



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROTECTORES PULPARES ÁCIDO RESISTENTES  
COMPARADOS CON HIDRÓXIDO DE CALCIO.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

CLAUDIA JACQUELINE GUTIÉRREZ DOTOR

TUTORA: Mtra. MARÍA MAGDALENA BANDÍN GUERRERO

MÉXICO, D.F.

2014



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.



## AGRADECIMIENTOS

### CON AMOR Y ETERNA GRATITUD A MIS PADRES

A ti papá:

Porque a pesar de todo nunca me dejaste sola, por apoyarme en todas mis decisiones por más duras que estas hayan sido, por enseñarme a valorar mis propios esfuerzos para que esta meta pudiera ser cumplida y por todo tu amor, que aunque a tu manera, nos brindas.

A ti mamá:

Por ser mi principal sostén en esta etapa, porque sin tu apoyo, cariño y comprensión nada de esto hubiera sido posible, por tolerarme y hacerme ver cuando estoy equivocada, pero sobre todo por hacer que mi ausencia para Ale sea menos notable con tu presencia.

A mi Ale:

A ti hija, por ser mi testigo, mi aliciente y compañera en estos años. Gracias por haber permanecido a mi lado cada noche, por aguardar siempre mi llegada, por recordarme día con día que somos dos. Sé que jamás podré recuperar los momentos que no estuvimos juntas, pero confío en que cada uno de ellos valdrá la pena. Tal vez pienses que en este tiempo tome decisiones equivocadas, el día de mañana entenderás que cada paso lo di pensando en ti. Te amo con todo mí ser. Una vida llena de éxitos para ti, es mi mayor deseo.

A mis hermanos:

A Jocelyn, Juan Luis y Ricardo; por ser mi brazo derecho en este proceso, sin duda alguna sin ustedes nada de esto hubiera sido posible. Gracias por todo su apoyo, comprensión, tolerancia y por todo el infinito amor que le tienen a Ale.

A mis tíos:

Por su cariño, apoyo y aliento no solo en esta etapa sino a lo largo de mi vida.

A mis primos:

Por todo su inmenso apoyo para que esto fuera más ameno, por su cariño y compañía.



A Pachita:

Sé que donde quiera que estés eres la más orgullosa!

A mis amigos:

Porque los amigos son la familia que uno escoge y yo no me equivoque al elegirlos a todos ustedes! A la Little por estar siempre pendientes de nosotras, por siempre echarme porras, por tantos años de amistad y por todas las enseñanzas que cada uno me ha dejado. A mis amigos de odonto, por ser una excelente compañía, por los conocimientos, las experiencias, y grandes momentos junto a ustedes. Alyn y Bere, gracias por ser las mejores amigas!!

A esas personas que me encontré en el camino, quienes me apoyaron y me alentaron para seguir adelante; las que me hicieron recuperar la confianza en mí.

¡A mi siempre querida Universidad, a mi facultad! A mi tutora la Dra Ma. Magdalena Bandín, por su apoyo y guía en este proceso.

A todos y cada uno de los profesores que formaron mi vida académica.



## ÍNDICE

Introducción.....	5
Antecedentes.....	6
Propósitos.....	8
Objetivos.....	8
<b>CAPÍTULO 1. ESTRUCTURAS DEL DIENTE.....</b>	<b>9</b>
1.1 Esmalte.....	9
1.1.1 Estructura.....	9
1.1.2 Características.....	10
1.2 Dentina.....	11
1.2.1 Dentina peritubular.....	11
1.2.2 Dentina intertubular.....	12
1.2.3 Tipos de dentina.....	12
1.2.4 Túbulos dentinarios.....	13
1.3 Pulpa.....	13
1.3.1 Complejo dentino-pulpar.....	14
<b>CAPÍTULO 2. ETIOLOGÍA DE LAS LESIONES PULPARES.....</b>	<b>15</b>
2.1 Irritantes físicos.....	15
2.2 Irritantes químicos.....	15
2.3 Irritantes bacterianos.....	16
2.4 Recubrimiento pulpar.....	16
2.4.1 Indirecto.....	16
2.4.2 Directo.....	18
2.5 Reacción pulpar a los materiales odontológicos.....	19
<b>CAPÍTULO 3. MATERIALES DE PROTECCION DENTINO-PULPAR.....</b>	<b>20</b>
3.1 Sistemas adhesivos.....	20
3.2 Barnices cavitarios.....	21
3.3 Liners o forros cavitarios.....	22
3.4 Hidróxido de calcio.....	22
3.4.1 Composición.....	22
3.4.2 Propiedades.....	23
3.4.3 Evidencia clínica.....	24



CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LOS PROTECTORES PULPARES ÁCIDO RESISTENTES.....	30
4.1 Ionómeros de vidrio.....	30
4.1.1 Composición.....	31
4.1.2 Propiedades.....	32
4.1.3 Evidencia clínica.....	33
4.2 Agregado de trióxido mineral (MTA).....	39
4.2.1 Composición.....	39
4.2.2 Propiedades.....	39
4.2.3 Evidencia clínica.....	40
4.3 Silicato de calcio modificado con resina (SCMR) .....	46
4.3.1 Composición.....	46
4.3.2 Propiedades.....	47
4.3.3 Evidencia clínica.....	48
4.4 Cuadros comparativos.....	57
CAPÍTULO 5. SELECCIÓN DEL MATERIAL DENTINO-PULPAR.....	59
5.1 Factores a considerar para la selección del material dentino-pulpar.....	59
5.2 Requisitos de un protector dentino-pulpar.....	60
5.3 Condiciones favorables para el éxito del recubrimiento pulpar.....	61
Conclusiones.....	63
Referencias Bibliográficas.....	65



## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la evolución de la odontología se han ido desarrollando diferentes materiales y técnicas que ayuden a la restauración de los órganos dentarios.

Uno de los tratamientos más importantes, es el del complejo dentino-pulpar; sin embargo es este tratamiento en donde se siguen utilizando técnicas y materiales empleados hace ya muchos años. Si bien es cierto que no se pueden hacer a un lado los principios biológicos que han servido como base para todos los procedimientos, se debe considerar trabajar con distintos materiales, con los que se consigan los mismos o mejores resultados.

En estos últimos años se han desarrollado nuevos materiales que están indicados para tratamiento de lesiones pulpaes, corresponde a este trabajo realizar una revisión literaria para poder identificar estos materiales y describir sus propiedades.

En la actualidad el protector pulpar más estudiado y utilizado es el hidróxido de calcio, demostrando su capacidad para estimular la formación de dentina de reparación; sin embargo es su alta solubilidad y poca resistencia a los ácidos lo que ha llevado a los investigadores a presentar nuevas propuestas de materiales con los cuales se podrían obtener buenos resultados.

La buena compatibilidad biológica de estos materiales da la pauta para que estén siendo aceptados en el mundo de la odontología, pero no es solo ésta la propiedad que un protector pulpar debe cumplir, sino que necesariamente tienen que reunir una serie de requisitos para poder ser considerados como protectores pulpaes como tal, y analizar si se obtienen mejores resultados en cuando a su solubilidad.



## Antecedentes

Los procedimientos de regeneración dentaria, tienen una larga historia, alrededor de 1920 el hidróxido de calcio fue introducido en la odontología por B. W.Hermann, y fue denominado Calxyl.<sup>1</sup> Fue introducido como una pasta, y desde entonces hasta ahora sus usos son múltiples.

El ionómero de vidrio es un material de restauración con propiedades específicas que ha mejorado la práctica de la odontología restauradora. Estos se dieron a conocer en 1972 por Wilson y Kent, aportando nuevas expectativas sobre los materiales dentales.<sup>2</sup> Fijaron consideraciones sobre el cemento de ionómero de vidrio, el cual aseguraban que produciría una revolución en la Odontología, destacando la adhesión a la estructura dentaria como un factor que determinaría grandes cambios en términos de preparación cavitaria. <sup>3</sup>

En 1993 Torabinejad, de la universidad de Loma Linda, hizo la presentación de un nuevo material, creando expectativas respecto a su uso en endodoncia, las experimentaciones con animales siempre demostraron que era un material biocompatible.

El fabricante lo lanzó al mercado como un producto para reparar conductos radiculares. <sup>4-5</sup>

El MTA recibió su aprobación por *USA Food and Drug Administration*(Administración o Federación de Drogas y Alimentos de Estados Unidos) en 1998.<sup>3</sup>

En el 2008 un estudio clínico hecho por Laurent mostró que el uso del silicato tricálcico como recubrimiento pulpar directo puede inducir el desarrollo de dentina reparadora, para de esta manera conservar la vitalidad



de la pulpa dental, concluyendo que este cemento es capaz de estimular la mineralización. <sup>3</sup>

La ingeniería de tejido es un campo de investigación nuevo, que propone la reparación del tejido dañado. Este campo se ha construido sobre la relación de materiales científicos biocompatibles, células, soportes naturales y sintéticos. La ingeniería de tejido tendrá considerables efectos sobre la práctica dental durante los próximos 25 años. <sup>6</sup>



## Propósito

El propósito de este trabajo es analizar e informar sobre las diferentes opciones de materiales con las que actualmente cuenta el cirujano dentista para preservar la vitalidad pulpar, evaluándolos y comparándolos con el hidróxido de calcio.

## Objetivos

### Objetivo general

Realizar una revisión de la evidencia clínica y científica disponible sobre las propiedades y características de protectores pulpares ácido resistentes comparándolas con las del hidróxido de calcio. Considerando así la viabilidad de utilizar éstas alternativas.

### Objetivos específicos

Identificar los materiales idóneos para preservar la vitalidad pulpar.

Describir las propiedades de los diferentes protectores pulpares ácido resistentes.

Identificar y analizar nuevas propuestas de materiales empleados como protectores pulpares.



## CAPITULO 1.

### ESTRUCTURAS DEL DIENTE

#### 1.1 Esmalte

##### 1.1.1 Estructura

El esmalte es un material extracelular libre de células, por lo que estrictamente no se le puede clasificar como tejido. Este material esta mineralizado con 96% de parte inorgánica bajo la formación de hidroxiapatita, 4% de material orgánico y agua; y su dureza es mayor que la de los tejidos calcificados.

Su elemento básico es el prisma adamantino constituido por cristales de hidroxiapatita. 4,7

- Cristales: La sustancia calcificada del esmalte contiene cristales de hidroxiapatita  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Los cristales de la superficie del esmalte contienen flúor, hierro, estaño y zinc. Estos prismas están altamente organizados en donde cada prisma está constituido por cristales paralelos al eje longitudinal del diente. La formación del esmalte se produce en forma incremental, es decir, con aposiciones sucesivas de esmalte durante toda la formación de la corona.
- Cutícula del esmalte: Es una delicada membrana que cubre toda la corona del diente recién erupcionado y es removida con la masticación.
- Laminillas del esmalte: Son estructuras delgadas que se extienden desde la superficie del esmalte hasta la cercanía de la unión amelodentinaria. Están compuestas por material orgánico, pero con poco contenido mineral. Éstas se diferencian en tres tipos:



- A- Compuestas por segmentos de prismas poco calcificados.
- B- Formadas por células degeneradas.
- C- Formadas en dientes erupcionados, donde las grietas han sido ocupadas por material orgánico, probablemente proveniente de la saliva.

- Husos del esmalte: Son prolongaciones odontoblásticas que, durante la formación dentaria, penetran entre los ameloblastos. Se ubican en la unión del esmalte y dentina.
- Penachos del esmalte: Están formados por prismas del esmalte hipocalcificados. Se originan de la unión amelodentinaria y penetran en el esmalte.
- Unión amelodentinaria: Es bastante irregular, permitiendo una mejor distribución de las cargas. Presenta una firme adhesión de la dentina al esmalte por depresiones en dentina y proyecciones redondeadas del esmalte. 7

### 1.1.2 Características del esmalte

Debido a que la superficie dental no es estática, la estructura normal es muy diferente en dientes de niños, adolescentes y adultos. La característica clínica más evidente de los dientes jóvenes recién erupcionados consiste en las periquematías que discurren alrededor del esmalte en toda su superficie. Con microscopía electrónica de barrido (MEB), los extremos abiertos de los prismas del esmalte se reconocen como pequeños huecos. En dientes adultos el cuadro clínico refleja desgaste y exposición a diversas fuerzas mecánicas como hábitos de cepillado y alimentos abrasivos. Con MEB no hay evidencias de extremos de prismas o periquematías, en su lugar aparecen rayas profundas y más finas en torno de la superficie. Los dientes de los adolescentes reflejan un estadio intermedio. Según Mannerberg, a los 8 años de edad prácticamente todos los dientes muestran periquematías



notables en un tercio a dos tercios de la superficie dental; a los 13 años la cantidad se reduce a 70-80% de los dientes y a los 18 años sólo 25-40% de los dientes muestra estos rodetes o crestas.

Las grietas que se presentan como líneas en el esmalte son comunes, por lo general no son perceptibles en las fotografías intraorales. Para registrar correctamente la grieta se requiere una buena iluminación. Las grietas verticales son más comunes que las horizontales y las oblicuas, las grietas más notables se encuentran en los incisivos centrales. <sup>4</sup>

## 1.2 Dentina

La dentina madura se compone aproximadamente de 70% de material inorgánico, 20% de material orgánico y 10% de agua aproximadamente. El principal compuesto inorgánico es la hidroxiapatita  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , mientras que la matriz orgánica consta de proteínas, siendo más común el colágeno tipo I y en menor proporción colágeno tipo V. Las proteínas no colágenas más comunes son la dentinofosfoproteína, sialoproteína de dentina. Además contiene proteoglicanos, pequeñas cantidades de fosfolípidos, varios factores de crecimiento, como proteínas morfogenéticas óseas, factores de crecimiento similar a la insulina. Estos factores de crecimiento son importantes durante la desmineralización de la dentina porque localmente pueden estimular la posterior diferenciación de las células madre.<sup>8</sup>

### 1.2.1 Dentina peritubular

Es un collar de dentina hipermineralizado presente en la periferia del túbulo dentinario, que tiene la característica de ser más grueso en medida que se aproxima al esmalte. Su proceso de formación es



continuo, pero puede ser acelerado por estímulos en el medio, como la atrición de la superficie del diente, o la caries dental; provocando una disminución del diámetro de la luz del túbulo y llegar a obstruirlo parcial o totalmente. Una zona en la que se produce este proceso en varios túbulos le da a la dentina un aspecto vítreo y brillante, por lo que esta dentina es conocida como esclerótica. La edad es un factor que también puede producir este proceso. Esta alteración se presenta como una disminución de la permeabilidad de la dentina.<sup>8</sup>

### 1.2.2 Dentina intertubular

Esta dentina se localiza entre los anillos de dentina peritubular y constituye la mayor parte de la dentina. Está conformada principalmente por fibrillas colágenas bien mineralizadas y proporcionan resistencia tensional a la dentina.

### 1.2.3 Tipos de dentina

- a) Dentina primaria: Esta dentina se forma durante el desarrollo del diente hasta su erupción en la cavidad oral. Su capa más externa se denomina dentina del manto y se diferencia de la dentina primaria restante por ser aparentemente menos mineralizada, esto se atribuye al hecho de ser la primera dentina que se forma. La dentina primaria se deposita a una velocidad relativamente alta.
- b) Dentina secundaria: Después de la erupción de los dientes, los odontoblastos siguen depositando dentina, pero cambian ligeramente de dirección, se sintetiza a una velocidad más lenta y tiene una estructura más irregular. Es depositada durante el resto de vida del diente.
- c) Dentina terciaria: Esta dentina se deposita como respuesta a un estímulo físico, químico o biológico, tiene una estructura



desorganizada. La función de esta dentina es proteger la pulpa de agentes nocivos.

#### 1.2.4 Túbulos dentinarios

Son tubos huecos dentro de la dentina, que en el interior tienen líquido tisular y prolongaciones odontoblasticas. Se extienden en toda la dentina, desde el límite amelodentinario hasta la pulpa.

Estos túbulos son más gruesos en medida que estén más cerca del esmalte y hay mayor cantidad en la proximidad de la pulpa. Los túbulos hacen que la dentina sea porosa, por esta razón, se transmiten las irritaciones que pueden causar algunos medicamentos y sustancias químicas.

### 1.3 Pulpa

La pulpa es un tejido conectivo laxo especializado de origen ectomesenquimatoso rodeado por dentina. Es la encargada de la formación de ésta. Se denomina a este conjunto complejo dentino-pulpar por la íntima relación existente entre dentina y pulpa.

La pulpa se compone de células, fibras, matriz fundamental amorfa, nervios, vasos sanguíneos y linfáticos. Posee un 75% de agua y un 25% de sustancia orgánica en el individuo joven. Estas proporciones varían con la edad, por lo que disminuye el porcentaje de agua aumenta el número de fibras. La capa de odontoblastos constituye la región periférica de la pulpa formadora de dentina.

La principal función de la pulpa es la de formar y sustentar la dentina; también es un órgano de gran sensibilidad, pues todo estímulo de intensidad suficiente se traduce en dolor y es conducido al sistema nervioso central (SNC).<sup>4</sup>



### 1.3.1 Complejo dentino-pulpar

La pulpa dental y la dentina funcionan como una unidad y los odontoblastos son un elemento básico de este sistema, éstos se localizan en la periferia del tejido pulpar, con prolongaciones hacia la parte interna de la dentina. La dentina no existiría si no fuera producida por los odontoblastos y a su vez la pulpa depende de la protección que le da la dentina y el esmalte. De esta manera la interacción entre estos implica que los impactos en la dentina puedan alterar los componentes pulpaes y de la misma forma las alteraciones pulpaes pueden afectar la cantidad y calidad de la dentina.



## CAPITULO 2.

### ETIOLOGÍA DE LAS LESIONES PULPARES

El objetivo de un tratamiento conservador en un diente vital es mantenerlo sano y en estado funcional. Después de la caries dental, la causa más frecuente de daño pulpar es la inducida por el odontólogo debido al uso inadecuado de los materiales y a la aplicación incorrecta de las técnicas de tratamiento <sup>9</sup>.

La protección dentino-pulpar involucra todas las maniobras, sustancias y materiales utilizados durante la preparación y restauración cavitaria <sup>7</sup>. Los irritantes de éste complejo pueden producir inflamación o muerte pulpar, son variables, la invasión bacteriana causada por una lesión cariosa es la más frecuente. <sup>8</sup>

#### 2.1 Irritantes físicos

Entre los irritantes físicos del complejo dentino-pulpar conocidos son: el calor friccional, la desecación de la dentina, extensión de la preparación, presión de condensado, contracción de material de polimerización, trauma inducido por sobrecarga oclusal, los rayos láser y la cementación de restauraciones.

<sup>9,10,11</sup>

#### 2.2 Irritantes químicos

Entre las sustancias que al ser aplicadas incorrectamente podrían resultar irritantes para la pulpa podemos considerar: antisépticos, limpiadores, desecantes y desensibilisantes cavitarios. <sup>9,10</sup>



### 2.3 Irritantes bacterianos

La caries dental es uno de los factores que ataca a los odontoblastos y células pulpares <sup>10</sup>. La forma de avance de la caries determina que al llegar a la dentina la lesión se extienda rápidamente de forma lateral. <sup>9</sup>

Mucho antes de que las bacterias lleguen a la pulpa infectada, la pulpa ya se ha inflamado, debido a la irritación de las toxinas bacterianas que preceden. <sup>9</sup>

Los irritantes bacterianos pueden originarse: por restos de tejido cariado, por no eliminar el barro dentinario y por filtración marginal. <sup>9</sup>

### 2.4 Recubrimiento pulpar

Es habitual relacionar el concepto de protección dentino-pulpar con la interposición de algún material entre el diente y la restauración. El uso de bases ha sido parte integral del proceso de restauración en operatoria dental.<sup>9</sup>

Antes de colocar el material de restauración, se recomienda eliminar los restos dentarios adheridos a las paredes cavitarias, para lograr un correcto adaptado del material restaurador y como consecuencia también es necesario tratar a la dentina con alguna sustancia antiséptica que actúe sobre los microorganismos que permanezcan en la preparación. <sup>12</sup>

#### 2.4.1 Recubrimiento pulpar indirecto

El recubrimiento pulpar indirecto es el tratamiento de la dentina profunda prepulpar, para que esta, a su vez conserve la vitalidad pulpar. <sup>13</sup>

Es una técnica para evitar la exposición pulpar en el tratamiento de dientes con lesiones profundas, en los que no exista evidencia clínica de degeneración pulpar o de patología periapical. Este procedimiento permite al



diente utilizar los mecanismos protectores de la pulpa contra la caries. Se basa en la presunta existencia de una zona de dentina desmineralizada entre la capa externa de la dentina infectada y la pulpa. Cuando se elimina la dentina infectada, ésta puede remineralizarse y los odontoblastos forman dentina reparadora, evitando así la exposición de la pulpa. <sup>8,12</sup>

Con el recubrimiento pulpar indirecto se extirpan las capas externas de la dentina cariada y la mayoría de las bacterias que contaminan la lesión. Después el sellado de la lesión propicia la eliminación del sustrato sobre el cual actúan las bacterias para producir ácido, lo que a su vez ocasiona la detención del proceso de caries y el mecanismo reparador es capaz de depositar una capa adicional de dentina que evitara la exposición pulpar. <sup>14</sup>

### Indicaciones

El recubrimiento indirecto se aplicará, cuando se considere que la inflamación pulpar es mínima y que es probable que la remoción completa de la caries produzca la exposición de la pulpa. Es necesario llevar a cabo un diagnóstico cuidadoso del estado de la pulpa antes de iniciar el tratamiento.

Este método solo está indicado en casos donde no hay antecedentes de dolor espontáneo intenso y que desde el aspecto radiográfico no hay un cambio periapical adverso.

Cuando se hace un recubrimiento pulpar indirecto en dientes seleccionados de forma adecuada, es alto el nivel de éxito obtenido, dando como resultado dientes que continúan clínicamente asintomáticos y funcionales. <sup>15</sup>



## 2.4.2 Recubrimiento pulpar directo

Es el recubrimiento de una herida o exposición pulpar mediante la aplicación directa de sustancias especiales, con la finalidad se cicatrizar la lesión y preservar la vitalidad pulpar. <sup>13</sup>

Se entiende como herida pulpar a la pérdida de la continuidad de la dentina, con exposición accidental de la pulpa. El diagnóstico lo obtenemos al observar en el fondo de la cavidad o en el centro de la superficie de la lesión un punto rosado que sangra. La herida pulpar en ningún caso puede provocarse con fines terapéuticos. <sup>16</sup>

Cuando existe lesión pulpar por exposición los fibroblastos ubicados junto a la exposición, pasan por un periodo de actividad proliferativa. Durante la fase restaurativa ocurre la diferenciación de algunas de esas células en elementos formadores de hueso o dentina.

Cuando se aplican las sustancias especiales sobre el tejido de la pulpa, se produce necrosis superficial por coagulación de tejido pulpar. Se observa la formación de un puente de dentina en la unión del tejido necrótico y el tejido vital inflamado. Bajo la capa de necrosis por coagulación, las células de tejido pulpar subyacente se diferencian en odontoblastos y producen matriz de dentina. <sup>8</sup>

### Indicaciones

Este procedimiento está indicado para exposiciones mecánicas, en dientes jóvenes en los que el riesgo es mayor. Está contraindicado en dientes maduros, con exposiciones posteriores a traumatismos, con pulpa calcificada y no se debe realizar en dientes primarios.



## 2.5 Reacción pulpar a los materiales odontológicos

Para verificar la respuesta biológica que puede provocar un determinado material, se aplican diversas pruebas biológicas, determinadas por la norma N° 41 de la ADA en donde se establecen los procedimientos recomendados para evaluar el grado de toxicidad, la posibilidad de producir irritación y el desarrollo de tumores a corto o largo plazo por efectos de estos materiales.

De acuerdo a estas especificaciones de la ADA, para evaluar la respuesta pulpar en dientes normales, se colocan los materiales en cavidades preparadas sobre dientes intactos de seres humanos, monos u otros animales.<sup>17</sup>La respuesta pulpar se basa en su aspecto histológico y se clasifica en:

- a) Leve: Ligera hiperemia y aumento de células inflamatorias.
- b) Moderada: Notable aumento de células inflamatorias, hiperemia localizada y hemorragia ocasional en la capa odontoblástica. Los odontoblastos pueden aparecer desplazados al interior de los túbulos dentinarios. La predentina es de espesor reducido o llega a estar ausente.
- c) Severa: Infiltrado de células inflamatorias adyacentes hiperemia y absceso localizado. Capa de odontoblastos destruida o muy desorganizada. No hay predentina o es mínima.



## CAPÍTULO 3.

### MATERIALES DE PROTECCIÓN DENTINO-PULPAR

Estos materiales se usan para proteger la pulpa contra los diferentes tipos de lesiones. Sirven como barrera contra el cambio térmico, contra irritantes contenidos en el material y contra la filtración marginal, algunos de estos agentes por sí mismos ejercen efectos benéficos sobre el órgano dental.

#### 3.1 Sistemas adhesivos

Son resinas de bajo peso molecular con un vehículo que puede ser acetona, alcohol o agua. Por su bajo peso molecular difunden fácilmente a través de los túbulos dentinarios y en la dentina intertubular y se forma la capa híbrida. La hibridización es el proceso en el cual la superficie de la dentina es desmineralizada por la acción de un agente ácido y luego es impregnada por el sistema adhesivo, que polimeriza entrelazándose con la red de fibras colágenas expuestas por la descalcificación. La capa híbrida que se forma es una mezcla de componentes dentinarios y resina polimerizada que actúa como una protección pulpar que sella la superficie dentaria y reduce la microfiltración y la sensibilidad postoperatoria.

Los beneficios de estos materiales para unir las resinas compuestas al diente están bien documentados y se considera un procedimiento aceptado. Sin embargo, su empleo en restauraciones de amalgama es más controversial. Dentro de los beneficios que se han propuesto para justificar el uso de adhesivos bajo las restauraciones de amalgama están, la reducción de la microfiltración marginal, reducción de la sensibilidad térmica, para mejorar la retención y reforzar a la estructura dentaria.



Es importante señalar que muchas de las investigaciones in vitro de los adhesivos utilizados con restauraciones de amalgama son realizadas a corto plazo y al ser evaluados por un período más largo, el sellado a nivel de la interfase y a nivel de los túbulos se deteriora significativamente. La presencia de la capa insoluble del adhesivo puede actuar como una barrera que impide que los productos de corrosión sellen la interfase en forma definitiva.

En cuanto a la reducción de la sensibilidad postoperatoria, estudios como el de Browning et al., demuestran que la utilización de un sistema adhesivo debajo de restauraciones de amalgama no reduce la sensibilidad postoperatoria al frío cuando se compara con el barniz de copal. <sup>12</sup>

### 3.2 Barnices cavitarios

El barniz colocado bajo una restauración metálica no es eficaz como aislante térmico. Aunque estos barnices presenten baja conductividad térmica, la película aplicada no tiene espesor suficiente para brindar aislamiento térmico. Incluso una capa bastante gruesa de barniz no brinda aislamiento térmico cuando se aplica calor.

No existe diferencia en el grado de transferencia de calor a través de la muestra bajo control y del barniz de la muestra de amalgama.

Sin embargo un barniz puede reducir la sensibilidad posoperatoria cuando la restauración metálica permanente está sujeta a cambios súbitos de temperatura. La función principal del barniz es reducir la filtración marginal en restauraciones de amalgama. Su uso está contraindicado debajo de restauraciones de resina compuesta, porque el solvente del barniz puede reaccionar con la resina o puede ablandarla, además impide su adhesión a la estructura dentaria, ionómero o compómero. Algunos barnices con resinas



artificiales con poliamida o poliestireno pueden usarse debajo de restauraciones con resina compuesta. Aun así para restauraciones con composites es más conveniente usar un sistema adhesivo.<sup>4</sup>

### 3.3 Liner o forros cavitarios

Son recubrimientos que se colocan en espesores delgados, no mayores a .5mm. Éstos inducen la formación de dentina de reparación, reduce la sensibilidad dentinaria, actúa como una barrera y pueden tener acción bacteriostática

### 3.4 Hidróxido de calcio

Se trata de un polvo blanco que se forma por la reacción de la cal viva con el agua, su función en odontología es estimular, proteger y proveer de iones calcio a la pulpa. <sup>18</sup>

El hidróxido de calcio ha sido el medicamento más estudiado en los últimos años. En la década de los 50 varios autores como Svejda, Sapone, y Prader estudiaron las propiedades del hidróxido de calcio con respecto a otros compuestos tales como: saliva, antibióticos, corticoesteroides, restos de dentina y elementos puros (magnesio, cloro y estroncio) llegando a la conclusión de que dicho material tiene mejores resultados que los anteriormente nombrados al ser aplicados en la estructura dentaria. <sup>10</sup>

#### 3.4.1 Composición

Se compone básicamente de hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  químicamente puro más agua bidestilada para formar una pasta, o más carboximetil celulosa, para formar un hidrogel. Actualmente al hidróxido de calcio se le han agregado plásticos con el objetivo de hacerlos ácido resistentes. <sup>19</sup>



Las composiciones que endurecen por quelación se presenta en dos tubos colapsables, base y catalizador; la base contiene salicilatos y el catalizador hidróxido de calcio.

BASE	%	CATALIZADOR	%
Bióxido de titanio	13.8	Hidróxido de calcio	51.00
Sulfato de calcio	31.4	Óxido de zinc	9.23
Tungstano de calcio	15.2	Estearato de cinc en sulfonamida y tolueno etileno	0.29

Composición del producto "DYCAL" basado en hidróxido de calcio. <sup>19</sup>

### 3.4.2 Propiedades

- Respuesta biológica: Su pH alcalino es irritante, pero en contacto con la pulpa o con la dentina muy cercana a ésta, la irritación estimula a los odontoblastos, quienes van a generar y reparar la dentina. Posee además una acción sedativa sobre la pulpa. <sup>19</sup>
- Alcalinidad: El pH es de 11.9 aproximadamente. Lo cual permite neutralizar la acidez de algunos cementos. Los compuestos de hidróxido de calcio modificados son menos alcalinos y por lo tanto menos cáusticos a la pulpa <sup>19</sup>. El pH alcalino ayuda a coagular la superficie pulpar. Al poco tiempo de producirse la necrosis, la zona subnecróticas es invadida por neutrófilos. Después de 5 a 8 semanas sólo queda una respuesta inflamatoria. Posteriormente la zona necrosada sufre una calcificación distrófica, que estimula la formación de puentes dentinarios. De este modo se va depositando dentina reparadora junto al liner. <sup>10</sup>
- Solubilidad: Una gran desventaja que posee este material es que es muy soluble, se degrada después de unos años, dejando un espacio entre la restauración y la cavidad. <sup>10</sup>



- Reacción química: En suspensión, en agua o en hidrogel, no hay reacción entre el hidróxido de calcio y el agua; al evaporarse el agua, queda solo el hidróxido de calcio; los que contienen salicilatos se forma un quelato de calcio, por reacción ácido base.<sup>18</sup>
- Resistencia: Es de 6 Mpa a los tres minutos después de mezclado. Después de los 8 minutos es de 8 Mpa, y después de la hora los valores son de 14 a 20 Mpa. <sup>19</sup>

### 3.4.3 Evidencia clínica

El hidróxido de calcio ha sido el medicamento más estudiado en los últimos años. El antecedente más antiguo en la odontología, fue estudiado en enero de 1883 por el Dr. Hunter, quien experimento con excremento de gorriones ingleses y melaza de sorgo como protector de la pulpa expuesta. El intento de salvar la pulpa dentaria ha permitido la alegre utilización de más sustancias y preparados, realizados a través de trabajos empíricos, lo cual hace difícil precisar, cuando comenzó a utilizarse el hidróxido de calcio en odontología.

A mediados de 1920 los preparados calcicos se usaron solos o combinados. Se ensayaron con éxito en la mitad de este siglo como verdaderos materiales de recubrimiento pulpar. Datwyler en 1921 hace un estudio histológico minucioso de los resultados presentados por Hermann en 1920, con el Calxi primer preparado de hidróxido de calcio comercial.

En la década de los 50 varios autores como Svejda, Sapone y Prader estudiaron las propiedades del hidróxido de calcio con respecto a otros compuestos tales como:

Saliva, antibióticos, corticoesteroides, restos de dentina y elementos puros (magnesio, cloro y estroncio) llegando a la conclusión que dicho material



tiene mejores resultados que los anteriormente nombrados al ser aplicado en la estructura dentaria.

Entre los años 1958 y 1967 se estudió la reacción pulpar ante el hidróxido de calcio solo o asociado con las siguientes sustancias: yodoformo, cortisona, solución de xilocaina, cloruro de amoníaco, óxido de zinc yeugenol y tetraciclina, con los cuales se obtendría mejores resultados que con el hidróxido de calcio solo; por que observaron que con la asociación se obtenían mejores post operatorios, abundante formación de tejido fibroso y neodentina. Estos estudios fueron realizados por Sekine, Turrell, Armstrong, Balázs y Gordon.

Shankle y Brauer, en 1962, experimentaron un compuesto de hidróxido de calcio con metilcelulosa en 70 casos, con los siguientes resultados: 52 casos formaron dentina secundaria que se oponía al paso del explorador, 5 casos quedaron vitales, pero se dejaban penetrar por el explorador, y en 13 casos hubo que extraerlo o extirpar sus pulpas. Estos autores recuerdan que, además de la edad y el tamaño, el principal signo pronóstico es el dolor pre o postoperatorio, que nunca falta cuando fracasa la terapéutica protectora. Sin embargo ha de ponerse énfasis en que las pulpas pudieran no recuperarse por completo de los efectos de la exposición y del recubrimiento, pese a la formación del puente de dentina.

Marmase, desde París, resume la historia de la técnica de recubrimiento pulpar indirecto afirmando lo siguiente '... es necesario proteger la pulpa con bases que estimulen la formación de dentina terciaria, confiando en que la esterilización de la dentina residual se produzca como consecuencia directa de la misma obturación, que por sí sola significa un factor esencial para que la cavidad quede estéril'.<sup>20</sup>



Stanley y Lundy en 1972, señalan que el hidróxido de calcio sirve como una barrera protectora para el tejido pulpar, no sólo bloqueando los túbulos dentinarios patentados, sino también neutralizando el ataque de ácidos orgánicos provenientes de algunos cementos y materiales de obturación. Cuando se coloca sobre la pulpa vital expuesta, el hidróxido de calcio estimula la formación del puente de dentina reparativa.

La cicatrización obtenida con hidróxido de calcio de alto pH, (hidróxido de calcio puro y agua, hidróxido de calcio y solución salina, Pulpdent) se describe de la siguiente forma (Schröder,1985; Stanley,1989; Stanley,1998): El tejido pulpar en contacto inmediato con el hidróxido de calcio es completamente desorganizado y destruido por el efecto cáustico del medicamento, una cauterización química, esta zona es llamada zona de obliteración, la cual consiste en escombros, fragmentos de dentina, hemorragia, coágulo de sangre, pigmentos de sangre y partículas de hidróxido de calcio (Plasschaert,1983). Esta zona recibe lo peor de la acción química del hidróxido de calcio, el efecto más débil es percibido por el tejido más apical, formándose la zona momificada que es una zona de necrosis por coagulación y trombosis capilar. Esta zona tiene un espesor entre .2 y .5mm representado por un tejido desvitalizado sin pérdida completa de su arquitectura estructural y poco infiltrado inflamatorio. Aunque los detalles de las células se disminuyen considerablemente pueden ser reconocidas (Stanley, 1998).

Entre el nivel más profundo de la zona momificada y el tejido pulpar vital subyacente hay una línea de demarcación. La zona momificada estimula el tejido pulpar subyacente para responder con todo su potencial de cicatrización y producir un puente dentinario. La secuencia en la cicatrización del tejido es básicamente la normal de una herida del tejido conjuntivo,



comenzando con cambios vasculares, migración de células inflamatorias e infiltración para el control y eliminación de los agentes irritantes. El proceso de reparación, ocurre con la migración y la proliferación de células pulpaes mesenquimatosas y endoteliales y formación de colágeno. Cuando la pulpa está protegida de irritación se produce la diferenciación de odontoblastos y la formación de tejido dentinario, por lo que la función de la pulpa es normalizada (Stanley,1998).

La cicatrización obtenida con productos de hidróxido de calcio de bajo pH (9-10) (Life, Keer, Romulus, MI, USA., Nu-Cap, CoeLaboratoriesInc,USA., VLC Dycal, L.D. Caulk Co., Milford Del.) se describe de la siguiente forma (Schröder,1985; Stanley,1989; Stanley,1998): con algunas de las nuevas formulaciones de bajo pH, en la interfase hidróxido de calcio- tejido pulpar, no ocurre la inducción de una zona momificada visible, lo que indica una menor extensión inicial del proceso químico que con los productos de fórmulas con un pH alto. Quizás una o dos capas de células cerca del hidróxido de calcio son afectadas pero no hay suficiente tejido destruido para requerir un gran número de macrófagos para fagocitar las células muertas y heridas. Hay la formación de un puente más uniforme, adyacente al material.

Stanley y Lundy en 1972, realizan un estudio en 35 dientes de 10 pacientes de 22 a 47 años de edad. A los dientes se les realizó intencionalmente una exposición pulpar y fueron recubiertas con Dycal, se les realizó una evaluación al microscopio en la cual se pudo observar que el tejido momificado creado por el Dycal es reabsorbido con la subsecuente formación del puente dentinario en contacto directo con el Dycal. El efecto del Dycal fue tal que el tejido pulpar químicamente cauterizado fue removido por fagocitosis y remplazado por tejido de granulación, desde el cual nuevos



odontoblastos fueron regenerados para producir el puente de dentina reparativa. Los fracasos en el recubrimiento pulpar ocurrieron, cuando se produjo muerte de la pulpa coronal por la exposición pulpar vestibular que alcanzó la pared lingual y cuando fueron embolizadas numerosas partículas de Dycal en el tejido pulpar.

Gani y Crosa en 1989, señalan que desde que Hermann introdujo el hidróxido de calcio en la práctica odontológica, ningún otro medicamento o compuesto medicamentoso ha podido remplazarlo como protector pulpar.

**Evaluaciones clínicas del recubrimiento pulpar indirecto (21)**

Autor/ Año	Muestra	Periodo de evaluación	Tipo de producto	Éxito
Coll, 1988	26DD	20-58 meses	Ca (OH) <sub>2</sub>	92,3 %
Pereira, Berbert&Segala, 1997	66DD	1-8 años	Ca (OH) <sub>2</sub>	83%
Falster et al., 2002	48DD	2 años	Sistema adhesivo	96%
			Ca (OH) <sub>2</sub>	83%
Maltz et el., 2002	32DD	6-7 meses	Ca (OH) <sub>2</sub>	97%
Al-Zayer et al., 2003	187DP	2 semanas-6 años	Ca (OH) <sub>2</sub>	96%
Farooq et al., 2000	55DD	2-7 años	CIV	93%
Vij et al., 2004	226DD	3-4 años	CIV	94%

\*Dientes Deciduos- DD; Dientes Permanentes-DP

**Evaluaciones clínicas e histológicas del Recubrimiento Pulpar Directo (21)**

Autor/Año	Muestra	Estudio	Periodo de evaluación	Tipo de medicación	Resultados
Haskell et al., 1978 (53)	149 DP*	Clínico	11,7 años	• Ca(OH) <sub>2</sub>	• 87% - éxito
Leksell et al., 1996 (54)	127 DP*	Clínico	3,6 años	• Ca(OH) <sub>2</sub>	• 94,5% - éxito
Barthel et al., 2000 (55)	123 DP*	Clínico	5 años	• Ca(OH) <sub>2</sub>	• 37% - éxito
			10 años	• Ca(OH) <sub>2</sub>	• 13% - éxito
Accorinte et al., 2005 (26)	25 DP*	Clínico-histológico	60 días	• Sistema adhesivo	• 80% - infiltrado inflamatorio
				• Ca(OH) <sub>2</sub>	• 0% - infiltrado inflamatorio
Koliniotou-Koumpia, Tziapas, 2005 (28)	25 dientes**	Clínico-histológico	7, 21 e 65 días	• Sistema adhesivo	• Reacción inflamatoria de moderada a severa y ausencia total de formación de barrera dentinaria
				• Ca(OH) <sub>2</sub>	• Reacción inflamatoria de limitada a ausente y formación de completa a parcial de barrera dentinaria

\*Dientes Deciduos-DD; Dientes Permanentes- DP \*\*Modelo de estudio en perros

Enfatizado lo anterior, es importante recordar que los materiales de protección del complejo dentino-pulpar deben presentar fundamento científico que soporten su indicación, así como su limitación.

### Desarrollo continuado de la raíz después de la exposición pulpar (8)



A: Diente inmaduro con una fractura de la corona complicada.

B: Colocación del hidróxido de calco después del respectivo protocolo clínico.

C: Radiografía control que confirma que la pulpa se mantiene vital y la raíz continua en desarrollo.

### Conducto radicular obliterado después de colocar una mezcla de hidróxido de calcio. (8)





## CAPÍTULO 4.

### ANÁLISIS DE LOS PROTECTORES PULPARES ÁCIDO RESISTENTES

#### 4. 1 Ionómero de vidrio.

El ionómero de vidrio es un cemento cuyo nombre se debe a que puede formar enlaces iónicos con el vidrio. El primer producto comercial se conoció con el nombre de ASPA (De Trey): ALUMINO Silicate Poli Acrilate. <sup>19</sup>

Puede ser utilizado como liner o como base cavitaria, según el espesor en que se coloque. Mount refiere que la principal diferencia de un cemento liner y un cemento de base es la proporción polvo líquido; para ser utilizado como base debe de tener mayor contenido de polvo. Cuando el ionómero de vidrio se emplea como liner se utiliza una mezcla fluida con la que se obtiene una capa de .5mm aproximadamente. <sup>4</sup>

Es un cemento que se adhiere químicamente a la estructura dentaria, libera flúor y es biocompatible.

#### Clasificación

Actualmente existen diversos tipos de ionómeros en el mercado. La fórmula es semejante en todos los tipos, la diferencia está en que, de acuerdo a su finalidad, varía el porcentaje de los componentes que incluye el polvo o el líquido y la proporción polvo líquido.

Según su composición se clasifican en:

- Convencionales.- De reacción ácido-base convencional



- Reforzados con metales.- Incluyen aleación para amalgama o partículas de metal sinterizadas.
- Modificados con resina.- Incorporan componentes resinosos, entre los cuales destaca el HEMA.
- Alta viscosidad.- Presentan alta proporción polvo líquido y un endurecimiento rápido.

Según los tipos de ionómeros se clasifican como:

- Tipo I.- ionómeros para cementación y aparatos de ortodoncia. Los sufijos “Cem”, “C” o “Luting” pueden ayudar a diferenciarlos.
- Tipo II.- Para restauración, los gránulos de este ionómero son más grandes que los de Tipo I. Los sufijos “Fil”, o “R” ayudan a denotar éste tipo de cemento.
- Tipo III.- Protectores cavitarios y selladores de fosetas y fisuras. Para este tipo de ionómero usualmente se encontrarán los sufijos “Bond” y “Lining”.

#### 4.1.1 Composición

Su composición está dada por la combinación de polvo de vidrio de aluminosilicato y homopolímeros de ácido acrílico.

Polvo: Óxido de silicato 29%, óxido de aluminio 16.6%, fluoreto de calcio 34.3%, fluoreto de aluminio 7.3%, fluoreto de sodio 3,0% y fosfato de aluminio 9.8%

Líquido: Agua 45%. Ácido poliacrílico 30%, ácido tartárico 10% y ácido itacónico 15%<sub>4</sub>



#### 4.1.2 Propiedades

- **Reacción química:** Es una reacción ácido-base en la cual el polvo actúa como la base. Al mezclar el polvo con el líquido, se forma una masa sólida o gel polial y un gel poliácido.

El fraguado inicial consiste en que libera iones Ca, Al y F. Los iones de calcio reaccionan con el líquido, formándose puentes de sal entre los carboxilos con carga negativa. Se produce un entrecruzamiento de las cadenas de poliacrilato, dando origen al fraguado inicial. La reacción continúa ahora con los iones de aluminio. Al final de la reacción se forma una masa dura de poliacrilato de aluminio. Esta reacción se alcanza aproximadamente a los 30 min.<sup>4, 19</sup>

- **Efectos biológicos:** Numerosas investigaciones han demostrado la inocuidad del ionómero de vidrio para pulpa, cuando se le coloca como liner o base en el complejo dentino-pulpar.

La poca irritabilidad del ionómero a pesar de la molécula ácida que contiene, se debe a que ésta es de un peso molecular elevado, lo que limita la difusión del ácido poliacrílico en los túbulos dentinarios.

El pH inicial de la mezcla es ácido, pero en pocos minutos alcanza un pH cercano a la neutralidad, lo que brinda una adecuada protección pulpar.<sup>4,19</sup>

- **Liberación de flúor :** Al endurecer queda el ion flúor liberado de la estructura nucleada del cemento; lo que permite la salida de éste como fluoruro de sodio lo que le confiere al ionómero una propiedad anticariogénica y desensibilizante. El ionómero de vidrio presente en una restauración puede incorporar iones fluoruro por un mecanismo de difusión hacia su masa y luego liberarlos. Este proceso puede repetirse varias veces, lo que le confiere al ionómero inhibir la



- formación de caries recidivante. Es importante mencionar que la mayor cantidad de flúor se libera en las primeras 24 a 48 horas y los valores decrecen a medida que transcurre el tiempo. Tanto los ionómeros convencionales como los modificados con resinas presentan liberación de flúor en mayor o menor medida. <sup>17</sup>
- Adhesividad: El mecanismo de adhesión de los ionómeros de vidrio, se basa en un proceso de cambios iónicos, a través de los iones de hidrogeno del líquido, que desplazan iones de calcio y fosfato; y estos se unen a los grupos carboxilos del cemento y del diente. Cuando se dice que el ionómero de adhiere específicamente al diente se entiende entonces que se trata de una unión iónica entre los grupos carboxilos y el calcio de la hidroxiapatita del esmalte y la dentina. <sup>4,19</sup>
- Propiedades mecánicas: El ionómero de vidrio posee valor similar a la elasticidad de la dentina. Utilizado como protector, el ionómero no debe tener un espesor mayor a los .5mm.<sup>4,19</sup>

#### 4.1.3 Evidencia clínica

Primeras experiencias con ionómeros convencionales desarrolladas poco después de su introducción por los mismos Wilson y Kent <sup>22</sup>, en 1972 mostraron que son menos irritantes que los cementos de silicato para la pulpa dental, por el hecho de que el ácido poliacrilico del ionómero es menos ácido, que el ácido fosfórico del silicato y también porque las grandes moléculas de aquel tienen menor tendencia a difundirse por los túbulos dentinários; experiencias similares realizadas por Klotzer y Ucock mostraron resultados concordantes.

Holland Jr. et al.,<sup>23</sup> en una experiencia realizada en perros en 1978, encontraron al testar el ionómero convencional ASPA que la mayoría de las muestras presentaron una reacción inflamatoria pulpar leve para un período experimental largo (180 días). Mientras que Tobías et al., en una experiencia



realizada en ferrets, encontraron presencia de reacción pulpar inflamatoria en la mayoría de especímenes durante un período experimental corto (14 días), en tanto que en el período experimental intermedio (28 días) en la mayoría de especímenes (3 de 9) el proceso inflamatorio fue camino a la resolución, y en el período experimental largo (1 año) el proceso tuvo recidiva; continuando con la investigación y usando el mismo ionómero, previo grabado del diente con ácido cítrico a 30 % durante 30 segundos, las reacciones inflamatorias fueron mayores, lo que según los autores se debería a una mayor penetración de los constituyentes tóxicos del material empleado a consecuencia del aumento de la permeabilidad dentinaria, o a la irritación adicional causada por el ácido; el mismo ionómero aplicado en dientes humanos sólo originó alteraciones marcadas en los primeros 10 días. Del mismo modo Cooper testando los Ionómeros ASPA IV Y ASPA IV A aplicados en cavidades profundas clase V de premolares humanos encontró que ellos causaron reacciones inflamatorias intensas en períodos de experimentación cortos (más o menos 16 días) y que los procesos inflamatorios fueron en su mayoría a la resolución en los períodos de experimentación largos.

Continuando con las experiencias de laboratorio in vivo, tenemos que Heyset al., y Pameijery Stanley <sup>24</sup> utilizando diferentes marcas de ionómero de vidrio como agentes cementantes y en dientes de primates obtuvieron reacciones inflamatorias pulpares leves; en tanto que Plant et al., con el agente cementante Aquacem sobre dientes humanos, encontraron reacciones inflamatorias pulpares leves y afirmaron que hay una fuerte relación entre los niveles de inflamación con la infiltración de bacterias y que aquella es probablemente más intensa cuanto más próximas a la pulpa llegan las bacterias.



En una experiencia sobre dientes de ratas, testando el ionómero de vidrio convencional Fuji IX, Six et al.,<sup>23</sup> hallaron que en un período experimental corto (8 días) se produjo una reacción inflamatoria moderada, siendo que al final del período experimental medio (30 días) el proceso fue a la resolución.

Sobre los ionómeros modificados por resina Sidhu y Watson, mencionaron que son materiales híbridos producto de la asociación de un ionómero convencional con una pequeña adición de resina como hidroxietilmetacrilato (HEMA) o BisGMA, y que estos ionómeros por contener grupos no saturados carecen de la biocompatibilidad de los cementos ionoméricosconvencionales, no obstante que exámenes histopatológicos revelan reacciones pulpares aceptables para los "liners" de tales ionómeros.

Experiencias in vivo realizadas por Costa et al., y Tarim et al., demostraron que ionómeros de vidrio modificados por resina aplicados en cavidades profundas clase V de ratas y macacos respectivamente, en períodos de experimentación cortos (3 a 7 días), originan reacción inflamatoria leve, proceso que fue para la resolución a lo largo de los períodos experimentales intermedio y largo; razones por las cuales puede decirse que tienen una aceptable compatabilidad biológica, siendo irritantes discretos para el complejo dentino-pulpar. Resultados semejantes pero en experiencias en premolares humanos fueron encontrados por About et al.,<sup>23</sup> hallando una respuesta pulpar de leve a moderada; Dimircj et al., en experiencia similar encontró resultados semejantes.

Ferreira, en 1997 afirmó que la infección bacteriana del complejo dentino-pulpar por microfiltración, es el principal factor desencadenante de patologías pulpares, y que los sistemas adhesivos por sus características hidrófilas hibridizan dentina evitando la penetración de bacterias a la pulpa, manteniendo así la salud pulpar, por lo tanto los sistemas adhesivos actuales



son biocompatibles. Pero en un estudio in vitro realizado por Jontell et al., sobre células pulpares de incisivos de ratas y linfocitos en contacto con diferentes componentes resinosos (UDMA, Bis-GMA, TEGMA, GMA, BGE-Bpa, HDDM, BPA, CAMP), encontraron que todos causaron inmunosupresión de las células inmunológicas y que el componente más tóxico fue el Bis-GMA, resultados que fueron contradictorios con la afirmación de Ferreira.

Costa et al., en otra experiencia in vitro obtuvieron resultados concordantes como los de Jontell et al., respecto a la citotoxicidad de los componentes resinosos, y además afirmaron, que es la acidez de los materiales probados, la que contribuye para el notable efecto citopático de los mismos.

Posteriormente en experiencias in vivo Costa et al., colocando implantes de adhesivos Scotch bond MP en el primer caso y All Bond 2 o Scotch bond MP en el segundo, en el tejido subcutáneo de ratas, encontraron que en el período experimental corto (7 días), la reacción inflamatoria fue moderada, para el primer caso e intensa para el segundo, y con el correr de los períodos experimentales intermedio y largo, el proceso inflamatorio tuvo una tendencia a la regresión en ambos casos, por lo cual los autores concluyeron que los materiales testados tienen una biocompatibilidad aceptable. Pero resultados de una experiencia posterior realizada por Costa et al., testando implantes de SBMP y HEMA en tejido subcutáneo de ratas, les permitió aseverar que ambos no presentan compatibilidad biológica aceptable, resaltando que el HEMA originó una mayor área de reacción inflamatoria persistente en relación al SBMP-Plus.<sup>25</sup>

Resulta controversial el porqué de la sensibilidad pulpar después de la utilización del agente cementante de ionómero de vidrio, pareciera que está relacionada al bajo pH inicial (ácido) de la mezcla y que después va



elevándose hasta neutralizarse durante la reacción de endurecimiento, pero estudios posteriores relacionan la influencia de las bacterias en la irritación pulpar sugiriendo un efecto sinérgico entre acidez y presencia de bacterias. En relación al tema Srnith y Ruse encontraron que algunos agentes cementantes tienen un largo período con un pH inferior a 3, que es el pH inicial de la mezcla en el policarboxilato y en el ionómero de vidrio convencional, acidez inicial que según los autores asociada a la citotoxicidad de otros componentes produce daño pulpar y de ocurrir microfiltración y penetración bacterial, la sensibilidad inicial puede desencadenar en necrosis. Para otros autores como Heys et al., y Christensen, sólo la acidez inicial del cemento podría estar relacionada con la producción de sensibilidad pulpar; mientras que Cox et al., afirmaron que las resinas compuestas en ausencia de filtración bacteriana son bien toleradas por la pulpa, siendo innecesaria una base protectora ya que los componentes ácidos de los materiales restauradores por sí solos no producirían inflamación pulpar. Stanley, en 1990 afirmó que la infiltración marginal de microorganismos es la gran amenaza para la pulpa antes que la toxicidad del material restaurador.

Coincidiendo con las afirmaciones sobre el papel principal de las bacterias en la producción del daño pulpar, Fuks et al., usando una resina asociada a un adhesivo en cavidades clase 1 y V profundas, bajo aislamiento absoluto, profilaxia y aplicación de clorhexidina a 5 % previas a la preparación cavitaria, encontraron después de períodos experimentales de 5, 30 y 90 días un buen reparo tecidual, atribuyéndolo a la profilaxia y a la aplicación de clorhexidina.

También es importante señalar el papel fundamental que según Stanley, desempeña el espesor del remanente dentinario en la producción de diferentes grados de respuesta inflamatoria pulpar, frente a la aplicación de



diferentes materiales en contacto con la superficie dentinaria de una preparación cavitaria, porque la velocidad de penetración de sustancias a través de la dentina depende de su grosor.

### **Actividad antibacteriana de los CIVs**

Los CIVs convencionales han demostrado tener acción antibacteriana medible, disminuyendo el crecimiento bacteriano. El mecanismo de la acción antibacteriana de los CIVs no es claro, se cree que la liberación de iones de flúor es importante, sin embargo, no es el único mecanismo, también puede estar relacionada con la acidez del ácido polialquenoico. Actualmente se atribuye al Zinc que es agregado a alguno de estos cementos. Zehnder et al., han demostrado in vitro que, el vidrio bioactivo S53P4 en solución acuosa comparado con el hidróxido de calcio elimina a *Enterococcus Faecalis* después de 5 días de aplicación en fragmentos de dentina infectados. Así mismo, la respuesta antimicrobiana del ionómero era mejor a los siguientes microorganismos: *Cándida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus sanguis* y *S. mutans*; también, demostró que el ionómero actúa mejor que el hidróxido de calcio y que el efecto no depende del cambio de pH dentinario. <sup>25</sup>

El CIVs MR más investigado es el Vitrebond (3M, St. Paul, MN, USA), habiéndose demostrado que la mezcla fresca tiene mayor actividad antimicrobiana que el cemento convencional Aquacem (De Trey, Zurich, Suiza). Las propiedades inhibitorias fueron similares en los cementos endurecidos por luz o de endurecimiento químico, esto sugirió que los agentes antibacterianos se disolvían rápidamente, se asociaban al pH bajo de la mezcla fresca, combinado con la liberación de flúor hasta un tiempo límite. <sup>25</sup>



## 4.2 Agregado de trióxido mineral (MTA)

El MTA es un polvo blanco que consta de partículas finas hidrofílicas, que endurecen en presencia de humedad. La hidratación del polvo genera un gel coloidal que forma una estructura dura.

### 4.2.1 Composición

El análisis de sus componentes se llevó a cabo mediante la difracción de rayos x y microscopia electrónica, encontrando como principales componentes:

\*Silicato tricálcico

\*Sulfato de calcio dihidratado

\*Silicato dicálcico

\*Óxido tricálcico

\*Aluminato férrico tetracálcico

\* Óxido de silicato y bismuto

### 4.2.2 Propiedades

- Alcalinidad: El pH del MTA después del mezclado es de 10.2 y a las 3 horas se estabiliza en 12.5, su pH es similar al del hidróxido de calcio, por lo que puede presentar efectos antibacterianos.
- Radio-opacidad: La radio-opacidad del MTA es de 7.17mm, equivalente al espesor del aluminio, la radio-opacidad de la dentina es de 0.70 mm, siendo el MTA más radio-opaco que la dentina facilita su distinción en las radiografías.
- Tiempo de endurecimiento: De la hidratación del MTA resulta un gel coloidal que solidifica de 3 a 4 horas, las características del agregado dependen del tamaño de la partícula, proporción polvo-líquido, temperatura y presencia de agua.
- Resistencia compresiva: Este es un factor importante a considerar cuando se coloca el material de obturación en una cavidad. La fuerza compresiva del MTA es de 70 Mpa aproximadamente.



- Solubilidad: La baja solubilidad del MTA es una de sus características. Los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad de éste, concluyen que no hay evidencias relevantes de solubilidad.
- Manipulación: El polvo debe ser mezclado con agua estéril en una proporción de 3:1 en una loseta de papel, con espátula de plástico.<sup>26</sup>

#### 4.2.3 Evidencia clínica

El MTA ha sido estudiado ampliamente como material para el sellado de comunicaciones entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos perirradiculares. Sus propiedades han sido evaluadas in vitro e in vivo, siendo este material muy prometedor para determinadas indicaciones. Los estudios disponibles parecen demostrar que este material puede utilizarse tanto en perforaciones radiculares como en obturaciones retrógradas, así como en el tratamiento de exposiciones pulpares; todo lo anterior es gracias a que tiene la cualidad de formar puentes dentinarios, ser biocompatible, tener un pH alcalino y a que no favorece la inflamación.

El MTA recibió su aprobación por USA Food and Drug Administration (Administración o Federación de Drogas y Alimentos de Estados Unidos) en 1998. Desde su primera descripción en la literatura dental por Lee et al., en 1993, el MTA ha sido utilizado en aplicaciones tanto quirúrgicas como no quirúrgicas.

Por otro lado, el proceso de reparación dentinaria puede estar relacionado a una reacción físico-química que ocurre entre el MTA y el diente, como ha sido descrito por Sarkar y su equipo de trabajo. Según el autor, el MTA es un material bioactivo que al tener contacto con la dentina forma en la interface del diente/material, compuestos de hidroxapatita.



La utilización del MTA se ha expandido en otras aplicaciones tales como: recubrimiento pulpares directos e indirectos, pulpotomías, perforaciones radiculares y en la región de furca. Conforme son reportados en la literatura, tanto en estudios in vitro como in vivo, el MTA demostró ser un material indicado para tales situaciones, ya que presenta una capacidad excelente de sellado pulpar y biocompatibilidad para prevenir toxicidad e irritabilidad a los tejidos, así como para generar la inducción y proliferación celular, regeneración del cemento y formación.<sup>3</sup>

Aunque el hidróxido de calcio ha sido históricamente el medicamento preferido en pulpas mecánicamente expuestas, recientemente se ha propuesto el uso de MTA. Estudios prospectivos en animales e informes humanos han evaluado la capacidad del MTA de formar puente reparador de dentina y mantener la vitalidad de la pulpa. Aunque los resultados son generalmente favorables, un problema es el cambio de coloración de los dientes si se usa la formulación de MTA gris.

En una reciente investigación, se comparó el MTA blanco con el MTA gris en el recubrimiento de exposiciones pulpares directas creadas en dientes de perros. No se hallaron diferencias significativas en la respuesta de curación. Al cabo de una semana, ninguna de las pulpas recubiertas mostro necrosis cerca del lugar de exposición y se observaron células odontoblásticas en la periferia y bajo el puente calcificado. A las 2 semanas, casi todas las muestras de los dos tipos de MTA mostraron la formación de un puente calcificado completo justo debajo del lugar de exposición. En un reciente estudio clínico se utilizó MTA como material de recubrimiento pulpar para exposiciones pulpares por caries. Se diagnosticó pulpitis reversible a 40 pacientes de 7 a 40 años y las caries se extirparon con un colorante de detección de caries e hipoclorito de sodio para la hemostasia. El tratamiento



se realizó en dos vivitas para dejar que el MTA fraguara y confirmar la sensibilidad de la pulpa en pruebas pulpares a las segunda visita. El éxito se determinó radiológicamente, con síntomas subjetivos, pruebas pulpares con frío y formación continuada de raíces en dientes inmaduros. Los resultados se midieron en periodo posoperatorio de hasta 9 años y mostraron un éxito global del 97%, con éxito en todos los dientes del grupo de raíces inmaduras.

Con los parámetros de estos estudios, parece que el MTA blanco es una agente de recubrimiento adecuado para exposiciones pulpares de pulpas sanas o con una inflamación reversible. Sin embargo debe señalarse que el agente de recubrimiento no solo debe ser biocompatible y estimular la formación de dentina reparadora, sino que también debe servir para prevenir el acceso de bacterias con la colocación de una restauración bien sellada.

Una desventaja considerable del MTA, es que después de colocarlo, tienen que pasar de 3 a 4 horas para que el material frague. Siendo así, el procedimiento a seguir consiste en colocar el MTA en la exposición pulpar y realizar una obturación temporal. Posteriormente se colocará la obturación definitiva.

Otros puntos a considerar son su alto costo y que actualmente no existen estudios a largo plazo, que demuestren la eficacia que ya ha obtenido a corto y mediano plazo. Por lo que es importante que se presente un fundamento científico que nos sustente tanto sus indicaciones como sus limitaciones. 8

#### Tratamientos de exposiciones pulpares

Incluso con el mejor criterio clínico y las mejores aptitudes restauradoras, a veces las pulpas se exponen durante la excavación de una caries profunda. En una reciente encuesta también se observó que un 62% de los odontólogos eliminaría toda la caries ante un caso en el que se esperaría



una exposición pulpar, mientras que solo un 18% eliminaría la caries parcialmente y un 21% iniciaría el tratamiento de conducto radicular. El recubrimiento pulpar directo no ha disfrutado del éxito esperado en dientes expuestos a caries. Un estudio mostro un fracaso del 44.5% a los 5 años y un decepcionante fracaso del 79.7% a los 10 años. El manejo puede estar cambiando, especialmente en el tratamiento de dientes permanentes inmaduros, en los que el diagnóstico pulpar es especialmente difícil y las opciones de preservar la pulpa son altas. Aunque muchas de las evidencias son a corto plazo y en pulpas no inflamadas previamente, el MTA tiene un sólido historial como promotor de la formación de puentes de dentina de reparación después del recubrimiento pulpar directo.

En un abordaje radicalmente distinto al tratamiento de la caries profunda, uno de los autores a definido la eliminación completa de la caries y el recubrimiento directo en la exposición de dientes inmaduros de niños.

El tejido pulpar debe ser vital, sin signos de degeneración ni supuración.

En este procedimiento el diente se anestesia, se aísla con dique de goma. No se elimina más tejido pulpar que el que se produce por la exposición. El sangrado se controla lavando la pulpa con NaOCl, que no solo es un antimicrobiano sino que no tiene efectos adversos sobre la pulpa, la formación de odontoblastos o la formación del puente de dentina. Una vez controlada la hemorragia, la estructura dental se limpia con torundas de algodón humedecidas con NaOCl, evitando una vez más la hemorragia pulpar.

La pulpa expuesta luego se recubre con una capa de MTA de .5mm de espesor, que se aplica suavemente contra el tejido pulpar expuesto con una torunda de algodón humedecida. La torunda de algodón se moja con agua



estéril y se coloca encima del MTA cubriéndolo totalmente. El diente se sella provisionalmente con un cemento como cavit para que se endurezca el MTA.

Se controla al paciente a las 12-48hrs. Se elimina el cavit y el algodón, se examina el MTA para asegurar que ha endurecido y se restaura el diente. Si el MTA no ha endurecido el autor propone eliminarlo y repetir el procedimiento después de extirpar el tejido pulpar hasta la entrada del conducto. Este método ha sido confirmado en dos estudios. En el primero 30 molares permanentes asintomáticos fueron controlados clínica y radiológicamente después de eliminación de la caries y del recubrimiento pulpar directo con MTA; el éxito fue del 93% a los 24 meses, con desarrollo continuado de la raíz.

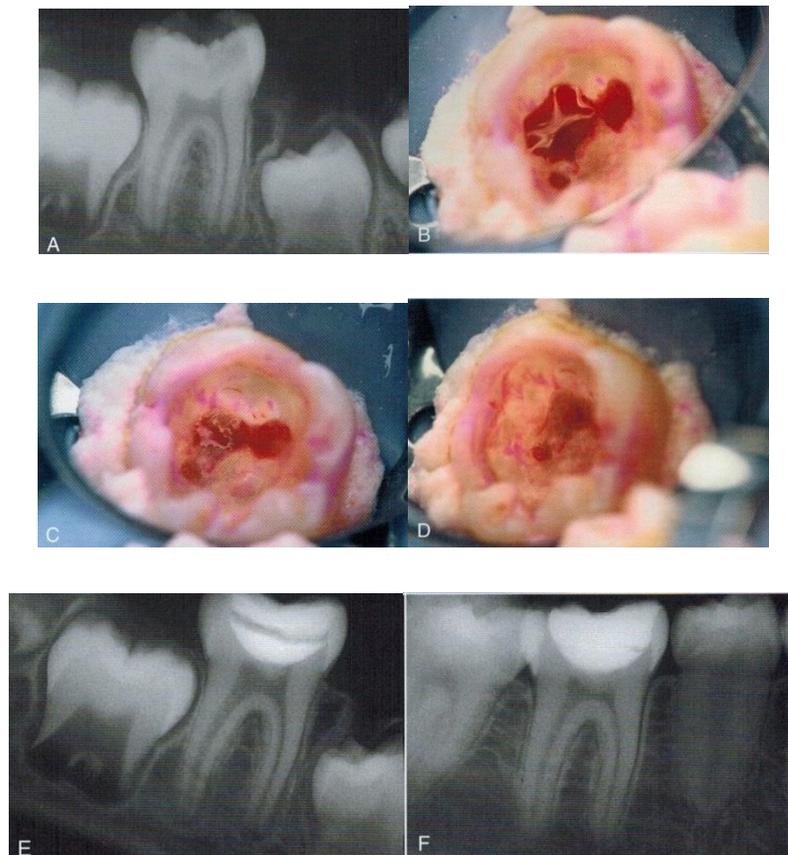
En el segundo, Bogen et al., en el 2008 describieron una serie de 53 dientes diagnosticados, al principio con caries profunda y pulpitis reversible pero sin afectación periapical. La caries se eliminó completamente con un colorante detector de caries y magnificación, dando lugar a múltiples y grandes exposiciones pulpares. La hemostasia se aseguró limpiando la pulpa con NaOCl al 5% durante 1 a 10 min. Una pulpa que siguió sangrando después de esto se consideró inadecuada para el recubrimiento directo. Después de la aplicación de MTA y restauraciones adhesivas permanentes realizadas a los 5-10 días los dientes se controlaron a los 1-9 años. El 92% y el 97% de los dientes tenían resultados favorables según los aspectos radiográficos, los síntomas subjetivos y las pruebas con frío. De los 15 dientes inmaduros en el momento del tratamiento, un 100% de la formación de la raíz.

Hay cada vez más pruebas de que, en casos bien elegidos sin signos de pulpitis irreversible o cambio periapical y en los que la eliminación radical de la caries va seguida de la hemostasia, el recubrimiento con MTA puede tener un éxito notable en dientes con ápices incompletos.

Puede considerarse que este procedimiento es una forma muy superficial de pulpotomía mecánica y química.

Debido a que la pérdida de la función de la pulpa vital es tan devastadora en dientes con ápices inmaduros, parece aconsejable intentar procedimientos conservadores pulpares en dientes permanentes con caries profunda. Si fracasa se puede considerar la apicoformación o las técnicas regenerativas.<sup>8</sup>

### Paciente femenino de 9 años de edad.



Secuencia radiológica de recubrimiento pulpar directo con MTA de un primer molar inferior derecho en una niña de 9 años de edad. <sup>(8)</sup>

A: La radiografía inicial muestra caries profunda y ápices inmaduros.



B-D: Hemostasia con aplicación de hipoclorito de sodio al 5% en dos exposiciones.

E: Radiografía del molar con MTA, torunda de algodón mojada en agua estéril, y restauración provisional no cementada.

F: Radiografía de control a los 5.5 años, muestra la restauración permanente y ápices completos. El diente respondió favorablemente a las pruebas térmicas.

### 4.3 Silicato de calcio modificado con resina

El silicato de calcio es un compuesto natural constituido de cal y sílice. Actualmente se han creado productos con este material, de diferentes características, físicas, químicas y mecánicas. Este nuevo material tiene una presentación modificada con resina que ofrece varias ventajas: es fotocurable, y es utilizado como barrera protectora del complejo dentino-pulpar.

#### 4.3.1 Composición

Los cementos de silicato de calcio están basados en los elementos del cemento Portland. La composición de este material consiste en: Silicato tricálcico, Aluminato tricálcico, Silicato dicálcico, Aluminato férrico tetracálcico, Óxido de bismuto, sulfato de calcio dihidratado y un contenido de resina.

Dentro de los componentes de resina se encuentran monómeros hidrofóbicos como dimetacrilato de uretano (UDMA), bisfenol A-Glycidil metacrilato (Bis-GMA), Trietilenglicoldimetacrilato (TEGDMA); también contiene monómeros hidrofílicos como hidroxietil metacrilato (HEMA) y polietilenglicoldimetacrilato (PEGDMA).<sup>5, 27</sup>



#### 4.3.2 Propiedades

- **Reacción al fraguado:** Este cemento cristaliza cuando es mezclado con agua por medio de una reacción de hidratación del silicato tricálcico, que produce un gel de silicato de calcio hidratado e hidróxido de calcio.
- **Tiene un tiempo de fraguado inicial de 6 minutos y un fraguado final de 10 a 12 minutos.** Esta mejoría en el tiempo de fraguado comparada con el ionómero de vidrio y el MTA, se debe al tamaño de las partículas, ya que a mayor superficie es menor el tiempo de fraguado.
- **Resistencia compresiva:** De acuerdo a la bibliografía, tiene una resistencia mecánica de 131.5 Mpa en el primer día, y va aumentando hasta llegar a 300 Mpa en un mes.
- **Alcalinidad:** Tiene un pH de 12.8, por lo que se dice, puede poseer efecto antibacteriano. En un periodo de 3 días comienza a regresar a un pH neutro.
- **Solubilidad:** Este material posee la gran ventaja de tener una solubilidad mínima.
- **Radio-opacidad:** Esta es una de las ventajas del silicato de calcio modificado con resina y es fotocurable hasta un espesor de 1.7mm.
- **Biocompatibilidad:** Este cemento no causa citotoxicidad, siendo así, un material seguro para su uso en clínica, esta propiedad tiene mucha similitud con la del MTA. <sup>27</sup>
- **Manipulación:** El silicato de calcio modificado con resina se presenta en una jeringa, por lo que obtenemos una aplicación fácil y rápida.



#### 4.3.3 Evidencia clínica

Este nuevo cemento controla la pureza del silicato de calcio, eliminando el aluminio y otras impurezas; por tal motivo, incrementa las propiedades físico-químicas (endurecimiento rápido, alta dureza mecánica). Actualmente, los cementos dentales basados en silicato de calcio son reconocidos por su biocompatibilidad, además de ser inductores de tejidos mineralizados, pero carecen de propiedades mecánicas y son difíciles de manipular. La principal mejoría fue orientada a desarrollar un material basado en silicato de calcio, con propiedades superiores a los ya existentes en relación al tiempo de fraguado, propiedades mecánicas y manipulación. Este nuevo material es conocido como Biodentine de la compañía Septodont. Con el objetivo de acortar el tiempo de fraguado y mejorar la resistencia mecánica, los silicatos de calcio son combinados con diversos materiales.

Componentes: Polvo. Silicato tricálcico, carbonato de calcio, dióxido de zirconio. Líquido. Cloruro de calcio dihidratado, Polímero hidrosoluble.

Según los estudios clínicos realizados con el silicato tricálcico, este cemento no es citotóxico, por lo que es un material seguro para su uso en clínica. La propiedad de biocompatibilidad es una característica del silicato tricálcico, teniendo similitud con el cemento MTA.

El estudio clínico hecho por Laurent y colaboradores en el 2008, muestra que el uso del silicato tricálcico como recubrimiento pulpar directo puede inducir el desarrollo de dentina reparadora (primer signo de formación de barrera mineralizada), para poder conservar la vitalidad de la pulpa dental. Los autores concluyeron que este cemento es capaz de estimular la mineralización. <sup>3</sup>



El silicato tricálcico ha demostrado ser biocompatible pues no induce daño a las células pulpares, y tiene la capacidad de estimular la formación de dentina reparadora. La formación de tejido duro ha sido relatada como consecuencia posterior a tratamientos pulpares realizados con este cemento. Este material usado como recubrimiento, ofrece más beneficios cuando es comparado con el cemento a base de  $\text{Ca(OH)}_2$ . Cuenta con propiedades de dureza, baja solubilidad y produce un fuerte sellado. Supera las principales desventajas del  $\text{Ca(OH)}_2$  como: falta de unión a la dentina y resina, solubilidad del cemento y la microfiltración.

Comparado con otros materiales, el silicato tricálcico es suficientemente estable, por eso puede usarse para base, en recubrimientos pulpares indirectos y obturaciones temporales. Recomiendan llenar completamente la cavidad con este cemento en un primer paso y reducir la base en una segunda visita, después de una semana y hasta seis meses, para colocar la restauración definitiva. Es por eso, que es de vital importancia que el recubrimiento cavitario selle e impida la contaminación bacteriana. Otro argumento para realizar la obturación en dos pasos o citas, es dejar que cristalice completamente el cemento, que se logra hasta los 28 días.

Si es la elección del clínico realizar la restauración en una sola visita, es factible colocar el silicato tricálcico, ya sea en recubrimientos pulpares directos o indirectos, obturando con composites. Cuando se opta por esta opción, es importante esperar de 12 a 15 minutos después de realizar la mezcla y así colocar la resina.

Las obturaciones con el silicato tricálcico demostraron la pérdida del cemento en los márgenes cavo superficial después de tres meses, esto se atribuye principalmente al manejo incorrecto. Durante el ajuste oclusal, el silicato tricálcico no debe ser preparado con instrumentos rotatorios y sobre



todo con agua. Es muy importante tomar en consideración la manipulación del silicato tricálcico y el terminado final para que el cemento no pierda sus propiedades. Se lleva el cemento a la cavidad con instrumentos condensadores, ejerciendo ligera presión. Con los mismos instrumentos se ajusta la oclusión y se le puede dar una anatomía primaria; se sugiere utilizar los instrumentos para la amalgama, inclusive el porta amalgama sirve para llevar el cemento la cavidad. La excesiva presión al condensarlo, o el exagerado recorte y terminado, puede alterar los cristales del cemento, perdiendo dureza el material.

Al escoger un material para recubrimiento pulpar, además de buscar biocompatibilidad y bioestimulación, deben de ser tomados en cuenta los siguientes factores: 1) El tejido pulpar debe estar libre de bacterias o toxinas bacterianas; en términos clínicos, esto significa que el órgano dentario debe estar asintomático y el sangrado pulpar, después de la comunicación, debe ser fácil y rápidamente controlable. 2) Es indispensable realizar una meticulosa hemostasis. El hipoclorito de sodio es la solución ideal para la hemostasia, porque controla rápidamente el sangrado, mientras que al mismo tiempo desinfecta la cavidad.

Este cemento provoca en la dentina corrosión alcalina, por lo cual deja una «zona de interacción mineral». La difusión del cemento en los túbulos dentinarios es de 10 a 20  $\mu\text{m}$ . Esto forma retención micromecánica entre el cemento y la dentina, dándole su propiedad autoadhesiva.

Este cemento es excelente sustituto de dentina, mantiene la vitalidad pulpar y estimula la formación de tejido duro, ya sea como la formación de dentina terciaria reactiva o reparativa.



## TheraCal LC

Siguiendo la premisa de las noblezas que nos otorga el silicato de calcio, se han creado diversos productos con este mismo material, pero con diferentes características físicas, químicas y mecánicas, así como diferentes aplicaciones clínicas.

Esta nueva presentación del silicato de calcio conocida como silicatos de calcio modificado con resina (SCMR) o por su nombre comercial TheraCal LC de la compañía Bisco, ofrece ciertas ventajas clínicas con respecto a los otros productos similares que existen.

Dentro de las indicaciones del SCMR se encuentran las de recubrimiento pulpar directo e indirecto, así como liner para restauraciones, incluyendo resinas, amalgamas y otros cementos.

La formulación de este material consiste en un 45% de partículas de silicato tricálcico (cemento Portland tipo), 10% de un componente que lo provee de radiopacidad (estroncio), 5% de un agente que le otorga características hidrofílicas (sílica pirogénica), y un contenido de resina de 45%. Dentro del componente de resina se encuentran monómeros hidrofóbicos como dimetacrilato de uretano (UDMA), bisfenol A-Glycidil metacrilato (Bis-GMA), Trietilenglicoldimetacrilato (TEGDMA); también contiene monómeros hidrofílicos como hidroxietil metacrilato (HEMA) y politelenglicoldimetacrilato (PEGDMA).

Gracias a estos componentes, en especial al silicato tricálcico, logra estimular la formación de un puente de dentina secundaria y de hidroxiapatita.



Los materiales que contienen calcio generan un aumento en la biodisponibilidad del mismo; esto estimula de diferentes maneras la formación del puente dentinario. El calcio estimula a las células involucradas en la formación de tejidos mineralizados, promueve la diferenciación de fibroblastos en odontoblastos, ayudando a que aumente la actividad de la enzima pirofosfataza que es de gran importancia para la mineralización de la dentina. También el calcio actúa en conjunto con el fosfato, presente en la sangre, plasma y fluido dentinario, para promover la precipitación de hidroxiapatita y finalmente la formación de un puente dentinario.

Según ciertos estudios comparativos, el SCMR ha demostrado liberar mayor cantidad de iones de calcio y generar mayor formación de hidroxiapatita que otros materiales utilizados para recubrimientos pulpaes (hidróxido de calcio y MTA).<sup>3</sup>

Otra de las características que posee el SCMR, además de ayudar a la formación de dentina e hidroxiapatita, es que inicia con un pH alcalino de entre 10 y 11, pero en un periodo de tres días comienza a regresar a un pH neutro.

Uno de los problemas que presentan en general la mayoría de los materiales que contienen  $\text{Ca(OH)}_2$ , es su alta solubilidad. Esto en un futuro causa filtraciones, la desaparición del liner y finalmente el fracaso de las restauraciones. Ante este problema, los creadores de estas nuevas generaciones de productos en base a silicatos de calcio, se han puesto como una de sus metas disminuir la solubilidad y mejorar la adhesión a los tejidos dentarios. En estudios in vitro Gandolfi y su grupo demostraron que SCMR tiene menor solubilidad al ser comparado con productos a base  $\text{Ca(OH)}_2$  y MTA.<sup>3</sup>



La presencia de un componente a base de resina hace pensar que este material puede tener citotoxicidad, sin embargo Hebling y su grupo compararon la citotoxicidad de SCMR con respecto a otros forros cavitarios a base de ionómero de vidrio modificado con resina (Vitrebond de 3M ESPE) y de hidróxido de calcio (UltraBlend Plus de Ultradent); TheraCal LC demostró tener menores efectos citotóxicos que los otros dos materiales; es de importancia señalar que Vitrebond es un material altamente investigado y aceptado como un forro cavitario.

En otro estudio comparativo llevado a cabo en animales de laboratorio, se realizaron exposiciones pulpares a dientes sanos o con inflamación, y posteriormente a un grupo se le realizaron recubrimientos pulpares con un SCMR y otro con hidróxido de calcio fotocurable modificado con resina. Los órganos dentarios sanos tratados con SCMR no mostraron sintomatología, en tanto que un 75% de los dientes que presentaban inflamación sanaron de manera correcta, en tanto que aquellos dientes tratados con hidróxido de calcio no mostraron reparación y/o formación de un puente de dentina. Sin embargo, aunque estos estudios muestren la baja toxicidad y la efectividad del SCMR, falta que el producto sea probado a largo plazo; sin embargo, estos resultados no dejan de ser alentadores.

Además de las características de protección pulpar y formación de un puente de dentina, los materiales utilizados como recubrimientos pulpares y/o forros cavitarios, deben tener ciertas características que faciliten su uso clínico. Una de las ventajas clínicas de este silicato de calcio modificado con resina es su radiopacidad y que es fotocurable hasta un espesor de 1.7 mm; aunque el fabricante recomienda fotocurar en incrementos no mayores a 1 mm. Su presentación en jeringa, consistencia y color, le dan las características



clínicas ideales para ser utilizado como un forro cavitario o para recubrimientos pulpaes.

Los silicatos de calcio modificados con resina son materiales prometedores para el tratamiento de cavidades profundas, pero como cualquier material el tiempo y la experiencia clínica nos demostrará su efectividad. <sup>3</sup>

### Tratamiento de exposiciones pulpaes

Paciente de 16 años de edad. Fractura de OD 21

1.- Fractura traumática de 2/3 de la corona, diente fue llevado al consultorio en un recipiente dentro de la hora del accidente.<sup>28</sup>



2.- Exposición pulpar.<sup>28</sup>



3. Radiografía que no muestra fractura radicular.<sup>28</sup>



4.- Debido al corto tiempo de la exposición y el control de la hemorragia se plantea realizar el tratamiento con TheraCal. 28



5.-El fragmento de diente se encuentra en buenas condiciones con una ligera fractura en el tercio incisal, la pulpa fue desinfectada y el sangrado controlado con hipoclorito de sodio.28



6.- Se coloca una capa de SCMR en la pulpa, y sobre éste la luz de fotocurado en tres direcciones diferentes durante 10seg cada una.28



7.- Tras la comprobación del ajuste, el fragmento de diente fue grabado con ácido fosfórico al 37%. Después de enjuagar varias veces, se coloca una Capa de adhesivo (AllBond Universal). 28



8.- Al diente remanente también se le colocó ácido fosfórico al 37% y el mismo adhesivo. (All Bond Universal)<sup>28</sup>



9.- Se utilizó un composite fluido (BeautifulFlow Plus) para unir el fragmento de diente al remanente.<sup>28</sup>



10.-Radiografía de control a los 10 meses de la restauración,la vitalidad del diente permanece con un resultado satisfactorio. El paciente responde favorablemente a las pruebas térmicas y no ha presentado cambio de coloración.<sup>28</sup>





### 4.3 Cuadros comparativos

#### Propiedades de los materiales de protección dentino-pulpar.

	HIDRÓXIDO DE CALCIO	IONÓMERO DE VIDRIO	MTA	SCMR
<b>COMPONENTES</b>	Hidróxido de calcio. Sulfato de calcio	Oxido de silicato. Ácido poliácrico	Silicato tricalcico	Silicato tricalcico. UDMA. Bis-GMA. HEMA
<b>pH</b>	11.9	2.5- 6.7	12.5	12.8
<b>SOLUBILIDAD</b>	<b>Alta</b>	Mínima	Mínima	Insoluble
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>	14-20MPa	90-140MPa	70MPa	<b>131-300MPa</b>
<b>TIEMPO DE FRAGUADO</b>	1-2 min.	6-9 min.	<b>3-4 hrs</b>	6-12 min.
<b>CONTRACCION</b>	----	<b>Mínima</b> (24Mm/mm)	-----	*En dato
<b>BIOCOMPATIBILIDAD</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>
<b>COSTO</b>	Mínimo	Medio	<b>Alto</b>	Alto

De esta manera, conforme a la revisión de la literatura realizada, se obtuvo que de los 4 materiales estudiados, es el hidróxido de calcio el que presenta mayor solubilidad, siendo mínima o no considerable para los otros materiales. El silicato de calcio tiene mayor resistencia a la compresión, alcanzando 300MPa en un mes.

El MTA es el material que presenta mayor tiempo de fraguado, haciéndolo en un lapso de 3 a 4 horas, mientras que el hidróxido de calcio requiere de 1 a 2 minutos. Aunado al tiempo de fraguado al MTA se le suma la desventaja de ser el material con el costo más elevado.

La biocompatibilidad es aceptable para los 4 materiales.



### Muestra del resumen de las ventajas y desventajas de los materiales de protección dentino-pulpal

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Hidróxido de calcio</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Excelentes propiedades antibacterianas</li><li>*Estimula la formación de dentina de reparación.</li><li>*No es citotóxico.</li><li>*Tiempo de fraguado corto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Alta solubilidad en fluidos orales</li><li>*Con el tiempo está sujeto a la disolución.</li><li>*Puede llegar a obliterar la cámara pulpar.</li><li>*Falta de adherencia</li></ul>
<b>Ionómero de vidrio</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Excelente sellado</li><li>*Liberación de flúor</li><li>*Modulo elástico similar a la dentina.</li><li>*Adhesión específica</li><li>*Biocompatible</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Puede llegar a causar inflamación crónica.</li><li>*No estimula la formación de puente dentinario</li><li>*Es citotóxico si se usa como protector pulpar directo</li></ul>
<b>MTA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Biocompatibilidad</li><li>*Causa menos irritación a la pulpa que el Ca OH</li><li>*Estimula la formación de dentina de reparación.</li><li>*Excelente propiedad antibacteriana.</li><li>*Radiopacidad</li><li>*Mínima solubilidad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Largo tiempo de fraguado.</li><li>*Se requiere de dos citas.</li><li>*Difícil manipulación.</li><li>*Si se usa MTA gris causa cambio de color en el diente.</li><li>*Costo alto</li></ul>
<b>SCMR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Estimula la formación de dentina de reparación.</li><li>*Excelentes propiedades físicas.</li><li>*Se puede utilizar como base.</li><li>*No es soluble</li><li>*Alta radiopacidad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>*Costo relativamente alto</li><li>*Se debe colocar en capas delgadas</li><li>*Requiere de fotocurado.</li></ul>



## CAPÍTULO 5.

### SELECCIÓN DEL MATERIAL DENTINO-PULPAR

#### 5.1 Factores a considerar para la selección del material de protección dentino-pulpar

Es de vital importancia que antes de seleccionar el material de protección pulpar se realice un exhaustivo diagnóstico clínico y radiográfico para no convertir un estado reversible en irreversible, pues un estado de hiperemia pulpar siempre implicará más riesgo que una pulpa normal. Ningún material de protección pulpar podrá revertir una pulpitis o necrosis ante un diagnóstico equivocado.

Para la selección del material más adecuado se deberán evaluar algunos factores como:

1.- Permeabilidad dentinaria: Este factor se encuentra en estrecha relación con la profundidad de la preparación, ya que entre más se aproxima la preparación a la pulpa mayor es el número de túbulos dañados y el diámetro de cada tubo aumenta cerca de la pulpa. La permeabilidad también depende de la edad del paciente. Un diente viejo con el tiempo ha producido ya cierta cantidad de dentina esclerótica y de reparación; mientras que un diente joven tiene los túbulos dentinarios más anchos y abiertos, por lo tanto es más permeable a los componentes tóxicos.

Entre mayor se a la permeabilidad dentaria, serán más las vías de entrada de los elementos irritantes hacia la pulpa.



2.- Edad del paciente: En un paciente joven el espesor de la dentina remanente es menor, ya que el tamaño de la pulpa es mayor que en un adulto.

La pulpa joven tendrá mayor capacidad de responder a la estimulación de la formación de la dentina de reparación, una pieza adulta tiene disminuida esta capacidad y es posible que un recubrimiento pulpar directo tenga menor probabilidad de éxito.

3.- Profundidad de la preparación: A medida que aumenta la profundidad de la preparación mayor es el riesgo de producir daño pulpar. Cuando la preparación es muy profunda, hay mayor debilitamiento del piso cavitario y aumenta el riesgo de repercusiones pulpares por lo que es necesario aplicar materiales que induzcan la reparación pulpar. También se deberá reforzar el piso cavitario con un material rígido para evitar que se flexione al condensar el material de restauración o durante la masticación y estas cargas se transmitan a la pulpa.

4.- Material de restauración: Entre los materiales de protección y de restauración el uso de barnices y bases de óxido de zinc y eugenol bajo restauraciones de composite está contraindicado.

## 5.2 Requisitos de un protector dentino-pulpar

Dado los factores antes mencionados, se recomienda que los protectores dentino-pulpaes reúnan una serie de requisitos, sin embargo aún no hay un material que sea el ideal o que cumpla estrictamente todos los requisitos tales como:

- Biocompatible
- Ser capaz de estimular la formación de dentina de reparación si hay exposición pulpar



- Resistente a la compresión
- Insoluble
- Fraguado rápido
- Radiopaco
- Adhesión al diente

### 5.3 Condiciones favorables para el éxito de un recubrimiento pulpar directo

a) Tamaño de la exposición: Seltzer y Bender, refieren que en las pulpas expuestas mecánicamente el pronóstico es menos favorable conforme aumenta la zona expuesta, porque el daño es mayor debido al aplastamiento tisular y la hemorragia, lo que hace que sea más severa la reacción inflamatoria.

b) Contaminación por saliva: Los periodos breves de exposición al medio bucal no son tan dañinos como los prolongados, puesto que los microorganismos no se establecen con facilidad en el tejido pulpar sano. Un mayor tiempo de exposición al medio aumenta la probabilidad que los microorganismos logren establecerse en el tejido lesionado para causar una pulpitis. Sin embargo para la realización de un recubrimiento pulpar es de suma importancia que se realice un aislado absoluto para prevenir la contaminación de la lesión.

c) Filtración marginal: Éste es un factor importante que se debe considerar al restaurar el diente, pues si existe filtración la inflamación persistiría y la reparación no se llevará a cabo.

d) Edad del paciente: Debido al envejecimiento normal de la pulpa, las posibilidades de éxito de la protección pulpar disminuyen conforme avanza de la edad. En las pulpas de mayor edad se observa aumento de los depósitos cálcicos y fibrosos y la reducción del volumen pulpar. Con el paso



de los años la proliferación de fibroblastos que se observa en dientes jóvenes se reduce considerablemente.

e) Sintomatología: Para poder realizar el recubrimiento y que éste tenga un pronóstico favorable el diente deberá estar asintomático, es por eso que se tiene que hacer un correcto diagnóstico, recordando que ningún recubrimiento pulpar podrá revertir una pulpitis irreversible.

f) Tiempo del accidente en caso de traumatismo: El tratamiento de la pulpa expuesta por una fractura del diente deberá ser lo más pronto posible después del accidente, preferiblemente a las pocas horas, para reducir la contaminación con el medio bucal. La película de fibrina y microorganismos bucales de la superficie pulpar puede ser lavada con solución salina estéril antes del recubrimiento.



## Conclusiones

El principal objetivo del odontólogo es conservar el órgano dental de los pacientes y dentro de éste, lo ideal es mantenerlo vital; para esto es importante realizar un correcto diagnóstico y conocer los materiales que se pueden emplear.

Dentro de la revisión realizada, la inocuidad del ionómero de vidrio cuando se coloca como liner quedó demostrada, produce una respuesta inicial inflamatoria leve, pero a medida que transcurre el tiempo ésta disminuye. Existen publicaciones en las que se menciona que puede ocasionar ligera hipersensibilidad, pero esto se atribuye principalmente a un incorrecto espatulado o a que no hay una adecuada proporción polvo-liquido.

El MTA es un material novedoso para la odontología, ha demostrado en varias investigaciones su eficacia como protector pulpar directo, demostrando así su capacidad para estimular la formación del puente dentinario, capacidad de sellado, biocompatibilidad y mínima solubilidad; esto se ha estudiado tanto in vivo como in vitro pero no existen estudios a largo plazo.

Otro material de novedad es el SCMR, la eficacia de este material también está asentada en diversos estudios, en donde demostró tener menor solubilidad que el hidróxido de calcio y el MTA, no presentó efectos citotóxicos; pero de la misma manera que el MTA, no ha sido probado a largo plazo; sin embargo, los resultados son alentadores.

Actualmente el material del que se tiene mejor conocimiento es del hidróxido de calcio, es utilizado para recubrimiento directos por su capacidad para estimular la formación de dentina de reparación, por su pH alcalino permite que no se creen condiciones óptimas para la proliferación bacteriana; sin



embargo la mayor desventaja que presenta es su alta solubilidad, razón que ha llevado a los investigadores a proponer nuevos materiales.

Las propuestas actuales de estos materiales cuentan ya con estudios que sustentan sus propiedades a corto plazo, por lo que es posible que sean considerados para que el odontólogo; con los conocimientos previos, decida cuál de ellos es más adecuado para cada situación. Teniendo en cuenta que el éxito de estos procedimientos también dependerá de la selección adecuada del caso, es decir, que no haya signos y síntomas asociados a una pulpitis irreversible.

Independientemente del material que se decida utilizar es importante que se lleve un seguimiento del caso clínico para poder identificar cualquier anomalía que pudiera presentarse durante la evolución del tratamiento.



## Bibliografía

- 1.-Theodore M, Haral O, Edward J. Arte y ciencia de la odontología conservadora. 5ta ed. España: Editorial El sevier, 2007
- 2.- Gil M, González G. Protectores Dentino Pulpares y su Aplicación Clínica.[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_odontologia/Imagenes/Portal/Odont\\_Operatoria/Protectores\\_Dentino\\_Pulpares..pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_odontologia/Imagenes/Portal/Odont_Operatoria/Protectores_Dentino_Pulpares..pdf) Caracas2013.
- 3.- Cedillo J, Cedillo E. Protocolo clínico actual para restauraciones profundas. Rev. ADM. 2013
- 4.- Irrazabal E. Importancia del uso de ionómero de vidrio como protector pulpar indirecto en pacientes asistidos en la clínica del internado de la Facultad Piloto de Odontología. Rev. Vez. 2011
- 5.- Diez J, Pérez E, Pellerano T, Jimenez J, Bello A. El MTA: un nuevo cemento dental. Pub. Med. <http://www.usfajardo.sid.cu>.2013
- 6.- Camejo M. Ingeniería de Tejido en la Regeneración de la dentina y la pulpa. Revisión de la literatura. Pub. Med. [www.actaodontologica.com](http://www.actaodontologica.com). 2008; 48
- 7.- Machado M. Endodoncia de la Biología a la técnica. 1ª ed. Buenos Aires, 2009
- 8.- Cohen S. Burns R. Vías de la pulpa. 7ª ed. Madrid España: Editorial Harcourt, 1999
- 9.- Barrancos M. Operatoria Dental. 3ra ed. México: Editorial Panamericana, 2006



- 10.- Morales G. Tratamientos conservadores de la vitalidad pulpar. Rev. ADM. 2004
- 11- Ingle J. ENDODONCIA. 4ta ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 1996
- 12.- Carnejo M, González O, Solórzano A, Balda r. Pulpo-  
dentinComplexPtrotection. Rev. Vez. 1999;37
- 13.-Lasala A. Endodoncia. 4ra ed. Barcelona España: Editorial Científicos y Técnicas, 1992
- 14.- Menaker L. Bases bilógicas de la caries dental. 1ª ed. Barcelona España: Editorial Salvat, 1986
- 15.- Walton R, Torabinejad M. Endodoncia principios práctica y clínica. 1ª ed. México D.F. Editorial: Nueva editorial Interamericana, 1991
- 16.- Seltzer S. La pulpa dental. 3ª ed. Mexico D.F. : Editorial Artes médicas latinoamericana, 1987
- 17.- Hung M. Irritantes del órgano dentino-pulpar durante la ejecución de procedimientos restauradores. Pub. Med.  
<http://www.carlosbóveda.com/odontologosfolder>, 2003
- 18.- Barceló F, Palma C. Materiales dentales. 2ª ed. España: Editorial Mc Graw Hill, 1998
- 19.- Cova J. Biomateriales Dentales. 2ª ed. España: Editorial Saunders, 2004
- 20.- Reales Y. Efectividad, usos y desusos del hidróxido de calcio como protector pulpar. Revisión de la literatura. Pub. Med. [www.actaodontologica](http://www.actaodontologica). 2010



- 21.- Pereira J, Esteves T. Recubrimiento pulpar directo e indirecto: Mantenimiento de la vitalidad pulpar. Pub. Med. [www.actaodontologica.com](http://www.actaodontologica.com). 2008
- 22.- Wilson A, Kent B. A new translucent cement for dentistry. Br Dent, 1972
- 23.- Camejo M. Respuesta pulpar ante el recubrimiento pulpar directo- Revisión de la literatura. Rev. Vez. 1999; 37
- 24.- Parneijer C, Satnley H. Biocompatibility of glass ionomer cements in primates. Part I. Am. J Dent, 1988
- 25.- Casallno D, López M. Los cementos ionómero de vidrio y el mineral trióxido agregado como materiales biocompatibles usados en la proximidad del periodonto. RevEstomatol Herediana, 2006; 16
- 26.- Chaple A, Herrero L. Generalidades del agregado de trióxido mineral (MTA) y su aplicación en la odontología: Revisión de la literatura. Pub. Med. [www.actaodontologica.com](http://www.actaodontologica.com). 2007;45
- 27.- Cedillo J, Espinosa R, Curie R, Huerta A. Nuevo sustituto bioactivo de la dentina; silicato tricalcico purificado. Pub. Med. RODYB. 2013; 2
- 28.- Jack D, Griffn Jr. Using Bioactive Liners: Stimulating Post-Traumatic Dentin formation. Pub. Med. Journal of Cosmetic Dentistry, 2012