



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**USO DE BIODENTINE COMO MATERIAL DE
RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO.**

**TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL DIPLOMADO DE
ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

ESTEFANÍA DESIRÉE VILLAGRÁN VILLASANA

**TUTORA: Esp. LILIANA AMPARO CAMACHO APARICIO
ASESOR: Esp. HÉCTOR GERARDO HERNÁNDEZ MÉNDEZ**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi Maléfica.
Por ser el verdadero amor de mi vida.

A mi Anita Lilia por la valiente decisión de ser madre; por cada día dedicado al duro trabajo de ser jefa de familia; por que estás en cada momento y no te fuiste cuando las cosas fueron difíciles; por apoyar cada año de vida y de estudio, aun cuando pensamos que el futuro estaba lejos; por cada lágrima y cada sonrisa que nos hemos proporcionado mutuamente; sobre todo, por tener franca fe en mí y mis capacidades.

A Don Jorge por ser el mayor ejemplo de vida que tengo; porque sin todo el apoyo que me brindaste no lo habría logrado; por tantas palabras sabias que con amor me has pronunciado.

A mi Rosita por ser también mi madre; por esas largas jornadas de sol a sol, siempre cuidándome y protegiéndome; porque a ti te debo mi esencia como persona y vivirás en mí por siempre; por brindarme aún desde el cielo tus cuidados, estuviste cada que te necesité en este largo camino y siempre te recordaré con amor infinito.

A Jocelyn porque las dos sabemos que nos tenemos para el resto de nuestras vidas, aun cuando no sea color rosa el camino ahí estarás.

A Rosalía y Jorge porque son también un ejemplo para mí, aprendo cada día de ustedes con respeto y amor. A Miguel por que sin tener la obligación con cariño me apoyas siempre.

A Charly por todo lo que me apoyas y ayudas, porque siempre estas para escuchar.

A Luis Adrián porque muchos años fuimos felices y te debo parte de mi formación, sé que de alguna forma siempre estuviste presente.

A ustedes Dra. Alejandra, Dra. Liliana, Dr. Héctor por su enorme dedicación a la educación y los conocimientos que con su experiencia me han brindado, todo mi respeto y admiración.

A Sarafí, Alejandra, Franco, Michelle y Magali, por que su amistad ha dejado una marca indeleble en mi vida.

A mi Universidad y a cada Profesor por mi formación académica.

ÍNDICE	Pag.
Introducción	6
1. Recubrimiento pulpar	7
1.1. Clasificación	9
1.1.1. Directo	9
1.1.2. Indirecto	10
2. Recubrimiento pulpar directo	14
2.1. Indicaciones y contraindicaciones	14
2.2. Ventajas	14
2.3. Técnica	15
2.4. Pronóstico	16
3. Materiales indicados para el recubrimiento pulpar	17
3.1. Hidróxido de calcio	20
3.1.1. Generalidades del material	20
3.1.2. Composición	21
3.1.3. Propiedades físicas y químicas	22
3.1.4. Ventajas y desventajas	24
3.1.5. Estudios realizados	25
3.2. MTA	26
3.2.1. Generalidades del material	26
3.2.2. Composición	27

3.2.3. Propiedades físicas y químicas	27
3.2.4. Indicaciones	29
3.2.5. Manipulación	31
3.2.6. Estudios realizados	33
3.3. Biodentine	34
3.3.1. Generalidades del material	34
3.3.2. Biocompatibilidad del material	35
3.3.3. Composición	37
3.3.4. Manipulación	39
3.3.5. Propiedades físicas y químicas	41
3.3.6. Indicaciones de uso	50
3.3.6.1. Tratamiento de la pupa vital	51
3.4. Cuadro comparativo	58
Conclusiones	59
Referencias bibliográficas	60

INTRODUCCIÓN

La prevención es uno de los retos actuales de la odontología. Si bien, el tratamiento de conductos, nos ofrece la oportunidad de conservar la función dental, cuando la salud y permanencia de estos está comprometida, contamos con una alternativa de tratamiento anterior a ésta: el recubrimiento pulpar.

El objetivo de la terapia pulpar debe iniciar por conservar la vitalidad del diente, pues no siempre el tratamiento de conductos es la mejor opción terapéutica dado que pueden existir casos en los que no sea necesaria su realización; en la actualidad, existen una amplia gama de materiales que tienen entre sus propósitos la regeneración y formación de los tejidos para cumplir dicho objetivo. Entre estos materiales encontramos algunos que han sido utilizados desde hace varias décadas, como el hidróxido de calcio, y otros de más reciente uso, como el MTA y el Biodentine.

El presente trabajo tiene como objetivo la descripción del uso del Biodentine como una nueva alternativa dentro de la terapéutica pulpar, ofrece una visión generalizada del tratamiento de la pulpa mediante el recubrimiento, enfocándose al método directo, cuando la pulpa se ve afectada, ya sea por procedimientos restaurativos, procesos cariosos o iatrogénicos o situaciones traumáticas ajenas al tratamiento dental.

1. Recubrimiento pulpar

La exposición pulpar es una comunicación, de variable extensión, de la pulpa con la cavidad de caries o superficie traumática; también llamada pulpa expuesta o herida pulpar.¹

El recubrimiento pulpar es un procedimiento preventivo que se utiliza para promover, estimular y conservar la función e integridad de la pulpa cuando sus alteraciones son reversibles.² El tratamiento va dirigido a eliminar todo el tejido infectado y a conservar la vitalidad de la pulpa.³ Se le ha denominado como recubrimiento pulpar, protección pulpar o encoframiento pulpar.¹

El recubrimiento pulpar está orientado a un criterio conservador sustentado en principios biológicos. Dichos principios se basan en la prevención. Si la difusión de irritantes tales como los físicos, químicos o bacterianos ocurriese, el complejo pulpar podría inflamarse.²

La protección dentino-pulpar no es sólo colocar un material de base, implica el sellado de los márgenes, la eliminación de los microorganismos y la impermeabilización de la dentina.²

Pierre Fauchard recomendó, a mediados del siglo XVIII, que no se retiraran todas las caries en las cavidades profundas y sensibles, “para no exponer el nervio y hacer que resulte peor el remedio que la enfermedad”.⁴ Uno de los grandes retos del tratamiento de endodoncia es el proceso de reparación del tejido pulpar.⁵

Una de las tareas más difíciles del odontólogo es realizar el tratamiento apropiado cuando la pulpa queda expuesta o cuando los síntomas y signos clínicos sugieren una complicación inflamatoria.⁶ El establecimiento de un diagnóstico correcto sobre las condiciones biológicas de la pulpa dental es la base para seleccionar el tratamiento requerido.⁷ El hecho de establecer el

motivo de la exposición dentinaria implica poder conocer, con el diagnóstico, la calidad de la dentina sobre la cual se trabajará.²

Está demostrado que la caries de la dentina es un proceso relativamente lento e intermitente; las dos etapas del proceso carioso se han denominado “lesión activa” y “lesión detenida”. En la lesión activa la mayor parte de los microorganismos relacionados con las caries se encuentran en las capas externas de ésta, e n t a n t o q u e l a s c a p a s d e s c a l c i f i c a d a s m á s p r o f u n d a s e s t á n r e l a t i v a m e n t e l i b r e s d e b a c t e r i a s. E n l a l e s i ó n d e t e n i d a, l a s c a p a s s u p e r f i c i a l e s n o s i e m p r e e s t á n c o n t a m i n a d a s, s o b r e t o d o d o n d e l a s u p e r f i c i e e s t á d u r a y c o r r e o s a, l a s c a p a s m á s p r o f u n d a s s o n e s c l e r ó t i c a s y e s t á n l i b r e s d e m i c r o o r g a n i s m o s.⁴

La permeabilidad dentinaria desempeña un papel importante en la entrada en la pulpa de potenciales irritantes. La dentina no es tá permeable de manera uniforme y depende de varios factores tales como la localización dentro del mismo diente, de la edad de paciente y de la presencia de condiciones patológicas como la caries dental. En las preparaciones cavitarias profundas las bacterias pueden migrar a través de la dentina residual hasta la pulpa. Con la edad el grosor de la dentina peritubular aumenta, causando reducción en la luz tubular o esclerosis. La caries causa desmineralización de la dentina superficial, que se asocia con remineralización y formación de cristales dentro de los túbulos dentinarios de la dentina interna y poco mineralizada. Esto causa un descenso en la permeabilidad dentinaria subyacente a la lesión de caries y podr ía considerarse un mecanismo de protección ya que puede retrasar el progreso de la lesión.⁸

La capacidad de la pulpa para formar dentina es su función primaria de defensa, sellando los túbulos dentinarios y reduciendo la entrada de irritantes. Es de vital importancia lograr que las restauraciones eviten la filtración marginal. Es trascendental, para la protección dentino-pulpar, lograr

restauraciones que sellen de manera eficaz los márgenes cavitarios, aislando a la pulpa del exterior.²

La exposición pulpar en ningún caso debe ser lograda como meta o fin terapéutico, por tanto, deberá ser evitada en lo posible con un trabajo cuidadoso.¹

1.1. Clasificación

Cuando el material se coloca sobre la dentina en espacios donde no existe comunicación con la pulpa se habla de forro o recubrimiento indirecto y cuando se coloca sobre la dentina en una zona donde existe comunicación con la pulpa se habla de forro o recubrimiento directo.⁹

Las técnicas para el recubrimiento de la pulpa vital están indicadas en dos tipos de exposiciones pulpares: en las cariosas y en las mecánicas (aquella que se produce de forma accidental en un diente sin caries).¹⁰ La pulpa comprometida por la exposición o la casi exposición puede recibir un tipo de tratamiento: recubrimiento pulpar directo o indirecto.³

El pronóstico de las exposiciones mecánicas parece bastante favorable en todos los casos, siempre que se efectúe un tratamiento minucioso en condiciones asépticas.¹⁰

1.1.1. Directo

El recubrimiento pulpar directo se define como la colocación de un medicamento o material en una pulpa que quedó expuesta.⁴ Significa cubrir la pulpa expuesta con un apósito que induce la formación de un nuevo tejido duro.^{11, 12} No involucra remoción del tejido pulpar.⁶

Debe limitarse a exposiciones mecánicas pequeñas que están rodeadas de dentina sana. Las exposiciones pequeñas y un buen riego sanguíneo constituyen el mejor potencial para la cicatrización.⁴

La preservación de la vitalidad pulpar es un proceso muy importante, sobre todo en pacientes jóvenes y en los dientes con sistemas de conductos múltiples complicados.¹²

Las características de un recubrimiento pulpar clínicamente satisfactorio son: la conservación de la vitalidad pulpar, sensibilidad normal, mínima respuesta inflamatoria pulpar y la capacidad de la pulpa para mantenerse sin degeneración progresiva. El tejido pulpar expuesto debe tener una hemorragia roja leve que sea fácil de controlar con torundas de algodón secas y estériles.⁴

El recubrimiento pulpar directo no está indicado en casos de exposiciones traumáticas o en lesiones concarías, ya que fácilmente se produce inflamación e infección pulpar que conducen a reabsorciones internas y necrosis pulpares de difícil solución.¹³ El alto contenido celular del tejido pulpar es la causa de fracasos. Las células mesenquimatosas indiferenciadas pueden diferenciarse en células odontoclasticas por reacción al proceso carioso o al material de recubrimiento pulpar.⁴

Por lo mencionado anteriormente no es una opción de tratamiento recomendable para la dentición temporal y es preferible y más predecible realizar la pulpotomía.¹³

1.1.2. Indirecto

Se ha definido como un procedimiento mediante el cual se retiene una pequeña cantidad de dentina cariada en las zonas profundas de la preparación de la cavidad, a fin de evitar la exposición de la pulpa. John Tomes, en su libro de texto escrito a mediados del siglo XIX, afirmó que “es mejor que quede una capa de dentina de color anormal, para la protección de la pulpa, que correr el riesgo de sacrificar el diente”.⁴

Esta técnica se utiliza si la excavación de toda la dentina cariada de la superficie pulpar puede provocar una exposición traumática de la pulpa a través de la dentina sana.³ Solo los dientes diagnosticados como libres de síntomas irreversibles deben considerarse para esta forma de tratamiento.⁴

En el proceso carioso “la descalcificación precede a la contaminación bacteriana”. Por tanto, la dentina en la zona de una posible exposición sólo debe sufrir invasión bacteriana mínima. Si la pulpa se infecta, se reducirá la probabilidad de un tratamiento eficaz.⁴

El diagnóstico del tipo de caries ya sea activa o detenida, influye en el plan de tratamiento para el recubrimiento pulpar indirecto. En la actualidad se sabe que el ataque carioso inicial no altera la pulpa a tal grado que ésta no pueda repararse por sí sola o protegerse de la irritación del proceso carioso mediante el depósito de una barrera calcificada.⁴

Con base en los resultados de múltiples estudios, es posible identificar tres capas dentinarias que se encuentran en la caries activa: 1) dentina parda, necrótica y blanda, con abundantes bacterias y no dolorosa de retirar; 2) dentina reblandecida, de color anormal, con menos bacterias pero dolorosa de retirar, lo cual sugiere la presencia de extensiones odontoblásticas viables desde la pulpa; 3) dentina sana, de coloración normal, dolorosa a la instrumentación, probablemente con invasión bacteriana mínima.⁴

La dentina cariada consiste en dos capas distintivas que tienen diferentes estructuras, tanto microscópicas como químicas. Las dos capas pueden distinguirse en clínica, utilizando una solución de fucsina básica. La capa cariada externa sufre desnaturalización irreversible, infección, y no es remineralizable, por lo que se debe retirar. La capa cariada interna sufre desnaturalización reversible, no está infectada, es remineralizable y debe conservarse.⁴

La invasión bacteriana no tiene que ir necesariamente por un reblandecimiento y una tinción de la dentina; las bacterias pueden invadir la dentina dura. Es por esto que el recubrimiento pulpar indirecto es una técnica de resultados impredecibles.³

El procedimiento suele realizarse en dos citas ya que en un gran número de estudios clínicos, radiográficos e histológicos se encuentra una reducción significativa en la frecuencia de exposiciones pulpares al realizarse de esta manera.⁴

En la primera cita:

- 1) Se realiza anestesia local y aislamiento absoluto con dique de hule.
- 2) Se establece el contorno de la cavidad utilizando una pieza de mano de alta velocidad.
- 3) Se retiran los restos superficiales y la mayor parte de la dentina reblandecida, sin exponer la pulpa.
- 4) Se irriga la cavidad con solución salina, se seca con torundas de algodón estéril.
- 5) Se coloca algún material indicado para el recubrimiento de la pulpa en la zona más profunda de la cavidad.
- 6) Se coloca una restauración provisional y se espera un periodo de entre 6 a 8 semanas.⁴

En la segunda cita:

Al realizar la exploración no deberán existir síntomas clínicos ni radiográficos que indique patología pulpar y la restauración provisional deberá encontrarse en buen estado.^{4, 10}

- 1) Se toma radiografía dento-alveolar.
- 2) Se realiza anestesia local y aislamiento absoluto con dique de hule.
- 3) Se retira cuidadosamente todo el material de obturación temporal y de recubrimiento.

- 4) Se elimina la caries hasta el puente de dentina firme. No se deberá alterar la dentina reparativa que se haya formado en la zona donde se colocó el material.
- 5) Se lava, desinfecta y seca la cavidad.
- 6) Se realiza la restauración de la cavidad con el material elegido para su obturación.⁴

Algunos clínicos cuestionan la utilidad de la reentrada y la reexcavación, al considerar los estudios que indican índices de éxito del recubrimiento pulpar indirecto de entre 73 a 98%.⁴

La elección del material de restauración temporal dependerá del intervalo previsto entre la primera y la segunda sesión, que generalmente es de seis a doce semanas.¹⁰

Según Stock, el problema práctico en el recubrimiento pulpar indirecto es que no es posible medir la profundidad de la lesión cariosa que queda. Es probable que quede un espesor inaceptable de dentina cariada, la cual se podrá reactivar debido a las microfiltraciones dando lugar a una necrosis pulpar.³

El recubrimiento pulpar indirecto es una elección controvertida entre los odontopediatras; se considera que es una técnica adecuada en las situaciones indicadas e insisten en la importancia del diagnóstico previo en donde no exista una patología pulpar y de llevar a cabo una adecuada limpieza de la cavidad, sobre todo de las paredes en la unión amelodentinaria, así como de conseguir un buen sellado de la cavidad, que es más importante que el material aplicado sobre la lesión.¹³

2. Recubrimiento pulpar directo

2.1. Indicaciones y contraindicaciones

El recubrimiento pulpar directo se encuentra indicado en dientes con comunicación pulpar, la sintomatología preoperatoria debe ser mínima, con una respuesta positiva a las pruebas pulpares y ausencia de patología periapical.¹⁰

La escasa correlación entre la histopatología pulpar con signos y síntomas clínicos indica que el odontólogo tiene que hacer una suposición empírica.³ Hasta el momento no existen medios objetivos disponibles por los cuales pueda diagnosticarse la condición verdadera del estado pulpar.⁶ Si la pulpa no está inflamada al inicio del tratamiento, posee un potencial más elevado de regeneración.¹¹

El recubrimiento pulpar directo está contraindicado cuando hay un estadio de pulpitis irreversible o necrosis pulpar, en los cuales podría presentarse uno o más de los siguientes síntomas: dolor espontáneo o nocturno, movilidad dental, hemorragia excesiva, exudado purulento o seroso en el sitio de la exposición, dientes en los que radiográficamente hay presencia de lesión periapical y dientes con pulpas calcificadas.^{4,2}

2.2. Ventajas

Una de las principales ventajas del recubrimiento pulpar es que se evita la necesidad de una terapéutica pulpar más complicada al detener el proceso carioso y favorecer el proceso de reparación pulpar.⁴ Una medida conservadora ahorra esfuerzo, tiempo y dinero, en tanto que una pulpectomía, en especial en la región de los dientes posteriores, a menudo es técnicamente un procedimiento demandante que consume mucho tiempo. Otra ventaja es que es poco invasivo, fácil de realizar y por lo general no requiere una elaborada restauración posterior.⁶

2.3. Técnica

Se lleva a cabo con aislamiento absoluto para prevenir la contaminación de la cavidad.

Se lava suavemente la superficie pulpar expuesta con agua estéril o suero salino para eliminar contaminantes y reducir estos de dentina, el uso de refrigeración con agua del equipo dental favorece la contaminación de la cavidad con bacterias procedentes del agua de ésta. La preocupación por la contaminación de la cavidad insta a algunos a realizar desinfecciones de la misma con agentes químicos caústicos. Con este objetivo se ha propuesto la utilización de agentes químicos tales como el peróxido de hidrógeno, e hipoclorito de sodio o las soluciones de hidróxido de calcio, aunque estos agentes pueden tener un efecto tóxico. En un estudio realizado se demostró que la cantidad de bacterias residuales secundarias a una restauración adecuada no son significativas.⁸

Para conseguir la hemostasia se utilizan torundas de algodón secas y estériles. Si la hemorragia es copiosa y dura más de 5 minutos es señal de que la pulpa está muy inflamada y habrá que considerar la posibilidad de un tratamiento más radical. Una vez que se ha conseguido la hemostasia, se debe recubrir la superficie expuesta del tejido pulpar con algún material, aplicado sobre tejido vital, no sobre un coágulo, seguidamente se coloca otro material (de obturación) para evitar la micro filtración bacteriana.³

No se debe permitir la formación de un coágulo sanguíneo en el sitio de la exposición, y a que podría impedir la cicatrización pulpar. El coágulo no permite que el material de recubrimiento establezca contacto directo con el tejido pulpar o podría originar productos de degradación y de esta manera actuar como sustrato que atraiga bacterias causantes de procesos de inflamación e infección.⁴

En un estudio realizado se mostró que las cavidades con exposición pulpar, en dientes con pulpa sana, se pueden desinfectar con clorhexidina al 2% o hipoclorito de sodio al 5.25% y recubrir con hidróxido de calcio, esperando buenos resultados.⁸

2.4. Pronóstico

Los factores que modifican los resultados del tratamiento, por la capacidad de cicatrización del tejido conjuntivo, son: el tiempo transcurrido, tamaño y ubicación de la exposición, filtración marginal, factores sistémicos, relación entre la edad del paciente y el estado pulpar.² Cuanto más joven o inmaduro es el diente mejor responderá al tratamiento de recubrimiento pulpar; cuando la formación apical es completa se reduce el éxito del tratamiento.¹

Como se ha señalado anteriormente, la pulpa dental tiene capacidad comprometida de respuesta a los irritantes externos, debido a que está encerrada en un lugar rígido y a la ausencia de circulación colateral. Por lo tanto, cuanto mayor sea la inflamación pulpar menor será la capacidad de respuesta de la pulpa frente a agresiones adicionales, tales como las que se producen en los procesos restauradores.⁸

Un factor importante en el pronóstico del recubrimiento pulpar directo es la capacidad de controlar la hemorragia en la zona de exposición. Dada la dificultad de crear un entorno de operación sin bacterias durante la preparación del diente, el hemostático ideal debería también ser capaz de destruir bacterias.⁸

3. Materiales indicados

La reciente investigación en materiales de endodoncia se ha enfocado en la llamada "era biológica." Esta investigación ha puesto de manifiesto biomateriales que fomenten la regeneración y la formación de dentina.¹⁴ Se ha comprobado que las respuestas adversas en el complejo dentinopulpar ante los materiales restauradores están más relacionadas con los agentes microbianos que con los componentes irritantes o tóxicos de los materiales.⁸

Los materiales indicados para el recubrimiento de la pulpa deben tener las siguientes propiedades ideales:¹⁵

- Estimular la formación de dentina reparativa.
- Mantener la vitalidad pulpar.
- Liberación de flúor para prevenir la caries secundaria.
- Ser bactericida o bacteriostático.
- Adherirse a la dentina.
- Resistir las fuerzas durante la colocación de la restauración y durante la vida de ésta.
- Ser estéril.
- Ser radiopaco.
- Proporcionar sellado contra las bacterias.¹⁵

Algunos materiales que se han empleado para el recubrimiento pulpar son:

- Óxido de zinc y eugenol. En contacto directo con el tejido pulpar, ocasiona inflamación crónica, no forma el puente dentinario y produce necrosis como resultado final. Fue empleado por primera vez por Zsabo en 1902.^{4, 7, 15}

- Corticosteroides y antibióticos. Se ha sugerido el uso de corticosteroides como la hidrocortisona, cortisona, penicilina, neomicina y cefalotina junto con hidróxido de calcio para el recubrimiento pulpar con el propósito de reducir o prevenir la inflamación pulpar. Gardner, et al., encontraron que la vancomicina, en combinación con hidróxido de calcio fue algo más eficaz que el hidróxido de calcio solo y estimuló un puente de dentina reparadora más regular. Watts y Paterson advirtieron que los compuestos anti-inflamatorios no deben utilizarse en pacientes con riesgo de bacteremia.¹⁵ Si bien estas combinaciones reducen el dolor, también se encontró que sólo preservan la inflamación crónica.⁴
- Cementos de policarboxilato. También se ha sugerido este cemento como material para recubrimiento directo, sin embargo es tá demostrado que carece de efecto antibacteriano y no estimula la formación de puentes de calcificación en las pulpas de dientes.⁴
- Composites adheridos. En relación con estos materiales hay algunos informes que indican que en muchos casos no se forma tejido duro; además, existe el riesgo de que la adhesión resulte insuficiente al cabo de algún tiempo.¹⁰
- Materiales Inertes. Bhaskar et al., y Heys et al., investigaron isobutilo cianoacrilato y fosfato tricálcico cerámico como materiales de recubrimiento pulpar directo. Aunque se encontraron respuestas pulpares en forma de reducción de la inflamación e impredecible puente de dentina, ninguno de estos materiales han sido promovidos a la profesión dental como una técnica viable.¹⁵
- Colágeno. Dick et al., y Carmichael et al., informaron que las fibras de colágeno son menos irritantes que el hidróxido de calcio y promueve la

mineralización, pero no participa en la formación de puentes de dentina.¹⁵

- Timol. Fue usado dada su característica de ser relativamente bien tolerado por la pulpa y lo sencillo de su aplicación. La técnica consistía en fundir pequeños cristales de timol con un brñidor caliente formando una película protectora sobre la herida pulpar. Actualmente está en desuso ya que el timol provoca necrosis pulpar.¹

Se ha sugerido el uso de múltiples medicamentos y materiales para recubrir exposiciones e inducir la cicatrización pulpar o la reparación de estructuras duras.⁴

El hidróxido de calcio y el MTA han sido ampliamente investigados, recientemente también encontramos artículos dedicados al estudio de productos a base de silicato tricálcico, como el Biodentine. A continuación se describen dichos materiales.

3.1. Hidróxido de calcio

3.1.1. Generalidades del material

Hermann, en 1920-1930, presentó y utilizó por primera vez el hidróxido de calcio como recubrimiento biológico para las pulpas expuestas.^{1, 7}

El hidróxido de calcio ha sido el material más investigado y utilizado para este fin.⁴ Numerosos estudios han confirmado el hidróxido de calcio como estándar de oro para el recubrimiento pulpar directo desde su introducción en la práctica odontológica en 1920 tanto en dientes primarios como en permanentes jóvenes.^{4, 12}

La tasa de éxito de hidróxido de calcio como recubrimiento pulpar directo en los trabajos publicados varía del 31% al 100%, debido a causas como la unión inadecuada del hidróxido de calcio con la pulpa expuesta, la porosidad del nuevo puente de dentina y la posibilidad de resorción interna, existe la necesidad de encontrar un material más eficiente.¹² Los fracasos por lo general guardan relación con restauraciones fallidas y microfiltración.⁴ (Ilustración. 1)



Ilustración 1. Presentación de Hidróxido de Calcio Puro. Hallado en: <http://pharmadent.com.uy/wp-content/uploads/2012/07/hidroxido-de-calcio.jpg>

3.1.2. Composición

El hidróxido de calcio se constituye de una base fuerte (pH 12.6), poco soluble en agua, obtenida a partir de la calcinación del carbonato de calcio hasta su transformación en óxido de calcio (cal viva). Con la hidratación del óxido de calcio se llega al hidróxido de calcio. Las propiedades del hidróxido de calcio derivan de la disociación iónica en iones de calcio e iones de hidroxilo, siendo que la acción de esos iones sobre los tejidos y las bacterias explica sus propiedades biológicas y antimicrobianas. Los iones hidroxilo producen desnaturalización proteica, a causa de su elevado pH.¹⁶

Al realizar la mezcla del hidróxido de calcio con agua no hay reacción química entre estos, al evaporarse el líquido solo queda el hidróxido de calcio. Cuando contiene salicilatos se forma un quelato de calcio por reacción ácido-base.⁹

El hidróxido de calcio, en presentación pasta- pasta está compuesto por dióxido de titanio, tungstato de calcio, salicilato de glicol, hidróxido de calcio, óxido de zinc, estearato de zinc y etilentolueno sulfonamida.² (Tabla1)

Pasta base	Dióxido de titanio 45.1% Tungstato de calcio 15.2% Salicilato de glicol 39.1%
Pasta catalizadora	Hidróxido de calcio 51% Óxido de zinc 9.2% Estearato de zinc 0.3% Etilentolueno sulfonamida 39.5%.

Tabla 1. Composición del Hidróxido de Calcio pasta-pasta.¹⁰

El fabricante puede adicionar sales de bario para que el material sea radiopaco y así se pueda visualizar en las radiografías.²

3.1.3. Propiedades físicas y químicas

Tiene todas las características de las sustancias alcalinas, con un pH cercano a 13 y su función es estimular y proteger a la pulpa. Para este producto no existe actualmente normas internacionales, pero si hay parámetros para su clasificación. Esta clasificación depende de su vehículo y forma de endurecimiento.⁹ (Tabla 2)

Hidróxido de calcio	Agua bidestilada	Evaporación del agua
Hidróxido de calcio	Hidrogel de celulosa	Evaporación del agua
Hidróxido de calcio	Aceites plastificantes	Quelación

Tabla 2. Clasificación del hidróxido de Calcio¹⁰.

Mecánicamente este cemento es muy flexible o poco rígido, comparado con el módulo elástico de la dentina que es de 300 MPa. Por tal motivo se debe utilizar sólo como liner o recubrimiento. Químicamente es un material cerámico y está compuesto por átomos metálicos y no metálicos, unidos entre sí por uniones iónicas; en estas condiciones, si se coloca en un medio acuoso, el agua podrá interponerse entre las uniones iónicas o electrocovalentes y producir con facilidad su ruptura y la separación de los constituyentes, llegando a la ionización con la consiguiente solubilización. Este proceso químico ofrece al material la cualidad biológica de la liberación de iones calcio y oxhidrilos: poder antimicrobiano y estimulante en la dentinogénesis.²

La respuesta inicial de la pulpa expuesta ante este material es la producción de necrosis por coagulación en la superficie pulpar y el tejido subyacente se diferencia en odontoblastos, los cuales posteriormente elaboran una matriz

en un término de cuatro semanas; entre la quinta y octava semana sólo permanece una suave respuesta inflamatoria.^{2, 4}

Se pueden caracterizar cinco zonas como resultado del contacto del material con el tejido pulpar¹⁶:

- Zona de necrosis de coagulación (correspondiente al área de desnaturalización proteica del tejido pulpar).
- Zona granulosa superficial (constituida por granulaciones de carbonato de calcio).
- Zona granulosa profunda (exhibe finas granulaciones de sales de calcio y presentan un área de calcificación distrófica).
- Zona de proliferación celular.
- Zona de pulpa normal o sana.

En intervalos de 2 a 48 hrs, las granulaciones de carbonato de calcio aumentan en número y tamaño. En la zona granulosa profunda las sales de calcio también continúan siendo depositadas. Es posible que con la desnaturalización proteica de la zona de necrosis ocurra la liberación de radicales activos que atraen de forma electrostática las sales de calcio para su proximidad, contribuyendo de esa forma a la precipitación de sales de calcio en la zona granulosa profunda. Dos días después de la aplicación del hidróxido de calcio en la zona granulosa profunda e inmediaciones, las fibras del tejido pulpar se disponen paralelamente a lo largo del eje del diente. Debajo de la zona granulosa profunda surgen numerosas células jóvenes en proliferación, siendo incluso visibles las células en mitosis. A los siete días, las fibras paralelas a lo largo del eje del diente parecen torcidas. Algunos odontoblastos jóvenes pueden ser visualizados, dispuestos de modo irregular. A los 30 días, la reparación está completa, estando presentes la dentina, la predentina y la capa odontoblástica organizada. El puente de

tejido duro formado presenta tres capas: granulaciones de carbonato de calcio, área de calcificación distrófica y dentina.¹⁶

3.1.4. Ventajas y desventajas

Su beneficio más importante es el de estimular la formación de un puente de dentina, el cual es formado por que la zona necrótica se convierte en una zona de calcificación; dicha zona necrótica es formada por un efecto irritante producto de su alta alcalinidad. En este medio alcalino, la enzima fosfatasa libera activamente fosfato inorgánico de la sangre. El fosfato cálcico experimenta después precipitación. Producida la necrosis, se observa un infiltrado de neutrófilos en la zona subnecrótica. El hidróxido de calcio no es el responsable directo de la formación del puente dentinario, sino que crea las condiciones propicias para que éste se genere.^{2, 4}

Se presenta como inconveniente, al uso de este material, la posible obliteración de la luz de los conductos radiculares, que dificulta o hasta imposibilita el acceso en una intervención endodóntica posterior.⁷

El hidróxido de calcio tiene las siguientes desventajas⁹:

- Se pierde su capacidad antibacteriana cuando entra en contacto con el fluido tisular debido a la disminución de su pH ácido.
- El hidróxido de calcio no es un buen material para el sellado contra la penetración de bacterias.
- Depende totalmente de la restauración que cubre material para prevenir la penetración de bacterias a la pulpa.

El hidróxido de calcio puede quedar neutralizado por el fluido tisular antes de su acción sobre las células bacterianas. La zona necrótica generada inicialmente por el alto pH del hidróxido de calcio a esta etapa se convierte en un lugar de incubación casi ideal para el crecimiento bacteriano. Las toxinas bacterianas pueden penetrar fácilmente a través del puente de tejido

duro y no permeable formado en respuesta al hidróxido de calcio y puede causar daño pulpar grave.¹⁷

3.1.5. Estudios realizados

Se ha comprobado que hay reacciones similares entre Dycal, Prisma Dycal, Life y Un-Cap (GC America, Alsip, IL). El tejido químicamente alterado creado por la aplicación de estos compuestos se reabsorbe primero y posteriormente el puente se forma en contacto con el material de recubrimiento. Con polvos de hidróxido de calcio y productos que no fraguan como Pulpdent Paste (Pulpdent Corp, Watertown, MA), el puente se forma en la unión del tejido químicamente alterado y el tejido pulpar vital subyacente restante. El tejido alterado degenera y desaparece, dejando un vacío entre el material de recubrimiento y el puente de dentina. La calidad del puente fue similar con cualquier material.⁸

En un estudio se evaluó el efecto del hidróxido de calcio, de bario y de estroncio, después del revestimiento pulpar, valiéndose del análisis histoquímico de pulpas dentarias de perros. Los autores destacaron que los resultados de los grupos de hidróxido de bario y del estroncio fueron similares a los del hidróxido de calcio, habiendo deposición de granulaciones de carbonato de bario y estroncio, semejantes a las granulaciones observadas con el hidróxido de calcio. A causa de la inexistencia de bario o estroncio naturalmente en el organismo del animal, estas granulaciones se originaron del material utilizado para el revestimiento pulpar. El hidróxido de magnesio es insoluble y el de sodio es altamente soluble en los fluidos pulpares. El hidróxido de bario es levemente más soluble que el de estroncio, hecho que se observa por encontrar las granulaciones de hidróxido de bario más profundas que las del hidróxido de estroncio.¹⁶

3.2. MTA

3.2.1. Generalidades del material

El Agregado de Trióxido Mineral (MTA por su nombre en inglés Mineral Trioxide Aggregate) fue desarrollado y reportado por primera vez en 1993 por Lee Torabinejad et al.¹⁸

El MTA es un derivado del cemento Portland (el cemento Portland es un material de construcción de alta calidad, fabricado con piedra caliza, arcilla de caolín con bajo contenido de hierro y yeso¹⁹) que ha demostrado eficacia clínica en los protocolos y estudios de investigación aplicada. Gracias a sus cualidades es considerado actualmente como el "nuevo estándar de oro" a pesar de sus dos grandes desventajas: el largo tiempo requerido para su fraguado final y la necesidad de la humedad para que éste se logre.²⁰

El MTA es comercializado principalmente por Maillefer-Dentsply (Ballaignes, Suiza) bajo el nombre ProRoot MTA, viene presentado en sobres herméticamente sellados que contienen el polvo del MTA y se adjunta unas pipetas con agua estéril.¹⁸ (Ilustración 2)



Ilustración 2. Presentación de MTA. Hallado en: <http://www.antonsl.es/img/productos/18-786.jpg>

3.2.2. Composición

El MTA es un polvo que consta de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad. La hidratación del polvo genera un gel coloidal que endurece completamente, formando una fuerte barrera impermeable a las cuatro semanas.^{21, 22}

Está compuesto por silicato tricálcico, aluminato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato férrico, tetracálcico, óxido de bismuto, sulfato de calcio dihidratado, óxido de calcio, sulfato de sodio y potasio.¹⁸: (Tabla 3)

El óxido de bismuto es agregado a la fórmula para proporcionar radiopacidad al material.¹⁸

75%	Silicato tricálcico, aluminato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato férrico, tetracálcico.
20%	Óxido de bismuto.
4.4%	Sulfato de calcio dihidratado.
0.6%	Óxido de calcio, sulfato de sodio y potasio.

Tabla 3. Composición del MTA¹⁸.

3.2.3. Propiedades físicas y químicas

- Alcalinidad: El MTA es un cemento alcalino, después de mezclado el pH es de 10.2 y a las 3 horas se estabiliza en 12.5, muy similar al del Hidróxido de Calcio, lo cual posibilita efectos antibacterianos.^{18, 21}
- Radiopacidad: es de 7.17 m m. equivalente al espesor de aluminio, mayor que la radiopacidad de la dentina.^{18, 21}

- Fuerza compresiva: es baja, lo que indica que no pueda ser usado en áreas donde se requiera resistencia a las fuerzas de compresión, la fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 70 MPa, la cual es comparable a la del IRM y Super-EBA, pero significativamente menor que la amalgama, que es de 311 MPa.^{18, 21}
- Tiempo de fraguado: la hidratación del MTA resulta en un gel coloidal y su tiempo de fraguado es de 3 a 4 horas posteriores a la mezcla, las características del agregado dependen del tamaño de la partícula, de la proporción polvo/líquido, temperatura, presencia de agua y aire comprimido.^{18, 21}
- Solubilidad: es baja, es esto una ventaja y a que los materiales utilizados para el sellado de perforaciones y de obturación retrógrada están normalmente en contacto con el fluido del tejido periapical hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o cemento. Los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad concluyen que no se evidencian signos relevantes de solubilidad en agua para el Super-EBA, la amalgama y el MTA.^{18, 21}
- Adaptación marginal: tiene buena adaptación marginal lo que ayuda a reducir la microfiltración de bacterias. Torabinejad et al., realizan un estudio para evaluar la capacidad de adaptación marginal del MTA, el Super EBA y la amalgama. Los resultados muestran que excepto para las muestras obturadas con MTA, la mayoría de las raíces seccionadas longitudinalmente muestran la presencia de brechas y vacíos entre el material de obturación y las paredes de la cavidad. El tamaño y la profundidad de las brechas varían entre la amalgama y el cemento Super-EBA. Las cavidades apicales obturadas con amalgama tienen un grado más bajo de adaptación a las paredes dentinarias; por el contrario con el MTA se observa mayor adaptación

y menor cantidad de brechas, presentando también un significativo grado menor de microfiltración.^{18, 21}

- Microfiltración: tiene excelente sellado a la microfiltración. La capacidad selladora del MTA es probablemente debida a su naturaleza hidrofílica y su poca expansión cuando endurece en un ambiente húmedo.^{18, 21}

Ha de mostrarse ser un material biocompatible y aumenta la expresión de colágeno tipo 1 y la osteocalcina e osteoblastos, estimula la producción ósea y la expresión de la fosfatasa alcalina.⁵

3.2.4. Indicaciones

El uso del MTA está indicado en las siguientes situaciones clínicas²¹:
(Ilustración 3.)

- Recubrimiento pulpar y pulpotomías
- Apicoformaciones
- Perforaciones radiculares
- Obturaciones retrógradas

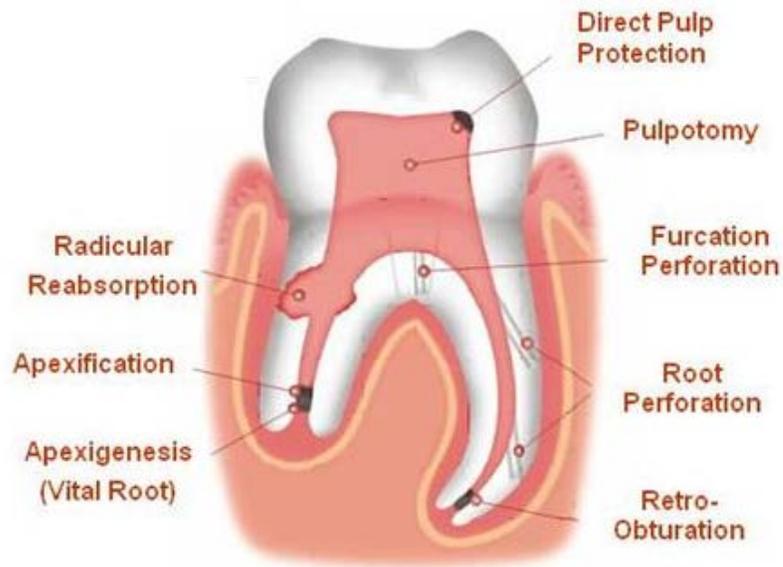


Ilustración 3: Aplicaciones Clínicas de Biodentine. Hallado en: http://c.asstatic.com/images/1264012_634581590232102500-1.jpg

El MTA también es indicado como material de restauración coronaria (3-4mm) después de completar la obturación de los conductos radiculares, ya que provee un sellado efectivo contra la penetración de colorantes y bacterias. Para la reparación de fracturas verticales el uso de MTA en casos donde está en contacto directo con la cavidad oral por un periodo largo de tiempo es impredecible; también en reparaciones de lesiones como consecuencia de reabsorciones internas.^{18, 21}

Es indicado en el tratamiento de exposiciones pulpares gracias a que tiene las cualidades de formar puentes dentinarios, ser biocompatible, tener un pH alcalino, impedir la microfiltración bacteriana gracias a su adaptación marginal y a que no favorece la inflamación.¹⁸

3.2.5. Manipulación

El polvo de MTA debe ser almacenado en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad. El polvo (idealmente 1gr por porción) debe ser mezclado con agua estéril en una proporción de 3:1 en una loseta o en papel con una espátula de plástico o metal. Si el área de aplicación está muy húmeda se puede limpiar con una gasa o algodón estéril. El MTA requiere humedad para fraguar por lo que al dejar la mezcla en la loseta o en el papel se origina la deshidratación del material adquiriendo una textura seca.¹⁸

Las instrucciones de manipulación del MTA según el fabricante son²³:

- Mezclar lentamente, no tan rápidamente como otros cementos para facilitar su manejo.
- Incorporar gradualmente el líquido en el cemento usando el stick mezclador Pro Root MTA.
- Mezclar el material con el líquido alrededor de un minuto, asegurando que todas las partículas de polvo están hidratadas, si es necesario se puede usar otra ampolleta extra de líquido o agua esterilizada, una o dos gotas para obtener una consistencia más cremosa y descartar el líquido sobrante pues no se mantiene la esterilidad después de abierta la unidad de la dosis.
- Llevar el material a la cavidad con ayuda de Root Canal Messing Gun. (Ilustración 4)
- El material puede estar abierto por un período de cuatro horas, pero el tiempo de trabajo es de aproximadamente cinco minutos, si se necesita más tiempo de trabajo se debe cubrir el material mezclado con una gasa para prevenir la evaporación.

3.2.6. Estudios realizados

El MTA ha demostrado que estimula la formación de puentes de dentina adyacente a la pulpa dental. Esta formación de dentina puede ser debida a la capacidad de sellado, al calinidad, biocompatibilidad (causa menos inflamación que el hidróxido de calcio y no causa necrosis local de la pulpa), estimula la diferenciación y proliferación de células de la pulpa, facilitando la formación de una barrera mineralizada, la cual está más estructurada.^{12, 20, 21}

La desventaja del uso de MTA como un material de recubrimiento pulpar es su tiempo de fraguado prolongado. Torabinejad et al., encontraron que el tiempo de fraguado del material está entre tres y cuatro horas^{12, 21} por lo que al ser usado como material de recubrimiento pulpar debe ser colocado en capas delgadas y en estado fresco.²² Es hidrófilo y por lo tanto puede ser utilizado en el campo de operación húmedo y en presencia de sangre.¹²

En los estudios que se han realizado, las tasas de éxito clínico de MTA y el hidróxido de calcio cuando son utilizados como materiales de recubrimiento pulpar han demostrado ser similares.²²

3.3. Biodentine

3.3.1. Generalidades del material

Biodentine es un material a base de silicato de calcio que ha llamado la atención en los últimos años. Se ha realizado una considerable investigación de este material desde su lanzamiento; sin embargo, es escaso el número de artículos de revisión que recopila información y datos obtenidos a partir de estos estudios.²⁴

Los materiales a base de silicato de calcio han ganado popularidad en los últimos años debido al parecido con el agregado de trióxido mineral (MTA) y su aplicación clínica. Aunque recientemente se han lanzado al mercado diferentes productos a base de silicato de calcio, uno de ellos en particular ha sido el foco de atención; este material es "Biodentine" silicato de calcio, que se empezó a comercializar en 2009 por la casa comercial de Septodont y que fue diseñado específicamente como un material de "reemplazo de la dentina".²⁴

Biodentine puede ser aplicado directamente en la cavidad a restaurar sin ningún tratamiento de acondicionamiento.²⁵

Comercialmente tiene dos presentaciones: caja con 15 cápsulas y 15 unidades de líquido y caja con 5 cápsulas y 5 unidades de líquido.²⁶ (Ilustración 5)



Ilustración 5. Presentación comercial de Biodentine. Hallado en: Archivo científico de Biodentine2012.

3.3.2. Biocompatibilidad del material

A pesar que Biodentine es un material prometedor ha habido pocos estudios que evalúen sus características, especialmente la biocompatibilidad con los tejidos; sus propiedades deben ser analizadas antes de su uso clínico rutinario, sin embargo los datos disponibles en general, están a favor del material por su baja citotoxicidad.^{5, 24}

La biocompatibilidad de los materiales dentales es fundamental para permitir la reparación y evitar reacciones inflamatorias significativas, ya que estos se encuentran en contacto directo con los tejidos y tiene el potencial para afectar a la viabilidad de las células perirradiculares y pulpares; es un factor importante que debe ser tomado en consideración específicamente cuando se utiliza en el recubrimiento pulpar, reparación de perforaciones o en la obturación retrógrada. Durante los procedimientos anteriormente mencionados, la muerte celular se produce por apoptosis o necrosis, por lo

tanto, es esencial que los materiales tóxicos se eviten y se busque el uso de materiales de reparación que biológicamente sean neutros.^{5, 24}

Laurent et al., fueron los primeros en mostrar las propiedades biológicas prometedoras de Biodentine en cultivos de fibroblastos humanos. Evaluaron la citotoxicidad de Biodentine y MTA en los fibroblastos de la pulpa humana, se llegó a la conclusión de que los materiales no afectan a las funciones celulares. En este estudio al aplicar Biodentine en células de la pulpa se observó la formación de osteodentina y el TGF-β1, que favorecen la mineralización en el área de forma similar a la que logra el MTA, mostrando de ese modo que los dos materiales son biocompatibles.^{5, 24}

Un material biocompatible debe presentar baja toxicidad sin promover una reacción inflamatoria, que debe ser no significativa o leve cuando es tá presente. El material puede ser considerado biocompatible si la reacción inflamatoria se reduce a niveles no significativos en una cantidad razonable de tiempo, como 14 días. En un estudio realizado por Graziela Garrido et al., se evaluó la biocompatibilidad de Biodentine en el tejido subcutáneo de ratas. Este estudio fue realizado en 15 ratas, en él se concluyó que Biodentine mostró respuesta inflamatoria inicial, pero después de 2 semanas la respuesta del tejido que estaba en contacto con el material fue aceptable.⁵

Zhou et al., evaluaron la citotoxicidad de Biodentine y MTA en los fibroblastos gingivales humanos, se concluyó que ambos materiales permiten la viabilidad celular y la proliferación de éstas después de 3 a 7 días. También en el estudio de Perard et al., se demostró que Biodentine y MTA permiten la proliferación de diversos tipos de células de la pulpa, indicando que los materiales pueden ser utilizados para el recubrimiento pulpar directo. A pesar de utilizar diferentes métodos, los resultados de dichos estudios demostraron la biocompatibilidad de Biodentine.⁵

3.3.3. Composición

El reporte científico de Biodentine establece que la composición del polvo consta de silicato tricálcico, silicato dicálcico y carbonato de calcio, óxido de hierro y óxido de zirconio como materiales de relleno.²⁴ (Ver Tabla 4)

El silicato tricálcico y silicato dicálcico se indican como materiales principal y secundario respectivamente, mientras que el óxido de zirconio sirve como un radiopacador. El óxido de zirconio posee características biocompatibles y se indica como un material bioinerte con propiedades mecánicas favorables y resistencia a la corrosión.²⁴

El líquido contiene cloruro cálcico como un acelerador y un polímero hidrosoluble que sirve como un agente reductor de agua.²⁴ (Tabla 4)

COMPONENTE DEL POLVO	
Silicato tricálcico	Material principal del núcleo
Silicato dicálcico	Material secundario del núcleo
Carbonato y óxido de calcio	Relleno
Óxido de hierro	Tono
Óxido de zirconio	Material radio-opaco
COMPONENTES DEL LÍQUIDO	
Cloruro de calcio	Acelerador
Polímero hidrosoluble	Agente secante

Tabla 4. Composición de Biodentine.^{1d}

Se ha afirmado que el tiempo de fraguado es más rápido (una de las características únicas del producto), se consigue mediante el tamaño aumentado de la partícula por la adición de cloruro de calcio en el componente líquido. El período de fraguado del material es entre 9 a 12 minutos. Este período se considera un tiempo corto y es una mejora en comparación con otros materiales de silicato de calcio.²⁴

El material se caracteriza por la liberación de calcio cuando está en solución. Los materiales a base de silicato tricálcico se definen también como fuente de hidroxiapatita cuando están en contacto con los fluidos de los tejidos.²⁴

Grech et al., evaluaron la composición de los materiales y la lixiviación de un prototipo de cemento de silicato tricálcico y radiopacador (sin ningún aditivo) y dos cementos de silicato tricálcico comercialmente disponibles, uno de los cuales era Biodentine. Su objetivo principal fue evaluar el efecto de los aditivos utilizados en los productos de las principales marcas comerciales. Los autores evaluaron a los cementos hidratados mediante microscopía electrónica de barrido y análisis de energía dispersiva de rayos X, difracción de rayos X y espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FT-IR). Ellos concluyeron que Biodentine mostró resultados favorables respecto a la formación de hidrato de silicato de calcio. Los materiales, cuando se hidrataron, constaban de una fase de cemento rica en calcio, sílica, y un material radiopaco. Biodentine fue descrito además por tener carbonato de calcio en polvo y la fase de carbonato del material fue verificada por DRX y el análisis FT-IR. El polvo de Biodentine también tenía inclusiones de carbonato de calcio que eran relativamente grande en comparación con las partículas de cemento. Había productos de hidratación alrededor de la circunferencia de las partículas de carbonato de calcio. Los autores añaden que el carbonato de calcio actúa como un sitio de nucleación, lo cual mejora la microestructura. Algunos resultados similares fueron reportados por Camilleri

et al., quienes compararon la composición de Biodentine y MTA Ángelus con un experimento experimental que consiste en silicato tricálcico y óxido de zirconio. Su análisis también mostró que el silicato tricálcico que se detectó fue el principal constituyente de Biodentine y no el silicato dicálcico u óxido de calcio. Señalaron además que Biodentine tiene 15% de carbonato de calcio en el componente de polvo, porcentaje que representa la mejora del material.²⁴

Una característica importante del aditivo de carbonato de calcio es actuar como un sitio de nucleación para C-S-H, reduciendo así la duración del período de inducción, que conduce a un tiempo de fraguado más rápido.²⁴

3.3.4. Manipulación

Las instrucciones de manipulación señaladas por el fabricante son²⁷:

- 1) Tomar una cápsula y golpearla ligeramente para asentar el polvo.
- 2) Abrir la cápsula y colocarlo en el soporte.
- 3) Golpear ligeramente la pipeta de líquido con el fin de hacer descender la totalidad del líquido.
- 4) Girar la punta de la pipeta para abrirla con cuidado para no dejar caer el líquido.
- 5) Colocar 5 gotas exactas en la cápsula.
- 6) Volver a cerrar la cápsula. Colocarla en Vibrador, de tipo Technomix, TAC400 (Lineatac), Silamat, CapMix, Rotomix, Ultramat, etc. El mezclador debe tener una velocidad entre 4000 a 4200 oscilaciones por minuto.
- 7) Mezclar durante 30 segundos.

- 8) Abrir la cápsula y comprobar la consistencia del material. Si se desea una consistencia más gruesa, esperar de 30 segundos a 1 minuto antes de revisar de nuevo.
- 9) Tomar el material con ayuda de la espátula suministrada en la caja. En función del uso deseado, es posible tomar el material con la ayuda de un porta amalgama, de una espátula o de un dispositivo de tipo Root Canal Messing Gun.

Cuando se utiliza como recubrimiento pulpar directo las indicaciones son las siguientes²⁷:

- 1) Colocar Biodentine™ directamente sobre la pulpa expuesta sin ejercer presión.
- 2) Proceder al modelado de la superficie de la restauración.
- 3) Esperar el tiempo de fraguado final del material antes de proceder al retiro de aislamiento.
- 4) Comprobar la oclusión.
- 5) En el plazo de una semana a seis meses después de la colocación de Biodentine se prepara la cavidad según los criterios recomendados para la restauración final del diente.
- 6) Biodentine puede comportarse como dentina artificial sana y conservarse en las zonas profundas o incluso intrapulpares de la restauración. Biodentine es compatible con todas las técnicas de restauración coronaria directa o indirecta y en particular con todos los tipos de sistemas adhesivos.²⁷

3.3.5. Propiedades físicas y químicas

- Tiempo de fraguado:

Grech et al., investigaron el tiempo de fraguado de Biodentine utilizando una técnica de indentación mientras que el material se sumergió en solución de Hank. Los autores describen que esta metodología utiliza un aparato de Vicat con una aguja de masa específica. El tiempo de fraguado de la mezcla se calcula como el tiempo transcurrido desde el inicio de la mezcla hasta que el explorador no deja una marca en la superficie del material conjunto. El tiempo de fraguado de Biodentine se determinó en 45 minutos. Este tiempo de fraguado menor se atribuyó a la adición de cloruro de calcio al líquido. Un hallazgo interesante del estudio por Grech fue que el período de ajuste más alto se determinó para Bioaggregate, otro material a base de silicato tricálcico. La hoja de producto de Biodentine indica el tiempo de fraguado como de 9 a 12 minutos, que es más corto que el observado en el estudio de Grech et al. Sin embargo, 9 a 12 minutos es el tiempo de fraguado inicial, mientras que Grech evaluó el tiempo de fraguado final.²⁴

Villat et al., utiliza en su estudio una metodología diferente para la evaluación del tiempo de fraguado usando la espectroscopia de impedancia, que evalúa los cambios en la resistencia eléctrica. Los valores de impedancia se estabilizaron después de 5 días para el cemento de ionómero de vidrio, mientras que para el cemento a base de silicato de calcio fueron necesarios al menos 14 días. Los autores especularon que este resultado se debió a la mayor porosidad para el cemento Biodentine, indicando una mayor capacidad de intercambio de iones entre el material y su medio ambiente.²⁴

- Resistencia a la compresión:

La resistencia a la compresión se considera como una de las principales características físicas de los cementos hidráulicos. Teniendo en cuenta las indicaciones de uso de productos tales como Biodentine, es esencial que el cemento tenga la capacidad de soportar fuerzas masticatorias, es decir, la resistencia suficiente a la compresión para resistir los impactos externos.²⁴

Una característica específica de Biodentine es su capacidad para seguir mejorando con el tiempo, en términos de resistencia a la compresión, hasta llegar a un rango similar a la dentina natural. En el estudio de Grech et al., Biodentine mostró la más alta resistencia a la compresión en comparación con los demás materiales probados. Los autores atribuyeron este resultado debido a la baja relación agua / cemento.²⁴ (Ilustración 6)

Kayahan et al., evaluó la resistencia a la compresión desde otra perspectiva y llegó a conclusiones relativas específicamente para uso clínico. Teniendo en cuenta que el grabado ácido es uno de los pasos siguientes a la aplicación de Biodentine para obtener adherencia mecánica, los autores evaluaron si existen alteraciones en términos de resistencia a la compresión después del procedimiento de grabado. Llegaron a la conclusión de que los procedimientos de grabado ácido después de 7 días no reducen la resistencia a la compresión de ProRoot MTA y Biodentine.²⁴

En otro estudio, realizado por Gilles Koubi, se utilizó Biodentine como restauración coronal en dientes posteriores. El objetivo del estudio fue determinar por cuánto tiempo Biodentine puede permanecer como un material de restauración oclusal y cómo puede ser logrado en combinación con una restauración de resina. Se utilizó la resina Z100, que ha estado en uso clínico para la restauración de los dientes posteriores durante más de una década. El estudio reveló propiedades superficiales favorables, tales como una buena adaptación marginal hasta los 6 meses.²⁸

Aunque estos estudios son limitados se puede considerar el Biodentine como un material adecuado para su uso en la terapia de la pulpa vital, donde hay exposición directa a las fuerzas masticatorias externas y la capacidad de resistencia a la compresión es de primordial importancia.²⁴

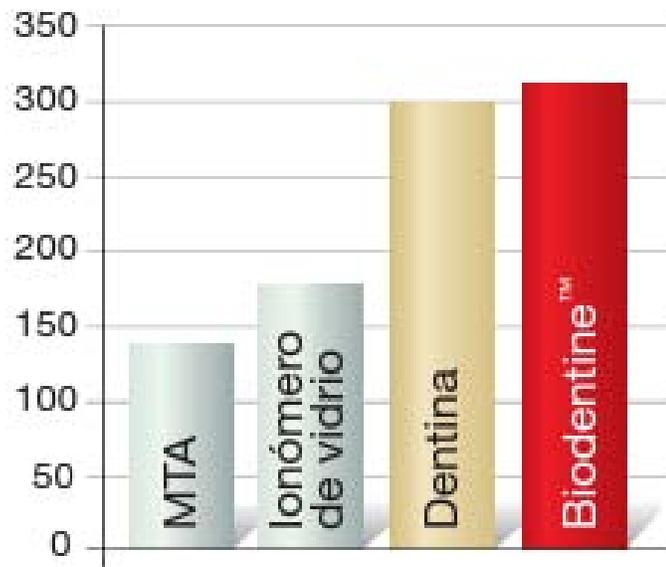


Ilustración 6. Fuerza compresiva en MPa, 24hrs después de la colocación del material. Fuente: archivo científico de Biodentine 2012.

- Microdureza

Grech et al., evaluaron la microdureza del material usando un indentador de diamante. Sus resultados mostraron que Biodentine tiene valores superiores en comparación con Bioaggregate e IRM.²⁴

En un estudio realizado por Josette Camilleri et al., se buscó comparar las propiedades físicas de Biodentine con las de Fuji IX y Vitrebond cuando son usados en restauraciones con técnica a "sándwich abierto", se obtuvieron como resultados de las pruebas que Biodentine exhibió mayor microdureza superficial que Fuji IX y Vitrebond, tanto en los materiales grabados y sin grabar.^{24, 29}

- Adhesión

Teniendo en cuenta que se recomienda el uso de Biodentine como sustituto de la dentina debajo de restauraciones permanentes, se han realizado estudios que evalúan la unión del material con diferentes sistemas de adhesión. Odaba et al., evalúan la adhesión de Biodentine a un adhesivo de autograbado de dos pasos y un sistema de adhesivo de autograbado un paso. No se encontraron diferencias significativas entre todos los grupos de adhesivos en los mismos intervalos de tiempo (12 minutos y 24 horas).²⁴

Otra área de uso de Biodentine, específicamente desde el punto de vista de endodoncia, es la reparación de perforaciones. Es esencial que un material de reparación de perforación tenga suficiente resistencia de la unión con las paredes de la dentina para la prevención de desprendimiento desde el sitio de la reparación. Aggarwal et al., estudiaron las fuerzas de adhesión de Biodentine, ProRoot MTA, y MTA Plus en reparaciones de perforación en furca. Sus resultados mostraron que en 24 horas, la fuerza de desprendimiento de MTA era menor que la de Biodentine y que la contaminación de la sangre afecta a la resistencia de la unión push-out (empuje hacia afuera) de MTA Plus independientemente del tiempo de fraguado. Una característica favorable de Biodentine fue que la contaminación de la sangre no tuvo ningún efecto sobre la fuerza de empuje hacia fuera, independientemente de la duración de tiempo de fraguado.²⁴

En un estudio realizado por Guneser et al., Biodentine mostró un rendimiento considerable como un material de reparación, incluso después de ser expuesto a diversas soluciones de irrigantes como NaOCl, clorhexidina y solución salina, mientras que MTA tenía la fuerza de desprendimiento más baja.²⁴

- Porosidad y análisis de la interface entre el material y la dentina

El grado de porosidad juega un papel muy importante en el éxito de los tratamientos realizados, ya que es el factor que determina la cantidad de fugas. La porosidad se ha demostrado que tienen un impacto sobre otros numerosos factores que incluyen la adsorción, la permeabilidad, la fuerza y la densidad. Se ha afirmado que el máximo diámetro de poro, que corresponde a la fuga más grande en la muestra, junto con el tamaño de la bacteriana y sus metabolitos, será indicativo de la fuga que se produce a lo largo de los materiales.²⁴

Camilleri et al., evaluaron la interface entre la dentina y el material, utilizando Bioaggregate, Biodentine, un prototipo de cemento de silicato tricálcico (TCS-20-Zr) y un material de restauración intermedia (IRM), usados como materiales de obturación retrógrada en dientes humanos extraídos después de 28 días de almacenamiento seco y la inmersión en HBSS, usando un microscopio confocal junto con trazadores fluorescentes y también un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo. Se utilizó un material de prototipo (TCS-20-Zr) similar a Biodentine en la composición. La razón para la evaluación de un material prototipo fue evaluar los efectos que los aditivos tienen sobre la porosidad del material y para detectar cualquier cambio en las características del material en la interface. La prueba se realizó en dos condiciones ambientales, secos o sumergidos en una solución fisiológica. Según sus resultados, Biodentine y IRM mostraron el nivel o grado de porosidad más bajo. La microscopía confocal usada junto con trazadores fluorescentes demostró que en el almacenamiento en seco existen huecos en la interface y también grietas entre el material y Biodentine fue el más afectado por las condiciones ambientales. Estas lagunas se definen como significativas, ya que tienen el potencial de permitir la entrada y la transmisión de microorganismos. En caso de la obturación retrógrada, donde hay un entorno continuamente húmedo, el uso de Biodentine es

ventajoso. Sin embargo, en procedimientos tales como forros, bases, o el reemplazo de la dentina, el material se mantiene generalmente seco lo cual puede suponer un problema en términos de porosidad resultando en la formación de huecos en la interfaz, lo que permite el paso de las bacterias. Esto lleva a la conclusión de que se debe tener cuidado en la selección de Biodentine en ciertas condiciones clínicas donde la humedad no es tá necesariamente presente.²⁴

Gjorgievska et al., llevaron a cabo un estudio en el que se compararon las propiedades interfaciales de tres sustitutos dentales bioactivos diferentes, uno de los cuales era Biodentine. Mientras que la adaptación de la cavidad de Biovidrio era pobre debido a su tamaño de partícula, tanto los ionómeros de vidrio y cementos de silicato de calcio dieron resultados favorables como sustitutos de dentina. Durante el análisis SEM, los cristales de Biodentine parecían firmemente unidos a la superficie de la dentina subyacente. Los autores destacaron además el parecido de la capa interfacial formada entre Biodentine y la dentina a la capa de tejido duro formado por ProRoot MTA y más llamaron la atención sobre el crecimiento de los cristales de hidroxiapatita. Además, los cristales de Biodentine parecían estar firmemente unidos a la superficie de la dentina subyacente. A pesar de que no encontraron evidencia de intercambio iónico, concluyeron que la excelente capacidad de adaptación de este material a la dentina subyacente depende principalmente de la adherencia micro mecánica.²⁴

Atmeh et al., estudiaron las propiedades interfaciales de Biodentine y un cemento de ionómero de vidrio con diferentes métodos de microscopía y espectroscopía y determinaron la existencia de estructuras como prolongaciones interfaciales a lo largo de la dentina. Esta estructura de la dentina alterada sólo se observó por debajo de las muestras Biodentine.²⁴

- Radiopacidad

La norma ISO 6876: 2001 ha establecido 3mmAl como el valor mínimo para la radiopacidad de los cementos endodónticos. Mientras tanto, de acuerdo con ANSI / ADA número 57, todos los selladores endodónticos deben ser por lo menos de 2 mmAl más radiopacos que la dentina o el hueso.²⁴

Para la determinación de los radiopacidades de materiales de relleno, el método desarrollado por Tagger y Katz se utiliza generalmente cuando se toman imágenes radiográficas del material junto a una cuña de aluminio. El óxido de zirconio se utiliza como un radiopacador en Biodentine a diferencia de otros materiales donde se prefiere óxido de bismuto.²⁴

Grech et al., en un estudio de evaluación del cemento prototipo de silicato tricálcico y radiopacador, Bioaggregate y Biodentine, llegaron a la conclusión de que todos los materiales tuvieron valores de radiopacidad mayores a 3mmAl. Se obtuvieron resultados similares por Camilleri et al.²⁴

Por otro lado, la observación clínica de claró que la radiopacidad de Biodentine no es adecuadamente visible en la radiografía. Esto plantea dificultades en términos de aplicaciones prácticas. Este comentario subjetivo fue apoyado además en un estudio realizado por Tanalp et al., donde se encontró que la radiopacidad de Biodentine era más baja en comparación con otros materiales de reparación probados (MM-MTA, y MTA Angelus) y ligeramente inferior al valor de referencia de 3 mm Al establecido por ISO. Aunque estos resultados deben ser interpretados con cautela, ya que las condiciones de experimentación, los períodos de conservación y otros factores podrían afectar los resultados de los estudios de radiopacidad, también indicaron que podría necesitar mayor investigación en cuanto a la calidad de ésta. Otra consideración debe hacerse con base en los escenarios clínicos en los que se destina Biodentine para ser utilizado. En los casos donde hay contacto directo con el tejido conectivo circundante, la

biocompatibilidad es de importancia primaria. Aunque la confirmación de la colocación adecuada del material es importante en estos casos basándose en el valor de radiopacidad, uno puede hacer un juicio por la observación clínica en caso del uso de aditivos, para obtener un alto valor de radiopacidad, que puedan comprometer la biocompatibilidad general.²⁴

- Solubilidad

Grech et al., demostraron valores de solubilidad negativos para un cemento prototipo, Bioaggregate y Biodentine, en un estudio de evaluación de las propiedades físicas de los materiales. Ellos atribuyeron este resultado a la deposición de sustancias tales como hidroxiapatita en la superficie del material cuando entra en contacto con los fluidos tisulares. Esta propiedad es más bien favorable, ya que indica que el material no pierde partículas que podrían provocar inestabilidad dimensional.²⁴

- Efecto sobre las propiedades de flexión de la dentina

Un problema importante relacionado con el uso de materiales de silicato de calcio es la liberación de hidróxido de calcio en la hidrólisis de sus componentes. Se ha indicado que el contacto prolongado con hidróxido de calcio, así como MTA tiene efectos perjudiciales y el debilitamiento de la resistencia de la dentina de la raíz.²⁴

Sawyer et al., evaluó si el contacto prolongado de la dentina con selladores a base de silicato de calcio tendría influencia en sus propiedades mecánicas. De acuerdo con los resultados de su estudio en el que compararon Biodentine con MTA Plus, determinaron que ambos materiales alteran la resistencia y rigidez de la dentina después del envejecimiento, en el 100% de los casos en presencia de humedad. Sugirieron que a pesar de la

capacidad de la dentina para resistir los impactos externos y la resistencia a fuerzas externas no podría verse afectada en un grado crítico cuando se utiliza en capas muy delgadas, como cuando el material es usado como recubrimiento de la pulpa, o como un tapón apical, la consideración debe ser cuidadosa cuando se usa para la obturación de todo el conducto o a utilizarlos con el propósito de reemplazo dentina.²⁴

- Microfiltración

Cuando se usa específicamente como un material de recubrimiento o base, la microfiltración debe ser considerada ya que puede resultar en la aparición de caries secundaria y sensibilidad postoperatorios, lo que lleva al fracaso del tratamiento.²⁴

Koubi et al., fueron los primeros en evaluar la integridad marginal in vitro de las restauraciones, basándose en la edad del cemento de silicato de calcio y un cemento de ionómero de vidrio modificado con resina. Los resultados del análisis de filtración después de un año de envejecimiento mostraron que ambos materiales tienen patrones similares de fuga. Otra propiedad importante de Biodentine era que no requiere preparación específica de las paredes de la dentina. Se explicó la buena integridad marginal de Biodentine con la capacidad de formar cristales de hidroxiapatita en la superficie. Estos cristales pueden tener el potencial de aumentar la capacidad de sellado, especialmente cuando se forman en la interfase del material con las paredes de la dentina. Además, la interacción entre los iones fosfato de la saliva y los cementos a base de silicato de calcio puede conducir a la formación de depósitos de apatita, aumentando así el potencial de sellado del material. Los autores expresaron adicionalmente la nano estructura y el tamaño pequeño de la formación de gel del cemento de silicato de calcio como uno

de los factores que influyen en la capacidad de sellado, permite que el material tenga una mejor propagación sobre la superficie de la dentina.²⁴

Aunque las características químicas y físicas de Biodentine son similares, está claro que debe llevarse a cabo un número específico de ensayos clínicos antes de obtener conclusiones definitivas. Se encontró en Biodentine un rendimiento clínico favorable hasta por un período de 6 meses, aunque el resto del material de ensayo (Z100) muestra mejores puntuaciones en cuanto a la forma anatómica, adaptación marginal, y el contacto proximal. Después de un período de 1 año los autores reportaron en la investigación de Z-100 sobre Biodentine, que resultó en un rendimiento de tratamiento muy satisfactorio. Llegaron a la conclusión de que Biodentine es un sustituto de la dentina bien tolerado para los dientes posteriores de hasta 6 meses, durante los cuales la abrasión es el principal proceso de degradación. No se observa decoloración y el material incluso ha dado resultados superiores en comparación con Z-100 en términos de esta propiedad. En general, Biodentine fue defendido para ser utilizado bajo composite en restauraciones posteriores, apoyando el principal punto de vista desde el que se desarrolló inicialmente el material, en otras palabras, como un material de sustitución de la dentina.^{24, 28}

3.3.6. Indicaciones de uso

Biodentine tiene una amplia gama de aplicaciones en endodoncia, como material de reparación en perforaciones radiculares, apexificación, lesiones de resorción, obturación en cirugía endodóntica y recubrimiento de la pulpa; también se puede utilizar como un material de sustitución de la dentina en la odontología restauradora.²⁴ (Ilustración 7)

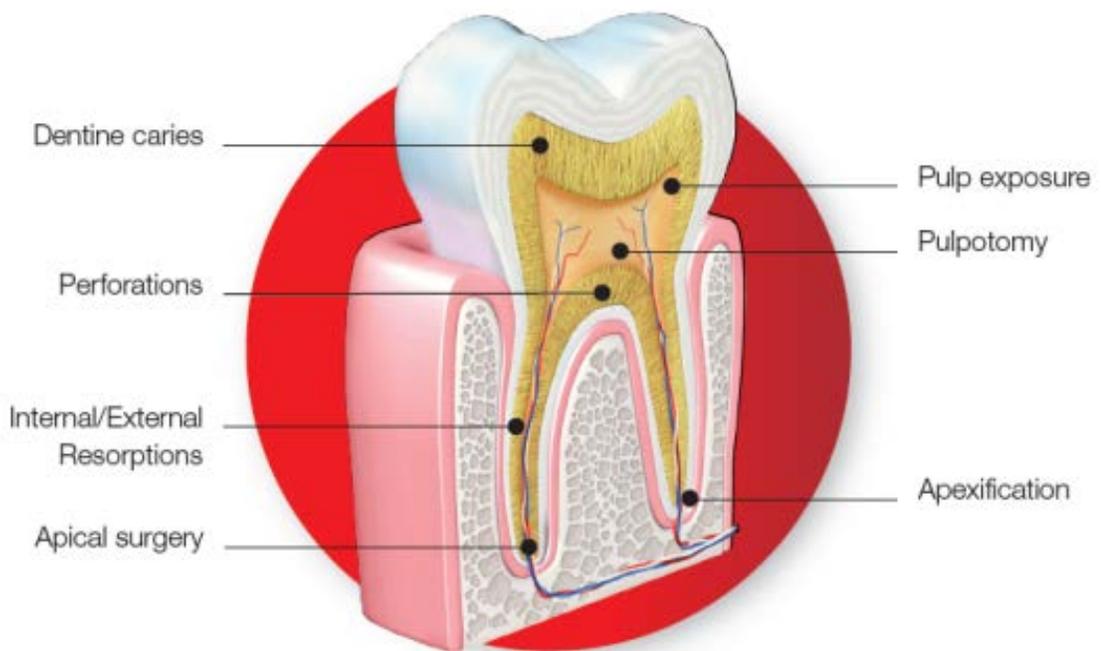


Ilustración 7. Aplicaciones clínicas de Biodentine. Hallado en:
http://old.dentistry.co.uk/product_guide/biodentine/images/biodentine_tech_1.png

3.3.6.1. Tratamiento de la pulpa vital

Los materiales de recubrimiento son necesarios para evitar el tratamiento de conductos y conservar la vitalidad pulpar.

La capacidad de liberación de calcio de los materiales de recubrimiento pulpar es lo que induce la regeneración del tejido pulpar. Tanto el MTA como los materiales a base de silicato tricálcico producen hidróxido de calcio como subproducto de la hidratación.³⁰

Estos materiales solubilizan moléculas bioactivas, tales como el factor de crecimiento transformante B1 de la dentina. Este factor está implicado en la migración de células progenitoras de la pulpa a su sitio de producción y en la diferenciación odontoblástica para la formación del puente de dentina posterior a la aplicación del material. Por lo tanto, el mecanismo de acción de

estos materiales es similar al del hidróxido de calcio cuando se utilizan como agentes de recubrimiento pulpar.³⁰

Los materiales a base de silicato de calcio de segunda generación indicados como materiales de recubrimiento pulpar directos exhiben un tiempo de fraguado reducido, lo que los hace más adecuados en uso clínico, ya que una de las principales desventajas del MTA es su largo tiempo de fraguado y la incompatibilidad con otros materiales dentales.³⁰

Las respuestas de los materiales empleados para diferentes procedimientos deben ser evaluados con estudios in vivo y estudios clínicos para establecer una idea clara sobre las características generales de los materiales. El MTA se ha investigado en varios modelos experimentales en humanos y animales, sin embargo los estudios que comparan MTA con Biodentine en términos de comportamiento fundamental en el tratamiento pulpar son limitados.²⁴

El primer estudio para demostrar la efectiva inducción de la reparación de la dentina fue realizado por Tran et al., donde se aplicó el material directamente en pulpas de rata expuestas mecánicamente. En el estudio donde Biodentine se comparó con MTA y el hidróxido de calcio en términos de formación de puentes de dentina reparativa, se señaló que la estructura inducida por hidróxido de calcio contenía varias inclusiones celulares, también llamados defectos de túnel. Estas regiones defectuosas fueron consideradas como áreas indeseables que facilitan la migración de los microorganismos hacia la pulpa y el diente, generando una predisposición a una infección endodóntica. Por el contrario, la formación de puentes de dentina inducida por Biodentine mostró un patrón bien localizado en el sitio de la lesión a diferencia de la causada por el hidróxido de calcio que mostró una estructura en expansión en la cámara pulpar. La calidad de la dentina formada también era mucho

más favorable en comparación con el hidróxido de calcio y se observó organización en los túbulos dentinarios.²⁴

En el estudio realizado por Marijana Popović et al., se examinó el efecto de Biodentine en el recubrimiento pulpar directo en la pulpa expuesta de cerdos (*Sus scrofa domesticus*), utilizando ProRoot MTA como material de control. El experimento incluyó 20 dientes de cerdos vietnamitas, con edades promedio de 24 meses y un peso sobre los 25 kg. El análisis histológico mostró que el puente de dentina era formado en todas las muestras, la dentina tenía características de dentina reparativa con los túbulos dentinarios irregulares que estaban en continuidad con la dentina circundante. El análisis después de 4 semanas reveló que el material, en la mayoría de los casos, causó leve o moderada inflamación del tejido de la pulpa. No se observó necrosis en ningún caso. Los resultados del estudio mostraron efectos terapéuticos favorables y similares entre Biodentine y MTA.¹²

Camilleri et al., evaluaron el grado de hidratación de Biodentine, Theracal LC, y un material prototipo a base de silicato tricálcico (de una composición similar a Biodentine pero sin la incorporación de los aditivos).³⁰

Theracal LC está compuesto a base de silicato de calcio. Es indicado para uso como revestimiento bajo restauraciones de composite con el objetivo de lograr una unión entre ambos materiales, lo que reduce la microfiltración. Aunque Theracal LC está certificado como adecuado para uso clínico como un material de recubrimiento pulpar, aún no está bien documentada la interacción del material con el tejido.³⁰

En este estudio se utilizaron terceros molares humanos extraídos por razones de ortodoncia, se realizó una cavidad profunda hasta realizar la

exposición pulpar. En seis dientes se utilizó Biodentine, en otros seis TheraCal LC y en otros seis el material experimental a base de silicato tricálcico. Los dientes fueron restaurados por la aplicación de resina adhesiva de autograbado y la restauración con SDR (Dentsply DeTrey GmbH). Se realizó la evaluación por microscopía electrónica de barrido y espectroscopía de energía dispersa de muestras pulidas después de que se hidrataron en solución salina equilibrada de Hank durante 14 días; la actividad del material también se evaluó mediante análisis de difracción de rayos x para investigar la deposición de hidróxido de calcio por los materiales y la lixiviación de iones de calcio en solución salina equilibrada de Hank se evaluó por cromatografía de iones.³⁰

Se utilizó un modelo de cultivo de diente humano entero que ha sido validado para la reproducción de las condiciones de recubrimiento pulpar. De hecho, trabajos previos han demostrado que este modelo reproduce los pasos iniciales de la regeneración dentino-pulpar. En este modelo, las lesiones de la pulpa en dientes humanos inducen la activación de las células progenitoras de la pulpa y su migración a la zona de la lesión. Después de la colocación del hidróxido de calcio, MTA o Biodentine las células progenitoras son diferenciadas en células-odontoblastos y secretadas como una forma de dentina reparativa en el sitio de aplicación de material. Estos datos demostraron claramente que este modelo es útil para la investigación del proceso de recubrimiento pulpar, ya que reproduce las condiciones in vivo.³⁰

Con Biodentine y el silicato tricálcico prototipo los subproductos de reacción fueron depositados en la matriz del cemento, tanto después del recubrimiento de la pulpa y cuando se incubaron en una solución acuosa se formó hidróxido de calcio. La hidratación de Theracal era incompleta debido a la difusión de la humedad limitada dentro del material, por lo tanto no se produce hidróxido de calcio.³⁰

Aunque Biodentine y TCS-Zr-20 (material prototipo a base de silicato tricálcico) es tan compuesto de materiales similares, la hidratación más avanzada tanto in vitro y después de la recubrimiento de la pulpa fue con Biodentine. Esto fue evidente a partir del producto de hidratación más denso en la matriz del cemento y la ausencia de partículas de cemento no hidratadas después de 14 días de hidratación. La lixiviación de calcio en Biodentine fue mayor, el hidróxido de calcio se formó como un subproducto de reacción. Esto justifica los efectos biológicos óptimos de Biodentine en la pulpa como se demuestra tanto in vitro como in vivo. Biodentine exhibió más subproducto de reacción en comparación con el material a base de silicato tricálcico prototipo, cuando se almacena en solución salina y cuando se usa como recubrimiento de la pulpa, la matriz del material estaba completamente llena de subproducto de reacción y las partículas de cemento no hidratadas estaban ausentes.³⁰

El éxito del hidróxido de calcio es principalmente el resultado de la estimulación de la actividad de odontoblastos y la posterior mineralización. Los materiales de recubrimiento pulpar novedosos que se basan en silicato tricálcico supuestamente liberan hidróxido de calcio como un subproducto de la hidratación. Esto ha sido demostrado para MTA y también para Biodentine. A partir de la hidratación de Theracal LC, no se forma hidróxido de calcio, como se ha verificado mediante este estudio.³⁰

Las conclusiones obtenidas de este estudio fueron que Theracal tiene una estructura heterogénea con grandes partículas no hidratadas porque no hubo suficiente humedad presente para permitir la hidratación. Biodentine, cuya microestructura ha demostrado ser óptima por la composición de material, no se vio afectado por condiciones ambientales. Biodentine exhibió formación de hidróxido de calcio y el calcio iónico de lixiviación, que son beneficiosos para la pulpa dental.³⁰

Otro estudio realizado para evaluar la respuesta de Biodentine es el realizado por Nowicka et al., en el cual se compara la respuesta del complejo dentino-pulpar en dientes humanos después del recubrimiento pulpar directo con Biodentine y MTA. Se realizó en 28 dientes permanentes intactos programados para la extracción por razones de ortodoncia, se expusieron mecánicamente las pulpas y se separaron en dos grupos. Después de 6 semanas, los dientes se extrajeron, se tiñeron con hematoxilina y categorizaron por el uso de un marcador histológico.²⁵

El objetivo de este estudio fue evaluar las características clínicas y radiográficas y las respuestas histológicas del complejo dentino-pulpar.²⁵

La formación del puente de dentina en la interfaz entre la pulpa y el material de recubrimiento pulpar es un tema controvertido ya que puede ser un signo de curación o una reacción a la irritación. En este estudio la formación del puente dentinario se interpretó como una reacción positiva a la estimulación y un signo de curación. Ambos materiales inducen la formación de un puente de dentina en su interfaz con las células cilíndricas de tejido pulpar, con núcleos polarizados que se proyectan en invaginaciones del puente observado en algunas muestras, que es claramente indicativo de la formación de odontoblastos y dentina tubular.²⁵

La mayoría de los especímenes mostró la formación de puentes completos de dentina y ausencia de respuesta inflamatoria. Se encontraron las capas de odontoblastos bien organizadas y similares a la dentina tubular. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los grupos experimentales de Biodentine y MTA durante el período de observación.²⁵

Los resultados indican que tanto los dientes recubiertos con Biodentine como con MTA están esencialmente libres de inflamación. Como recubrimiento pulpar directo en dientes humanos ambos pueden ser aceptados. Biodentine tenía una eficacia similar en el entorno clínico y puede ser considerado una interesante alternativa al MTA en el tratamiento de recubrimiento pulpar durante la terapia de la pulpa vital.²⁵

3.4. Cuadro comparativo

En el siguiente cuadro se presenta la comparación entre los tres materiales explicados anteriormente, cuando son usados como materiales de recubrimiento pulpar. (Tabla 5)

Cuadro Comparativo	Ca(OH) ₂	MTA	Bidentine
Formación de puente dentinario	Deficiente	Adecuado	De calidad
Liberación de calcio	Ausente	Presente	Presente
Bicompatibilidad	Negativa	Positiva	Positiva
Tiempo de fraguado	Aceptable	Prolongado	Corto
Antimicrobiano	Deficiente	Aceptable	Aceptable
Adhesión	Inaceptable	Aceptable	Adecuada
Microfiltración	Alta	Baja	Ausente
Respuesta inflamatoria	Alta	Moderada	Mínima/Nula
Fuerza compresiva	Muy baja	Aceptable	Excelente
Radiopacidad	Adecuada	Adecuada	Aceptable
Solubilidad	Muy alta	Muy baja	Negativa

Tabla 5. Comparación de hidróxido de calcio, MTA y Bidentine^{fd}.

CONCLUSIONES

El recubrimiento pulpar es una terapia positiva que favorece la recuperación de la pulpa cuando se encuentra inflamada y una alternativa a procedimientos clínicos más invasivos. Debe ser siempre considerado por el odontólogo como primer plano de tratamiento en Endodoncia, siempre que las condiciones clínicas permitan su realización.

Pese a que hay un gran número de materiales que, a lo largo de la historia, se han indicado para su uso directo en la pulpa dental, en la actualidad tenemos al alcance materiales más desarrollados que han demostrado propiedades cada vez mejores. Esto no pone de lado a los materiales que han tenido un alto índice de éxito, como en el caso del hidróxido de calcio y el MTA, que siguen siendo indicados y aceptados para su uso clínico. Sin embargo y a se cuenta con materiales más actualizados que superan las deficiencias físicas y químicas de los anteriores.

El Biodentine ha demostrado ser un material con propiedades muy aceptables, aunque no ha sido ampliamente investigado, los resultados de los estudios publicados hasta la fecha están a favor del producto.

Las propiedades de Biodentine proporcionan una ventaja clínica significativa sobre otros materiales comparables en casi todos los usos indicados.

Como material de recubrimiento pulpar directo es ampliamente indicado, pues si bien no cumple con todas las características de un material ideal tampoco implica daños ni repercusiones mayores y ejecuta el objetivo que se busca al emplear esta terapéutica, es decir la recuperación de la pulpa alterada y la nueva formación de dentina para así evitar la degeneración del tejido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Lasala A. Endodoncia. 4ª ed. Barcelona (España): Salvat; 1992. P.p. 255-259.
- 2) Basrani E, Cañete MT, Blank AJ. Endodoncia integrada. 1ª ed. Colombia: D'vinni Editorial; 1999. P.p. 191-214.
- 3) Stock CJ, Walker RT, Gulabivala K, Goodman JR. Atlas en color y texto de endodoncia. 2ª ed. España: Harcourt Brace; 1990. P.p. 16-18.
- 4) Ingle JI, Bakland K. Endodoncia. 4ª ed. State of Maryland (USA): McGrawHILL Interamericana Editores; 1996. P.p. 880-889.
- 5) Garrido G, Moraes L, Louzada D, Menegucci M, Rodrigues S. Biocompatibility Evaluation of Biodentine in Subcutaneous Tissue of Rats. J Endod. 2014; 40 (9): 1484-1488.
- 6) Bergenholtz G, Horsted P, Reit C. Endodoncia. 2ª ed. México: Manual Moderno; 2011. P.p. 50-59, 80-81.
- 7) Romani NF, Carlik J, Massafelli M, Canepa R, Gentil SN, Oliveira S. Texto y atlas de técnicas clínicas en odontología. 2ª ed. Brasil: Interamericana Editores; 1994. P.p. 231-236.
- 8) Hargreaves KM, Cohen S. Cohen Vías de la pulpa. 10ª ed. Barcelona (España): Elsevier; 2011. P.p. 512-519, 838-842.
- 9) Barceló FH, Palma JM. Materiales Dentales: conocimientos básicos aplicados. 3ª ed. México: Trillas; 2008. P.p. 78-81.
- 10) Gutmann JL, Lovdahl PE. Solución de problemas en endodoncia. 5ª ed. España: Elsevier; 2012. P.p. 139-144.
- 11) Rubemann MA, Kim S. Atlas de endodoncia. 1ª ed. Barcelona (España): Elsevier Masson; 2000. P. 203.
- 12) Popović M, Danilović V, Prokić B, Prokić B, Jokanović V, Živković S. Direct Pulp Capping Using Biodentine. Stomatol Glas Srb. 2014; 61 (2): 65-74.

- 13) Canalda C, Brau E. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 3ª ed. España: Elsevier Masson; 2014. P.p. 274-275.
- 14) Shayegan A, Jurysta C, Atash R. Biodentine Used as a Pulp-Capping Agent in Primary Pig Teeth. *J Paediatr Dent*. 2012; 34 (7): 202-208.
- 15) Recent Advances in Pulp Capping Materials: An Overview. Qureshi A., Soujanya E., Nandakumar, Pratapkumar, Sambashivarao. *J Clin Diagn Res*. 2014; 8 (1): 316-321.
- 16) Estrela C. Ciencia Endodóntica. 1ª ed. Brasil: Artes Médicas Latinoamérica; 2005.
- 17) Borkar S A, Ataide I. Biodentine pulpotomy several days after pulp exposure: Four case reports. *J Conserv Dent*. 2015; 18 (1): 73-78.
- 18) Chaple A. M, Herrero L. Generalidades del agregado de trióxido mineral (MTA) y su aplicación en odontología: revisión de la literatura. *Acta Odontol Venez*. 2007; 45 (3): 1-8.
- 19) Copyright © 2015 CEMEX S.A.B. de C.V. Tipos de cementos. Halado en: <http://www.cemex.com/ES/ProductosServicios/TiposCemento>.
- 20) Pe´rard M, Clerc J, Meary F, Pérez F, Tricot-Doleux S, Pellen-Mussi P. Spheroid model study comparing the biocompatibility of Biodentine and MTA. *J Mater Sci*. 2013; 24:1527–1534.
- 21) Miñana M. El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. *RCOE*. 2002; 7: 283-289.
- 22) Camilleri J. Hydration characteristics of Biodentine and Theracal used as pulp capping materials. *Dent Mater*. 2014; 30: 709-715.
- 23) Dentsply Mallefer. Modo de empleo de MTA. Hallado en: <http://www.dentsplyargentina.com.ar/Pro%20Root%Instrucciones.pdf>
- 24) Malkondu Ö, Karapinar M, Kazanda L, Kazazolu E. A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. *Biomed Res Int*. 2014; Article ID 160951: 1-10.

- 25) Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M. Response of Human Dental Pulp Capped with Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 2013; 39 (6): 743-747.
- 26) Septodont SAS. Sustituto bioactivo de la dentina. Hallado en : <http://www.septodont.es/products/biodentine>
- 27) Dental Laval. Sustituto bioactivo y biocompatible de la dentina: instrucciones de manipulación. Hallado en : <http://www.dentallaval.cl/uploads/archivos/septodont/Biodentine%20Septodont.pdf>
- 28) Koubi G, Colón P, Franquin J, Hartmann A, Odile M, Lambert G. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. *Clin Oral Invest.* 2013; 17: 243–249.
- 29) Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent.* 2013; 41: 600-610.
- 30) Camilleri J, Laurent P. Hydration of Biodentine, Theracal LC, and a Prototype Tricalcium Silicate-based Dentin Replacement Material after Pulp Capping in Entire Tooth Cultures. *J Endod.* 2014; 40 (11): 1846-1854.