmiten microorganismo comprometiendo el sello hermético. $17,39 \pm 4,16$. según Al-Sherbiny y otros, 2021).

- **Adaptación marginal y capacidad de sellado:**

El sellado producido por MTA, filtro a las 4 y 24 hrs significativamente. Una adaptación marginal buena. (23)

Propiedades biológicas:

- **Biocompatibilidad:** se atribuye a su pH y liberación de iones de calcio. Los valores de pH más altos son esenciales para la inducción de tejido duro y propiedades antimicrobianas.
- **Citotoxicidad:** en presencia de agua, el óxido de calcio, uno de los principales componentes del MTA, se convierte en hidróxido de calcio, lo que a su vez eleva el pH circundante. El pH alcalino tiene un efecto destructivo sobre las estructuras proteicas y puede promover desnaturalización de enzimas y también daño a la membrana celular.
- **Bioactividad:** el agregado de trióxido mineral se considera un bioactivo. Material con posibles propiedades osteoinductivas ya que tiene expresión de proteína- 2 (BMP-2) se ha demostrado que el MTA regula positivamente la morfogenética ósea.

Ventajas

- ✓ **No es toxico**
- ✓ **Es biocompatible con los tejidos**
- ✓ **No es mutagénico**
- ✓ **Es radiopaco**
- ✓ **Fácil de eliminar excedentes**
- ✓ **Tiene propiedades hidrofílicas**
- ✓ **Fácil manipulación (24)**

Manipulación del MTA

Para la manipulación del MTA (Angelus):

Se dispensa el contenido de 1 sobre de MTA y 2 gotas de líquido sobre la loseta.

Después de esto se espátula durante 40 segundos hasta la homogeneización completa del polvo y el líquido por lo que el cemento obtenido debe tener una consistencia pastosa.

Además, se requiere de humedad para fraguar, por lo que no se debe dejar la mezcla expuesta al medio ambiente, pues de deshidrata, obteniendo una textura seca.

Esta mezcla se puede aplicar con un instrumento tipo porta amalgama plástico o metálico o el aplicador de MTA para llevar el material al sitio de aplicación o cavidad clínica a tratar. Por lo tanto, el material se coloca en la zona a tratar compactándolo con una torunda de algodón húmeda. De igual importancia se coloca una base de ionómero de vidrio sobre el piso cavitario para reforzarlo y luego se termina la restauración. Después se toma una Radiografía final y se indica no comer ni masticar nada durante al menos una hora.

Usos y presentaciones del MTA

ProRoot™ MTA gris

el ProRoot fue el primer MTA, patentado en 1995 por Torabinejad y fabricado por la casa comercial Dentsply Tulsa, Oklahoma-USA. Fue aprobado por la FDA en 1998.

Composición: consiste en un polvo de partículas finas conformado por; Silicato tricálcico (3CaO , SiO_2); aluminato tricálcico ($3\text{CaO-AL}_2\text{O}_3$), silicato dicálcico (2CaO , SiO_2); aluminato férrico tetracálcico ($4\text{CaO-AiO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$), óxido de bismuto (Bi_2O_3), sulfato de calcio dehidratado ($\text{CaSO}_4\text{-}2\text{H}_2\text{O}$), sílice (SiO_2), óxido de calcio (CaO), sulfato de potasio (K_2SO_4) y sodio (Na_2SO_4).

Tabla 1. Propiedades físicas, químicas y biológicas del ProRoot™ MTA gris.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
La hidratación del polvo se realiza con agua estéril en una proporción de 3:1 formando un gel coloidal que solidifica aprox. A las 2 horas con 50 minutos.	Biocompatibilidad
Su pH después de mezclarlo es de 10.2 y pasadas 3 horas se estabiliza en 12.5. el líquido tisular y agua reaccionan con el óxido de calcio, sufriendo una disociación de iones hidróxido y calcio, aumentando el	Efectos antiinflamatorios

pH, proporcionando un ambiente alcalino que da un efecto antibacteriano.	
Su Radiopacidad es equivalente a 7.17mm de espesor de aluminio.	Modula la producción de citocinas
Su resistencia a la compresión es de 40 MPa a las 21 horas y 67 MPa a los 21 días.	Fomentan la diferenciación y migración de células productoras de tejido duro (cementoconductor, cementoinductivo, osteoconductor)
Presenta una baja solubilidad	
Es hidrofílico	
Gran sellado marginal	

Desventajas:

- X Tiempo de fraguado prolongado
- X Difícil manipulación
- X Costo elevado
- X Pigmentación

Presentación:

Sobres herméticamente sellados con unas pipetas de agua estéril.

ProRoot™ MTA blanco

En 2002 la misma empresa Denstply, Tulsa Dental sustituyo el ProRoot gris por una versión de color blanco con el objetivo de evitar la pigmentación de los dientes.

Composición: es similar al ProRoot gris, la diferencia es que presenta un 54.9% menos de óxido de aluminio (Al_2O_3) y un 90.8% menos de óxido de hierro (Fe_2O_3). La reducción del óxido de hierro se atribuye al cambio de color, de gris a blanco.

Ventajas

- ✓ Sus partículas son más pequeñas

- ✓ La resistencia a la compresión es mayor, siendo de 45.84 MPa a los 3 días y 86.02 MPa a los 28 días.

MTA-Angelus ® gris y blanco

La empresa brasileña Angelus (Odonto-Lógica, Ind, Prod. Odonto. Ltda, Londrina, Paraná, Brasil) en 2001 saco al mercado su propia versión de MTA gris con un tiempo de fraguado de 15 minutos y en 2004 saca al mercado su versión blanca, para desarrollar su cemento tomaron como base un cemento Portland que contenía un mínimo de arsénico y agregaron oxido de bismuto para producir la misma radiopacidad del ProRoot.

Composición: 80% de cemento Portland, 20% oxido de bismuto, ausencia de sulfato de calcio, con el objetivo de reducir el tiempo de fraguado y la aluminoferrita tetracálcica se elimina de la versión blanca.

Tabla 2. Propiedades físicas, químicas y biológicas del MTA-Angelus ® gris y blanco.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
El pH es de 9.52	Excelente capacidad de sellado y rápido fraguado, lo que reduce la extrusión del material a los tejidos periradiculares y evita la microfiltración
Su tiempo de fraguado es de 10 a 14 minutos	Induce la formación de puentes dentinarios
La radiopacidad 3.23mm Al	Baja toxicidad
	Estimula a los fibroblastos para producir la proteína BMP-2 (proteínas morfogenéticas óseas). Moléculas que influyen en la formación de hueso, cemento y cartílago, además de inducir la formación de dentina.
	Aumenta los niveles de TGF-1 (factor de crecimiento transformante), el cual se desempeña en el crecimiento y diferenciación celular del fenotipo

	osteoblástico, además estimula o inhibe la formación ósea.
--	--

Endo CPM Sealer

Es un sellador de conductos radiculares de óxido de calcio desarrollado a partir del MTA por la empresa Egeo SRL (Buenos Aires, Argentina).

Composición: MTA, dióxido de silicio, carbonato de calcio, trióxido de bismuto, sulfato de bario, propilenglicol, citrato de sodio y cloruro de calcio.

Tabla 3. Propiedades físicas, químicas y biológicas de Endo CPM Sealer.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
Presenta una radiopacidad de 6mm Al, proporcionada por el trióxido de bismuto y el sulfato de bario	Presenta una respuesta inflamatoria crónica que disminuye con el tiempo
Tiene una buena plasticidad, adherencia y fluidez	Estimula la formación de tejido mineralizado
Tiene un pH inicial de 9.4 y 7.7 a los 38 días	Un menor tiempo de fraguado proporciona un mejor sellado
Formación de iones de calcio y de iones de hidróxido	Baja citotoxicidad un menor pH evita la necrosis superficial de los tejidos adyacentes permitiendo la acción de la fosfatasa alcalina.
Los iones de calcio reacción con el dióxido de carbono de los tejidos y forman granulaciones de carbonato de calcio (presentados como cristales de calcita)	
Menos tiempo de fraguado y mejor manipulación gracias a la adición del cloruro de calcio.	

Presentación: polvo líquido, su manipulación es una proporción de 3:1.

MTA Bio TM

Desarrollado por la empresa Angelus (Londrina Brasil) con el objetivo de reducir la presencia y liberación de arsénico y plomo para un efecto toxico menor y así promover una mejor curación del tejido pulpar. Usado para Pulpotomías y recubrimientos pulpares directos.

Composición: dióxido de silicio, oxido de potasio, oxido de aluminio, oxido de sodio, óxido de hierro, oxido de azufre, oxido de calcio, oxido de bismuto, silicio cristalino y ausencia de óxido de magnesio.

Tabla 4. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA Bio TM.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
Su radiopacidad es de 3.93mm Al	Los altos niveles de iones calcio aceleran la cicatrización
Alta expansión de fraguado debido a su mayor contenido de óxido de calcio	Diferenciación de células pulpares en nuevos odontoblastos y la síntesis de dentina
Mayor liberación de iones calcio	Baja toxicidad
Presenta mayor porosidad por la gran cantidad de calcio	
Su pH inicial es de 9.94 y su pH final de 10.46	
Tiene un tiempo de fraguado de 12 minutos	
Mayor solubilidad en comparación a otros MTA	

Light-cured MTA

Desarrollado por Bisco (Itasca, IL)

Composición: AeroSil 8%, resina hidrofílica biocompatible 42.5%; BisGMA, resina biocompatible-FDA, agente modificante, agente iniciador y estabilizador. MTA 44.5% y sulfato de bario 5%.

Tabla 5. Propiedades físicas y químicas de Light-cured MTA.

Propiedades físicas y químicas
Tiene una radiopacidad de 1.21 mm/Al
Su pH inicial es de 7.84 y su pH final es de 8.22
Baja solubilidad
Fácil manipulación y obturación

Presentación: este material se puede empaquetar en pequeños tubos de plástico con puntas de aluminio desechables.

MTA Angelus Gris y Blanco (actualidad)

Composición: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de bismuto (radiopacidad), tungstato de calcio (Radiopacidad) y óxido de calcio.

Tabla 6. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA Angelus Gris y Blanco. (actualidad)

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
Un valor de pH inicial de 10.2 y un pH final de 12.5	Actividad antimicrobiana
La radiopacidad es 7.17 mm/Al	Baja toxicidad
Tiempo de fraguado de 15 minutos	Biocompatible
Hidrofílico	Induce la formación de hueso, cemento y ligamento periodontal
Excelente sellado	

Baja solubilidad	
Tamaño de partículas de 12µm	

Indicaciones:

- ✓ **Recubrimiento pulpar**
- ✓ **Pulpotomías**
- ✓ **Perforaciones radicales y de furca**
- ✓ **Apexogénesis**
- ✓ **Reabsorciones internas**
- ✓ **Obturación retrógrada**

Presentación:

Se presenta en forma de polvo almacenado en un frasco o sobres individuales, y agua destilada en una botella.

MTA Angelus (gris) 1g, 7 aplicaciones

MTA Angelus (gris) 2g, 14 aplicaciones

MTA Angelus (Blanco) 1g, 7 aplicaciones

MTA Angelus (blanco) 2g, 14 aplicaciones

MTA REPAIR HP

La empresa Angelus para mejorar la consistencia arenosa de otros cementos MTA desarrollo una nueva formular denominada MTA REPAIR HP-MTA “High Plasticity”, esta fórmula mantiene las propiedades tanto químicas como biológicas del MTA, pero alterando las propiedades físicas dando una mayor plasticidad que facilita la manipulación.

Composición:

Polvo: tungstato de calcio como radiopacador (evita la pigmentación de la estructura dental), silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y óxido de calcio.

Líquido: agua y plastificante

Tabla 7. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA REPAIR HP.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
Fraguado inicial de 15 minutos	Induce la formación de cemento perirradicular, hueso, ligamento periodontal y la formación de dentina en exposiciones pulpares
Baja solubilidad	Por su gran sellado evita la migración de microorganismos pulpares
Alta capacidad de sellado por su expansión al fraguar	Actividad antimicrobiana
Hidrofílico	Baja toxicidad
Fácil manipulación	Respuesta inflamatoria leve después de 30 días
Liberación de iones de calcio	
pH de 11.5	
Radiopacidad de 7mm/Al	

Indicaciones

- ✓ **Perforaciones; iatrogénicas, reabsorción externa e interna, cariosas**
- ✓ **Retrobturación**
- ✓ **Protección pulpar directa**
- ✓ **Pulpotomías**
- ✓ **Apicoformación**
- ✓ **Apicogénesis**

Presentación:

Vienen en capsulas que contiene el polvo con 0.085 g c/u y frascos de 0.25ml de líquido. Comercialmente se pueden encontrar en presentaciones de:

2 capsulas y 2 frascos de liquido

5 capsulas y 5 frascos de liquido

10 capsulas y 10 frascos de liquido

MTA-Fillapex

Es un sellador endodóntico biocerámico basado en MTA desarrollado por Angelus (Londrina/Paraná/Brasil) y lanzando comercialmente en 2010. El sellador permite un llenado completo de los conductos radiculares, incluidos los conductos accesorios y laterales.

Composición:

Pasta A; resina de salicilato (salicilato de metilo, butilenglicol y colofonia), Tungstato de calcio y oxido de silicio.

Pasta B; oxido de silicio, dióxido de titanio, MTA (silicato tricálcico, silicato dicálcico, oxido de calcio y aluminato tricálcico) y base de resina.

Tabla 8. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA-Fillapex.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
flujo optimizado que permite un excelente sellado	Actividad antimicrobiana

Expansión de fraguado	Mineralización de los tejidos
Fraguado lento de 130 minutos	Favorece la cicatrización
Baja solubilidad	Migración y diferenciación celular
pH inicial de 9.39 y pH final de 8.89	
Liberación de iones calcio	
Radiopacidad de 4-5 mm/Al	
Fácil eliminación	

Indicaciones:

- ✓ **Destinado al sellado permanente de conductos radiculares en combinación con conos de gutapercha.**

Contraindicaciones:

- X Pacientes con hipersensibilidad a los componentes del producto
- X En casos de perforaciones
- X Reabsorciones
- X tapones apicales

Presentación: el producto viene en 2 presentaciones

- 1.- jeringa con puntas de automezcla 4g.
- 2.- tubos de pasta base y pasta catalizadora de 18g/12g o 7.2g/4.8g

Mecanismo de acción:

Tiene una reacción de complejación (es decir se compone de distintos elementos), la cual implica la atracción electrostática entre un ion y un agente quelante de modo que no se transfieran electrones entre ellos, y la estructura final tendrá la suma de las cargas individuales. Para empezar la reacción debe haber una molécula de agua en el medio externo que al formar el primer complejo promueve una reacción en cadena y genera una nueva molécula de agua. La reacción de complejación ocurre cuando el hidróxido de calcio entra en contacto con la resina de disilicato, lo que resulta en el atrapamiento de iones calcio en el compuesto y promueve el fraguado.

MTA BIOREP

ITENA desarrollo una nueva fórmula para mejorar la consistencia arenosa de otros MTA. En su fórmula se conservaron las propiedades químicas y biológicas del MTA original, pero modificaron las propiedades físicas y otorgándole una consistencia más plástica para una mejor manipulación y colocación.

Composición: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, tungstato de calcio, agua y plastificante.

Tabla 9. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA BIOREP.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
Radiopacidad de 3.7mm/Al	Inducción en la formación de dentina
Mejor manipulación	Baja toxicidad
Baja solubilidad	Actividad antimicrobiana
Excelente sellado marginal por expansión	Migración y diferenciación celular
Tiempo de fraguado de 15 minutos	
pH de 10	

Presentación:

Capsulas monodosis y viales con líquido; 2 capsulas y 2 viales y también en 5 capsulas y 5 viales.

NeoMTA 2

Su predecesor fue el NeoMTA plus

Composición:

Polvo; silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de tantalio, sulfato de calcio, aluminato tricálcico.

Líquido; agua y polímeros patentados (diferentes y en mayor cantidad que su predecesor).

Tabla 10. Propiedades físicas, químicas y biológicas de NeoMTA 2.

Propiedades físicas y químicas	Propiedades biológicas
Fraguado de 14 minutos	Promueve la formación de hidroxiapatita
Color más blanco y no pigmenta	Baja toxicidad
Liberación de iones de calcio	Promueve la viabilidad, migración y unión celular
Resistencia inmediata al lavado del 100%	Osteogénico
Mayor liberación de iones calcio	Estudios muestran un aumento de la expresión de genes relacionados con la osteo/odontogénesis después de los 14 días.
La presencia de tantalio otorga una radiopacidad aceptable además de que no causa decoloración	

Mecanismo de acción: los fluidos del tejido adyacente a la colocación, se mezclan con la pasta para causar el fraguado. Iones calcio y de iones hidroxilo se liberan promoviendo la formación de hidroxiapatita. La hidroxiapatita recubre la superficie del MTA para disminuir la reacción inflamatoria y favorecer la curación del tejido pulpar y periapical.

Presentación: Polvo y líquido

Kit de 0.5g

Kit de 1g.

Kit de 2.5g

Biodentine

El laboratorio de la Universidad del Mediterráneo en Marsella, Francia, basándose en las características del MTA y el cemento portland, desarrollo un material a base de silicato de calcio llamado Biodentine un sustituto de la dentina fue introducido en el 2009 y es un material de dos componentes: un polvo de silicato tricálcico a la que se le añade carbonato cálcico como cara y óxido de circonio como elemento radiopaco. Y al líquido cloruro de

calcio, agua y agente reductor. (24) su intervalo de endurecimiento oscila entre los 12 minutos. Tiene alta propiedades de manejo y su tiempo de secado es mucho más corto que el MTA, sus propiedades físicas tienen una similitud a la dentina, la cual presenta menos riesgo de sufrir una decoloración de los dientes, las propiedades de ser un agente de recubrimiento directo ya que ese presenta muy buenos resultados en dientes permanentes, ya que permite el desarrollo de la dentina reparativa y con ello se logra mantener la vitalidad del diente y de la función del tejido. (10)

Composición química:

El polvo contiene: Silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$); principal estructura del material y regula el fraguado, Silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$); constituye una estructura del material y regula el fraguado, Oxido de carbonato de calcio (CaCO_3); constituye una estructura secundaria, Oxido Ferroso (FeO); shade, Dióxido de Zirconio (ZrO_2); otorga la radiopacidad al material.

La Ampolleta (líquido): Líquido; Propiedades de los componentes, Cloruro de calcio Dihidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); acelerador y un polímero hidrosoluble; agente reductor de agua. (12)

Aplicaciones clínicas del Biodentine:

- Pulpotomías
- Recubrimiento pulpar directo e indirecto: donde se requiere un reemplazo de dentina.
- Como base cavitaria en restauraciones grandes y profundas (técnica de sándwich) y en Lesiones cervicales o radiculares profundas
- Restauraciones dentinarias definitivas
- Reparaciones de perforaciones radiculares
- Reabsorciones internas perforantes
- Apexificaciones
- Cirugía endodóntica retrógradas en apicectomías (12)

El Biodentine tiene un efecto positivo en las células pulpares vitales y estimula la formación de puentes dentinarios. Produce un buen sellado, reduce la sensibilidad postoperatoria y

previene la microfiltración bacteriana. (26) resulta ser uno de los materiales en odontología más biocompatibles. La conservación de la estructura dentaria y el mantenimiento de la vitalidad pulpar son los objetivos de la odontología actual. para ello, el preciso diagnóstico de la condición pulpar, así como la adecuada realización de las etapas pertinentes a las técnicas conservadores esenciales para realizar un correcto tratamiento restaurados definitivo.

Propiedades físicas, químicas y mecánicas del Biodentine:

Propiedades químicas:

- **Resistencia a la microfiltración:** el Biodentine al liberar los iones de calcio y del silicato de calcio va a estimular la mineralización y esta a su vez permite la formación de un área de infiltración mineral en la interfaz cemento-dentina.
- **Reacción de fraguado:** el silicato de calcio, tiene la capacidad de interactuar con el agua, conduciendo al fraguado y endurecimiento del cemento. Una reacción de hidratación del silicato tricálcico, que produce un gel de silicato de calcio hidratado (CSH gel) e hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (11)

Propiedades mecánicas y físicas:

- **Tiempo de trabajo:** inicial superior a 6 minutos y un tiempo de fraguado final de 10-12 minutos. Esto se debe al cambio en el tamaño de las partículas, puesto que a mayor superficie es menor el tiempo de fraguado y la adición de cloruro de calcio al vehículo que acelera la reacción y disminuye el contenido.
- **Fuerza compresiva:** más o menos 220 MPa que equivale a los valores medios que encontramos en la dentina 290 MPa. Después de una hora de colocarlo presenta 100 MPa, 200 MPa a las 24 hrs. Valor que se mantiene estable y si lo comparamos con la resistencia de la dentina sana son valores similares, por lo que puede reemplazar, tanto a nivel coronario como a nivel radicular. (24)
- **Microdureza y resistencia a la flexión:** la microdureza de este sustituto de la dentina, aproximadamente 60 VHN (dureza vickers) es prácticamente la misma que la de dentina natural, que es 68 KHN (dureza Knoop). Se recomienda un ambiente o condiciones acídicas para el Biodentine.

- **Densidad y porosidad:** se informa que Biodentine es más denso y menos poroso, en comparación con MTA. Porcentaje medio de porosidad para Biodentine es $7,09 \pm 1,87$ (22)
- **Fuerza flexible:** la resistencia a la flexión de Biodentine después de 2 horas es de 34 MPa. (22)
- **Radiopacidad:** según Septodont el fabricante tiene una radiopacidad de 3,5mm de aluminio. Una baja Radiopacidad dificulta la visualización de la obturación cuando se utilizan pequeñas cantidades de material, y aumenta el riesgo de dejar algo de material en la cavidad. (22)
- **PH:** Khan et al. Evaluó el pH del Biodentine fraguado que fue $9,14 \pm 0,16$, $8,88 \pm 0,27$ y $8,02 \pm 0,19$ a las 3h, 1 días y 1 semana, confirmando respectivamente la alcalinidad del cemento.
- **Fuerza de unión de empuje:** Guneser et al evaluaron la fuerza de unión por expulsión registrada después de la inmersión de las muestras en hipoclorito de sodio al 3,5%, 2% clorhexidina o solución salina durante 30 min y registrado como $7,23 \pm 4,22$, $7,13 \pm 2,17$ y $7,22 \pm 3,14$ MPa.
- **Pigmentación y decoloración:** no incluye oxido de bismuto lo que es causante de la decoloración, sino que contiene un radio opacificador diferente que es oxido de zirconio. (26)

Propiedades biológicas:

Biocompatibilidad y citotoxicidad: está compuesto de silicato tricálcico y dicálcico y estos mejoran la bioactividad en los osteoclastos y las células similares a los osteoclastos induciendo a una liberación de iones de calcio y silicio. El Biodentine no evidencia toxicidad por tanto no se evidencia alguna afectación en la función específica de las células diana. (12)

- **Bioactividad:** demuestra que tiene una gran capacidad para producir cristales de apatita y liberara elementos dentales. Tiene propiedades biológicas adecuadas, como la formación de puentes de dentina, cuando se utiliza en el recubrimiento pulpar. También aumenta la vitalidad de las células pulpares e induce la expresión de importantes marcadores moleculares involucrados en el proceso de

mineralización como la fosfatasa alcalina, estimulando la deposición de sales de calcio.

Ventajas:

- ✓ **No se ve la pigmentación**
- ✓ **Puente dentinario de mayor grosor**
- ✓ **Capacidad antibacteriana y antifúngica atribuida a su alcalinidad**

Desventajas:

- X **Radiopacidad menor y disminuye con el tiempo**
- X **maduración intrínseca, puede tardar hasta 2 semanas**
- X **unión deficiente a la resina**
- X **tiene que madurar antes de su restauración final**
- X **opción de manejo en dos citas**

Presentación:

Caja con capsulas y monodosis de líquido. Requiere de equipo especial para mezclarse y generar microcristales que le dan la propiedad de bioactivo.

Manipulación del Biodentine (septodont):

Tomar una capsula de biodentine y agitarla para descomprimir el polvo. Una vez agitada la capsula, se puede abrir y colocar en la base blanca que viene en la caja. Después se vacía 5 gotas de la dosis liquida en la capsula y se coloca la capsula durante 30 segundos en un vibrador o amalgamador con 4000 a 4200 revoluciones por minuto. Por consiguiente, se comprueba la consistencia de la mezcla y obtener la mezcla mediante la espátula que se encuentra en la caja. por lo que se coloca la mezcla de Biodentine directamente sobre la pulpa expuesta y evitar que queden burbujas de aire. Es importante no comprimir el material excesivamente. (26)

Recubrimiento Pulpar Directo.

El recubrimiento pulpar directo es el tratamiento de una pulpa vital expuesta con un material dental para facilitar la formación de dentina reparadora y el mantenimiento de la pulpa vital. En glosario de la asociación estadounidense de endodoncistas AAE define como el recubrimiento pulpar como: “tratamiento de una pulpa vital expuesta mediante el sellado de la herida pulpar con un material dental como hidróxido de calcio o agregado de trióxido mineral para facilitar la formación de dentina reparadora y el mantenimiento de vitalidad”. (22) el recubrimiento pulpar directo es un tipo de terapia pulpar vital, en la que un material biocompatible cubre y sella la pulpa vital en el sitio de exposición mecánica, o debida a caries, para inducir la formación de dentina reparadora y preservar la vitalidad pulpar.

El recubrimiento pulpar directo carece de previsibilidad en el resultado cuando se aplica después de exposiciones pulpares cariadas porque la respuesta de la pulpa puede verse comprometida por la contaminación bacteriana y la inflamación de la caries progresiva. Sin embargo, se ha informado que las tasas de éxito del RPD después de exposiciones cariosas dependen de la técnica y los materiales.

Una de las recomendaciones más importantes al realizar un tratamiento dental con pulpa expuesta, es siempre tener un buen aislamiento absoluto, es decir, realizado con grapas o clamps, dique de hule, arco de Young, hilo dental. Para evitar a toda costa la contaminación de la pulpa expuesta. (26)

Factores que intervienen en el éxito del recubrimiento pulpar directo:

Edad: debido al envejecimiento fisiológico propio de la edad, la pulpa dentinaria experimenta cambios morfológicos, dimensionales y estructurales. Se observa aumento del tejido calcificado sobre las paredes de la dentina y/o dentro del tejido pulpar, lo cual reduce el volumen original de la cavidad pulpar y conlleva a la disminución de la densidad celular, dando como resultado la disminución gradual de la irrigación e inervación, lo cual afecta a la capacidad de defensa y recuperación. La evidencia científica basada en estudios clínicos como el realizado por Lipski et al. Determinan que el éxito del tratamiento depende de la edad y que fue estadísticamente significativo en paciente menores de 40 años con un 90% y un 73,8% en pacientes de 40 años o más, menciona que la edad del paciente influyo

claramente en el resultado del recubrimiento pulpar directo con resultados menos favorables en pacientes mayores de 40 años.

Tipo de diente y ubicación: en estudios asociados al éxito de recubrimiento pulpar directo, es el tipo y ubicación de la pieza dentaria. Lipski et al. Al evaluar los factores que afectan los resultados, en el cual mencionan que el tipo de diente ya sea anterior o posterior, la ubicación sea superior o inferior no muestra diferencias significativas en la tasa de éxito relacionado con el procedimiento.

Diagnóstico: es una pieza clave, en base a él podremos realizar el tratamiento adecuado, es por ellos la importancia de realizar un examen y evaluación minuciosa. las piezas dentarias deben cumplir las siguientes indicaciones; dientes permanente inmaduros, dientes permanente maduros con pulpa joven, traumatismos con exposición, exposición accidental sobre dentina sana, pulpa sana e hiperemia pulpar (estado pre inflamatorio reaccional); y esta contraindicada en estados inflamatorios irreversibles y cambios regresivos pulpaes como atrofia o cálculos pulpaes.

Localización de la lesión: las exposiciones pulpaes con caries radiculares o cavidades clase V, constituyen una desventaja ante el procedimiento conservador. Observaron que dos tercios de los fracasos del tratamiento involucraron restauraciones de dientes con caries de clase V causadas por caries radiculares: la tasa de fracaso fue el 50% que fue la tasa más alta, en comparación con los grupos con cavidades de clase I.

Tiempo de exposición de la pulpa: el tratamiento en exposición pulpar debe ser tratado inmediatamente o en el periodo más corto posible con el fin de reducir el proceso de contaminación y preservar el complejo dentinopulpar, contribuyendo así al éxito del RPD, a menor tiempo transcurrido de la exposición pulpar traumática o mecánica, el pronóstico es más favorable porque disminuye las posibilidades de contaminación microbiana.

Discusión

La presente revisión bibliográfica se basó en el análisis de varios artículos científicos con el objetivo de identificar la eficacia del Biodentine y MTA en recubrimientos pulpaes directos y se ha demostrado ser materiales con una buena capacidad de sellado y biocompatibilidad. Estudios llevados a cabo por *Xiangzhen Liu, Mohammad Khursheed, Xiang Li y Rafiqi Islam Alam*, en la efectividad de los materiales bioactivos de recubrimiento pulpar directo en regeneración de la dentina: una revisión sistemática. Demostraron que la formación de puentes dentinario mediante MTA fue de mayor calidad, menos porosa, más gruesa y causo menos inflamación pulpar que el hidróxido de calcio y también demostró que el MTA induce la adhesión, migración y unión de células indiferenciadas para formar un puente dentinario y al mismo tiempo un efecto inflamatorio mínimo sobre la pulpa. Algunas desventajas que tiene el MTA incluido el alto costo, la dificultad de manejo y el largo tiempo de fraguado. (05) En el estudio comparación del efecto de iRoot BP plus y MTA en el recubrimiento pulpar directo de dientes permanentes maduros con pulpa expuesta caridad del autor Cai G, Liang Y, Mo Z, Zhao W, se analizó los efectos a diferentes edades, genero, posición de los dientes, tipo de cavidad, tamaño y numero de perforaciones en el efecto curativo. La tasa de éxito no se vio afectada. La investigación de Schwendicke y colaboradores muestra que la tasa de éxito del recubrimiento pulpar directo está relacionada con la edad, cuanto más joven es la edad, más fuerte es la capacidad de reparación del tejido pulpar. Por lo que nuestra investigación tiene esa ventaja en buscar aplicarlos en paciente jóvenes que pueden repararse significativamente. (1) La investigación de Shirley G, Carlos A, Johnatan G, Diego M, Cinthya T y Zulema V. de cementos a base de silicato de calcio: factor clave en el éxito del recubrimiento pulpar directo; nos dice que existe una diferencia en la biocompatibilidad de los materiales en contacto con las células de la pulpa dental, la cual está relacionada con la formación de puentes dentinarios. En varios estudios tomográficos e histológicos muestran que existe una mayor formación del puente dentinario en grosor y volumen al utilizar MTA y Biodentine ya que estos materiales estimulan más a las células madre de la pulpa dental. Y respecto al éxito clínico y radiográfico, la evaluación clínica se basa en la aparición o ausencia de signos y síntomas tales como dolor a estímulos térmicos, dolor a la masticación, dolor espontaneo, dolor a la percusión, movilidad o cambio de coloración de la corona. La evaluación radiográfica se basa en la formación ausente, parcial o total del puente dentinario medida en milímetros, cambios en el periodonto o formación de caries secundaria. Parinyaprom et al encontraron en un seguimiento de $18,9 \pm 12,9$

meses, tasas de éxito de 92,6% con ProRoot MTA y de 96,4% con Biodentine similar a Linu et al, quienes encontraron tasa de éxito del 84,6% y 92,4% respectivamente luego de un seguimiento de 18 meses, esta ligera diferencia podría deberse a que la edad de los pacientes del primer estudio fue menor de 6 a 18 años y el segundo fue de 15 a 30 años evidenciando la influencia de la edad en el éxito de un recubrimiento pulpar directo. En el estudio de Xiangzhen L, Mohammad K, Xiang L, Rafiqui I. en la efectividad de los materiales bioactivos de recubrimiento pulpar directo en regeneración de la dentina; comentan que el Biodentine promueve la curación y mineralización pulpar, también de liberar iones de silicio que desempeña un papel importante durante el proceso de mineralización del puente dentinario. Según los hallazgos de Nowicka et al, Biodentine y MTA indujeron una formación de dentina reparadora homogénea, lo que implica que los silicatos de calcio inducen una mayor eficacia de reparación de tejidos. Por lo tanto, el Biodentine tiene un gran potencial como agente de recubrimiento pulpar debido a su tiempo de fraguado adecuado y sus propiedades restauradoras. En el estudio de Naji Ziad Arandi, Y Mohammad Thabet. Intervención mínima en odontología: una revisión de la literatura sobre Biodentine como material de recubrimiento pulpar bioactivo. Informa que Biodentine tiene una buena eficacia clínica en procedimientos de recubrimiento pulpar directo en dientes permanentes con ápices abiertos y cerrados, en pulpas expuestas, el biodentine tiende a promover la formación de puentes dentinarios, esto puede deberse a una combinación de su biocompatibilidad, alcalinidad y capacidad de sellado. Morinigo E, Gómez L, Medina A, Estigarribi A, Caballero D, Salinas G, Arce A, Ferreira D, Benítez R, Invernizzi F, Funes A, Ibarrola R, Miño M, Ayala L. Utilización del sustituto Bioactivo (Biodentine); demostraron que el MTA mantiene excelentes propiedades de sellado, en comparación con el Biodentine, que es un cemento de silicato de calcio que forma parte de un nuevo enfoque, que trata de simplificar los procedimientos clínicos. Su formulación de capsula pre dosificada mejora en gran medida las propiedades físicas del material siendo más fácil de usar. Sharad R. kokate y Ajinkia M. Pawar, realizaron un estudio comparativo entre MTA y Biodentine en el cual evaluaron el sello marginal de los mismos, encontrando que todos los materiales presentan algún grado de micro filtración, pero en menor porcentaje Biodentine (0,13mm) el cual presento una diferencia significativa en comparación con el MTA (0,73mm).

Conclusión

El éxito de un recubrimiento pulpar directo se basa en la preservación de la vitalidad pulpar mediante la formación de un puente dentinario producto de la biocompatibilidad del material utilizado, con las células pulpares la ausencia de sintomatología dolorosa y consideración de factores que influyan en el resultado del procedimiento. El MTA es un cemento hidráulico desarrollado en 1993 en la Universidad de Loma Linda a partir del cemento Portland. Sus componentes principales son silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, alúmina férrica tetracálcica, óxido de bismuto y sulfato tricálcico como parte de su composición original. Las modificaciones realizadas por los fabricantes en la vasta gama de material son disponibles comercialmente demuestran unas propiedades superiores al MTA tradicional, incluyendo un fácil manejo del material, propiedades físicas mejoradas y una estabilidad en el color. La formación de puentes dentinarios podría deberse a la liberación de hidroxiapatita de Biodentine y MTA. Además de su formación adyacente al MTA y Biodentine podría atribuirse a su pH alcalino que está entre 10 y 12 y con sus propiedades de los materiales les confiere el poder antibacteriano en el MTA se observa un mantenimiento de su alto pH alcalino durante un periodo de tiempo mucho mayor y se han demostrado sus propiedades antibacterianas y antimicóticas. Respecto al sellado que producen sobre la exposición pulpar, el MTA proporciona un precintado más hermético y estable. El recubrimiento pulpar directo con MTA y Biodentine, después de la exposición de la pulpa durante la excavación de caries profundas en pulpitis reversible, es una opción de tratamiento exitosa que pudo mantener la vitalidad de la pulpa en los dientes permanentes. Ambos materiales MTA y Biodentine son opciones altamente eficaces y prometedoras para el recubrimiento pulpar directo, el MTA se mantiene como el material de referencia por su predictibilidad a largo plazo y buen sellado. El Biodentine se destaca por su mejor manipulación y rápido fraguado lo que lo convierte en una excelente alternativa y un material de reemplazo de dentina. Así como también tener un pronóstico favorable donde se realiza un buen diagnóstico clínico, auxiliares de diagnóstico y control periódico del paciente, un sellado de la cavidad idóneo deberá ser evaluado con cautela para el éxito del tratamiento, evitando una filtración hacia el biomaterial, llevándolo a cabo bajo los protocolos clínicos indicados en cada caso y siguiendo el principio de conservar el mayor tejido dentario sano en cuanto sea posible.

Referencias

01. Cai Guiai, Lu Jianjian, y Liang Yuee, 2023. El efecto de iRoot BP plus y MTA en el recubrimiento pulpar directo de dientes permanentes maduros expuestos a caries comparación (J). *Journal of prevención and treatment for stomatological diseases*. 31(6), 420- 425. <http://www.kgjbzf.com>
02. Amin Salem Milani, Faraz Radmand, Behrad Rahbani, Mahdi Hadilou, Farnaz Haji Abbas Oghli, Fatemeh Salehnia, Milad Baseri. 2023. Efecto de diferentes métodos de mezcla en fisicoquímicos. Propiedades del agregado de trióxido mineral: una revisión sistemática. *International Journal of Dentistry*. Pag.15. ID5226095 <https://doi.org/10.1155/2023/5226095>
03. Nasri Z, Jahromi MZ, Aminzadeh A. 2022. Respuesta clínica e histología del tejido pulpar humano al recubrimiento pulpar directo con agregado de trióxido mineral, Biodentine y propóleo. *Dent Res J*; 19:40. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/1480
04. Shirley Granados L, Carlos Alcalde P, Johnatan Guzman M, Diego M, Cinthya Torres P, Zulema Velásquez H, 2022. Cementos a base de silicato de calcio: factor clave en el éxito del recubrimiento pulpar directo. Revisión de la literatura. *Revista Estomatología Herediana*. 31 (1), 52-60. DOI: <http://doi.org/10.20453/reh.v32il.4183>
05. Nie, E.; Yu, J.;Jiang, R.;Liu, X.; X.; Islam, R.; Alam, MK. 2021. Efectividad del recubrimiento pulpar directo materiales bioactivos en regeneración de dentina: una revisión sistemática. 14, 6811. <https://doi.org/10.3390/ma14226811>
06. Cuzquen Salas David A, Jimenez Rodríguez Angie M, Zelada Huaman Jhon J, 2022. Comparación de la resistencia a la compresión de dos materiales de recubrimiento pulpar directo lima 2021. Repositorio Institucional Continental. 57.
07. Naji Ziad Arandi, Y Mohammad Thabet. 2021. Intervención mínima en odontología: una revisión de la literatura sobre Biodentine como material de recubrimiento pulpar bioactivo. 13. ID 5569313. <http://doi.org/10.1155/2021/5569313>
08. Parik M, Kishan KV, Shan NC, Parik M, Saklecha P. Evaluación comparativa del material de reparación radicular biodentine y endosecuencia como material de recubrimiento pulpar directo: un estudio clínico, 2021 J. Conserv Dent; 24. 330-335. <http://www.jod.org.in/text.asp?2021/24/4/330/335747>
09. Bui AH, Pham KV. 2021; Evaluación de la formación de puentes dentinarios reparadores después del recubrimiento pulpar directo con Biodentine. *J Int Soc Prevent Communit Dent*. 11: 77-82. www.ijspcd.org

10. Carol Dayana Calderón-Montero, María Fernanda Rosero-Freire, Emma Maricela Arroyo-Lalama. 2022. Biodentine y sus diferentes usos dentro de la odontología actual. Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y vida. 6(3). 823- 830. <http://dx.doi.org/10.35381/s.v.v6i3.2307>
11. Morinigo E, Gómez L, Medina A, Estigarribi A, Caballero D, Salinas G, Arce A, Ferreira D, Benítez R, Invernizzi F, Funes A, Ibarrola R, Miño M, Ayala L. Utilización del sustituto Bioactivo (Biodentine) en la Catedra de Endodoncia IV de la carrera de odontología de la Universidad Autónoma de Asunción. 41-56.
12. Carrera Castro Carla I, 2021. Recubrimiento pulpar con Biodentine. 65. Repositorio Nacional de Trabajo y Tecnología. Universidad de Guayaquil.
13. Karla Angelica Sánchez García. 2023. Efectividad del MTA en recubrimiento pulpar directo. Reporte y seguimiento de un caso a 3 años. Biblioteca central, Tesis digitales. Universidad Nacional Autónoma de México; Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León. 46.
14. Ahlawat M, Grewal MS, Goel M, Brullar HK, Saurabh, Nagpal R. 2022. Recubrimiento pulpar directo con agregado de trióxido mineral y biodentina en molares expuestos con caries: seguimiento de 1 año: un estudio in vitro. J Pharm Bioasil Sci. 14: S983-5. DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_837_21 www.jpbonline.org
15. S. Cusley, H.F.Duncan, M. J. Lappin, P. Chua, A. D. Elamin, M. Clarke & I.A. Elkarim. 2021. Efficacy of direct pulp capping for management of cariously exposed pulps in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. International Endodontic Journal, 54, 556-571. DOI: 10.1111/iej.13449 <https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions>
16. Heriberto Cardenas Dominguez, Fanny López Martínez, Idalia Rodríguez Delgado, Luis Martin Vargas Zúñiga, Juan Manuel Luna Gómez, María Argelia Akemi Nakagoshi Cepeda- Angela Benítez Santos. Manuel Solís Soto. 2021. Theracal como material de elección para el tratamiento pulpar directo frente a otros dos materiales: MTA y biodentine. Revista internacional de ciencias odontológicas aplicadas. 8 (1) 01-05. DOI: <https://doi.org/10.22271/oral.2022.v8.i1a.1393>
17. Iyer JV, Kanodia SK, Pammar GJ, Pammar AP, Asthana G, Dhanak NR. 2021. evaluación comparativa de diferentes agentes de recubrimiento pulpar directo en dientes cariados: un estudio in vivo. J. Conserv Dent. 24: 283-287. <https://www.jod.org.in/text.asp?2021/24/3/283/332008>

18. Xuan Vinh Tran, Hamid Salehi, Minh Tam Truong, Minisandra, Jérémy Sadoine, Bruno Jacquot, Frederic Cuisiner, Catalina Chaussain & Tchilalo Boukpepsi. 2019. Caracterización reparativa del tejido mineralizado después del recubrimiento pulpar directo con cementos a base de silicato de calcio. Journal MDPI. 12. Doi:10.3390/ma12132102. www.mdpi.com/journal/materials
19. Magda De Sousa, Roberta Kochenborger, Bruna Signor, Juliana Troglio, Liviu Steier, Jose Antonio Poli de Figueiredo. 2021. Recubrimiento pulpar con agregado de trióxido mineral o Biodentine: una comparación de la formación de barrera mineralizada y eventos inflamatorios y degenerativos. Braz. Res. Oral, 35. 118. <https://doi.org/10.1590/18073107bor2021.vol35.0118>
20. Chawan Manaspong, Chavin Jongwannasiri, Sujin Chumprasert, Noppadol Sa Ardlam, Rangsin Mahanonda, Prasit Pasavant, Thantrira Porntaveetus, Thanaphum Osalthanon. 2021. Respuestas de las células madre de la pulpa dental humana a diferentes materiales de recubrimiento de la pulpa dental. BMC Oral Health. 21:209. <https://doi.org/10.1186/s1290302101544w>
21. Priyanka G, Madhurika B, Soumyadeep G, Shruhi N. 2022. Propiedades de diferentes restauraciones coronales colocadas sobre MTA y Biodentine en procedimientos de recubrimiento pulpar directo: una revisión. Revista Internacional de Investigación en Ciencias Medicas y Dentales. 4. 334-339. DOI:10.35629/5252-0402334339 www.ijdmsjournal.com
22. Heidy P., Judith G., Natalia C,. 2022. Comportamiento físico, químico y clínico de los materiales MTA y Biodentine en el recubrimiento pulpar directo. Revisión Narrativa. Repositorio UAN Universidad Antonio Nariño. 42
23. Ana María Mejía de la hoz. 2021. Nuevos materiales utilizados para el recubrimiento pulpar directo en dientes temporales y permanentes jóvenes: revisión sistemática-evaluación por evidencia- actualización. Repositorio Universidad el bosque. 50
24. Andrea Torrejón Hernández. 2021. Propiedades y usos de los cementos a base de silicatos de calcio en odontología. Biblioteca central, tesis digitales. Universidad Nacional Autónoma de México. 39.
25. Méndez J, Espinoza-Espinoza G, Seron P, Villasanti U. efectividad de biocerámico en el mantenimiento de la vitalidad pulpar en recubrimiento pulpar directo en dentición primaria y permanente: revisión sistemática con metaanálisis. Med. Clin. Soc. 2024;8(1) 27-34 <https://doi.org/10.52379/mcs.v8i1.327>

26. Morales Rodríguez Jessica, 2023. Análisis del implemento de los materiales bioactivos como recubrimiento pulpar directo, utilizados por odontólogos generales. Biblioteca central, tesis digitales. Universidad tecnológica iberoamericana S.C. incorporada a la universidad nacional autónoma de México. 117.
27. Brayan Pena Villalpando. 2024. Revisión bibliográfica del MTA y su evolución. Biblioteca central, tesis digitales. Universidad nacional Autónoma de México. 68.
28. John M, Kevin C, Romulo G. 2023. Análisis comparativo entre el uso del MTA y Biodentine en patologías pulpares. Gaceta medica estudiantil. 4(1). 1-14.
www.revgacetaestudiantil.sld.cu
29. Domenica S, Mary S, Emma A. 2022 Biodentine vs MTA. Beneficios como materiales restauradores en tratamientos odontológicos. 6(3). Revista arbitraria interdisciplinaria de ciencias de la salud, Salud y Vida. 815-822.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
30. Alba Lozano Montoya. 2023. Materiales y bases cavitarias en el recubrimiento pulpar: revisión narrativa. Universidad de Sevilla. Facultad de odontología. 42.
31. Línea MTA, MTA Repair HP, MTA Angelus® aplicador de MTA MTA-Fillapex (internet). Angelus. 2016 (citado 01 de abril 2024)
<https://angelusdental.com/products/details?id=207>
32. Bolhari B, Noori F, Assasian H, Raee A, Ghabraei S, Shamshiri AR, Heboyan A. The effect of three additives on properties of mineral trioxide aggregate cements: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. BMC Oral Health. 2024; 24(1):335.
33. Rabello CZ, Kopper PMP, Ferri LJM, Signor B, Hashizumi LN, Fontanella VRC, Grecca FS, Scarparo RK, Physicochemical properties of three bioceramic cements. Braz Oral Res. 2022; 36:e069.
34. Palczewska-Komsa M, Kaczor-Wiankowska K, Nowicka A. New Bioactive Calcium Silicate Cement Mineral Trioxide Aggregate Repair High Plasticity (MTA HP)-A Systematic Review. Materials (basel). 2021; 14(16):4573.
35. Arandi NZ, Thabet M. Minimal Intervencion in dentistry: A literatura review on Biodentine as a bioactive Pulp capping material. Biomed Res Int. 2021:5569313.
36. Barrieshi-Nusair KM, Q, M. 2022. Journal of endodontics. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate for partial pulpotomy in cariously exposed permanente teeth. <https://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.008>

37. Bogen G, K. J. 2022. J. Am Dent Assoc. Direct Pulp capping with mineral trioxide aggregate: an observational study.
<http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0160>
38. Chaple Gil Alain M, H.H. 2022. Acta odontológica venezolana. Generalidades del agregado de Trióxido mineral (MTA) y su aplicación en Odontología; Revisión de la literatura.
http://ve.scielo.org/scielo.php?scrip=sci_arttext&pid=S0001-63652007000300028&lng=es
39. Ford TR, T.M. 2022. The Journal of the American Dental Association. Using mineral trioxide aggregate as a Pulp-capping material.
<http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.1996.0058>

ANEXOS

Tabla 1.- Propiedades físicas, químicas y biológicas del ProRoot™ MTA gris.

Tabla 2. Propiedades físicas, químicas y biológicas del MTA-Angelus ® gris y blanco.

Tabla 3. Propiedades físicas, químicas y biológicas de Endo CPM Sealer.

Tabla 4. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA Bio TM.

Tabla 5. Propiedades físicas y químicas de Light-cured MTA.

Tabla 6. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA Angelus Gris y Blanco.
(actualidad)

Tabla 7. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA REPAIR HP.

Tabla 8. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA-Fillapex

Tabla 9. Propiedades físicas, químicas y biológicas de MTA BIOREP.

Tabla 10. Propiedades físicas, químicas y biológicas de NeoMTA 2.