



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**  
**DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGIA**

***ESTUDIO CLÍNICO DE PULPOTOMÍA CON AGREGADO  
TRIÓXIDO MINERAL EN 58 MOLARES PRIMARIOS.***

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor, por:  
**Hilda Isassi Hernández**

**Director de Tesis: Dra. Asunción Mendoza Mendoza**

**Sevilla, España. Diciembre 2010**



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

**DRA. ASUNCIÓN MENDOZA MENDOZA, PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA, ADSCRITO A LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA.**

**CERTIFICA QUE: Hilda Isassi Hernández ha realizado bajo mi dirección el trabajo titulado *“ESTUDIO CLÍNICO DE PULPOTOMÍA CON AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL EN 58 MOLARES PRIMARIOS”*.**

Para optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla.

Sevilla, España, Diciembre 2010

# ÍNDICE

## I INTRODUCCIÓN

I.1 Caries.....	5
I.2 Terapia pulpar en dientes primarios .....	6
I.3 Pulpotomía.....	11
I.4 Pulpotomía con formocresol.....	18
I.5 Pulpotomía con otros materiales.....	27
I.6 Agregado Trióxido Mineral.....	44
I.7 Composición del MTA.....	47
I.8 Características del MTA.....	48
I.9 Manejo y aplicaciones del MTA.....	53
II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	72
II.1 Hipótesis.....	75
II.2 Justificación.....	77
II.3 Objetivos.....	80
III MATERIAL Y MÉTODOS.....	82
III.1 Diseño del estudio.....	83
III.2 Criterios de selección.....	84
III.3 Método.....	90
III.4 Evaluación Postoperatoria.....	95
IV RESULTADOS .....	97
V DISCUSIÓN.....	106
VI CONCLUSIÓN.....	111
VII CITAS BIBLIOGRAFICAS .....	113
VIII ANEXOS.....	138

# **I. INTRODUCCIÓN**

## I.1 Caries

A pesar de los avances modernos en la prevención de la caries dental y un entendimiento de la importancia sobre el mantenimiento de la dentición infantil, en forma natural muchos dientes son perdidos prematuramente, esta pérdida puede conducir a maloclusiones, problemas estéticos, fonéticos y funcionales que pueden ser transitorios o permanentes.<sup>1</sup>

La caries dental es una enfermedad de los tejidos duros dentales, que en su inicio se caracteriza por la descalcificación de las porciones inorgánicas del diente. La pérdida del contenido mineral va seguida de una rotura de la matriz orgánica.<sup>2</sup>

La caries es común en el niño lo que nos obliga hacer hincapié en su prevención y diagnóstico temprano.<sup>2</sup> Cuando el proceso de caries avanza y se extiende hasta la dentina la pulpa reacciona produciendo una inflamación limitada en el área de la lesión de caries; con el progreso de la lesión, el proceso inflamatorio se extiende a la pulpa coronal y será necesario realizar la técnica de pulpotomía.<sup>2,3</sup>

El tratamiento pulpar en dientes temporales con caries y compromiso pulpar es el mejor servicio que puede recibir un niño para preservar sus piezas dentarias y por consiguiente el espacio para la dentición permanente.<sup>2,3,154</sup>

## **I.2 Terapia pulpar en dientes primarios**

El objetivo de la terapia pulpar en Odontopediatría es la conservación natural del diente dañado hasta su exfoliación y los tejidos de soporte en estado de salud para el establecimiento de una oclusión normal.<sup>1, 4, 5</sup> La pérdida prematura de piezas primarias puede causar la aberración de la longitud de arco, dando como resultado el corrimiento mesial de los dientes permanentes y la consecuente maloclusión.<sup>2</sup>

Durante mucho tiempo se realizaron extracciones dentales como un tratamiento determinante ante la presencia de dolor dental y de grandes lesiones cariosas. buscando mantener el diente primario en el arco dental conservando el tejido pulpar radicular, se opta por el tratamiento conservador de pulpotomía.<sup>4, 6, 7, 11</sup>

La pulpotomía es la remoción quirúrgica de la pulpa coronaria seguida del uso de medicamentos que procuran mantener la pulpa radicular vital, y posteriormente propiciar condiciones para que el ciclo biológico de los órganos dentarios se complete naturalmente.<sup>6, 7, 8, 11, 16</sup>

Ningún área de tratamiento en la odontología pediátrica ha sido más controversial que la terapia pulpar. En particular, el procedimiento de pulpotomía vital ha sido un tópico de debate por décadas. En tanto que la terapia de pulpotomía ha evolucionado lentamente durante los primeros 40 años, el ritmo de cambio desde los 60's fue acelerado.<sup>8</sup>

En una revisión histórica, Nunn, describió la evolución de los tratamientos pulpares y mencionó que Phillip Pfaft en 1756 realizó el primer recubrimiento pulpar directo con pequeñas piezas de oro adaptadas cuidadosamente en la base la cavidad; los progresos del tratamiento de la patología pulpar en piezas dentarias temporales avanzaron con la tecnología y los nuevos materiales dentales. En 1826, Koeker propuso la cauterización de la exposición pulpar y luego cubrirla con laminillas metálicas. El primer medicamento en base al formaldehído que se tiene conocimiento fue utilizado por Nitzel en 8,000 casos.<sup>9, 10</sup>

Probablemente, la primera pulpotomía realizada fue en Alemania en 1872 por Adolfo Wintzel, quien en 1876 aplica fenol en el tejido pulpar remanente, y en 1879 aplica éter yodofórmico posteriormente de cauterizar la pulpa remanente para después obturar la cámara pulpar con una pasta de cemento yodofórmico observando solamente el 3% de fracasos con su método.<sup>11</sup>

En 1898, Gysi, del Instituto Dental de Zurich, desarrolla la “pasta trío de Gysi” que contenía paraformaldehído: 20gr, tricresol 10ml, creolin 20ml, glicerina 4ml óxido de zinc 60gr. la cual era colocada después de que la pulpa era desvitalizada y esterilizada con cobalto, con lo que pretendía fijar la pulpa en una condición de esterilización permanente.<sup>11</sup>

Buckley JP, en 1904 estudió el tratamiento de la pulpa necrótica y gangrenada utilizando una mezcla de partes iguales de tricresol y formalina dejando una torunda de algodón embebida del compuesto en forma hermética en la cámara pulpar por un día o una semana, posteriormente era removida en una segunda visita donde se colocaba el mismo compuesto en los conductos.<sup>13,14</sup> Suponía que

su medicamento reaccionaría con los productos intermedios y terminales de la pulpa inflamada (ptomaínas, amoníaco, grasas, anhídridos sulfurosos, bacterias) para formar “nuevos compuestos inodoros y no infectados de naturaleza sólida”.

10,11

Sweet, en 1923 realiza el primer tratamiento de pulpotomía en órganos dentarios deciduos utilizando formocresol con la técnica denominada “pulpotomía medicamentosa”, la cual se realizaba en 5 citas para producir la desvitalización y completa momificación de los tejidos. Cuando se fijaba completamente, la pulpa radicular se consideraba esterilizada y desvitalizada, evitando la infección y la resorción interna. La pulpa era desvitalizada con tabletas saturadas de fenol y después tratada con formocresol por 4 periodos de 48 horas cada uno, posteriormente la cámara pulpar se obturaba con carbo-eugenol seguida de una base de cemento y consecutivamente amalgama. Fue reduciendo el número de citas hasta realizar el tratamiento en una cita sin utilizar las pastillas desvitalizadoras y obturando la cámara pulpar con óxido de zinc y eugenol.<sup>11</sup>

En el segundo cuarto del siglo XX (1930) Hartman introdujo el hidróxido de calcio y óxido de zinc y eugenol en un intento de preservar la vitalidad pulpar. Coolidge, Orban y cols. En 1930 realizaron una investigación en perros que encontraron que la formalina, el cresol y el paraformaldehído generaban cambios degenerativos e inflamación periapical en el tejido conectivo sano.

En 1959 Wong, observó que su uso producía la presencia de vacuolización de odontoblastos y degeneración mucoide.<sup>11</sup>

La pulpotomía se encarga de preservar la porción vital remanente de tejido pulpar expuesto a caries. El uso de materiales dentales como apósitos pulpares en el tratamiento de pulpotomía en dientes deciduos es un tema de gran relevancia debido a que la biocompatibilidad y la calidad de todo material empleado en contacto con el tejido pulpar representan el éxito o fracaso de nuestros tratamientos. La calidad de éstos últimos está muy relacionada con la biocompatibilidad.<sup>7</sup> La elección de materiales dentales utilizados en odontología requiere tener buena aceptación tanto por las normas como por las asociaciones encargadas de autorizar todo material en el mercado.<sup>7</sup>

Hasta el momento no se ha encontrado un material ideal que sea inocuo al tejido pulpar, esto ha motivado el interés por realizar estudios acerca de la interacción de materiales dentales con el tejido pulpar. Sin embargo, hay algunos materiales cuyo uso es tan rutinario que conviene que sean recordados.<sup>7, 11</sup>

El material de apósito ideal para el recubrimiento radicular debe incluir los siguientes requisitos: ser bactericida, no dañar la pulpa y estructuras circundantes, fomentar la cicatrización de la pulpa radicular formando un puente dentinario y no interferir con el proceso fisiológico de resorción radicular.<sup>7</sup>

El formocresol o tricresolformol es un medicamento utilizado para momificaciones de la pulpa. Actualmente, se utiliza únicamente en órganos dentarios temporales tras la amputación de la pulpa cameral (pulpotomía) o cameral y radicular (pulpectomía). Es un medicamento controvertido, pero hasta este momento no se ha encontrado otro alternativo con el que se obtengan buenos resultados.<sup>11, 12</sup>

El uso del formocresol esta casi tan bien documentado como cualquier medicamento utilizado en cualquier profesión de la salud. Desde el siglo XIX hasta la fecha, el formocresol siempre ha sido parte del armamento del dentista. No existe duda de que el formocresol es un efectivo antibacteriano, pero existen materiales menos tóxicos, mutagénicos y carcinogénicos para la mayoría de los procedimientos odontológicos. A pesar de las altas y bajas del formocresol éste aun continúa utilizándose y es parte de muchos programas de enseñanza universitaria.<sup>12, 13,14</sup>

El formocresol ha sido usado en la estomatología durante muchos años, a pesar de no tener atributos curativos de ningún tipo, la droga ha demostrado ser un éxito clínico moderado y ha alcanzado gran popularidad. El formocresol comenzó a utilizarse en estomatología en 1904 y se consideró una droga venerable cuando Buckley estableció que la pulpa necrótica remanente podía ser fijada con formaldehído y convertida en inocua, agregándole tricresol, glicerina y agua para aumentar la solubilidad y difusión del compuesto.<sup>7</sup>

Posteriormente, Sweet generalizó su uso a través de su tratamiento original para la fijación de tejido pulpar en los tratamientos endodónticos parciales.<sup>7</sup> Se ha sugerido que se cambie la formulación del formocresol para reducir los posibles efectos dañinos, lo cual sería muy difícil en una dilución que al parecer ha tenido versiones falsas acerca de la concentración de los constituyentes de la solución original.<sup>7, 13</sup>

En 1980, Bradley Lewis trataba de encontrar las formulaciones para el “famoso” formocresol de Buckley; después de hablar con uno de los químicos y posteriormente con el presidente de la compañía, se enteró de que las formulaciones durante muchos años fueron arbitrarias debido a las grandes cantidades de formaldehído.<sup>13</sup>

### **I.3 Pulpotomía**

La pulpotomía es considerada como un procedimiento quirúrgico (amputación) de la porción coronal de la pulpa, usualmente con el propósito de preservar la vitalidad y función de la porción radicular remanente.<sup>2, 7,16</sup>

La pulpotomía es uno de los recursos para poder conservar los dientes deciduos para que cumplan con sus funciones masticatorias, de fonación, estéticas y como mantenedores de espacios naturales en tanto se presenta la erupción los dientes permanentes.<sup>2, 16,18</sup>

La pulpotomía se efectúa de modo particular en dientes vitales con exposiciones de la pulpa dental debido a caries o a un traumatismo. Dichas exposiciones son mayores a las consideradas convenientes para el recubrimiento pulpar. La justificación de este procedimiento radica en el hecho de que el tejido pulpar coronal, situado junto a la exposición, suele contener microorganismos así como presentar signos inflamatorios y degenerativos.<sup>2, 16,18</sup>

Fuks y Eidelman en 1991 encontraron que este procedimiento se basa en la premisa de que el tejido pulpar radicular es sano o capaz de cicatrizar después de la amputación quirúrgica de la pulpa coronal afectada o infectada. La presencia de cualquier signo o síntoma de inflamación que se extiende más allá de la pulpa coronal es una contraindicación para la pulpotomía. Por consiguiente, esta se contraindica en caso de inflamación (de origen pulpar), fístula, movilidad patológica, resorción radicular externa patológica, resorción radicular interna, zonas radiolúcidas periapicales o interradiculares, calcificaciones pulpares o hemorragia excesiva del tejido radicular amputado. Otros signos como antecedentes de dolor espontáneo o nocturno, sensibilidad a la percusión o palpación se deben interpretar con cuidado.<sup>2</sup>

La técnica de pulpotomía consiste básicamente en la extirpación de la pulpa coronal y la colocación en la entrada de los canales de diferentes materiales que dan el nombre al tipo de pulpotomía (pulpotomía al formocresol, pulpotomía al glutaraldehído, pulpotomía al hidróxido de calcio, con MTA etc.).<sup>2</sup>

Independientemente del material usado para la realización de la pulpotomía, existe el riesgo de respuesta inflamatoria pulpar debido al contacto directo de la base de óxido de zinc-eugenol.<sup>16, 17</sup>

El procedimiento de pulpotomía debe ser evaluado periódicamente siguiendo Parámetros clínicos.<sup>2, 16</sup>

- Ausencia de fístula, edema, dolor, movilidad no fisiológica, el tiempo de exfoliación natural del órgano dental no sea alterado y el sucesor no presente áreas de hipoplasia.

Parámetros Radiográficos.<sup>2, 16</sup>

- Ausencia de reabsorción radicular interna, lesiones óseas periapicales o en región de furca.

El objetivo de la terapia pulpar es la conservación del diente en buen estado de salud, funcionando como un componente integral de la dentición.<sup>18, 20</sup>

Otros objetivos de la preservación de los órganos dentales primarios son:

- Estética
- Masticación
- Evitar hábitos linguales aberrantes
- Fonación
- Impedir los efectos psicológicos asociados con la pérdida de dientes.<sup>2</sup>

## INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES DENTALES Y GENERALES DE PULPOTOMÍA

Indicaciones y contraindicaciones.

La pulpotomía es el procedimiento terapéutico común en el cual se realiza la amputación de la porción coronal en la pulpa dental afectada y/o infectada por caries o traumatismo, su objetivo es mantener la pulpa radicular para evitar el dolor y la inflamación; en definitiva conservar el diente hasta su exfoliación.<sup>37, 50, 66,71</sup>

Se realizará dicho tratamiento en un diente temporal si su estado pulpar corresponde a una pulpitis reversible. En este caso, la inflamación/infección afecta a una parte o a la totalidad de la pulpa coronaria, y el estado de la pulpa radicular remanente no deberá corresponder a una pulpitis irreversible o necrosis pulpar. Cuando la inflamación se ha extendido hacia el interior de los tejidos de los conductos radiculares, la pulpotomía estará contraindicada. En estos casos, de pulpitis irreversibles o necrosis pulpar la indicación será un tratamiento de pulpectomía o extracción del diente primario.<sup>37, 50, 66,71</sup>

La técnica de pulpotomía en dentición primaria está contraindicada en cuanto aparece una característica clínica o radiográfica de pulpitis irreversible o necrosis pulpar. Estas circunstancias pueden ser:<sup>37, 50, 66, 71</sup>

- Presencia de fístula o absceso.
- Movilidad patológica.
- Presencia de inflamación de los tejidos blandos adyacentes (de origen

Pulpar).<sup>37, 66,71</sup>

- Reabsorción externa o interna radicular.
- Lesiones radiográficas periapicales, interradiculares o en furca.
- Calcificaciones pulpaes o ausencia de sangrado de la pulpa o excesivo sangrado tras la amputación pulpar sin la posibilidad de que la hemorragia sea controlada mediante presión.
- Pulpa con drenaje seroso purulento.
- Historia de dolor espontáneo o nocturno.
- Sensibilidad a la percusión o palpación.<sup>34,37,50,66,71,150</sup>
- Diente próximo a ser exfoliado sin hueso alrededor de la corona del diente permanente subyacente.
- Afectación del germen permanente.
- Órgano dental no restaurable. (únicamente si es factible la restauración del Órgano dental temporal, estará indicada la pulpotomía).
- Diversos estudios indican que las coronas de acero inoxidable son el tratamiento de elección para la restauración de molares deciduos que han sido sometidos a tratamiento pulpar.<sup>34,37,50,66,71,150</sup>

### **Contraindicaciones generales.**

Cuando el paciente tiene un estado de salud que supone un riesgo ante una Bacteriemia transitoria.

Niños inmunodeprimidos.

Niños que se encuentren con tratamiento médico (Oncológicos etc.).

Los pacientes con salud general deficiente (diabetes, padecimiento renal crónico, leucemia, etc.); estas personas tienen baja resistencia a la infección y cualidades de cicatrización insuficientes.<sup>18, 20,72</sup>

### **Indicaciones Dentales**

- 1.- La inflamación pulpar deberá estar limitada a la pulpa cameral, sin que existan indicadores en la historia previa, la exploración o las radiografías de que exista afectación de la pulpa radicular.
  
- 2.- Conservación de la dentición primaria con todos los molares presentes, en la cual se controlan los efectos de extracciones previas, manteniendo el espacio.
  
- 3.- Una dentición mixta en la que se valora que apenas hay espacio suficiente para la erupción de los caninos permanentes y los premolares, por consideraciones ortodóncicas, (la pérdida de un segundo molar primario antes de la erupción del primer molar permanente provoca invariablemente una pérdida de espacio), conviene mantener estos dientes siempre que sea posible.<sup>12,18,20,71,72,150</sup>
  
- 4.-En una dentición mixta en donde se evalúa que falta mucho espacio para la erupción de los caninos permanentes y los premolares, es muy importante retener el espacio, y se prefiere un diente primario al dispositivo artificial para guardar espacio.

5.-Ausencia del sucesor permanente. La ausencia congénita de un premolar puede influir en nuestra decisión sobre la conveniencia de conservar el molar primario.<sup>12,18,20,72</sup>

### **Características del material de elección para pulpotomía**

Los materiales de apósito ideal para el recubrimiento pulpar radicular deben incluir los siguientes requisitos:

- Ser bactericida
- No dañar la pulpa y estructuras circundantes
- Fomentar la cicatrización de la pulpa radicular
- No interferir con el proceso fisiológico de resorción radicular.<sup>1,149,150</sup>

Gartner y Dorn. En 1992 resaltaron que el material ideal debe prevenir la infiltración de microorganismos y sus productos para los tejidos periapicales, debe ser atóxico, no carcinogénico, biocompatible, insoluble a los fluidos tisulares, dimensionalmente estable, así como no afectarse por la humedad, ser de fácil manipulación y poseer radiopacidad suficiente para facilitar su identificación radiográfica.<sup>19</sup>

#### **I.4 Pulpotomía con formocresol**

El formocresol comenzó a utilizarse en estomatología en 1904. Corresponde a Sweet en 1937 ser el iniciador a la técnica de la pulpotomía al formocresol, a cuyos trabajos siguieron los de Emmerson y cols. En 1959; Massler y Mansukhant, Doyle y cols. En 1962 y otros muchos más cuya enumeración sería imposible.<sup>18, 23</sup>

Los componentes de la solución de formocresol según Buckley son a) Formaldehído 19%, agente activo de la mezcla, de alto poder germicida y amplio espectro, se combina con los productos de putrefacción pulpar y erradica la infección; tiene propiedades genotóxicas y mutagénicas en bacterias, hongos, líneas celulares, ratones etc. b) Cresol 35%, antiséptico y desinfectante, propiedades que favorecen el éxito de la terapia. Los datos de sus propiedades genotóxicas son muy limitados, aunque se le considera inocuo o débilmente positivo en las pruebas de actividad genotóxica. c) Glicerina 15%, facilita la difusión y solubilidad del formocresol en los tejidos circundantes; su capacidad de dañar el material genético no se menciona en los estudios publicados.<sup>25</sup>

El principal objetivo de la pulpotomía con formocresol en órganos dentarios temporales ha sido su mantenimiento asintomático hasta su normal exfoliación, evitando así las pulpectomías totales que siempre son más complicadas debido a la morfología característica de los dientes temporales y la cooperación siempre comprometida de los pacientes infantiles.<sup>7,26</sup>

Con respecto al efecto del formocresol en el tejido pulpar, histológicamente se ha observado que produce una primera zona amplia de fijación acidófila. Bajo la capa

fijada aún se puede encontrar tejido vital, aunque en esta zona la pulpa tiende mayoritariamente a necrosarse o a presentar una inflamación crónica. Dado que el tejido propenso a inflamarse o infectarse queda fijado con este procedimiento, el nivel de exigencia en el diagnóstico y el tratamiento son menores, y esto explica el alto índice de resultados positivos de la amputación vital modificada.<sup>28</sup> Luego de retirar la pulpa coronal, se aplica la solución de formocresol a la pulpa radicular durante uno a cinco minutos; y posteriormente se cubre con cemento de óxido de zinc y eugenol.<sup>28, 31</sup>

Para los dientes primarios con exposición pulpar por caries, la terapia pulpar exitosa es uno de los más valiosos servicios que un paciente infantil pueda recibir, ya que no hay mejor mantenedor del espacio que el órgano dental primario retenido hasta su exfoliación. Desde los años 30's, las pulpotomías con formocresol han sido la elección popular de terapia pulpar para dientes primarios que presentan pulpitis coronal. Las modificaciones de la primera pulpotomía con formocresol han incluido reducción en el tiempo de aplicación del medicamento, reducción en la concentración de formocresol y eliminación del formocresol en la sub-base de óxido de cinc- eugenol (ZOE). Todas las modificaciones han producido resultados clínicamente exitosos según está reportado en la literatura.<sup>15</sup>

Un aspecto del procedimiento de pulpotomía que no se ha modificado es que la hemorragia de los muñones pulpares radiculares está controlada en un tiempo razonable (5 minutos) sin la ayuda de un agente hemostático. La capacidad para realizar este paso se pretende que sea un indicador de que el tejido restante está

sano y libre de infección. Si la hemostasia es difícil, el tejido pulpar es descrito como “hiperemia” e indica que están presentes cambios inflamatorios en la pulpa radicular y el procedimiento de pulpotomía debería abandonarse a favor de una pulpectomía o extracción.<sup>29</sup>

Los libros de texto de odontología infantil aconsejan que no se pongan medicamentos vasoconstrictores o hemostáticos sobre los muñones de la pulpa radicular que pueda enmascarar si la pulpa puede o no coagular por sí misma.<sup>2</sup>

El concepto de dejar que la pulpa radicular coagule por sí sola no está considerado con el uso de alternativas propuestas al formocresol. El sulfato férrico es un agente que está recibiendo la mayoría de la atención porque facilita la formación de coágulo de sangre mediante reacciones químicas con la sangre. El éxito reportado de la pulpotomía con sulfato férrico ha sido comparable con el de pulpotomías con formocresol.<sup>29</sup>

En un estudio de 220 miembros seleccionados aleatoriamente del distrito 5, de la Academia Americana de Odontología Pediátrica se buscó determinar cómo los profesionales privados controlan la hemorragia de la pulpa radicular de sus pulpotomías con formocresol. El análisis de los 132 estudios devueltos indicó que el 50% de los profesionales que realizan pulpotomías con formocresol usan la misma bolita de algodón empapada en formocresol para obtener el control de la hemorragia que se usó para medicar la pulpa. Sin embargo, a la fecha no hay reportes en la literatura respecto del efecto que tiene esta modificación a la pulpotomía tradicional con formocresol sobre el éxito del tratamiento.<sup>30</sup>

Diversos estudios han mostrado que el formocresol es fuertemente tóxico y capaz de difundirse rápidamente desde el diente tratado, lo que permite que sus efectos tóxicos se manifiesten a distancia, causando daños a nivel periodontal y apical. Atribuyen al formocresol problemas de toxicidad sistémica y un potencial inmunológico, mutagénico y carcinogénico. <sup>31</sup>

### **Técnica de pulpotomía con formocresol**

- 1.- Administración de anestesia.
- 2.- Aislamiento con dique de goma.
- 3.- Eliminación de tejido cariado, con instrumento rotatorio de alta velocidad y fresas redondas 330.
- 4.- Diseño de la cavidad, que deberá tener un tamaño suficiente para acceder a la totalidad del techo de la cámara pulpar.
- 5.- Eliminación de la totalidad del techo de la cámara pulpar.
- 6.- Extirpación de la pulpa cameral con fresas redondas a baja velocidad o cucharilla de dentina bien afiladas.
- 7.- Controlar la hemorragia por presión con bolitas de algodón.
- 8.- Exploración de la cámara pulpar valorando el sangrado que deberá ser rojo brillante y ceder en 3 a 5 min. Se observarán los filetes pulpares radiculares que deberán presentar un corte limpio y un sangrado rojo brillantes, el suelo de la cámara pulpar no debe presentar perforaciones.
- 9.- Fijación de la pulpa radicular con un algodón ligeramente humedecido en formocresol presionando levemente con otro algodón seco durante 5 min.

10.- Exploración de la pulpa momificada que deberá tener un color negruzco y sin hemorragia.

11.- Limpieza de la cámara pulpar con algodón estéril.

12.- Obturación del fondo de la cavidad con una mezcla de óxido de zinc, eugenol y formocresol. Esta pasta se adapta al suelo cavitario y las zonas amputadas, presionando con bolas de algodón bañadas en polvo de óxido de cinc.

13.- Obturación definitiva de órgano dentario.<sup>12, 24</sup>

No se debe utilizar anestesia local intrapulpar, ni otro agente hemostático para reducir la hemorragia; ya que este es indicador clínico del estado de la pulpa radicular.<sup>24</sup>

### **Toxicidad del formocresol**

Los estudios clínicos y radiográficos de pulpotomías con formocresol demuestran un éxito clínico y radiográfico de un 70% a 97%. En 1965, varios autores recomendaron usar la dilución de formocresol a una quinta parte Fuks, y Bimstein 1981.<sup>2, 12,45</sup>

El éxito clínico experimentado en tratamientos de pulpas en temporarios con este material se relaciona con el potencial germicida de la droga y su cualidad fijadora, más que su capacidad de promover la curación. Mansukhani en 1959 informó acerca de un estudio histológico de 43 piezas temporarias y permanentes tratadas con la técnica de pulpotomía con formocresol. Observó que la superficie pulpar inmediatamente por debajo del formocresol se tornaba fibrosa y acidófila

en pocos minutos después de la aplicación del formocresol. Esa reacción se interpretó como fijación del tejido pulpar vivo. Después de la exposición de la pulpa al formocresol durante periodos de 7 a 14 días, se hacían evidentes tres zonas diferentes: una gruesa zona acidófila (de fijación); una amplia zona de teñido débil en la cual las células y las fibras eran escasas (atrofia); y una amplia zona de células inflamatorias concentradas en la unión con la zona pálida y que se difundían en profundidad hacia los tejidos subyacentes hasta el ápice.<sup>47</sup> No se observó tendencia a limitación de la zona inflamatoria por una capa fibrosa o por una barrera cálcica. No evidenció la formación de dentina reparadora lateral, central ni periféricamente. En cambio se produjo una fijación progresiva del tejido pulpar con fibrosis final en toda la pulpa.<sup>6</sup>

Aeinehchi M, y cols., en el 2007, en un estudio aleatorio controlado de pulpotomía con formocresol y mineral trioxide aggregate, concluyó que el MTA White obtuvo menos casos de resorción de raíz considerándolo como una alternativa confiable y biocompatible. Mitchell PJ. En 1999, en un estudio de biomateriales observó la biocompatibilidad del Osteoblasto con el agregado trióxido mineral.<sup>21, 22</sup>

Sonmez y cols., en el 2008 realizó un estudio comparativo con cuatro materiales utilizados en la técnica de pulpotomía en molares primarios a largo plazo. Los resultados fueron 76.9% de éxito para formocresol, 73.3% para sulfato férrico, 46.1% para hidróxido de calcio y 66.6% para MTA, no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre el formocresol, sulfato férrico y el MTA. Parece ser que el hidróxido de calcio fue el menos apropiado para pulpotomías en dientes primarios, sin embargo menciona que la agencia internacional para la

investigación de cáncer ha clasificado al formaldehído y formocresol como cancerígeno. Concluyó que el MTA presenta dificultad para su almacenaje y un alto costo y sugiere al sulfato férrico como una alternativa en pulpotomías de molares primarios.<sup>26</sup>

Srinivasan V. En el 2006 realizó una revisión sobre los diferentes materiales dentales utilizados en Odontología y las posibles alternativas sobre el formocresol. Los materiales fueron clasificados de acuerdo a los siguientes objetivos: desvitalización o no inductivos (formocresol), los de preservación de tejido (sulfato férrico) y los regenerativos (inducción reparativa) como el hidróxido de calcio y el MTA. Los resultados a largo plazo fueron favorables para el MTA, tomando en cuenta que el material utilizado para pulpotomía debe ser inofensivo para la pulpa y los tejidos de soporte y debe promover la curación del tejido pulpar remanente.<sup>27</sup>

El formocresol (FC) es un medicamento popular en técnica de pulpotomía en dentición primaria desde hace 60 años, en diversos estudios se ha mencionado que al contacto con la pulpa produce un área de necrosis.<sup>24</sup> Es bien conocido que el formaldehído en contacto directo es irritante y al contacto con los tejidos de la mucosa se difunde rápidamente reaccionando directamente con las proteínas y el ácido nucleico.<sup>32, 149</sup>

La difusión del formocresol a través de la dentina y el cemento ocurre a los 15 minutos de la aplicación del medicamento. Myers y cols., realizaron múltiples pulpotomías al formocresol en monos Rhesus demostrando que la droga se

localizaba posteriormente en el ligamento periodontal y hueso. También se observó una cierta absorción sistémica.<sup>33</sup>

En un estudio realizado por Waterhouse en el 2008 recomienda que las investigaciones en el paciente pediátrico sean de buena calidad en lo que respecta a los tratamientos con terapia pulpar vital y no vital debiendo incluir los riesgos posibles del formaldehído y la exposición del vapor de cresol en el ambiente clínico, sin embargo esto podría tener dificultades éticas en ciertos países para la aprobación de estos trabajos.<sup>34</sup>

Haghgoo R. en el 2008, comparó clínica y radiográficamente 70 molares primarios a los cuales se les realizó pulpotomías con MTA y formocresol, los resultados no aportaron diferencia estadística significativa en ninguno de los dos grupos.<sup>36</sup> De acuerdo a estudios en animales se ha demostrado que el formocresol es mutagénico y carcinogénico.<sup>37, 38</sup>

Durante los últimos 20 años el uso de formocresol como apósito en pulpotomías ha sido un gran desafío debido a su distribución sistémica, citotoxicidad y gran potencial carcinogénico.<sup>39, 41</sup>

Salako N. cols., en su investigación encontraron completa destrucción pulpar con sulfato férrico y necrosis pulpar en pulpotomías con formocresol de molares de ratas en contraste con el MTA que mostró la formación de puente dentinario.<sup>38, 42</sup> El potencial de estas respuestas inflamatorias crónicas afecta la exfoliación y la formación de los dientes permanentes.<sup>38, 40</sup>

Se han descrito en diversos estudios los efectos adversos del formocresol como apósito en pulpotomías; el éxito clínico es atribuido a sus propiedades bactericidas. Sin embargo, en diversos estudios histológicos se ha observado inflamación en el tejido pulpar coronal progresando la inflamación hasta apical. Y el tejido pulpar remanente no presenta signos de procesos de dentina reparativa o puente dentinario.<sup>43, 44,46</sup>

### **Pulpotomía por desvitalización**

Es un procedimiento bifásico que comprende el empleo de paraformaldehído para fijar todo el tejido pulpar coronal y radicular. Se pone la pasta sobre la exposición y se sella en el diente durante 1 ó 2 semanas. El gas formaldehído liberado del paraformaldehído atraviesa la pulpa coronal y radicular fijando los tejidos. En la segunda visita, se efectúa la pulpotomía y se coloca una pasta antiséptica como óxido de zinc y eugenol sobre la pulpa radicular antes de restaurar el órgano dental.<sup>18</sup>

### **Necropulpotomía**

En la necropulpotomía primero se retira la pulpa coronal necrótica, se trata la pulpa radicular infectada mediante una solución antiséptica fuerte pudiéndose utilizar el formocresol, que se aplica con una torunda de algodón y se sella en la cámara pulpar durante 1 ó 2 semanas. En la segunda visita, se sustituye la solución antiséptica por una pasta antiséptica colocada sobre la pulpa radicular remanente antes de restaurar el diente. El formocresol diluido 1:5 puede utilizarse

en casos de dientes con pulpas no vitales que vayan a permanecer en la boca por un período no mayor de 18 meses. Actualmente esta técnica no se utiliza, solo se hace la pulpotomía.<sup>7,18</sup>

## **I.5 Pulpotomía con otros materiales.**

### **Pulpotomía con hidróxido de calcio**

La pulpotomía es una terapéutica pulpar que debe considerarse en aquellas situaciones en que la pulpa ha sufrido una exposición por caries, pero la respuesta inflamatoria todavía está limitada a la parte más próxima a la lesión. El objetivo es preservar la porción radicular vital.<sup>2, 50,51</sup>

En el paciente infantil, cuyas lesiones suelen presentarse en dientes inmaduros con el ápice sin terminar de formar, la conservación de la pulpa es prioritaria. Cuando se da extensión de la lesión, el tiempo transcurrido desde que ésta se produjo o cualquier otra condición, contraindica la realización de un recubrimiento directo; la pulpotomía vital con hidróxido de calcio permite conservar la pulpa radicular y que ésta estimule la formación del ápice.<sup>7, 45,53</sup>

### **Usos del hidróxido de calcio**

Con la introducción del hidróxido de calcio, una nueva era de terapia pulpar vital comenzó. Las tasas de éxito clínico van de 31% a 100% (Magnusson 1970, Schröder 1978, Waterhouse y cols. 2000). Aunque la toxicidad sistémica y local

está ausentes, el control adecuado de la hemorragia es difícil de lograr con el fin de permitir un buen contacto entre el medicamento y el tejido pulpar. Por otra parte existen controversias en cuanto a su aplicación en las pulpotomías de dientes primarios debido a la posibilidad de reabsorción interna.<sup>14, 24, 151, 156, 157,158</sup>

En la actualidad, en las técnicas de recubrimiento pulpar directo, pulpotomía parcial, apexificación, apexogénesis, tratamientos de reabsorciones y como cemento sellador, el fármaco más usado es el hidróxido de calcio puro no fraguable que se presenta en solución acuosa o de metilcelulosa como material inductor de la formación de tejido duro a pesar de que su mecanismo de acción no es del todo conocido.<sup>35, 56, 57,146</sup>

El hidróxido de calcio es un polvo blanco que se obtiene por la calcinación del carbonato cálcico, hasta su formación en óxido de calcio, el cual al ser hidratado se transforma en hidróxido de calcio. Es poco soluble en agua, tan solo 1.59% con la particularidad de que al aumentar la temperatura, disminuye su solubilidad.

<sup>56,146</sup>

Algunos autores contraindican el empleo de hidróxido de calcio como fármaco de pulpotomía en la primera dentición debido a la presencia de reabsorción radicular interna. Sin embargo otras investigaciones concluyen que la extensión de la inflamación podría influir en los fracasos con hidróxido de calcio. Además cuando se usa este material, se debe estar consciente que es muy importante obtener hemostasia absoluta. Si se forma un coágulo de sangre entre el hidróxido de calcio y el tejido pulpar, el coágulo sanguíneo podría ser el iniciador de la resorción radicular interna.<sup>2, 6,148</sup>

Schröder en 1978 en un estudio de pulpotomías en dientes primarios destacó la importancia de evitar un coágulo de sangre entre el lugar de la amputación y el hidróxido de calcio para obtener un resultado exitoso. Con el hidróxido de calcio, el problema no parece ser la toxicidad sistémica o local, sino de un control adecuado de la hemorragia pulpar, para permitir un buen contacto entre el medicamento y el tejido pulpar. Esto parece ser importante en la prevención de la resorción interna después de la pulpotomía.<sup>157</sup>

Moretti y cols., (2008) comparó la efectividad del agregado trióxido mineral con el hidróxido de calcio y formocresol de pulpotomías en dientes primarios.

El MTA, el Hidróxido de calcio y el formocresol fueron utilizados como apósitos en la pulpa de los dientes a los cuales se les realizó la técnica de pulpotomía, concluyó que el MTA fue superior al hidróxido de calcio y tan efectiva como el formocresol como apósito en molares primarios, el hallazgo radiográfico más común fue la reabsorción interna encontrada hasta 24 meses después en las pulpotomías realizadas con hidróxido de calcio.<sup>24</sup>

### **Características físicas y químicas del Ca (OH)<sub>2</sub>**

Es un compuesto altamente inestable, puesto que al entrar en contacto con el dióxido de carbono regresa a su estado de carbonato de calcio. Por ello, se recomienda que sea almacenado en un frasco bien cerrado; su peso molecular es de 74.08.<sup>56</sup>

Es biocompatible con la pulpa y su alcalinidad (pH aproximado de 12.75) que depende de los niveles de iones de calcio e hidroxilo presentes en el polvo y le

confiere propiedades bactericidas. El hidróxido de calcio se coloca en el sitio de amputación para estimular la formación de dentina, mantener la vitalidad de la pulpa y fundamentalmente sanar el sitio del daño. Para facilitar la curación, es esencial obtener un sellado permanente contra la invasión bacteriana de la cavidad oral.<sup>2, 35, 55,147</sup>

El efecto cáustico inicial del hidróxido de calcio sobre la pulpa expuesta consiste en que desarrolla una necrosis superficial con tres estratos, con una zona de necrosis firme adyacente al tejido pulpar vivo. La zona de necrosis firme genera irritación ligera y estimula la defensa y la reparación pulpar. La respuesta tisular es característica del tejido conectivo herido. Comienza por una reacción vascular e inflamatoria destinada a controlar y eliminar el agente irritante; luego sobreviene el proceso reparador, incluidas la proliferación celular y la formación de colágeno nuevo.<sup>48, 49,147</sup>

En órganos dentales permanentes jóvenes el hidróxido de calcio es uno de los materiales más utilizado en el tratamiento de pulpas expuestas, tanto en el recubrimiento pulpar como en la pulpotomía, también se ha propuesto su aplicación para inducir el cierre apical en dientes inmaduros y en la reparación de perforaciones en furca y raíz.<sup>60, 62</sup>

Existen procesos de mayor importancia para lograr un adecuado cierre apical como son: una adecuada preparación del canal radicular, remoción del tejido necrótico, reducción de los componentes microbianos tanto en número como en virulencia así como un adecuado sellado del espacio radicular.<sup>48, 63</sup> Por último

también se ha reportado que los remanentes de la vaina epitelial de Hertwig que se mantengan intactos, pueden contribuir a que se produzca el cierre apical.<sup>65</sup>

Tuna y cols., (2008) utilizó el hidróxido de calcio comparándolo con el MTA. Encontró que el Hidróxido de calcio fue igual de exitoso que el MTA cuando fueron utilizados para obturación pulpar directa en dientes primarios. Ninguno de los grupos evaluados presentó fallas clínicas o radiográficas. Aunque recomiendan más investigaciones histológicas para apoyar estos hallazgos.<sup>1</sup>

La reacción pulpar ante el hidróxido de calcio puede ser considerada no como característica específica del medicamento, sino más bien como reacción ante una irritación ligera. Colocado sobre una capa de dentina la remineraliza, y cuando se aplica en recubrimientos pulpares directos sobre la pulpa expuesta, estimula la formación de dentina terciaria dando lugar a la formación de un puente dentinario que cicatriza la dentina lesionada.<sup>2, 35</sup>

La presencia de metamorfosis cálcica u obliteración de los conductos, es un efecto secundario de muchos tratamientos de pulpotomía en órganos dentales primarios, pero que no es considerado fracaso radiográfico<sup>35, 154</sup>

### **Mecanismo de acción del hidróxido de calcio**

Estrela y cols., en 1995 evaluó in vitro la difusión de iones de hidroxilo a través de la dentina, observando modificaciones del pH en la superficie del cemento y en el interior del canal radicular. Posiblemente el pH alto del hidróxido cálcico contribuye probablemente a la creación de un entorno favorable para la

reparación de los tejidos al neutralizar el ambiente ácido que genera la necrosis tisular y tener un efecto bacteriano.<sup>54</sup>

### **Efecto antimicrobiano**

La acción bactericida del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ha sido relacionada con la liberación de iones hidroxilo, los cuales son radicales altamente oxidantes, con gran reactividad, lo que dificulta que puedan difundirse a sitios distantes.<sup>59</sup>

Sus efectos letales sobre las bacterias y las células ocurren probablemente por los siguientes mecanismos:

Daño a la membrana citoplasmática, los iones hidroxilo inducen peroxidación de lípidos, provocando la destrucción de los fosfolípidos componentes de la membrana celular. Remueven los átomos de hidrogeno de los ácidos grasos insaturados generando radicales libres lipídicos, los que reaccionan con el oxígeno formando radicales peróxidos, que remueven otro átomo de hidrógeno de otro ácido graso, creando una reacción en cadena que conlleva a un daño extenso en la membrana.<sup>59, 157</sup> Desnaturalización proteica, la alcalinización producida por el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  induce el rompimiento de los enlaces iónicos de la estructura terciaria de las proteínas. Esto tiene como consecuencia que muchas enzimas pierdan su actividad biológica alterando el metabolismo celular. Los iones hidroxilo también pueden ocasionar daño estructural a las proteínas.<sup>59</sup>

¿Daño al DNA? cuando los iones hidroxilo reaccionan con el DNA celular inducen la separación de las cadenas, inhibiendo la replicación celular y la pérdida de genes, aunque científicamente los tres mecanismos pueden ocurrir, es difícil establecer cuál de ellos es el principal mecanismo de acción involucrado en la muerte celular y bacteriana.<sup>59</sup>

## **Pulpotomía con óxido de zinc y eugenol**

Este cemento es muy utilizado en los tratamientos pulpares realizados en dientes temporales. En algunos casos suele añadirse a los componentes óxido de zinc y eugenol un antiséptico pulpar que frecuentemente es el formocresol.

Sin embargo, en estudios in vitro se ha observado que el formocresol no forma enlaces químicos con el cemento de óxido de zinc-eugenol, y que es probable al cabo de un tiempo, estos elementos se separen. Algunos autores consideran que este producto se usa como relleno de las cámaras pulpares de los dientes primarios después de la pulpotomía tradicional de Buckley al formocresol.<sup>2, 66, 67,68</sup>

El óxido de zinc y eugenol, es un material que no provoca lesión pulpar, por lo que puede colocarse junto a la pulpa radicular amputada; sin embargo, su elevada solubilidad y su limitada resistencia a la compresión hace necesario colocar sobre él un material más resistente o utilizar cementos de óxido de zinc-eugenol reforzados con resinas.<sup>2, 22,69</sup>

Su empleo en el tratamiento de pulpotomía se le conoce como “técnica fisiológica”, esto es, una vez realizada la amputación cameral y la hemostasia con un trozo de algodón estéril a presión con el tejido pulpar remanente por cinco minutos, se coloca una base de óxido de zinc con eugenol en consistencia de migajón, cuando la obturación definitiva vaya a hacerse con composite, será necesario colocar material intermedio que impida el paso del eugenol libre, que podría interferir con la polimerización y el color.<sup>2,11, 18,20</sup>

Los autores que recomiendan las pulpotomías con este medicamento hacen énfasis en el empleo de dique de goma y de una rigurosa antisepsia, su fórmula es óxido de zinc 80% eugenol 99% polimetilmetacrilato 20% y ácido acético 1%.

2,97

Recientes estudios han demostrado que por debajo de la aplicación del óxido de zinc y eugenol se observa una reacción fibrosa, un fuerte infiltrado inflamatorio sobre la zona de cicatriz, debajo de esta zona se observa tejido vital con cierta desorganización probablemente por la agresión pulpar. El éxito es menor en comparación con los medicamentos antes mencionados, la cámara pulpar es remplazada por un revestimiento como el óxido de zinc y eugenol y hay quienes recomiendan poner una gotita de formocresol en la mezcla. Sin embargo, no se recomienda esta técnica ya que la reacción inflamatoria que se produce es más intensa que cuando se coloca el cemento sin formocresol; existen más efectos perjudiciales debido a su capacidad tóxica.<sup>13, 31</sup>

### **Pulpotomía con Glutaraldehído**

Es introducido por Gravenmade en 1973, tratando de buscar una alternativa de medicamentos que reemplacen al formocresol ya que con este, se obtienen resultados negativos en tejidos locales y una distribución sistémica.<sup>18, 20, 70, 71,73</sup>

El glutaraldehído o aldehído glutárico fue sugerido en un principio en el tratamiento de pulpas necróticas y después introducido a la pulpotomía. Para los fines de terapia pulpar se indica una solución buffer al 2%, que es capaz de destruir microorganismos, bacterias, hongos y virus.<sup>18, 70, 72,158</sup>

Este compuesto se emplea por su capacidad para fijar los tejidos así como por su poder antiséptico.<sup>73</sup>

Existen dos tipos de glutaraldehído: 1) el alcalino tamponado que es más potente y que una vez activado tiene una duración de 15-30 días; y 2) el ácido que tiene una vida inicialmente ilimitada. En la práctica se emplea al 2%, puesto que no se han encontrado diferencias al utilizarlo al 2% o al 5%, ni en la forma alcalina o ácida, además al 2% es más manejable y menos irritante.<sup>74</sup>

Recientemente se ha considerado como un sustituto del formocresol. Es un fijador ligero debido a que forma enlaces cruzados y tiene muy poca capacidad antigénica. Parece que penetra menos en los tejidos debido a su mayor fijación y, por consiguiente, se considera que es menos tóxico. Aunque los resultados clínicos son equiparables a los del formocresol, plantea problemas similares de toxicidad sistémica.<sup>20, 75,76.</sup>

Kopel y cols.,<sup>75</sup> usaron glutaraldehído al 2% como medicamento para pulpotomía en dientes humanos temporarios con resultados alentadores. Aunque el tamaño de la muestra era bastante pequeña en los controles de 6 meses y de un año, los investigadores hicieron las siguientes observaciones:

- 1) El glutaraldehído en solución acuosa al 2% es biológicamente aceptable para mantener la vitalidad pulpar después de un proceso de pulpotomía.
- 2) El tejido pulpar remanente no se parece al tejido pulpar tratado con formocresol cuando se les observa en cortes histológicos.

3) La aplicación de Glutaraldehído produce una zona inicial de fijación que no migra hacia apical.

4) La zona de tejido fijada eventualmente es remplazada por tejido conectivo denso por acción de macrófagos que sugiere la vitalidad de todo tejido radicular.

La técnica de pulpotomía al Glutaraldehído al 2% es similar a la realizada con formocresol. Tras la eliminación de la pulpa cameral con cucharilla e instrumental rotatorio con mucha irrigación, se controla la hemorragia de los muñones del suelo de la cámara pulpar con una bolita de algodón durante 5-10 minutos. Tras limpiar los restos de sangre de la cámara pulpar, y observar que apenas sangran los muñones de los conductos radiculares, se coloca en la cámara pulpar una bolita de algodón impregnada en Glutaraldehído 2% durante 5 minutos. Finalmente se rellena la cámara pulpar con un cemento tipo IRM, óxido de zinc-eugenol.<sup>75, 77</sup>

La diferencia al formocresol es que la torunda de algodón impregnada en Glutaraldehído que se coloca no debe ser escurrida. Ranly DM y García Godoy obtuvieron un éxito de 96% en las pulpotomías con Glutaraldehído a los 8 meses posterior a la aplicación.<sup>71, 77.</sup>

El Glutaraldehído merece una mayor investigación como medicamento pulpar. Parece que ofrece algunas ventajas sobre los medicamentos recomendados actualmente para terapia con pulpa vital.<sup>6,71</sup>

## **Pulpotomía con sulfato férrico**

El sulfato ferroso es un compuesto químico no aldehído, de pH ligeramente ácido y se ha utilizado como agente hemostático. Se encuentra en el mercado como sulfato ferroso en cápsulas de la marca Merck, y como sulfato ferroso en solución al 15.5% de la marca *Astrigedent TM Ultradent*. Otros estudios lo han llamado sulfato férrico o subsulfato ferroso.<sup>11, 29</sup> El sulfato férrico ( $\text{Fe}_2 [\text{SO}_4]_3$ ) es usado en odontología para la retracción gingival antes de tomar la impresión, y en cirugía endodóntica para control de la hemorragia (Chirtensen y Chirtensen 1979).<sup>78</sup> En contacto con sangre, se forma el complejo ión férrico-proteína y la membrana de este complejo sella el corte de los vasos sanguíneos mecánicamente, produciendo hemostasis (Fischer 1981). Otra forma de este agente, el subsulfato férrico (Solución de Monsel  $\text{Fe}_4 [\text{OH}]_2[\text{SO}_4]_5$ ) ha sido utilizado en biopsias de piel y mucosas como un agente hemostático.<sup>29, 79</sup>

Landau y Johnsen. (1988) usaron sulfato férrico para controlar la hemorragia pulpar antes de aplicar el hidróxido de calcio a dientes de mono pulpotomizados. Después de siete días, ambos grupos tuvieron ligeros cambios inflamatorios y después de 60 días se encontró una mejor respuesta pulpar en dientes tratados con sulfato férrico que en el grupo control. No se vio momificación en alguno de los tejidos pulpotomizados debido que el sulfato férrico no es un agente fijador como el formocresol. Controlar la hemorragia pulpar con sulfato férrico puede prevenir los problemas previamente encontrados debido a la formación del

coágulo, minimizando así las posibilidades de inflamación y de reabsorción interna del tejido pulpar restante.<sup>80</sup>

Se ha establecido que el uso de sulfato ferroso puede ser un apósito pulpar en el tratamiento de pulpotomías debido a su mecanismo hemostático capaz de minimizar los cambios inflamatorios crónicos y la resorción interna que se cree se asocia con la formación de un coágulo fisiológico.<sup>11,29</sup>

El sulfato férrico se encuentra en el mercado en solución al 20%, al 15.5% y al 12.7% de la marca *Ultradent*. Se presenta como un frasco de solución o en jeringa con aplicador. En el uso de tratamientos de pulpotomías se presenta como una jeringa con aplicador al 15.5%.<sup>11,29</sup>

El procedimiento de pulpotomía con sulfato férrico es igual a la descrita por Fuks y cols. El acceso a la cámara pulpar se realiza con una fresa de fisura # 56, la remoción del tejido pulpar cameral se realiza con una cucharilla de dentina # 6.

La colocación de sulfato férrico (Astringedent, Ultradent Products Inc, salt Lake City, Utah) es con aplicador de jeringa durante 15 segundos, de acuerdo a recomendaciones del fabricante, posteriormente lavar con solución fisiológica y colocación de óxido de zinc y eugenol, se recomienda al término de la pulpotomía colocar la restauración definitiva de preferencia corona de acero.<sup>11, 29, 94,95</sup>

Burnett y Walker en el año 2002, realizaron un estudio comparativo de pulpotomías en dientes primarios utilizando sulfato férrico y formocresol, en el cual no encontraron diferencias estadísticamente significativas en fracasos radiográficos post-operatorios a corto plazo. Sin embargo, después de una

inspección radiográfica llevada a cabo después de 36 meses, mostraron significativamente más fracasos los tratamientos llevados a cabo con formocresol.

81

Neamatollahi y cols., 2006 compararon clínica y radiográficamente al formocresol, Sulfato férrico y MTA en la técnica de pulpotomías de molares primarios. El resultado de esta investigación fue de 80.5% de éxito para los molares tratados con sulfato férrico, 92.5% formocresol y 69.2% para el grupo de pulpotomías con MTA. El sulfato férrico superó al MTA en éxito y lo sugieren como alternativa al formocresol. Las propiedades hemostáticas del sulfato férrico y la respuesta pulpar favorable lo hacen un promisorio medicamento para pulpotomías.<sup>79, 82</sup>

El sulfato férrico no forma coágulo sanguíneo y varios autores sugieren que este aspecto podría minimizar los riesgos de una inflamación crónica y de la reabsorción interna en pulpotomías con hidróxido de calcio; sin embargo las reabsorciones radiculares fueron similares a las observadas en otros estudios en donde se utilizó formocresol o glutaraldehído.<sup>64, 145</sup>

En el 2004 Loh A. y cols., evaluaron resultados de pulpotomías con sulfato férrico contra pulpotomías con formocresol. Los resultados clínicos de pulpotomía con sulfato férrico fueron de 80% al 100% y los radiográficos de 74% a 86% y los resultados clínicos de pulpotomía con formocresol de 87% a 100% con un porcentaje de éxito radiográfico de 54% a 99%, no encontrando diferencias estadísticas significativas.<sup>83</sup>

En la literatura se reportan resultados favorables sobre el sulfato férrico, sin embargo no se encontró ningún estudio en la literatura dental donde se hagan observaciones histológicas de la pulpa dental en dientes primarios de niños luego del uso de agentes hemostáticos. El uso de agentes hemostáticos previene los problemas encontrados por sangrado excesivo, lo que minimiza los cambios de inflamación crónica y reabsorción interna y sin los efectos tóxicos del formocresol, el riesgo de reabsorción interna se incrementa cuando la presencia de predentina está ausente. El formocresol así como el sulfato férrico no tienen las características para inducir la formación de nueva dentina.<sup>64, 83</sup>

### **Pulpotomía con métodos no farmacéuticos**

#### **Pulpotomía con electrobisturí**

Un método no farmacéutico sugerido en las pulpotomías es el electrobisturí. Es un procedimiento de corte y coagulación de los tejidos por medio de alta frecuencia de ondas que pasan a través del tejido de las células. Esta técnica también denominada electrofulguración, se comenzó a utilizar en pulpotomías de dientes temporales en 1965.<sup>96</sup>

La técnica sigue la pauta ya comentada, así, tras la eliminación de la pulpa cameral con cucharilla e instrumental rotatorio con mucha irrigación, se controla la hemorragia de los muñones del suelo de la cámara pulpar con una bolita de algodón durante 5-10 minutos. Tras limpiar de restos de sangre la cámara pulpar y observar que apenas sangran los conductos radiculares se aplica una descarga

de corriente eléctrica, durante 1 ó 2 segundos con el electrodo colocado a una distancia de 1 a 2 milímetros del muñón amputado y repitiendo la operación en todos los muñones a intervalos de 5 a 10 segundos para evitar el excesivo calentamiento de la cámara pulpar. La maniobra se repite 2-3 veces por cada muñón, colocando en cada intervalo una bolita de algodón para que absorba cualquier resto de sangre o fluidos antes de aplicar la corriente eléctrica.<sup>99, 102</sup>

Los electrobisturís que se han empleado hasta la fecha son el Hyfrecator 705 A.<sup>98,</sup>  
<sup>99.</sup> Y el Storbex Ultron.<sup>100</sup> Siempre a media potencia finalmente se rellena la cámara pulpar con óxido de zinc eugenol y se lleva a cabo la colocación de la restauración definitiva.<sup>98, 99,100</sup>

El-Meligy y cols. En el 2001, realizaron un estudio donde concluyeron que los dientes tratados mediante electrocirugía exhibieron menos reacción histopatológica que los dientes tratados mediante pulpotomías con formocresol en dientes en perros.<sup>152</sup>

Sasaki y cols., en el 2002 indican que la electrocoagulación nos facilita las pulpotomías realizadas con hidróxido de calcio resultados observados en animales de experimentación.<sup>86</sup>

## Láser

En Odontología a nivel de los tejidos duros, el láser de CO2 encuentra sus principales indicaciones en el tratamiento de la caries, ya que gracias a su efecto térmico produce la esterilización de la dentina tratada evitando la recidiva de la lesión cariosa si el sellado de la cavidad es bueno. En Odontopediatría, el laser se puede usar en dientes temporales sobre dentina irradiando las paredes más cercanas a la pulpa, y ha sido utilizado en terapias pulpares como pulpotomía y pulpectomías.<sup>8, 109</sup>

En 1985, Ebihara reporta los efectos del laser Nd:YAG en la pulpa amputada, posterior a la cicatrización se favorece la formación de puente dentinario después de las 12 semanas postoperatorio.<sup>98</sup>

En 1996, Wilkerson y cols. Evaluó clínica, radiográficamente e histológicamente los efectos del argón en pulpotomías vitales de dientes de cerdo, concluyó que el utilizar el laser de Argón no parece ser perjudicial para el tejido pulpar de cerdo.<sup>105</sup>

Lui y cols., 1999. Realizaron 23 pulpotomías de dientes primarios con laser, dentro de los resultados encontrados, solo una pieza presentó reabsorción interna a los 27 meses post-tratamiento y en el 50% de los casos se observó calcificación de los conductos radiculares pulpares a pesar que al inicio los resultados habían sido favorables. Finalmente, concluyeron que son necesarios más estudios de este tipo para confirmar los hallazgos.<sup>106</sup>

Elliot y cols. en 1999, realizaron 30 pulpotomías con laser de dióxido de carbono en molares primarios, los cuales fueron evaluados a los 90 días resultando un

éxito clínico. Sin embargo, histológicamente se demostró que después de la extracción presentaban reabsorción interna en 2 molares tratados y ninguno formó dentina reparativa.<sup>107</sup>

Las publicaciones acerca de la realización de pulpotomías con laser son escasas para algunos investigadores; el uso del láser podría presentar una alternativa para las pulpotomías mejor que la que ofrece actualmente la electrocirugía. Idealmente la irradiación de la cámara pulpar con láser provocaría un área superficial de coagulación y necrosis compatible con la vitalidad del tejido pulpar subyacente. Se considera que, con este método, se consigue aumentar la reparación, estimular la dentinogénesis y preservar la vitalidad de la pulpa radicular.<sup>8</sup>

### **Pulpotomía con materiales Biológicos**

Actualmente se han realizado pulpotomías con materiales biológicos con el fundamento de que podrían estimular la curación fisiológica de la pulpa amputada. Se ha considerado que estos materiales no son tóxicos y pueden ser tolerados por el organismo, se han estudiado el hueso deshidratado, soluciones enriquecidas de colágeno, proteína ósea morfogenética y mezclas de hidroxiapatita. El éxito de los estudios publicados son diversos y se sugiere continuar investigando para llegar a conclusiones definitivas.<sup>86, 110</sup>

## I.6 Agregado trióxido mineral

Los materiales dentales han sido parte importante en el diario evolucionar de la odontología y gracias a los grandes adelantos tecnológicos y bioquímicos, se ha logrado una generación de nuevos elementos con mejores propiedades físicas, químicas y biológicas.<sup>91, 94</sup>

Las apicectomías y la colocación de retroobturaciones se han realizado desde mediados del siglo XVII, y aunque han estudiado muchos materiales como la amalgama, el Cavit, Gutapercha, el Oro, las Resinas, IRM, el Súper-EBA, Ionómeros de Vidrio y los cementos a base de Fosfato Calcio en un esfuerzo para encontrar un material de obturación ideal, aún no existe aquel que logre conjuntar todos esos requisitos.<sup>87, 90,91,92, 93</sup>

En este sentido, recientemente el Dr. Mahmoud Torabinejad de la Universidad de Loma Linda California ha desarrollado un nuevo material denominado: Mineral Trióxido Agregado (MTA) para sellar todas las vías de comunicación existente en el sistema de conductos radiculares y la superficie externa. Existen estudios disponibles para demostrar que este material es prometedor para utilizarse tanto en perforaciones radiculares como en obturación retrógrada y en el tratamiento de exposiciones pulpares, gracias a que tiene la cualidad de formar puentes dentinarios, ser biocompatible, pH alcalino y que no favorece la inflamación.<sup>91,101</sup>

El MTA es un cemento muy prometedor en el campo de la endodoncia. Recibió su aprobación por U.S. Food and Drug Administration en 1998. Desde su primera descripción en la literatura dental por Lee y cols. 1993, el MTA ha sido

utilizado en técnicas tanto quirúrgicas como no quirúrgicas; en dientes primarios comenzó a utilizarse en procedimientos de pulpotomía en el 2001.<sup>61, 91, 112,113</sup>

Varios materiales han sido utilizados en Endodoncia para la reparación de lesiones radiculares, especialmente en las perforaciones laterales, como la amalgama, IRM, hidróxido de calcio, composites, ionómeros de vidrio, y compuesto con el MTA tanto in vitro como en vivo.<sup>97.112</sup>

Un dato curioso son las investigaciones que realizó Liné sobre los cementos que usaron los Mayas para cementar las incrustaciones de jade, jadeita, pirita etc., en dientes de diversos personajes. Él determinó que la composición química de éste, es similar a la del cemento que se emplea para la construcción, en este caso menciona al Pórtland, también podría ser el Cruz Azul o Tolteca con los que estamos más familiarizados.

Es necesario mencionar que el MTA es un derivado del cemento Pórtland y que comparten los mismos componentes principales como el calcio, fosfato y sílice. La similitud entre estos dos cementos nos lleva a la idea de que es parecido al cemento maya. No tenemos pruebas para afirmar que se tomó como base de obtención del MTA, pero como hicimos notar: este es un dato curioso.<sup>91, 101</sup>

Autores como Maroto y cols. (2004) reportaron una efectividad clínica y radiográfica del 100% en 52 órganos dentarios primarios a los cuales se les realizó pulpotomía con MTA.<sup>91</sup>

Por otra parte Fucks A. en el 2008 realizó una revisión sobre los nuevos materiales y nuevas directrices de tratamientos pulpares en dentición primaria. Dentro de los materiales más utilizados y populares de pulpotomías es el formocresol a pesar de los resultados de diversas investigaciones en seres humanos sobre su toxicidad y gran potencial cancerígeno. En su estudio concluyó que el MTA puede ser una alternativa en la técnica de pulpotomía sustituyendo al formocresol, la desventaja sería su alto costo. Otro fármaco que fue considerado como alternativa por sus resultados para terapias pulpares en dientes primarios sería el sulfato férrico.<sup>4, 27, 119</sup>

Steffen HR, Waes V. (2009), posterior a la revisión de 50 documentos científicos desde enero 1983 a enero 2009, los cuales conformaban los criterios aplicados, mostraron que el MTA y el cemento Portland tienen las mismas propiedades clínicas biológicas y mecánicas. La única diferencia era el óxido de bismuto en el agregado MTA, para una mejor radiopacidad. Parece probable que este material este basado en cementos industriales Portland mezclados con óxido de bismuto, siendo necesarios más estudios a largo plazo sobre estos materiales.<sup>126</sup>

## I.7 Composición del MTA

El MTA está compuesto principalmente de silicato tricálcico ( $3\text{Ca}\cdot\text{SiO}_2$ ), aluminato tricálcico ( $3\text{Ca}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ), silicato dicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) y aluminato férrico tetracálcico ( $4\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ); en un 4.4% por sulfato de calcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y sílice cristalina, así como una pequeña cantidad de óxidos minerales, como óxido de calcio y sulfato de potasio y sodio en un 0.6% responsables de las propiedades físicas y químicas de este agregado al cual se le ha adicionado también óxido de bismuto ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) en un 20% que le proporciona la radioopacidad.<sup>112, 113, 114</sup>

El agregado de trióxido mineral (MTA) ha mostrado en numerosos estudios, ser un material sellador con gran potencial, y con la posible utilización del Cemento Pórtland como material dental, se han abierto nuevas líneas de investigación.

Tanto el MTA como el cemento Pórtland, se proponen como dos materiales muy semejantes por comparar principales componentes: fosfato, calcio y silicio, además los análisis macroscópicos, microscópicos y de difracción mezclados con agua, que al evaporarse quedan dentro de la fase sólida.<sup>101, 104, 108</sup> Esta afirmación ha causado polémica, por la posible utilización de un cemento de uso industrial en lugar de un cemento de uso Odontológico como lo es el MTA.<sup>104</sup>

Inicialmente, sólo existía una forma comercial de MTA, pero durante los últimos años los fabricantes comercializaron el MTA Blanco debido a los problemas de tinciones y oscurecimiento dental que producía el MTA gris. Las investigaciones acerca de esta nueva forma son todavía escasas pero han mostrado que la composición tiene algunas diferencias con respecto al MTA gris pero la biocompatibilidad sigue siendo muy alta.<sup>122</sup>

En cuanto a las propiedades y los resultados de su aplicación in vitro o in vivo existe cierta controversia ya que algunos autores no han encontrado diferencias entre los dos tipos de MTA, pero otros han hallados mejores resultados con el MTA gris que con el blanco.<sup>123, 124</sup>

### **I.8 Características del Agregado Trióxido Mineral (MTA).**

El Agregado Trióxido Mineral (MTA), consiste en un polvo de partículas finas hidrofílicas, que endurecen en presencia de humedad. La hidratación del polvo del MTA da como resultado un gel coloidal que solidifica a una estructura dura en menos de 4 horas. Las características del agregado dependen del tamaño de las partículas, la proporción polvo-agua, temperatura, presencia de humedad y aire comprimido. Fisher y col. (1998).<sup>111, 115, 117</sup>

La composición química del MTA fue analizada a través de diversas investigaciones, donde se utilizó la técnica de Rayos X con un espectrómetro de energía dispersa conjuntamente con el microscopio electrónico.<sup>111</sup>

#### **Valor de pH**

El pH obtenido por el MTA después de mezclado es de 10,2 y a las 3 horas, se estabiliza en 12,5. Esta lectura se lee a través de un pH-metro. En vista que el MTA presenta un pH similar al cemento de hidróxido de calcio, luego de aplicar una sustancia como material de obturación apical, probablemente este pH pueda inducir la formación de tejido duro.<sup>89, 90, 91, 97, 111, 115, 117</sup>

## **Radiopacidad**

La medida de radiopacidad del MTA es de 7.17mm equivalente al espesor de aluminio. Entre las características ideales para un material de obturación, encontramos que debe ser más radiopaco que sus estructuras limitantes cuando se coloca en una cavidad.<sup>113</sup> En cuanto a la radiopacidad de materiales de obturación retrógrada, se encuentra que la amalgama es el material más radiopaco (10mm equivalente al espesor del aluminio). La radiopacidad de otros materiales es la siguiente: gutapercha 6.14mm, IRM 5.30mm, Súper-EBA 5.16mm y MTA 7,17mm. Por lo que el MTA es mas radiopaco que la gutapercha convencional y la dentina, siendo fácil y distinguible sobre las radiografías. En el caso del MTA el óxido de bismuto ha sido adicionado para brindar la radiopacidad.<sup>108, 113</sup>

## **Tiempo de endurecimiento**

La hidratación del MTA en un gel coloidal que solidifica de 3 a 4 horas y las características del agregado dependen del tamaño de la partícula, de la proporción polvo líquido, temperatura, presencia de agua y el comprimido. La amalgama ha sido el material que muestra el tiempo de endurecimiento más corto y el MTA el más largo; se considera preferible que el material utilizado ya sea para el sellado de perforaciones, o como obturación retrograda, endurezca tan pronto como sea colocado en la cavidad sin sufrir una contracción significativa. Esta condición puede permitir una estabilidad dimensional en el material después de su colocación y además disminuye el tiempo que esté sin fraguar en contacto

con el tejido vital; sin embargo, en términos generales a mayor rapidez de fraguado el material, más rápido se contrae. Este fenómeno puede explicar porque el MTA tiene significativamente menos pigmentación y filtración bacteriana que otros materiales, ya que al tener un tiempo de endurecimiento mayor que otros materiales con los que se ha comparado (amalgama, IRM; Super-EBA), hace que sufra menor contracción y de allí sus óptimas cualidades de sellado.<sup>91</sup>

108,113

### **Resistencia compresiva**

La resistencia compresiva es un factor importante para considerar cuando se coloca el material de obturación en la cavidad que soporte cargas oclusales. Debido a que los materiales de obturación apical no soportan una fuerza directa, la resistencia compresiva de estos materiales no es tan importante como en los materiales usados para reparar defectos en la superficie oclusal. La fuerza compresiva del MTA en 21 días es de alrededor de 7 Mpa (Megapascales), la cual es comparable a la del IRM, y Súper-EBA, pero significativamente menor que la amalgama que es de 311 Mpa.<sup>91, 108, 113, 115, 117</sup>

### **Solubilidad**

La falta de solubilidad es una de las características ideales de un material de obturación (Grossman, 1962). El desgaste de los materiales de restauración puede ocurrir por los ácidos generados por la bacteria, o los presentes en comidas, bebidas, y por desgaste por contacto oclusal.

Los materiales comúnmente utilizados para el sellado de perforaciones y de obturación retrógrada están normalmente en contacto con el fluido del tejido periapical hasta que son cubiertos por un tejido conectivo fibroso o cemento en términos generales, los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad concluyen que no se evidencian datos relevantes de solubilidad en agua para el Súper-EBA, la amalgama y el MTA, mientras que si observan para el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

113, 116,117

### **Citotoxicidad**

Una variedad de sistemas de evaluación están disponibles para determinar la citotoxicidad de los materiales dentales en cultivos de poblaciones celulares. Las pruebas de permeabilidad monitorean la integridad de las membranas celulares por la inclusión o exclusión de colorantes vitales, o por la liberación de cromo radioactivo. La replicación de estas pruebas indirectamente demuestra la habilidad de las células para proliferar por medio de la medición de la incorporación de nucleótidos análogos que han sido marcados o son detectados por inmunoensayo durante la síntesis de DNA. Los cambios en el citoesqueleto celular o de la superficie celular son observados por estudios morfológicos. Finalmente las pruebas funcionales típicamente evalúan la habilidad de las pruebas para proveer la energía necesaria para las actividades anabólicas, o los productos finales de tales actividades.<sup>129</sup>

La mayoría de los estudios que evalúan la citotoxicidad de los materiales de obturación retrógrada utiliza la prueba MTT, para medir la actividad de la deshidrogenasa mitocondrial. Esta consiste en un sustrato amarillo que produce un producto azul oscuro en mitocondrias activas, por lo tanto esta reacción solamente ocurre en células metabólicamente activas.<sup>129</sup>

La decisión de usar una prueba particular está basada en la naturaleza química del material que va a ser evaluado. Por ejemplo, si un material no causa un cambio en la permeabilidad de las membranas celulares, una prueba de permeabilidad es menos apta para determinar la citotoxicidad de una manera válida. Ya que el MTA es una sustancia hidrofílica al liberar componentes iónicos, esta puede ser más apta para interferir con las actividades enzimáticas intracelulares que influyan en la permeabilidad de la membrana. Por lo tanto el MTT, es una prueba adecuada para ese material.<sup>130</sup>

En estudios realizados para evaluar la citotoxicidad de varios materiales de obturación retrograda como la amalgama, Super EBA y MTA, éste último mostraba que no afectaba la actividad de la deshidrogenasa mitocondrial y que causaba una pequeña pero estadísticamente significativa reducción de la proliferación celular. De igual manera estudios comparativos muestran que el material más citotóxico es la amalgama y el menos citotóxico en esta condición es el MTA. Por el contrario, en la evaluación a las 24 horas la amalgama disminuye su citotoxicidad y el MTA la aumenta, disminuyéndose nuevamente en forma significativa a largo plazo.<sup>130</sup>

## I.9 Manejo y aplicaciones del MTA

El polvo de MTA debe ser almacenado en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad extrema, (idealmente 1 gr. por porción) debe ser mezclado con agua estéril en una proporción de 3:1 en una loseta y con una espátula de plástico o metal. Si el área de aplicación está muy húmeda se puede limpiar con una bolita de algodón.<sup>91, 97,108</sup>

Cuando un tratamiento no quirúrgico fracasa en la reparación de una lesión periapical de origen endodóntico, el retratamiento es contraindicado, y el tratamiento quirúrgico es necesario. Este tratamiento consiste en la exposición del ápice involucrado, apicectomía, preparación de la cavidad y la obturación retrógrada de ésta. Las cavidades deben ser obturadas idealmente con sustancias biocompatibles que prevengan el egreso de potentes contaminantes a los tejidos periapicales.<sup>108, 116</sup> Debido a las insuficiencias inherentes de los estudios de filtración por tinción y de radioisótopos y la ausente correlación entre la filtración bacteriana y a las moléculas de tinción y de isótopos, los estudios de filtración bacteriana han sido recomendados para medir el potencial de los materiales de obturación retrógrada.<sup>116</sup>

En un estudio in Vitro se determinó el tiempo necesario para que el *Staphylococcus epidermidis* penetre 3mm de espesor en la amalgama, Súper-EBA, RIM y MTA cuando se utilizan como materiales de obturación retrógrados. La mayoría de las muestras que fueron obturadas con amalgama, Súper-EBA, o IRM comienzan a filtrar desde los 6 a los 57 días. En contraste, la mayoría de las muestras cuyos ápices fueron obturados con MTA no mostraron filtración durante el periodo experimental (90 días). El análisis estadístico de los datos no mostró diferencias significativas como la filtración de amalgama, Súper-EBA, e IRM. Sin embargo, el MTA filtró significativamente menos que los otros materiales de expansión cuando endurece en un ambiente húmedo. <sup>116</sup>

Yatsushiro J. (1998) evaluó la microfiltración del MTA y amalgama con alto contenido de cobre en dientes con obturación retrógrada con el método de filtración de fluidos por un período de 24 semanas, donde el sistema causó movimiento en cuatro posibles puntos de los dientes: a) a través del área interfase entre el material de obturación y la estructura dentaria. b) entre el material de obturación propiamente dicho. c) a través de la estructura dentaria (túbulos dentinales o cemento), y a través de varios puntos de conexión entre el sistema de microfiltración y el diente. Se encontró que el grupo sellado con amalgama obtuvo una alta conducción de fluidos, mayor que el grupo con MTA después de 4 semanas, posiblemente concluyendo que entre la estructura dentaria y la amalgama después de este periodo de tiempo, se encuentran áreas significativas de filtración por donde bacterias y sus subproductos pueden escapar.<sup>127</sup>

Se han utilizado diversas técnicas como el microscopio monofocal y el microscopio electrónico de barrido (SEM) para evaluar la adaptación y la capacidad selladora de los diferentes materiales de obturación retrógrada.<sup>128</sup>

El MTA es utilizado en terapia de pulpas vitales (Recubrimiento pulpar directo y Apicogénesis); la reparación de las exposiciones pulpares no dependen del material de recubrimiento, pero sí está relacionado con la capacidad de estos materiales para evitar la filtración bacteriana; por otro lado también depende de las condiciones de asepsia en las que se realiza este tipo de procedimientos. En algunos estudios, el MTA ha demostrado prevenir filtración bacteriana, además de tener un alto grado de biocompatibilidad, por tal motivo ha sido usado como material de recubrimiento directo en pulpas expuestas mecánicamente en monos.<sup>121</sup>

Los resultados de estos estudios demuestran que el MTA estimula la formación de un puente de dentina adyacente pulpa. La dentinogénesis del MTA se puede deber a su sellado, biocompatibilidad, alcalinidad o posiblemente a las propiedades asociadas a este material. Un puente dentinario puede ser un signo de reparación o de irritación, y es conocido que la presencia de bacterias es un factor determinante en la inhibición de la reparación de las exposiciones pulpares. El hidróxido de calcio se adhiere a la dentina y pierde su capacidad de sellado. Defectos en los puentes dentinarios bajo el recubrimiento del hidróxido de calcio pueden actuar como vías para la microfiltración. Este material también tiene la tendencia a disolverse con el paso del tiempo.<sup>111</sup>

Fidalgo y cols. (2009) presentaron un caso clínico en donde se utilizó el MTA como recubrimiento pulpar directo en un molar primario de un paciente de 14 años de edad el cual presentaba agenesia del sucesor permanente. Siguiendo los criterios para recubrimiento pulpar directo, la pulpa había sido expuesta al realizar la remoción de caries, se irrigó la pulpa con abundante solución fisiológica estéril, se procedió a cohibir el sangrado y secar con algodón colocando posteriormente MTA blanco (Angelus) de acuerdo al uso del fabricante presionando sobre la zona expuesta. Posteriormente se colocó una camada de ionómero de vidrio autopolimerizable, para ser restaurada finalmente con resina compuesta híbrida fotopolimerizable. El resultado fue favorable durante los 2 años posteriores al tratamiento y concluyó que el MTA demostró ser un material eficiente para uso de recubrimiento pulpar directo en dientes primarios por presentar compatibilidad biológica comprobada así como una barrera física promoviendo el sellado del techo pulpar a nuevos irritantes, sin embargo se recomiendan la necesidad de estudios histológicos con este material.<sup>139</sup>

## **Terapia en pulpas no vitales (Apexificación)**

Varios materiales han sido utilizados como medicamentos intraconducto para la formación de tejido duro o como tope apical para prevenir la extrusión de materiales de obturación en dientes con ápices abiertos. El hidróxido de calcio se ha convertido en el material de elección para la apexificación.<sup>101</sup>

Se realizaron estudios para comparar la eficacia de la OP-1, hidróxido de calcio y MTA para la inducción de formación de la raíz, donde el MTA fue usado como tope apical en premolares inmaduros de perros que fueron infectados a propósito y luego desinfectados con hidróxido de calcio. Los resultados mostraron que el MTA induce la formación de tejido duro más frecuentemente y provoca menor inflamación que los otros materiales. Basados en estos resultados el MTA puede ser utilizado como una barrera apical en dientes con ápices inmaduros.<sup>125</sup>

Otra técnica utilizada para procedimientos de apexificación ha sido la combinación de la colocación de una barrera de MTA con la subsiguiente adhesión interna contra la barrera, que pueda disminuir el tiempo del tratamiento y el pronóstico a largo tiempo. Los fabricantes recomiendan que se deba colocar de 3-5mm de espesor de MTA al ápice para los procedimientos de apexificación.<sup>125</sup>

## **Reparación de perforaciones dentales**

Las perforaciones dentales pueden ocurrir durante el procedimiento endodóntico o en la preparación para postes, también como resultado de la extensión de una reabsorción en los tejidos radiculares. La reparación de la perforación después de un procedimiento accidental o como consecuencia de una reabsorción interna puede ser resuelta intracoronalmente o mediante un procedimiento quirúrgico. Materiales como el Cavit, óxido de zinc eugenol, hidróxido de calcio, amalgama, gutapercha, e hidroxiapatita han sido usados para reparar perforaciones.<sup>93, 115</sup>

## **Obturación retrógrada**

Numerosas sustancias han sido utilizadas como materiales de obturación retrógrada. La principal desventaja de estos materiales incluye su poca capacidad para prevenir la filtración de irritantes a los conductos radiculares infectados, los tejidos periapicales, la ausencia de una completa biocompatibilidad con los tejidos vitales y su incapacidad de promover la regeneración de los tejidos periapicales a su estado normal. El sistema de adhesión a un ligamento periodontal funcional consiste en un cemento, ligamento periodontal y hueso sano.<sup>91</sup>

La capacidad de permitir la regeneración de este sistema es deseable para cualquier material usado dentro del conducto radicular, en apexificaciones, sellado de perforaciones, obturación retrógrada, o cualquier procedimiento diseñado para sellar una comunicación entre el conducto radicular y el tejido periapical. Estudios

histológicos han reportado que pocos materiales dentales cuando son colocados estos materiales se incluye el MTA.<sup>128</sup>

### **Barrera durante el blanqueamiento dental**

El blanqueamiento interno de los dientes puede causar resorción externa radicular. Ningún material es capaz de prevenir la filtración de los agentes blanqueadores. Debido a que el MTA provee un sellado efectivo en contra de la penetración de colorantes y bacterias, y de sus metabolitos como endotoxinas, se puede utilizar como material de barrera coronaria (3 a 4mm.), después de la obturación del conducto y antes del blanqueamiento interno.<sup>128</sup>

Se realizó un estudio con la finalidad de comparar la efectividad del MTA, IRM, fosfato de Zinc (ZnPO<sub>4</sub>) y las barreras de aislamiento para prevenir la filtración de los agentes blanqueadores. Los resultados muestran que el Fosfato de Zinc (ZnPO<sub>4</sub>) presentó significativamente mayor filtración que el IRM y MTA, éste último tuvo la menor filtración entre los materiales estudiados. Basados en estos resultados, el MTA se puede utilizar como una barrera de aislamiento para el blanqueamiento interno.<sup>128</sup>

Es importante resaltar que el MTA presenta una composición química que puede provocar pigmentación en la estructura dentaria, por lo que se recomienda utilizarse en el espacio del conducto y cámara que se encuentre por debajo del margen gingival o de la cresta ósea (instructivo ProRoot MTA, Tulsa Dental).<sup>128</sup>

## Otros usos

Ya que el MTA provee un sellado efectivo contra la penetración de colorantes, bacterias y sus metabolitos, y endotoxinas, puede ser utilizado como sellador coronal (3-4mm) después de completar la obturación de los conductos radiculares. Se introduce la mezcla y se rellena el resto de la cavidad con un material de obturación temporal. Como material de obturación temporal se coloca una torunda de algodón en la cámara pulpar y se rellena el resto de la cavidad de acceso con MTA colocando una gasa húmeda entre la superficie del diente y el diente adyacente, se le debe informar al paciente que no debe morder por ese lado de 3 a 4 horas y posteriormente remover los restos de MTA con una fresa redonda en la próxima cita.<sup>128</sup>

Para la reparación de una fractura vertical, se debe remover el material de obturación del diente y se deben cubrir las superficies internamente con resina. Después de levantar un colgajo o de extraer el diente para un reimplante intencional se debe hacer una cavidad sobre toda la superficie de la fractura con una fresa pequeña bajo irrigación constante.<sup>91, 121</sup> Se debe colocar el MTA sobre la superficie, se debe cubrir con una membrana reabsorbible y luego suturar el colgajo. Para mejorar el pronóstico en estos casos el paciente debe ser instruido para seguir una higiene oral meticulosa. A pesar del éxito en algunos casos en la reparación de fracturas verticales, el uso de MTA en casos donde existe contacto directo con la cavidad oral por un periodo largo de tiempo es impredecible; esto se debe al hecho de que el MTA se disuelve en un pH ácido.<sup>128</sup>

Existen una gran cantidad de materiales dentales, los cuales a su vez se clasifican de acuerdo al uso clínico y su composición. Se sabe que cada uno tuvo que cumplir una serie de requisitos para su aprobación y que aún pruebas más rigurosas hay un margen de tolerancia, esto hay que resaltarlo, ya que todavía no existe el material que se considere como ideal. Un ejemplo claro, son las resinas, las cuales sufren una contracción al ser polimerizadas; aunque en la actualidad los fabricantes han desarrollado mecanismos para reducir y controlar esta contracción, no se ha podido eliminar por completo, pero son de amplio uso en la actualidad. Las normas que regulen a los materiales dentales varían según sea su área de aplicación.<sup>91</sup>

Los materiales dentales de ser perfectos; no existe aquel que sea libre de producir algún grado de inflamación, pero se sabe que a pesar de presentar algunas desventajas, estas son hasta cierto punto justificables, pues son más los beneficios que se obtienen al aplicarlos. Los materiales dentales son evaluados mediante pruebas In Vitro y sabemos que no permiten evaluar más de un tipo celular, y no permite medir reacciones a largo plazo de algunos procesos como la respuesta inflamatoria o inmunológica <sup>91</sup>

Se sabe que el MTA estimula de manera importante la proliferación de cementoblastos y a la recalcificación en condiciones ideales para las células encargadas de varios procesos regenerativos. Esta interacción tan íntimamente relacionada a la regeneración de tejido, demuestra que la toxicidad que se presenta durante el endurecimiento no produce cambios en la estructura y función de las células con la que está en contacto. Una vez que el MTA alcanza su

endurecimiento máximo, su pH se estabiliza en 12.5mm, lo cual produce una sustancia estable para iniciar regeneración.<sup>91</sup>

El MTA es un material de reciente aparición cuyas primeras referencias en la bibliografía odontológica aparecen en 1995.<sup>116, 121,126-</sup> El MTA es un polvo fino y de color gris que está formado por pequeñas partículas hidrofílicas de silicato tricálcico, aluminato tricálcico y óxido de silicato. Contiene también pequeñas cantidades de otros óxidos minerales que le confieren sus propiedades físicas químicas, siendo los principales iones presentes el calcio y el fósforo.<sup>16</sup> Asimismo, se ha añadido óxido de bismuto con el fin de obtener una radiopacidad superior a la dentina.<sup>116, 121</sup>

Numerosos estudios, tanto in vitro como clínicos, han mostrado que el MTA posee múltiples propiedades: un pH alcalino, una buena compatibilidad, una elevada capacidad de sellado y la capacidad de fraguar en presencia de humedad. Se ha demostrado también que el MTA induce la formación de tejidos duros como el hueso, cemento y dentina. Por todas estas características, una de sus principales propiedades es la capacidad de sellar cualquier posible comunicación entre la pulpa y el medio externo.<sup>113, 118, 151,159, 160</sup>

Las aplicaciones más frecuentes de este fármaco son los recubrimientos pulpaes directos, pulpotomías, perforaciones de furca o radicales, apicoformaciones y retroobturaciones. Resulta ser un excelente material en aquellos casos en los que ha de colocarse en contacto con el hueso, ya que permite la formación de

cemento y de hueso, además de poder facilitar la regeneración del ligamento periodontal.<sup>35</sup>

### **Efecto antimicrobiano**

El MTA posee numerosas propiedades que lo convierten en material ideal para ciertos procedimientos, después de numerosos estudios se ha demostrado que el MTA no tiene ningún efecto sobre las bacterias anaerobias estrictas, pero sí en cinco especies facultativas. Este efecto antibacteriano puede ser atribuible a su alto pH siendo aproximadamente de 12.5 al endurecer.<sup>116, 135</sup>

### **Biocompatibilidad**

Tras distintas investigaciones, el MTA ha resultado ser un material no Mutagénico y no citotóxico tanto recién mezclado, como al cabo de veinticuatro horas; además, ha sido mostrado con excelente biocompatibilidad.<sup>67, 91, 131, 133</sup>

### **Formación de tejido duro**

Se ha podido observar en distintos estudios que el MTA promueve la formación de tejido duro. Torabinejad y cols. observaron que el MTA poseía un efecto inductor de los cementoblastos, lo que está relacionado con la formación de tejido mineralizado. En una investigación llevada a cabo por Koh y cols, 1998 se analizó la citomorfología de los osteoblastos y la liberación de citocinas en

presencia del MTA, con el fin de estudiar el mecanismo por el cual este material induce la formación de tejido duro.<sup>42</sup>

Las citocinas son glicoproteínas de bajo peso molecular involucradas en la coordinación del metabolismo óseo, que son liberadas por algunas células tras un estímulo y que tienen la capacidad de activar otras células, ya que al interactuar con los receptores celulares provocan un cambio en el comportamiento de la célula.<sup>46</sup>

Para analizar el efecto del MTA sobre los osteoblastos, se realizó un cultivo de estas células. Posteriormente, se colocaron en discos de petri que contenían el material y se incubaron durante un período de siete días, observando su estado en el primer, tercer y séptimo día. Para evaluar la liberación de citocinas, los osteoblastos se cultivaron durante ciento cuarenta y cuatro horas en discos, unos conteniendo MTA y otros no; al evaluar el estado de los osteoblastos se pudieron observar células sanas y en contacto con el MTA en el primer y tercer día. No sólo presentaban una morfología normal, sino que crecían en íntimo contacto con el cemento, lo que demuestra la biocompatibilidad del MTA. Por otra parte, se detectaron pequeñas cantidades de interleuquinas producidas por los osteoblastos que se hallaban en contacto con el cemento, que no aparecían en los cultivos celulares en ausencia del MTA.<sup>35,91</sup>

En estudios más recientes como el de Zhu y cols. (2000) también se ha podido comprobar la favorable respuesta de los osteoblastos al MTA de esta forma, se puede afirmar que este nuevo material estimula la producción de interleuquinas y

la liberación de citokinas de las células óseas, lo que indica que el MTA promueve activamente la formación de tejido duro lejos de ser un material inerte.<sup>35,55</sup>

Por otra parte Holland y cols., observaron que el MTA al igual que el hidróxido cálcico, induce la aparición de cristales de calcita. Este fenómeno, en el caso del hidróxido cálcico, se explica por la reacción que se produce entre el calcio procedente del hidróxido cálcico con el dióxido de carbono de los tejidos, y parece ser que, como en el MTA uno de los componentes es el óxido de calcio, éste sería el que al reaccionar con los fluidos tisulares, daría lugar a hidróxido cálcico y éste a su vez a los cristales de calcita.<sup>52</sup>

## **Buen Sellado**

El MTA como material para crear un tapón apical, presenta una gran ventaja respecto a otros materiales. No necesita un campo seco y su capacidad selladora no se ve afectada por la presencia de sangre. Probablemente esto se deba a la naturaleza hidrófila de este cemento y a la ligera expansión que sufre cuando fragua en un medio húmedo.<sup>35, 91</sup>

En un estudio realizado por Lee y cols., en donde a 50 a molares extraídos se les evaluó el sellado al MTA, la amalgama y al IRM, los cuales fueron aplicados como material de reparación de perforaciones radiculares en un lapso de 30 días utilizando como marcador el azul de metileno, los resultados demostraron que el IRM y la amalgama muestran una considerable cantidad de penetración sin una

diferencia estadísticamente significativa, mientras el MTA presentó menor cantidad de filtración posiblemente por ser hidrofílico y endurecer en presencia de humedad.<sup>136</sup>

En otro estudio in vitro realizado por Yatsushiro y cols. (1997) en molares extraídos analizaron la microfiltración producida en obturaciones apicales con amalgama y MTA. Los resultados fueron a las 24 semanas de investigación que los molares con amalgama presentaron mayor filtración que los tratados con MTA.

137

Para comparar la eficacia de los distintos materiales empleados en inducir la formación de una barrera de tejido duro, Shabahang y cols, realizaron un estudio en dientes inmaduros de perros. Los materiales utilizados en el estudio fueron el MTA, la proteína osteogénica -1 y el hidróxido cálcico. En primer lugar, indujeron la formación de lesiones periapicales dejando los canales radiculares expuestos a la flora oral durante catorce días tras haber retirado el tejido pulpar.<sup>58</sup>

Después de esta contaminación inicial se colocó un material provisional durante catorce días, tras los cuales se observaba una imagen radiolúcida periapical. Seguidamente se limpiaron los canales radiculares, se rellenaron con hidróxido cálcico y a continuación en el caso del MTA y de la proteína osteogénica -1, se retiró el hidróxido cálcico y se rellenó con el material elegido.<sup>58</sup>

El MTA resultó ser el material –de los tres probados- que más frecuentemente inducían la formación de tejido duro, además de asociarse con un menor grado inflamación. Por otra parte, el tejido formado por el MTA resultó ser bastante más

consistente que el formado por los materiales restantes. Sin embargo, a pesar de todas las ventajas que presenta el MTA, este material no sustituye totalmente al hidróxido cálcico, sobre todo porque en la técnica de apicoformación, antes de la colocación del MTA, se recomienda el relleno del conducto con hidróxido cálcico durante un mes después de quitar la pulpa necrótica.<sup>16,58</sup>

De acuerdo a las distintas investigaciones la formación de cemento sobre el MTA sería así: El contacto de óxido cálcico incluido en el MTA con los líquidos de los fluidos corporales, forma hidróxido de calcio, este compuesto reaccionaría a su vez con el dióxido de carbono presente en el tejido conectivo del ligamento periodontal creando cristales de calcita; estos a su vez se verán rodeados de fibronectina, y este tejido permite la adhesión celular. Por otro lado el MTA desencadena una reacción inmune defensiva que produce citocinas, células mediadoras del sistema inmune las cuales estimulan a células formadoras de tejido duro como osteoblastos y cementoblastos.<sup>85, 134,141</sup>

Dentro de las innovaciones que existen en Endodoncia se encuentre el hecho de promover revascularización pulpar de dientes necróticos a partir de coágulos del periápice.<sup>141</sup>

Thibodeau. En el 2007 reportó un caso en donde a un diente joven se le realizó irrigación con hipoclorito de sodio al 1.25% y se colocó una pasta con Metronidazol, Ciprofloxacino y cefaclor durante 11 semanas para desinfectarlo,

luego se estimuló el tejido periapical con una lima endodóntica para producir sangrado y formación de un coágulo sanguíneo; se esperaron 15 minutos para lograr que el coágulo llegara aproximadamente al límite amelocementario y posteriormente se colocó el MTA. Se esperó una hora a que fraguara. Después de un año de control el diente permanecía asintomático, con respuesta normal a la percusión, palpación, pruebas periodontales normales, más no respondía a hielo, CO<sub>2</sub> o pruebas eléctricas pulpaes. Las radiografías revelaron aspecto normal del tejido periapical y cierre apical. Concluyó que al existir un coágulo sanguíneo existen células, factores de crecimiento y de diferenciación; en el futuro se busca este tipo de revascularización en tejido necrótico.

## Desventajas del MTA

- 1) No se manipula con facilidad.
- 2) Es un material de elevado costo económico.
- 3) Al no ser reabsorbible, si pasan restos de material a la región apical no podrán ser eliminados, salvo realizando cirugía periapical.
- 4) En dientes con ápice muy abierto, por detención muy temprana del desarrollo radicular, resulta muy complicado crear un tapón ya que la divergencia de las paredes hace que la pasta tienda a salirse al periápice.

## Ventajas del MTA

- 1) Tiene buena tolerancia hística y posee propiedades antibacterianas.
- 2) Es un material radioopaco.
- 3) No se afecta por la presencia de humedad.
- 4) Produce un buen sellado.
- 5) El tratamiento de la apicoformación se hace en dos sesiones, lo que permite realizar una pronta restauración del diente.<sup>35</sup>

Eidelman y cols., en el 2001, compararon en un estudio el efecto del MTA con el formocresol como agentes de protección pulpar en pulpotomías de molares primarios. Utilizaron 45 Molares primarios de 26 niños, los cuales fueron tratados por la técnica convencional de pulpotomía. Las evaluaciones de seguimiento revelaron solo un fracaso (resorción interna detectada en una evaluación a 17

meses del postoperatorio) en un molar tratado con formocresol. Ningún diente tratado con MTA mostró alguna patología clínica o radiográfica.<sup>61</sup>

En un estudio realizado por Agamy (2004) y cols. Comparando el MTA y el Formocresol como agentes de recubrimiento pulpar en pulpotomías de dientes primarios no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estos grupos en evaluaciones clínicas y radiográficas después de 1, 3, 6, y 12 meses. Además también observaron que el MTA indujo la formación de un puente de dentina en el sitio de amputación, mientras que el formocresol indujo una capa delgada de dentina pobremente calcificada.<sup>64, 85</sup>

Mehmet Yaltirit y cols., (2004), evaluaron la reacción del tejido conectivo con el mineral trióxido agregado y la amalgama, los cuales fueron implantados en el tejido conectivo del dorso de las ratas y posteriormente fueron examinados a los 7, 15, 30, 60, y 90 días. Los resultados fueron que el MTA induce al tejido conectivo a formar una zona distrófica y calcificada.<sup>132</sup>

Holan y cols. (2005), realizaron un estudio en el cual evaluaron clínica y radiográficamente los efectos del MTA como material de protección pulpar siguiente a una pulpotomía en molares primarios humanos y los compararon con los del formocresol. Con un total de 62 dientes evaluados el porcentaje de éxito para el MTA fue del 97% y para el formocresol de 83%.<sup>3</sup> Naik S, Hegde AH., en el 2005 realizaron un ensayo clínico aleatorio donde se propone al Mineral Trióxido Agrégate como agente en pulpotomías en molares primarios por ser un material biocompatible y proveer un buen sellado. En el estudio se evaluó la eficacia del

MTA clínica y radiográficamente como medicamento en la técnica de pulpotomía, en un periodo de 6 meses. De los 50 dientes seleccionados tres fueron eliminados y los 47 restantes tuvieron éxito clínico y radiográfico. Ninguno presentó signos patológicos.<sup>67</sup> Observándose en el 60% de la muestra un cambio de coloración de los dientes tratados con MTA.<sup>67, 71</sup>

Jabbarifar y cols., 2004 Comparó al MTA con FC en la técnica de pulpotomías de 64 molares primarios asignados aleatoriamente en 2 grupos; los resultados fueron evaluados por dos dentistas pediatras a los 12 meses posteriores al tratamiento, reportando un éxito de 94% con el MTA y un 91% con formocresol.<sup>120</sup>

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El formocresol tiene una larga historia en la cual se cuestiona y se reflexiona sobre su uso en Odontopediatría (Fucks y Eidelman; 1991) y ha alcanzado gran popularidad a pesar de no tener atributos curativos de ningún tipo. En una encuesta, Avram y Pulver (1989) informaron que la mayoría de los Odontopediatras de todo el mundo (76.8%) utiliza el formocresol, sin diluir o en una dilución de una quinta parte como medicamento preferido en pulpotomías de dientes primarios vitales, debido a su fácil manejo y a su éxito clínico.<sup>2, 13,140</sup>

Investigadores como Dean y cols., (2002) y Agamy (2004) han considerado cambiar la técnica debido a que este medicamento contiene formaldehído, el cual consideran que posee un potencial citotóxico, inmunógeno, mutágeno y según estudios experimentales realizados en animales es cancerígeno.<sup>20, 140,141</sup>

Sasaki y cols., (2002) mostraron su preocupación al respecto al uso del formocresol por los trastornos que éste podría producir debido a su distribución sistémica, al igual que Cambruzzi y Greenfiel (1983), quienes observaron necrosis de la cresta ósea y del tejido gingival como resultado de colocar una cantidad excesiva de formocresol durante el tratamiento pulpar.<sup>48, 49</sup> Pero no está claro si las pequeñas cantidades liberadas durante una pulpotomía también son suficientes para desencadenar acciones mutágenas o carcinógenas, y tampoco se sabe si pueden perjudicar a los dientes sucesores permanentes (Koch y Staehle, 1997; Hülsmann. 1997).<sup>141</sup>

En la literatura científica parece haber un acuerdo generalizado en cuanto a los objetivos ideales que debe cumplir un tratamiento de pulpotomía en los dientes

primarios, y citan algunas de las posibles características ideales de un material para pulpotomía en dientes primarios, por ejemplo que no sea nocivo para los tejidos con los que entra en contacto y circundantes, que sea bactericida, que fomente la cicatrización de la pulpa radicular, que no interfiera en los procesos fisiológicos de resorción radicular y que sea capaz de dejar la pulpa radicular vital y sana. Además se considera que para mantener una pulpa sana vital, es imprescindible un correcto sellado de la misma.<sup>90, 91, 149,150</sup>

## **II.1 HIPÓTESIS**

Expuesto lo anterior me formulo la siguiente pregunta de investigación.

¿Será el MTA un material ideal en la técnica de pulpotomía en dientes primarios?

HE. El MTA es el material ideal en la técnica de pulpotomía en dientes primarios.

HO. El MTA no es el material ideal en la técnica de pulpotomía en dientes primarios.

## **II.2 JUSTIFICACIÓN**

En un estudio realizado en el 2005 en el postgrado de Odontopediatría de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, se registró que durante el periodo comprendido de enero a diciembre, acudieron a consulta un total de 564 pacientes de nuevo ingreso, de los cuales 187 pacientes (33.15%) se les indicó tratamientos de pulpotomía, realizándose un total de 257 pulpotomías en dientes primarios, las cuales fueron realizadas con la técnica de pulpotomía al formocresol.

El formocresol de Buckley es el medicamento más utilizado en dientes primarios en la técnica de pulpotomía, a pesar de que su toxicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad está bien documentada en la literatura pediátrica. Ante la necesidad de buscar alternativas de fármacos utilizados como apósitos pulpares en la técnica de pulpotomía, se han investigado otros productos que pudieran ofrecer una alternativa en el tratamiento de pulpotomía en dientes primarios Ruemping, en 1983.<sup>142</sup> Shaw, y cols. En 1987, utilizaron el electrocauterio en el tratamiento de pulpotomía en monos, los cuales fueron evaluándose durante 6 meses.<sup>142</sup>

Shoji 1985. Reportó resultados preliminares empleando por primera vez láser en la técnica de pulpotomías en dientes de perros <sup>144</sup> Chistensen, en 1979, propuso el uso de sulfato férrico.<sup>152</sup> García en 1983 hidróxido de calcio, otros como el Glutaraldehído, óxido de Zinc y eugenol reforzado, Corticosteroide, fibras colágenas, proteína de hueso morfogénico, cementos de policarboxilatos, citokinas etc. Sin embargo no se ha identificado el medicamento ideal.

En tratamientos de pulpotomía de dientes primarios, para establecer que es una alternativa del formocresol en el presente proyecto se utilizará el MTA en la técnica de pulpotomía.

Siguiendo estos criterios, se ha valorado la posibilidad de emplear en los tratamientos de pulpotomía en dientes primarios el MTA.<sup>2,7</sup>

## **II.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **2.3.1 Objetivo general**

Evaluar clínica y radiográficamente al Agregado trióxido Mineral en la técnica de pulpotomía en molares primarios.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

1.-Evaluar éxito clínico y radiográfico en pulpotomías con Agregado trióxido Mineral en molares primarios.

2.- Identificar signos y síntomas de fracaso clínicos y radiográficos de pulpotomías con Agregado Trióxido Mineral a 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 36 y 48 meses.

3.- Evaluar al MTA como alternativa en la técnica de pulpotomía en molares primarios.

4.- Identificar la formación de puente dentinario utilizando MTA en pulpotomías en molares primarios.

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **III.1 Diseño del estudio**

El presente estudio es clínico con medición longitudinal de la efectividad del Agregado Trióxido Mineral como apósito en técnica de pulpotomía en molares primarios.

#### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó con el programa PASW- Statistics versión 18.0.

#### **Población**

Pacientes que acudan a la clínica de Odontopediatría de la Universidad Autónoma de Tamaulipas de Marzo - agosto del 2006 y que cumplan los criterios de inclusión y exclusión del estudio.

#### **Tamaño de la muestra.**

La muestra fue de 37 pacientes, 18 sexo femenino y 19 sexo masculino; con un total de 58 Molares primarios (superiores e inferiores).

## **III.2 Criterios de selección**

### **Criterios de inclusión**

- Pacientes que ingresen a la clínica de Odontopediatría de la UAT en el periodo de marzo - agosto 2006, de ambos sexos, que tengan de 4 a 8 años de edad.
- Primeros y segundos molares superiores o inferiores que presenten caries extensas y afectación irreversible de la pulpa cameral.
- No hubieran recibido tratamiento previamente.
- No tuvieran signos ni síntomas de degeneración de la pulpa radicular.
- Piezas primarias que presenten al menos 2/3 de la longitud original de la raíz.
- No imagen radiológica de lesión en furca o reabsorción externa e interna ni ensanchamiento de ligamento periodontal.
- Pacientes sin enfermedad sistémica que interfiriera el tratamiento pulpar.
- Pacientes cuyos padres hayan autorizado por escrito el consentimiento informado.

### **Criterios de exclusión**

- Que el padre, madre o tutor no acepten entrar al estudio y no firmara el consentimiento informado.

Contraindicaciones locales:

- Dientes con signos o síntomas de degeneración de la pulpa radicular.

- Pulpitis irreversible.
- Dolor espontaneo o nocturno.
- Presencia de fistula o absceso.
- Presencia de inflamación de los tejidos blandos adyacentes (de origen pulpar), movilidad patológica.
- Piezas dentarias que presenten evidencia de resorción interna y externa, pérdida de hueso interradicular.
- Calcificaciones pulpares o ausencia de sangrado de la pulpa o excesivo sangrado tras la amputación pulpar.
- Pulpa con drenaje seroso purulento.
- Sensibilidad a la percusión o palpación.
- Afectación del germen permanente.
- Molar no restaurable.

Contraindicaciones generales:

- Niños con alteraciones cardiacas congénitas.
- Niños inmunodeprimidos.
- Niños con tratamiento médico (Oncológicos, Trasplantados etc.)

### **Criterios de eliminación**

- Molares en los cuales la hemorragia persista a pesar de intentar la hemostasia indicando entonces el tratamiento de pulpectomía.
- Pacientes que no regresen a 2 de las evaluaciones de seguimiento.

## **Variables del estudio**

Tratamiento de pulpotomía:

Definición Conceptual: Es el medio por el cual se lleva a cabo la extirpación parcial de la pulpa dentaria, en donde se amputa todo el tejido pulpar cameral con la finalidad de preservar la pulpa radicular remanente en estado normal.

Definición operacional: Es el método por el cual se realizará la amputación de la pulpa coronal llevada a cabo por un solo operador, seguida de la colocación de un agente químico o material en este sitio, con la finalidad de preservar normal la pulpa remanente radicular.

Escala de medición: Nominal

Categoría de la escala.

Técnica de pulpotomía con MTA Proroot White Dentsply.

Éxito clínico:

Definición conceptual: Es la capacidad de producir efectos relativos a la observación de un tratamiento realizado.

Definición Operacional: Es el resultado favorable de un tratamiento de pulpotomía, identificado por la evaluación de signos y síntomas, así como de la evaluación radiográfica.

Escala de medición: Nominal

Categoría de la escala:

- 1.Éxito
2. Fracaso

Periodo de observación.

Definición conceptual: Es el intervalo de tiempo para inspeccionar o examinar algún aspecto determinado.

Definición Operacional: Es el intervalo de tiempo para examinar el resultado del tratamiento de pulpotomía realizado.

Escala de medición: Nominal.

Categoría de la escala.

3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 36 y 48 meses.

Hallazgos clínicos patológicos:

Definición conceptual: Es la identificación de los signos y síntomas en pacientes tratados con pulpotomía.

Definición operacional: Es la observación de signos y síntomas registrados por el propio investigador.

Escala de medición: nominal.

Categoría de la escala.

1. Éxito
2. Fracaso

Hallazgos Radiográficos patológicos:

Definición conceptual: Es la observación relativa a una radiografía que muestra cambios estructurales de los tejidos de soporte dental.

Definición operacional: Es la observación perteneciente a una radiografía donde se muestran cambios patológicos en los tejidos dentales y de sostén.

Escala de Medición. Nominal

Categoría de la escala:

1. Éxito
2. Fracaso

Hallazgos Radiográficos.

Obliteración pulpar:

Definición conceptual: cuando la pulpa se mantiene viva, los Odontoblastos de la pared radicular empiezan a formar dentina depositándose en el conducto consiguiendo estrecharlo.

Definición operacional: Reducción de la cámara pulpar.

Escala de medición: Nominal

Categorías de la escala.

- a) Si
- b) No

Puente dentinario:

Definición conceptual: Es la respuesta cicatrizal pulpar, formando tejido dentinario de reparación en pacientes tratados con pulpotomía.

Definición operacional: Es la observación de formación de puente dentinario registrado por el investigador.

Escala de medición: Nominal

Categoría de la escala:

a) Si

b) No

### III.3 Método

Procedimiento de pulpotomía con MTA.

Selección de los pacientes que se incluyeron en la muestra, siguiendo los criterios de inclusión. *Figura 1*. Posteriormente se dio información detallada del procedimiento y posible riesgo de fracaso a padres o tutor. Anexo 1.

Selección del órgano dental a tratar en base a los datos obtenidos de la historia clínica y el diagnóstico clínico y radiográfico tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. *Figura 2*.

Se tomó radiografía preoperatoria con una película # 1 (utilizando la técnica de paralelismo). Confirmada la patología pulpar e indicada la pulpotomía el diagnóstico definitivo se realizará en el momento en que se realice la exposición y extirpación de la pulpa cameral. *Figura 3,4*.

- Administración de anestesia. *Figura 5*.
- Aislamiento con dique de goma de la pieza a tratar. *Figura 6*.
- Posteriormente se realizó limpieza mecánica de restos de alimentos y dentina en estado de descomposición si se encontraran presentes.
- Eliminación de la caries superficial antes de la exposición pulpar con una fresa 330 con pieza de alta velocidad. *Figura 7*.
- Eliminada la caries se procede a la remoción del techo pulpar con una fresa endo-z y ampliación de la cavidad pulpar. *Figura 8*.
- A continuación se realizó la amputación de los restos de la pulpa coronal con una cucharilla de dentina. *Figura 9*.
- Después de retirar la pulpa coronal, se irrigó la cavidad pulpar con solución fisiológica con una jeringa hipodérmica desechable de 10 ml. *Figura 10*.

- El secado se realizó con torundas estériles de algodón humedecidas con suero fisiológico, aplicando ligera presión en el sitio de la amputación por 5 minutos.
- Se retiró la torunda de algodón y se observó la hemostasia. *Figura 11.*
- Una vez obtenida la hemostasia se continuó el procedimiento utilizando MTA. Se realizó una mezcla con 3 partes de polvo ProRoot™ MTA y 1 parte de agua inyectable estéril hasta obtener una consistencia de masilla (de acuerdo con las instrucciones del fabricante). *Figura 12 y 13.*
- Esta mezcla se colocó en el suelo de la cámara pulpar y adaptándola a las paredes por presión con una bolita de algodón humedecida con agua destilada. *Figura 14.*
- A continuación se cubrió con una mezcla de Ionómero de Vidrio (Fuji) autopolimerizable para sellar la cámara pulpar. *Figura 15.*
- Se tomó radiografía postoperatoria para control. *Figura 16.*
- Se colocó una corona de acero inoxidable como restauración final después de 24 horas y antes de 7 días.

Los órganos dentarios con pulpotomía fueron evaluados Clínica y radiográficamente a los 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 36,48.

**Procedimiento:**



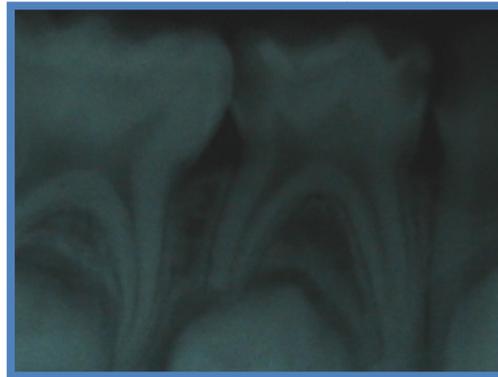
**Figura 1.** Selección de pacientes.



**Figura 2.** Selección del órgano dental.



**Figura 3.** Radiografía pre-operatoria.



**Figura 4.** Diagnóstico radiográfico.



**Figura 5.** Anestesia.



**Figura 6.** Aislamiento.



**Figura 7. Eliminación de caries.**



**Figura 8. Apertura cameral.**



**Figura 9. Eliminación de pulpa cameral.**



**Figura 10. Lavar secar.**



**Figura 11. Observar hemostasia.**



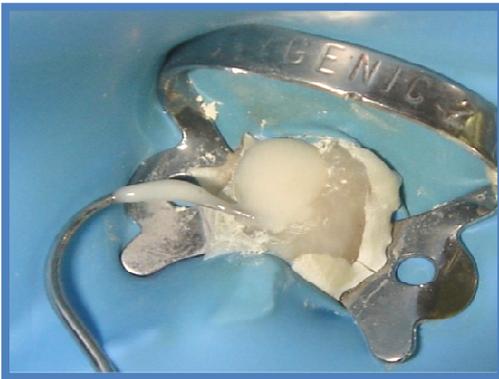
**Figura 12. MTA blanco**



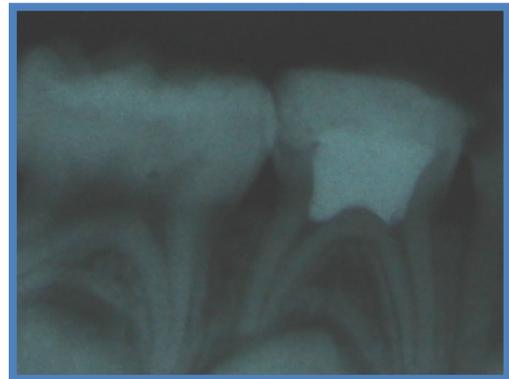
**Figura 13.** Preparación MTA (3:1).



**Figura 14.** Colocación de MTA en cavidad.



**Figura 15.** Obturación con ionómero de vidrio.



**Figura 16.** Radiografía post-operatoria.

## **Evaluación postoperatoria**

En México existen pocas investigaciones de pulpotomías con MTA en dientes primarios. Finalmente los pacientes fueron evaluados clínica y radiográficamente en citas de control a los 3, 6, 9, 12, 15,18, 21, 24, 36 y 48 meses posterior al tratamiento.

### **La evaluación Clínica**

Fue realizada por el propio investigador, se observaron datos de inflamación, presencia de fístula o movilidad patológica y se preguntó por síntomas de dolor espontáneo o a la percusión.

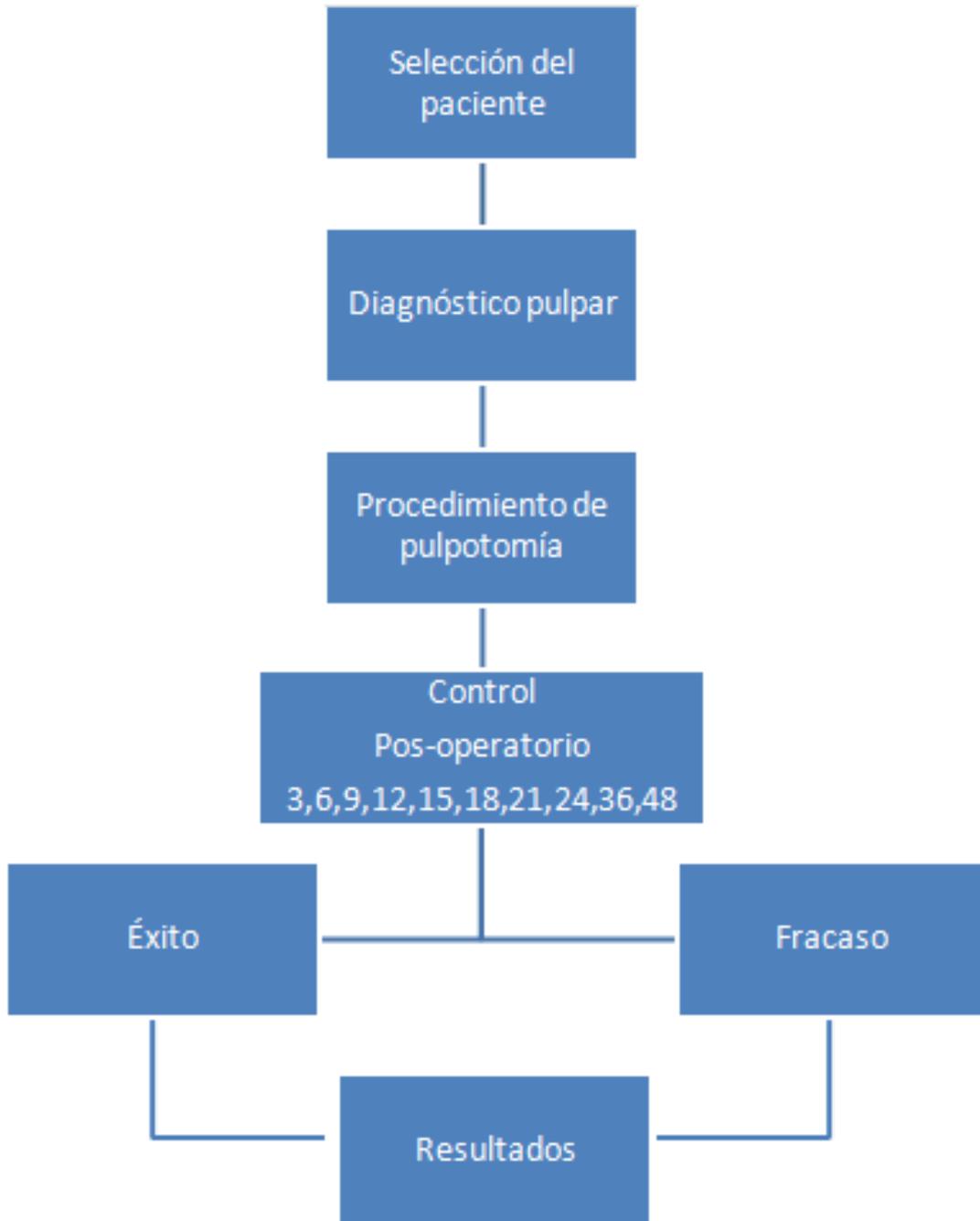
### **Evaluación radiográfica**

Radiográficamente fue evaluada la ausencia de radiolucidez radicular, resorción radicular patológica externa o interna, o ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal; de existir, fue considerado como fracaso.

Nota: la evidencia de puente dentinario y la obliteración del canal pulpar no se consideró como fracaso.

Se llevó el control y se registraron todos los datos obtenidos en un formato de recolección de datos.

# Flujograma



## **IV. RESULTADOS**

La muestra fue de 37 pacientes pediátricos de 4 a 8 años de edad. Obteniendo 58 molares primarios a los que se realizó pulpotomía con Agregado Trióxido Mineral, de los que 21 fueron del maxilar superior 9 del cuadrante derecho y 12 del cuadrante izquierdo así como 37 molares del maxilar inferior; 20 del cuadrante izquierdo y 17 del cuadrante derecho. A todos se les colocó la corona de acero a una semana posterior a tratamiento.

## **EVALUACIÓN CLÍNICA**

En las evaluaciones postoperatorias que se realizaron a los 3, 6, y 9 meses los 58 molares tratados con pulpotomía presentaron éxito clínico en un 100%. En la evaluación de 12 meses se observa un fracaso ya que un molar presentó inflamación y dolor.

En los periodos de control de 15,18 y 21 meses no se observó evidencia de fracaso clínico en los órganos dentarios revisados.

A los 24 meses un órgano dentario presentó dolor considerándose como fracaso.

En las revisiones de los periodos de 36 y 48 meses siguientes no se presentaron evidencias clínicas que pudieran ser consideradas como fracaso. *Gráfica 1.*

## EVALUACIÓN RADIOGRÁFICA

Se examinaron las radiografías postoperatorias a los 3, 6, y 9 meses de los 58 molares tratados, obteniendo un éxito radiográfico de 100%, de igual manera se evaluaron a los 12 meses, observándose un ensanchamiento del ligamento periodontal y resorción externa en un molar, el cual fue considerado como fracaso.

En los periodos de controles radiográficos de 15, 18 y 21 meses en las radiografías no se observó evidencia de lesión considerada como patológica en ninguno de los órganos dentarios revisados. Sin embargo; en el control radiográfico a 24 meses se observó resorción interna en un molar tratado, el cual fue considerado como fracaso. El resto de los órganos dentarios revisados fueron encontrados sin evidencias patológicas.

De igual manera en las revisiones 36 y 48 meses no se observaron evidencias radiográficas a considerar como fracaso. *Gráfica 2.*

Finalmente el éxito clínico y radiográfico de las pulpotomías realizadas con MTA fue de 99.6% y 0.4% de fracaso. Se presentaron 26 exfoliaciones consideradas normales ya que se presentaron en un tiempo considerado fecha normal de exfoliación, 2 fracasos y actualmente continúan 30 órganos dentarios en observación. *Tabla 1,2.*

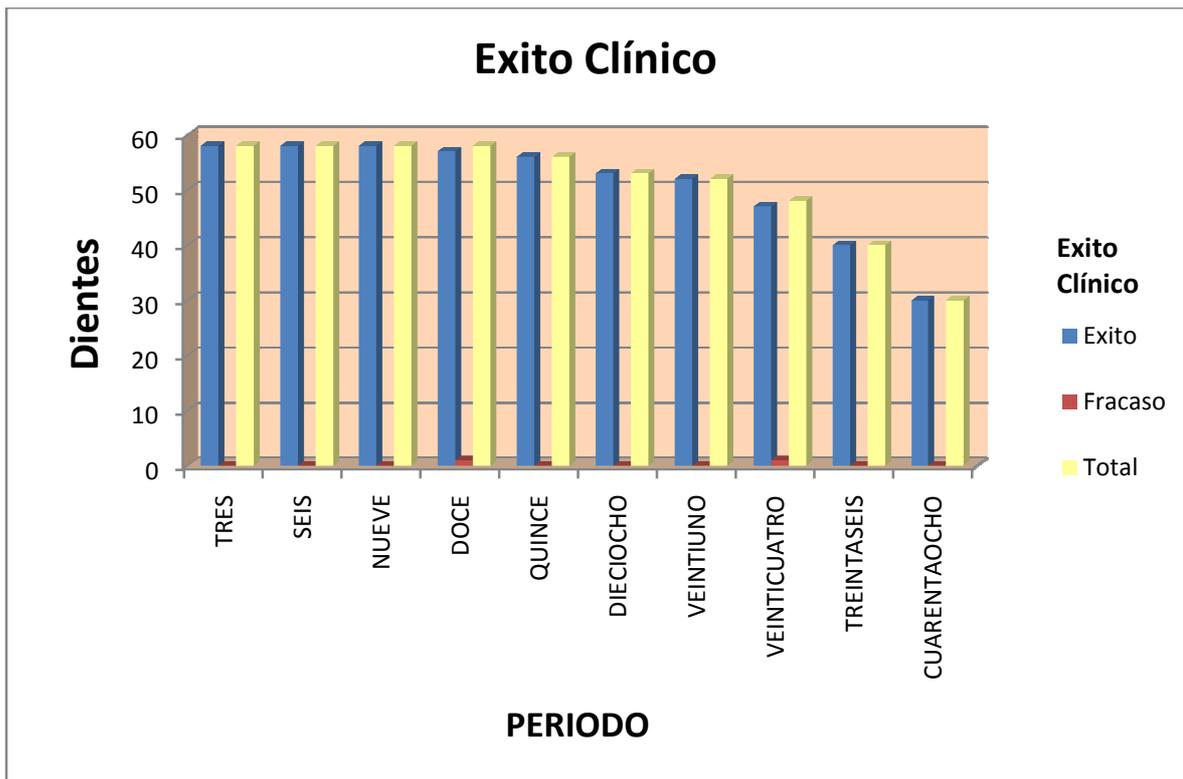
Como hallazgos radiográficos se observó a partir de los seis meses obliteración radicular aumentando a lo largo del tiempo, analizando la influencia del tiempo y la aparición de obliteración se incluye la tabla de recuentos y porcentajes. *Tabla 3.*

Otro hallazgo radiográfico encontrado fue la formación puente dentinario, radiográficamente se observó una zona radiolucida en la zona de contacto de la pulpa con el MTA, los cuales fueron incrementando con el tiempo. Estos resultados son representados en la *Tabla 3* y *Gráfica 3*.

PERIODO		PERIODO * ÉXITO CLÍNICO		
		58(100%) ÉXITO	0(0) FRACASO	58(100%) Total
TRES	Dientes	58	0	58
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
SEIS	Dientes	58	0	58
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
NUEVE	Dientes	58	0	58
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
DOCE	Dientes	57	1	58
	% PERIODO	98.30%	1.70%	100.00%
QUINCE	Dientes	56	0	56
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
DIECIOCHO	Dientes	53	0	53
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
VEINTIUNO	Dientes	52	0	52
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
VEINTICUATRO	Dientes	47	1	48
	% PERIODO	97.90%	2.10%	100.00%
TREINTA Y SEIS	Dientes	40	0	40
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
CUARENTA Y OCHO	Dientes	30	0	30
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
Total	Dientes	509	2	511
	% PERIODO	99.60%	0.40%	100.00%

**Tabla 1. Frecuencia y porcentaje de casos tratados con MTA con éxito clínico.**

El análisis del éxito clínico en los periodos observados señala que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $P=.55$ ).



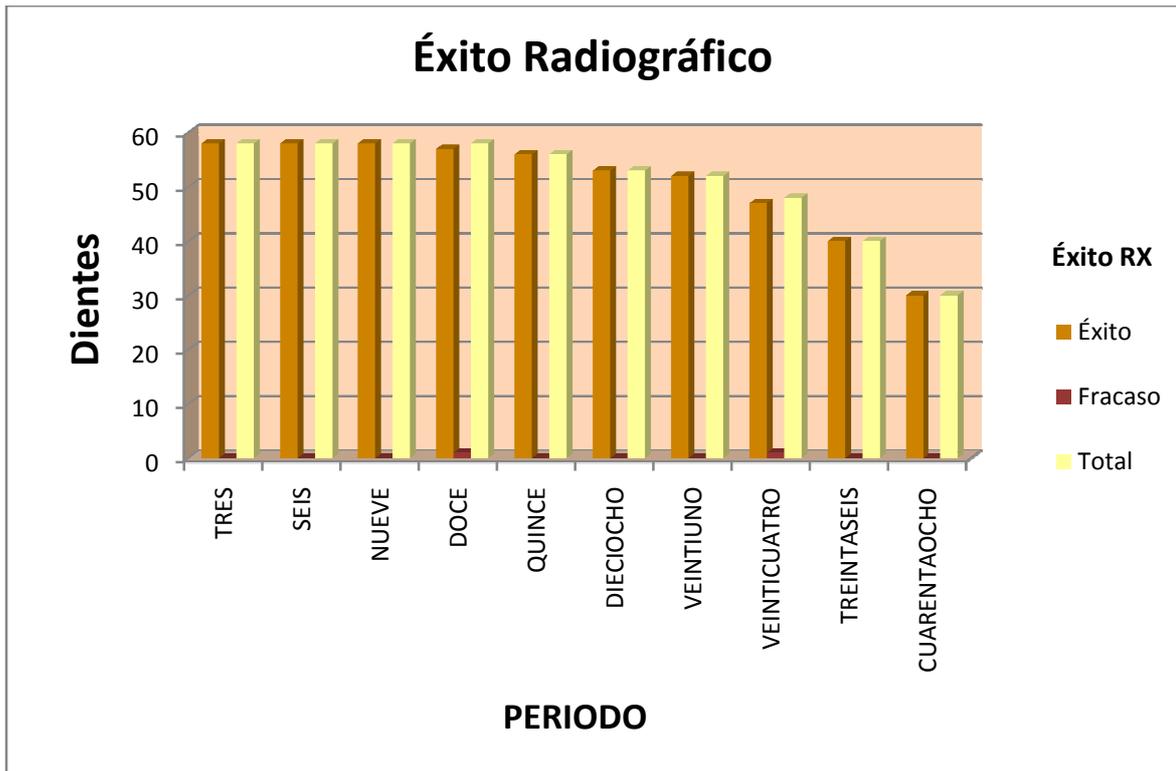
**Gráfica 1.** Frecuencias de éxito clínico en pulpotomías tratadas con MTA en diferentes periodos de evaluación.

**PERIODO \* ÉXITO RADIOGRÁFICO**

PERIODO		58(100%)	0(0)	58(100%)
		ÉXITO	FRACASO	Total
TRES	Dientes	58	0	58
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
SEIS	Dientes	58	0	58
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
NUEVE	Dientes	58	0	58
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
DOCE	Dientes	57	1	58
	% PERIODO	98.30%	1.70%	100.00%
QUINCE	Dientes	56	0	56
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
DIECIOCHO	Dientes	53	0	53
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
VEINTIUNO	Dientes	52	0	52
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
VEINTICUATRO	Dientes	47	1	48
	% PERIODO	97.90%	2.10%	100.00%
TREINTA Y SEIS	Dientes	40	0	40
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
CUARENTA Y OCHO	Dientes	30	0	30
	% PERIODO	100.00%	0.00%	100.00%
Total	Dientes	509	2	511
	% PERIODO	99.60%	0.40%	100.00%

**Tabla 2. Frecuencia y porcentajes de casos tratados con MTA con éxito RX.**

Dentro de los periodos radiográficos evaluados no se encontró diferencias estadísticas significativas ( $p=.55$ ).



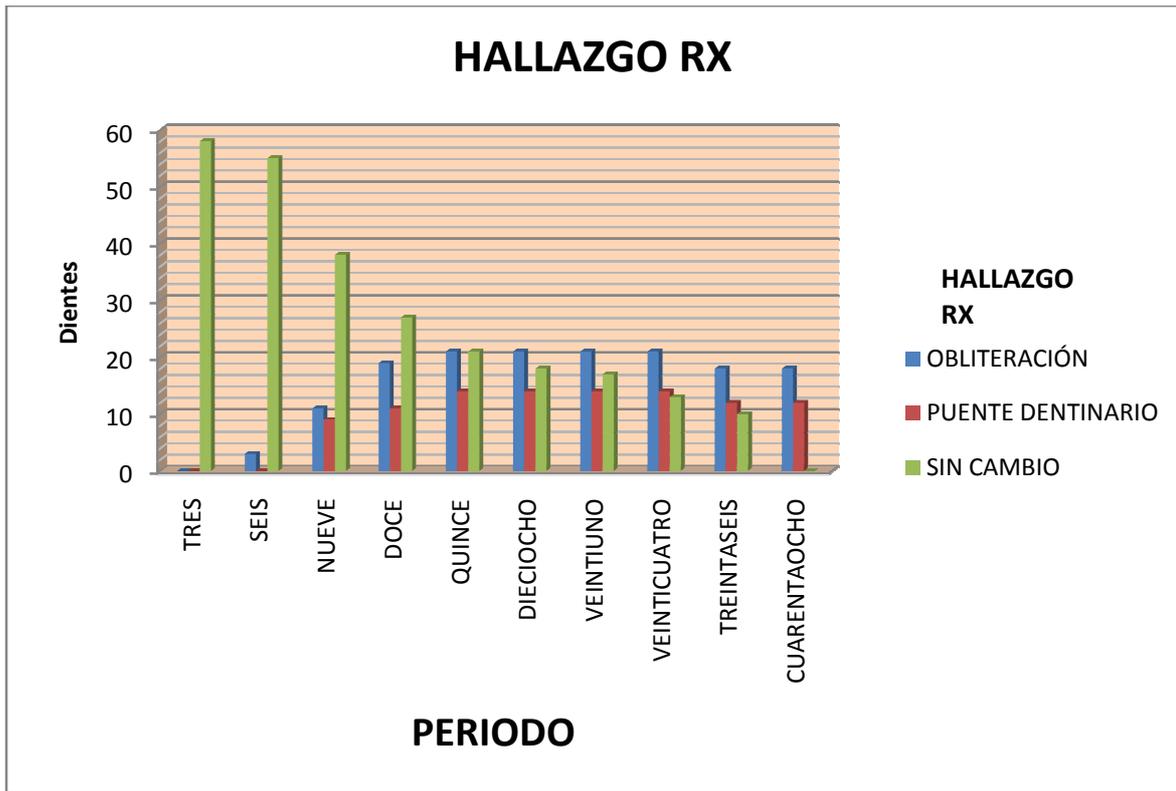
**Gráfica 2. Frecuencias de éxito radiográfico en pulpotomías tratados con MTA en diferentes periodos de evaluación.**

**PERIODO \* HALLAZGO RX**

PERIODO		HALLAZGO RX			Total
		OBLITERACIÓN	PUENTE DENTINARIO	SIN CAMBIO	
TRES	Dientes	0	0	58	58
	Expectativa	17.4	11.4	29.2	58
	% PERIODO	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
SEIS	Dientes	3	0	55	58
	Expectativa	17.4	11.4	29.2	58
	% PERIODO	5.20%	0.00%	94.80%	100.00%
NUEVE	Dientes	11	9	38	58
	Expectativa	17.4	11.4	29.2	58
	% PERIODO	19.00%	15.50%	65.50%	100.00%
DOCE	Dientes	19	11	27	57
	Expectativa	17.1	11.2	28.7	57
	% PERIODO	33.30%	19.30%	47.40%	100.00%
QUINCE	Dientes	21	14	21	56
	Expectativa	16.8	11	28.2	56
	% PERIODO	37.50%	25.00%	37.50%	100.00%
DIECIOCHO	Dientes	21	14	18	53
	Expectativa	15.9	10.4	26.7	53
	% PERIODO	39.60%	26.40%	34.00%	100.00%
VEINTIUNO	Dientes	21	14	17	52
	Expectativa	15.6	10.2	26.2	52
	% PERIODO	40.40%	26.90%	32.70%	100.00%
VEINTICUATRO	Dientes	21	14	13	48
	Expectativa	14.4	9.4	24.2	48
	% PERIODO	43.80%	29.20%	27.10%	100.00%
TREINTA Y SEIS	Dientes	18	12	10	40
	Expectativa	12	7.8	20.2	40
	% PERIODO	45.00%	30.00%	25.00%	100.00%
CUARENTA Y OCHO	Dientes	18	12	0	30
	Expectativa	9	5.9	15.1	30
	% PERIODO	60.00%	40.00%	0.00%	100.00%

**Tabla 3. Frecuencia y porcentaje de hallazgos radiográficos.**

En las evaluaciones que se realizaron se identificaron diferencias estadísticas significativas en el apartado de hallazgos radiográficos donde la presencia de obliteración y aparición de puente dentinario se incremento con el paso del tiempo. (p=.000).



**Gráfica 3.** Representación gráfica de hallazgos radiográficos obliteración y puente dentinario.

## **V. DISCUSIÓN**

Existen una variedad de artículos científicos clínicos acerca de la técnica de pulpotomía en dientes primarios con diversos materiales; como el Glutaraldehído, óxido de zinc y eugenol, el sulfato férrico, el hidróxido de calcio, hueso liofilizado, proteínas óseas morfogenéticas, electrocirugía y el láser. En nuestra investigación se evaluó el éxito clínico y radiográfico de las pulpotomías realizadas con MTA, en un periodo de 48 meses y en algunos casos hasta su exfoliación. El éxito clínico fue de 99.6% sólo se presentaron 2 fracasos (.4%). Resultados similares se observaron en estudios clínicos comparables al nuestro como el de Eidelman y cols, Burnett S, Neamatolli H, y Maroto.<sup>61, 81, 82, 91.</sup> En el presente estudio se eligió una muestra que estuviera dentro de un rango que la mayoría de los estudios clínicos han seleccionado, quedando de 58 molares primarios primarios.<sup>29, 81 82,91.</sup>

En nuestra investigación se realizó la evaluación clínica y radiográfica hasta 48 meses posoperatorio o hasta la exfoliación, lo cual la hace una de las de más largo tiempo de observación, ya que el rango de duración en la mayoría de las investigaciones son entre 12 y 24 meses.<sup>3, 4, 17, 79, 91.</sup>

Los criterios de éxito y fracaso utilizados en nuestra investigación fueron los establecidos por la mayoría de los estudios clínicos publicados. Es considerado éxito clínico de una pulpotomía, cuando están ausentes síntomas de dolor espontáneo a la percusión, abscesos, tumoración o presencia de movilidad no fisiológica, y en el éxito radiográfico; cuando existe ausencia de reabsorción interna y externa, reabsorción en área de furca y alteración en el ligamento periodontal.<sup>3, 4, 8, 11, 16, 21,66, 91, 94, 131.</sup>

La respuesta que presentaron los órganos dentarios a los que se les realizó la pulpotomía con MTA fue positiva durante los periodos de tiempo en que fueron evaluados, obteniendo resultados del presente estudio muy similares a los que se han publicado de pulpotomías en molares primarios.<sup>3, 16, 21, 26,29, 79, 82, 91,159.</sup> En nuestra investigación se evaluó el resultado clínico y radiográfico de pulpotomía al MTA de molares primarios tomando en cuenta las propiedades de este material como es la biocompatibilidad, efecto antimicrobiano, formación de tejido duro y capacidad de sellado entre otras.<sup>42, 91, 116, 117, 131, 133,135</sup>

Por otro lado se ha observado en diversos estudios que este material favorece el proceso de curación pulpar y la formación de puente dentinario debido a su capacidad de estimulación en contacto con la pulpa.<sup>3, 22, 91</sup> En nuestra investigación encontramos formación de puente dentinario a partir de los 9 meses resultados que coinciden a las anteriores investigaciones expuestas, dentro de los materiales que se ha observado que inducen la formación de puente dentinario los más comunes son el hidróxido de calcio y hueso liofilizado, además del MTA.<sup>42,91, 116, 117,131, 133,135.</sup>

Algunos autores como Eidelmam y cols.<sup>61</sup> y Aeinehchi<sup>88</sup> estiman que el material considerado ideal para el tratamiento de pulpotomía debe ser capaz de dejar la pulpa remanente vital y sana. En nuestra investigación se observó la formación de puente dentinario a partir del los 9 meses, así como obliteración radicular a partir de los 6 meses, la cual no fue considerado como hallazgo patológico radiográfico, ya que es el resultado de una actividad de los odontoblastos demostrando que el diente mantiene su vitalidad.<sup>3,91</sup> Además la obliteración nunca fue total y de acuerdo a las evaluaciones realizadas no han interferido en la

resorción fisiológica del órgano dentario al que se realizó la pulpotomía, presentando una exfoliación normal. Respuesta pulpar que ha sido observada en estudios de pulpotomía con diversos materiales como el formocresol y sulfato férrico.<sup>66, 88,91.</sup>

Eidelman y cols.,<sup>61</sup> realizaron pulpotomías en molares primarios con MTA, los autores encontraron tras el análisis radiográfico, la presencia de obliteraciones pulpares en el 41% de los 15 molares tratados en un lapso de 13 meses. En nuestro estudio los resultados fueron similares en cuanto al tiempo de obliteración ya que a los 15 meses, en el control radiográfico el porcentaje de obliteración fue de 37.5% de 58 molares.

En el presente estudio la obliteración fue observada como un estrechamiento o disminución del diámetro de los conductos radiculares; comparando las radiografías iniciales con las radiografías de cada período. Como se mencionó anteriormente las obliteraciones fueron observadas a partir de los 6 meses y fueron incrementándose con el transcurso del tiempo.

Así mismo en nuestro estudio se observaron los dientes tratados con MTA durante 48 meses y teniendo la oportunidad (en algunos casos), de observar la erupción del dental. En los cuales no encontramos ninguna alteración de la erupción.

Después de analizar los estudios clínicos de las técnicas de pulpotomía en dientes temporales alternativas al formocresol: hidróxido de calcio, electrocoagulación. Glutaraldehído, sulfato férrico y Mineral trióxido agregado (MTA). Calatayud J. y cols.<sup>158</sup> En 2006 llegaron a la conclusión de que las tres últimas son las mejores

alternativas por presentar los mejores resultados y presentar menor número de fracasos a largo tiempo. También mencionaron que en general todas tienden a empeorar sus resultados a medida que pasa el tiempo, desde un éxito clínico del 95-100% a los seis meses, hasta un 80-90% a los tres años; excepto con las realizadas con MTA que continúa manteniendo un resultado de 100% de éxito a los dos años. Resultados similares se observó en nuestra investigación ya que después de los 2 fracasos observados el resto siguió con una evolución satisfactoria, hasta 48 meses o exfoliación.

En el 2007 Aeinehchi y cols.<sup>21</sup> En un ensayo controlado seleccionado al azar observaron que las pulpotomías con MTA, estaban asociadas con menos casos de resorción radicular a los 6 meses post tratamiento por lo que pudiera ser una alternativa confiable en sustitución del formocresol en terapias pulpares de molares primarios. En nuestra investigación no se presentó ningún signo considerado fracaso durante los 6 primeros meses, el éxito clínico y radiográfico fue de 100%. Los fracasos observados fueron a los 12 y 24 meses. Los fracasos encontrados en las pulpotomías realizadas posiblemente en esta investigación se deban a lo difícil que es realizar un diagnóstico en dientes primarios. Smith NL y cols.<sup>29</sup> En su investigación concluyeron que mientras la resorción no afecte al hueso adyacente al molar que se le realizó la pulpotomía éste no dará problemas clínicos. En nuestro estudio se consideró fracaso la presencia de resorción interna y/o externa sin importar la extensión de la lesión o si afectaba al hueso.

## **VI. CONCLUSIONES**

1.- Bajo las limitaciones del estudio clínico establecemos las siguientes conclusiones. El éxito clínico y radiográfico es de 99.6% a 48 meses post tratamiento o hasta su exfoliación.

2.- La técnica de pulpotomía con MTA es una alternativa de éxito a las pulpotomías con formocresol.

3.- En el estudio se observó a partir de los 6 meses obliteración radicular y a partir de los 9 meses formación de puente dentinario, y fueron incrementándose a partir de los mismos, los cuales son indicadores de preservación y homeostasis pulpar.

4.- Después de la exfoliación de los dientes pulpotomizados, ninguno de los sucesores permanentes observados han presentado alteración en su estructura.

## **VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Tuna D, Ölmez A. Clinical long- term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. Endodontic Journal 2008; 41: 2.
2. Pinkham J.R. D.D.S, M.S. Odontología pediátrica. Tercera edición. Epidemiología y mecanismos de la enfermedad dental. Mc GRAW-HILL INTERAMERICANA; 1999; Pag.185.
3. Holan G, Eidelman E, Fuks A. Long-term Evaluation of pulpotomy in Primary Molars Using Mineral Trioxide Aggregate or Formocresol. Pediatric Dentistry 2005; 27:2.
4. Fuks BA. Vital pulp Therapy with New Materials for Primary Teeth: New Directions and Treatment Perspectives. Pediatric Dentistry 2008; 30: 211-219.
5. Fidalgo TKS, Risso PA, Kuchler EC, Costa MC. Direct pulp protection whit mineral trioxide aggregate (MTA) in a primary molar with successor permanent agenesis. Rev Odontol UNESP: 2009; 38:6 383-387.
6. McDonald RE, Avery DR. Odontología pediátrica y del adolescente. 6ª Edición. Tratamiento de la caries profunda, de la exposición pulpar y de la necrosis. ED, Harcourt B. España 1998. Cáp. 19, 409-433.
7. Morales AM, Cabañas LC, Ramos CL. Uso de formocresol diluido en dientes temporales. Revista Cubana Estomatológica1998; 35 (1): 5-10.1.

8. Ranly DM, DDS. Terapia de pulpotomía en dientes primarios: nuevas modalidades para Viejas razones. *Pediatr Dent* 1994; 16: 403-409.
9. Perea PMB. Evaluation of members of the Peruvian Society of Pediatric Dentistry on treatment criteria of pulpar therapy in primary dentition. *Rev. Estomatol Herediana* 2005; 15:N. 2.
10. Nunn JH, Smeaton I, Gilroy J. The development of formocresol as a medicament for primary molar pulpotomy procedures. *ASDC J Dent Child* 1996; 63 (81): 51-53.
11. Gutierrez SR. Estudio comparativo del uso de óxido de zinc y eugenol reforzado vs. Sulfato Ferroso como apósitos pulpaes para el tratamiento de pulpotomía en dientes deciduos. *Medicina Oral* Vol. 5 2003; No. 1, Pág. 5-12.
12. Barbería LE. *Odontopediatría Segunda Edición. Terapéutica pulpar*. Editorial Masson. 2001; Cap. 14 págs. 255-269.
13. Lewis B. Formaldehyde in dentistry: a review for the millennium. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry* Winter 1998; 22 (2). pág. 167-177.
14. Waterhouse PJ. Formocresol and alternative primary molar pulpotomy medicaments: a review. *Endod Traumatol* 1995; 11 (4): 157-162.
15. Kimberly S, Thompson MS, Seale S, Numm M, Huff G. Alternative method of hemorrhage control in full strength. *Pediatr Dent* 2001; 23: 217-222.

16. Coelho A. Pulpotomía de Dentes Deciduos com Mineral Trióxido Agregado. Caso Clínico. Revista Portuguesa de Estomatología, Medicina Dentaria y Cirugía Maxilo Facial 2005; Volumen 46 núm. 2.
17. Fuks A. Pulp response to Ferric Sulfate diluted Formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth. J Den CH 1997; 254-259.
18. Andaw RJ. Rock WP. Tratamiento Pulpar en Dentición Primaria. Manual de odontopediatría, 3 edición. ED: Mc Graw México. 1997; Cap. 3 Págs. 61-84.
19. Gartner AH, Dorn SO. Advances in endodontic surgery. Deant Clin North Am 1992; 36(2): 357-378.
20. Cameron, Widmer R. Manual de Odontologia Pediátrica. 1 Edición Mosby España 2000: Tratamiento Pulpar para los Dientes Primarios y Permanentes Jóvenes. Cap. 4, pags.83-85.
21. Aeinehchi M, Dadvand S, Fayazi S. Randomized controlled trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth. Intenational Endodontoc journal 2007; 40:261-267.
22. Mitchell PJ, Piff Ford TR, Torabinejad M. McDonald F.1999: Osteoblast biocompatibiltey of mineral trioxide aggregate. Biomaterials 20: 167-173.
23. Lasala A. Formaldehído, Endodoncia. Tercera edición Salvat reimpresión 1983; Pág.163.

24. Moretti ABS, Sakai VT, Oliveira TM, Fornetti APC, Santos CF, Machado MAAM. The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary teeth. *International Endodontic journal* 2008; 41:547-555.
25. Soria HMA. Comparación mutagénica y genotóxica de formocresol, cresol, formaldehído y glutaraldehído. *Acta Pediátrica Mexicana* 2005; 26 (4) 190-195.
26. Sonmez D, Saziye S, Cetinbas T. A comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: A Long- term Follow-up. *Clinical Reesearch* 2008; 34: 950-955.
27. Srinivasan V, Patchett CL, Waterhouse PJ. Is there life after Buckley formocresol Part 1: a narrative review of alternative interventions and materials. *Int J Paediatr Dent* 2006; 16: 117- 127.
28. Van Waes HJM, Stöckli PW. Endodoncia en las denticiones temporal y mixta. En: *Atlas de Odontología Pediátrica, 2a Edición*. ED Masson. España. 2002; Cap. 10, pp. 209-226.
29. Smith NL, Seale NS, Nunn ME. Ferric sulfate pulpotomy in primary molars: A retrospective studio. *Pediatr Dent* 2000; 22:192-199.
30. Teney JP. Personal communication: Baylor College of Dentistry. Department of Pediatric Dentistry. 2000.

31. González RE, Ruiz LM. Diagnóstico y tratamiento pulpar en dentición temporal. Odontopediatría. 1ª Edición. ED Masson. España 2005; Cáp. 15, págs. 173-183.
32. International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks humans: volume 62- wood dust and formaldehyde Geneva Switzerland. 1995.
33. Méndez BVM, Álvarez CC, Brasa C. pulpotomías en la dentición decidua: buscando alternativas; Odontología Pediátrica 1995; 4 (3): 145-149.
34. Waterhouse PJ. "New Age" Pulp Therapy: Personal Thoughts on Hot Debate. Pediatr Dent 2008; 30:247-252.
35. García BC, Mendoza MA. Agregado de trióxido Mineral. Traumatología Oral en Odontopediatría Diagnóstico y tratamiento integral. Editorial ergon 2003; págs. 87-89.
36. Haghgoo R. Abbasi F. Clinical and radio graphical success of pulpotomy with Mineral Trioxide Aggregate Compared with Formocresol in primary molars. Pediatr Dent 2008.
37. Hill SD, Berry CW, Sale NS, Kaga M. Comparison of antimicrobial and cytotoxic effects of glutaraldehyde and formocresol. Oral Surg Med Oral Pathol.1991; 71:89-95.

38. Zarzar PA, Rosenblatt A, Takahashi CS, Takeuchi PL, Costa LA. Formocresol Mutagenicity Following primary tooth pulp therapy: an in vivo study. *J Dent* 2003; 31: 474-485.
39. Vargas KG, Packham B. radiographic success of ferric sulfate and formocresol pulpotomías in relation to early exfoliation. *Pediatric Dentistry* 2005; 27: 233-237.
40. Salako N, Joseph B, Ritwik P, Salomen J, John P, Junaid TA. Comparison of bioactive glass, mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol as pulpotomy agents in rat molar. *Dental Traumatology* 2003; 19:314-320.
41. Casas MJ, Kenny DJ, Judd PL, Johnston DH. Do We Still Need Formocresol in Pediatric Dentistry. *J Can Dent Assoc* 2005; 7: 749-751.
42. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate, *J Endod* 1998; 24: 543-7.
43. Cotes O, Boj JR, Canalda C, Carreras M. Pulpal tissue reaction to formocresol vs. Ferric sulfate in pulpotomized rat teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 1997; 21:247-253.
44. Pashley EL, Myers DR, Pashley DH. Systemic distribution of formaldehyde from formocresol treated pulpotomy sites. *J Dent Res* 1980; 59:603-608.

45. Fuks AB, Bimstein E, Bruchim A. Radiographic and histologic evaluation of the effect of two concentrations of formocresol on pulpotomized primary and young permanent teeth in monkeys. *Pediatr Dent* 1983; 3:321-324.
46. Kettering JD, Torabinejad M Microbiology and immunology. En Cohen S, Burns RC *Vías de la pulpa*. Sexta edición Ed. St. Louis: Mosby Year-Book: 1994; pags. 363-376.
47. Mansukhani N. Pulpal reactions to formocresol. Master's Thesis. Chicag, 1959. University of Illinois School of Dentistry.
48. Siqueira J, Uzeda M. Influence of different vehicles on the antibacterial effects of calcium hydroxide. 1998; 24: 663-5.
49. Holland R. de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabé PFE, Dezan E. Reaction of rat tissue to implanted dentón tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J. Endod* 1999; 25: 161-16.
50. Huth K.C, Paschos E, Hayek N, Khatar AL, Hollweck R, Crispin A, Hickel R Falwaczny and M. Effectiveness of 4 Pulpotomy Techiques Randomized Controlled Trial. *J Dent Res*. 2005; 84(12)1144-1148.
51. Avram DC. Pulver f: pulpotomy medicaments for vital primary teeth. Surveys to determine use and attitudes in pediatric dental practice and dental schools throughout the world. *J Dent Child*. 1989; 56.426-434.

52. Torabinejad M, Rastegar AF, Kattering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of Mineral Trioxide Aggregate as a root-end filling material. J Endod 1995; 21: 109-2.
53. Gruythuysen RJ, Weerheijm KL. Calcium Hydroxide pulpotomy with a light-cured cavity-sealing material after two years. J Dent Child 1997; 64:251-253.
54. Estrela C, Sydney GB, Pesce HF, Felipe O Jr. Dentinal diffusion of hydroxyl ions of various calcium hydroxide pastes. Brazil Dent J. 1995; 6:5-9.
55. Zhu Q, Haglund R, Safavi KE, Spangberg LS: Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. J Endod 2000; 26; 404-6.
56. Fava L, Saunders W, Calcium Hydroxide pastes: Classification and clinical indications. Int Endod J 1999; 32:257-82.
57. Foreman P, Barnes F. A review of calcium hydroxide. Int Endod J 1999; 23:283-97.
58. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, Mc Millan P. A comparative Study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. J Endod 1999; 25: 1-5.
59. Siqueira J, Lopes H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide. Int Endod J. 1999; 32:361-69.

60. Weisenseel J, Hicks L, Pelleu G. Calcium hydroxide as an apical barrier. *J Endod.*1987; 13:1-5.
61. Eidelmar E, Holan G, Fuks AB. is a professor and chairman, Hollan. Scientific Article. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 2001; 25(2):97-102.
62. Tziafas D, Aconomides N. Formation of crystals on the surface of calcium hydroxide containing materials in vitro. *J Endod.* 1999; 25: 539-42.
63. Segura J, Llamas R, Jiménez A, Jiménez P, Guerrero J Calvo J. Calcium hydroxide inhibits substrate adherence capacity of macrophages. *J Endod.* 1997; 23: 444-7.
64. Hadder A. Agamy. Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and Formocresol as Pulp-capping Agents in Pulpotomized Primary Teeth. *Pediatric Dentistry – 26:4*, 2004; p. 302-309.
65. McCormick J, Weine f, Maggio J. Tissue pH of developing periapical lesions in dogs. *J Endod.*1983; 9:47-51.
66. Strange DM, Seale NS, Nunn ME, Strange M. Outcome of formocresol/Zoe subbase pulpotomías utilizing alternative radiographic success criteria. *Pediatric Dentistry* 2001; 23 3: 331-6.

67. Naik S, Heigde AH: Mineral Trioxide Aggregate as a pulpotomy agent in primary molars; an in vivo study. *Journal of Indian Society Pedodontics and Preventive Dentistry* 2005; 3:13-16.
68. King SRA, Mcwhorter AG Seale NS. Concentration of formocresol used by pediatric dentists in primary tooth pulppotomy. *Pediatric Dentistry*. 2002;24 (2):157-9.
69. Fuks AB, Eidelman E, Cleaton-jones P. Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth. *Journal of dentistry for children*.1997; Jul: 254-9.
70. Ranly DM, Horn D Assessment of the systemic distribution and toxicity of formaldehyde following pulpotomy treatment: Part two. *ASDC J Dent CHILD* 1987; 54(1):40-4.
71. Ranly DM, Garcia GF. Current and potencial pulp therapies for primary and young permanent teeth. *Journal of Dentistry* .2000; 28.153-61.
72. Llewelyn DR. The pulp treatment of the primary dentition. *Int. J Pediatric. Dent* 2000; 10: 246-52.
73. Wemes JC, S´ Gravenmade EJ. Glutaraldehyde: neew fixative en endodontics. *J Dent*. 1973; 52 (3):601.

74. Leach ED. A new synergized glutaraldehyde-phenate sterilizing solution and concentrated disinfectant. *Infect Control* 1981; 2(1):26-30.
75. Tsai T-P, Su H-L Tseng L-H. Glutaraldehyde preparations and pulpotomy in primary molars. *Oral surg* 1993; 76(3):346-50.
76. Kopel HM, Bernick S, Zachrisson E, De Romero SA. The effects of glutaraldehyde on primary pulp tissues following coronal amputation: an in vivo histologic study. *J Dent Child* 1980; 47(6):425-30.
77. Prakash C, Chandra S, Aiswal SN. Formocresol and glutaraldehyde pulpotomy in primary teeth. *J Pedod.* 1989; 13(4):314-22.
78. Christensen GL, Christensen R. Astringedent by ultradent. *Clin Res. Ass Newsletter* 1979; 3:2.
79. Fei AI, Udin RD, Johnson R. A Clinical study of Ferric sulfate as a pulpotomy agent in primary teeth. *Peditr Dent.* 1991; 13(6):327-32.
80. Landau Mj, Johnson DC. Pulpal response to ferric sulfate in monkeys. *J Dent Res.*1988; 67:215.
81. Burnett S, Walker J. Comparison of ferric sulfate, formocresol and a combination of ferric sulfate/formocresol in primary tooth vital pulpotomías: a retrospective radiographic survey. *ASDC Journal Dentistry Child* 2002; 69(1): 44-8, 12.

82. Neamatollahi H, Tajik A. Comparison of clinical and radiographic success rates of pulpotomy in molars using Formocresol, Ferric Sulfate and Mineral Trioxide Aggregate (MTA). *Journal of Dentistry* 2006; Vol. 3: 6-12.
83. Loh A, O'Hoy P, Tran X, Charles R, Hughes A, Kubo K, Brearley ML. Evidence – based Assessment: Evaluation of the Formocresol Versus ferric Primary Molar Pulpotomy. *Pediatr Dent* 2004; 26:401-409.
84. Ensaldo E. *Revista académica Facultad de Estudios Superiores UNAN*. 2006 pág. 1-9.
85. Koh ET, Mc Donal, Torabinejad M. Cellular response Trioxide aggregate. *J Endod* 1998; 24: (8)543-547.
86. Sasaki H, Ogawa T, Koreeda M, Ozaki T, Sobue S, Ooshima T. Electrocoagulation extends the indication of calcium hydroxide pulpotomy in the primary dentition. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2002; 26(3):275-8.
87. Torabinejad M. Pitt FT et al. "Use of mineral trioxide aggregate or repair of furcal perforations" *Pathol Oral Radiol: London, England* 79(6) 1995; 756-63.
88. Aeinehchi, BM. Eslami. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *International Endodontic Journal*. 2002; 36, 225-231.

89. Abedi HR, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Bakland LK. The use of mineral trioxide aggregate cement. (MTA) as a direct pulp capping agent. *Journal of Endodontic* 1996; 22-19.
90. Scharz S. Richard, et al. "Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics" *JADA, Alaska*, 1999; USA 130.
91. Maroto EM, Barberia LE, Planells Del PP. Clinical study of mineral trioxide aggregate in pulpotomy procedures on primary molars; a 15 months pilot study; *RCOE, Jan-Feb;2004, vol; no.1:23-30* ISSN 1138-123X.
92. Bramante CM, Berbert A, Bernardinelli N. Retroinstrumentação e retroobturação. *RGO* 1992; 40(1); 38-40.
93. Douglas M. Ferris, DMD. And J Craig perforation repair comparing two types of mineral Trioxide Aggregate *Journal Endodontics* 2004; vol 4 pag. 422-424.
94. Fuks AB, Holan G, Davis JM, Eidelman E. Ferric sulfate versus dilute formocresol in pulpotomized primary molars; Long-term Follow-up. *Pediatr Dent* 1997; 19; 327-330.
95. Casas MJ, Kenny DJ, Johnson DH, Judd PL, Layug MA. Outcomes of Vital Primary Incisor Ferric Sulfate Pulpotomy and Root Canal, Therapy. *J Can Dent Assoc.* 2004; 70. (1) 34-8.

96. Auderman I. Indications for use of electrosurgery in pedodontics. Symposium on electrosurgery Dent Clin N Am 1982; 26 (4):711-28.
97. Campos Q.I. Llamas et al. "Evaluación de la biocompatibilidad del cemento Portland implantado en tejido c. subepitelial de ratas" Revista ADM fes. Iztacala 9 (2) 2003; 45-50.
98. Fishman SA, Udin RD, Good DL, Rodef F. Success of electrofulguration pulpotomías covered by zinc oxide and eugenol or calcium hydroxide: a clinical Study Pediatr dent 1996; 18 (5): 385-90.
99. Mack RB, Dean JA. Electrosurgical pulpotomy; a retrospective human study. J Dent Child 1993; 60 (2):107-14.
100. López NM, García C, Cabrerizo M, Romero A. Pulpotomía con electrobisturí alternativa a la pulpotomía clásica. Odontol Pediatr 1993; 2(1):9-13.
101. Wucherpfennig AL, Gren DB et al. "Mineral Trioxide vs. Portland Cement: Two Biocompatible Filling Materials J. Tufts School of Dental Medicine 1999; 25: 308.
102. Dean JA, Mack Fulkerson BT, Sanders BJ. Comparison of electrosurgical and formocresol pulpotomy procedures in children. Int J Paediatr Dent 2002; 12(3):177-82.

103. Parking F. Láseres en Odontología Pediátrica y del adolescente. Clínicas odontológicas de Norteamérica 2000; 4:887-99.
104. Torabinejad M, Rastegar, A et al. "Bacteria Leakage of Mineral Trioxide Aggregate" J. Endod. Loma Linda Universidad (3): 1995; 197-205.
105. Wilkerson M, Hill S, Arcoria C. Effects of the argon laser on primary tooth pulpotomías in swine. J Clin Las Med Surg.1996; 14:37-42.
106. Liu JF, Chen LR, Chao SY. Laser pulpotomy of primary teeth.1999; 21(2):128-9.
107. Jukic S Anic I, Koba K Najsar D, Matsumoto K. The effect of pulpotomy using CO2 an Nd-Yag lasers on dental pulp tissue. International Endodontic Journal. 1997; 30: 175-80.
108. Don Schmitt DDS. Jacob Multifaceted Use of ProRoot MTA Canal Repair Material Revista Pediatric Dentistry. 2001; 23:4 326-329.
109. Yacobi R. Evolving pulp therapy techniques. Journal of American Dental Association 1991; 122 (2):83-5.
110. Shayegan A, Petein M, Abbeele AV. Beta-Tricalcium phosphates, white mineral trioxide aggregate, white apotland cement, ferric sulfate, and formocresol used as pulpotomy agents in primary pig teeth. Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod 2008; 105:536-42.

111. Fischer EJ, Arens DF, Miller CH. " Bacterial Leakage of mineral trioxide aggregate as compared With Zinc-free intermediate restorative material super EBA root-end filling material" J Endod, Indiana School of dentistry 1998; 24:176-9.
112. Dentsply Endodontics. Materials safety data sheet (MSDS): Pro Root MTA (mineral trioxide aggregate) root canal repair material. Effective March 1, 2001.
113. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J Endod. 1995; 21:349-353.
114. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate as root end filling material. J Endod 1995; 21:603-608.
115. Pineda MME, Silva I, Terán CL, Gaitán VJ. Uso clínico del agregado de trióxido mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares. Odontol. Sanmarquina 2007; 10(1):21-24.
116. Torabinejad M, Rastegar, A. et al. "Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root end Filling Materials Endod. Loma Linda University.1995; 21 (3): 109-12.
117. Duda GJ, Maris LE. The use of mineral trioxide aggregate in Pediatric Dentistry. Belo Horizonte. 2005; v. 41(1):101-104.
118. Hayashi M, Shimuzu A, Ebisu S. MTA for obturation of mandibular central incisor with open apices: case report. J Endod 2004; 30(2):120-122.

119. Auerbach C, Moutschen-Damen M, Moutschen M. Genetic and cytogenetical effects of formaldehyde and related compounds. *Mutat Res* 1977; 39:317-61.
120. Jabbarifar Se, Khadeni DD, Ghaseni DD. Success rates of formocresol pulpotomy vs. mineral trioxide aggregate in human primary molar tooth. *J Res med Sei* 2004; 6:55-8.
121. Torabinejad M, Chivian et al. "Clinical applications of mineral trioxide aggregate" *J Endodontics Loma Linda Universidad*. 1995; 197-199.
122. Camillere J, Montesin FE, Papaioannoy S, McDonald F, Pitt Ford TR. Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2004; 37: 699-74.
123. Moghaddame-Jafari S, Mantellini MG, Botero TM, McDonald NJ, Nor JE. Effect of ProRoot MTA on pulp cell apoptosis and proliferation in vitro. *J Endod* 2005; 31 (5): 387-391.
124. Parirokh M, Asgary S, Eghbal Mj, Stowe S, Eslami B, Eskandarizade A, Shabahang S. A comparative study of white and grey mineral trioxide aggregate as pulp capping agents in dog's teeth. *Dent Traumatol* 2005; 21:150-154.
125. Shabahang S, Torabinejad et al. "A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs", *J Endod Loma Linda Universidad* 25(1); 1995; 1-5.

126. Steffen RH, Waes V. Understanding mineral trioxide aggregate/Portland-cement: A review of literature and background factors. *European Archives Ped.Dentistry* 2009; 10(2):93-97.
127. Yatsushiro J, Baumgartner C, Tinkle J Longitudinal study of the microleakage of two root end filling materials using a fluid conductive system. *J of Endod.* 1998; 24(11):716-719.
128. Torabinejad M, Watson T, Pitt FT. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate as a retrograde root filling material. *J of Endod.* 1993; 19: 591-5.
129. Keiser K, Jonson C, Tipton D. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblast. *Of Endod.* 2000; 26(5):288-291.
130. Osorio R, Hefti A, Vertucci F, Shawley A. Citotoxicity of endodontic materials. *J of Endod.* 1998; 24(2):91-96.
131. Schwarz RS, Mauger M, Clement D, Walker WA. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc* 1999; 130:967-75.
132. Mehmet Yaltirik Phd. Hakan Ozbs. Et al. Reactions of tejido connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgama *Journal of Endodontics.* 2004.
133. Mitchell PJ, Pitt Ford T, Torebinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 1999; 20:167-73.

134. Holland R, Souza V, Juvenal M, Otoboni JA: Bernabé PF: Dezan E Reacción of dog's teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer scaler. *Journal of Endodontics* 1999; 22 (2) 728.
135. Hong CU: Torabinejad M, Kettering JD. The Effects of Three retrofilling Materials on Selected Oral Bacteria. *J. Endod* 1993; 19:200 AB 67.
136. Lee S, Monsef M Torabinejad M Sealing ability of a Mineral Trioxide Aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontic* 1993; 19 (11):541-4.
137. Yatshiro JD, Baumgartner, Tinkle JS. Longitudinal fluid conductance study of two root-end filling materials. *Journal of Endodontic* 1997: 23 (4):258.
138. Holland R, Otoboni JA, Souza V Nery MJ, Bernabé Pf, Dezan E. Mineral Trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontic* 2001; 27(4):281-4.
139. Fidalgo TKS, Risso PA, Kuchler EC, Costa MC. Direct pulp protection with mineral trioxide aggregate (MTA) in a Primary molar with successor permanent agenesis. *Rev Odontol. UNESP.* 2009; 38(6): 383-7.
140. Dean JA, Mack RB, Fulkerson BT: Sanders BJ. Comparison of electrosurgical and formocresol pulpotomy procedures in children. *International Journal of Pediatric* 2002; 12: 177- 182.

141. Hunter ML. Premature exfoliation of primary molars related to the use of formocresol in a multiversity pulpotomy technique: a case report. *International Journal of Pediatric Dentistry* 2003; 13: 362-364.
142. Ruemping DR, Morton TH, Anderson MW. Electrosurgical pulpotomy in primates: a comparison With formocresol pulpotomy: *Pediatr Dent*. 1983; 5:14-18.
143. Shaw DW, Sheller B, Barrus BD, Morton TH Jr. Electrosurgical pulpotomy: a 6-month study in primates. *J Endod* 1987; 13: 500-505.
144. Shoji S, Nakamura M, and horriuchi H. Histopathological changes in dental pulps irradiated by CO<sub>2</sub> laser, a preliminary report on laser pulpotomy, *J Endod*.1985; 11; 379-384.
145. Vargas KG, Packham B. Radiographic success of ferric sulfate and formocresol pulpotomías in relation to early exfoliation. *Pediatric* 2005; 27: 233-237.
146. Fava LRG, Saunders WP. Calcium Hydroxide pastes. Classification and clinical indications. *REVIEW Endodontic Practice, Sao Paulo, Brazil. And*.1999;pags. 257-269.
147. Medeiros If, Holland R. response of the pulp of dog to capping with mineral trioxide aggregate of a calcium hydroxide cement. *Dental Traumatology* 2001; 17:163.

148. Koch, Modere, Poulsen, Rasmussen, Endodoncia en Odontopediatría, Enfoque Clínico 1 Edición ED. Panamericana. Argentina, 1994. Cáp. 12. pp 135-155.
149. Kupietzky A. Holan G. Treatment of Crown Fractures UIT Pul Exposure in Primary Incisors. Pediatric Dentistry 2003; 25 (3): 241-247.
150. Waterhouse PJ. Nunn JH, Whiworth JM. Soames JV. Primary Molar pulp Therapy- histological evaluation of failure. International Journal of Pediatric 2000: 10: 313-321.
151. Fallahinejad GM, Mirkarimi M, Vatanpour M, Javad KFM. Comparison of pulpotomy whit formocresol and MTA in primary molars: a systematic review and meta-analysis IEJ-2008; Volume 3, Number 3:45-49.
152. El- Meligi O. Abdalla M, El-Baraway S, El-Tekia M Dean Ja. Histological evaluation of electrosurgery and formocresol pulpotomy techniques in primary teeth in dogs. Journal Pediatric Dentistry 2001: 26 (1):81.85.
153. Thibodeau B, Trope M. Pulp Revascularization of a Necrotic Infected Immature Permanent Tooth: Case Report and Review of the Literature. Pediatric Dent 2007; 29: 47-50.
154. Thompson KS, Seale NS, Nunn ME, Huff G. Alternative method of hemorrhage control in full strength formocresol pulpotomy. Pediatr; 2001; 23(3): 217-22.

155. Holliwell B. Oxidants and human disease: some new concepts. FASEB journal 1987; 1,358-64.
156. Schröder U. A 2-year Follow –up of primary molars, pulpomized with a gentle technique and capped with calcium hydroxide. The Scandinavian Journal of Dental Research 1978: 86; 273-278.
157. Rodrigues CHAC, Czylusniak GD. The use of Mineral trioxide aggregate en primary teeth pulpotomies: case report. UePG Ci.Biol. Saúde, Ponta Grossa, 2003: 9(3/4):21-27.
158. Calatayud J, Casado I, Álvarez C. Análisis de los estudios clínicos sobre la eficacia de la técnicas alternativas al formocresol en las pulpotomías de dientes temporales. Av. Odontoestomatol. 2006:V.22 n.4 Madrid jul-ago.
159. Kabaktchieva R, Gatera N. VITAL PULPOTOMY IN PRIMARY TEETH WITH MINERAL TRIOXIDE AGGREGATE (MTA) Journal of IMAB- Annual Proceeding (Scientific Papers), 2009: book 2,102-108.
160. Sakai VT. Moretti ABS, Oliveira TM, Fornetti, Santos CF, Machado MAAM. Pulpotomy of human primary molars with MTA and Portland cement: randomized controlled trial. BRITISH Dental JOURNAL 2009; 207:2-5.

PUBLICACIÓN DE RESULTADOS PRELIMINARES

## Pulpotomías con MTA: Resultados preliminares

Mendoza Mendoza A\* Isassi Hernández H†

### RESUMEN

**Introducción:** La pulpotomía es un procedimiento común en dentición primaria, en donde el formocresol ha sido el medicamento más utilizado; debido a la inquietud acerca de la toxicidad y carcinogenicidad del formocresol, se han propuesto alternativas de materiales como el Agregado Trióxido Mineral (MTA). **Objetivo:** Evaluar clínica y radiográficamente el Agregado Trióxido Mineral en la técnica de pulpotomías de molares primarios. **Material y métodos:** Selección de 58 molares primarios a los cuales se les realizó pulpotomías utilizando el Agregado Trióxido Mineral. Se evaluó clínicamente la presencia de inflamación, movilidad y de fístula, radiográficamente se evaluó ausencia de reabsorción interna/externa, reabsorción ósea periradicular y ensanchamiento de ligamento periodontal. **Resultados:** La muestra fue revisada a los 3, 6, y 9 meses; se obtuvieron porcentajes y se utilizó el programa SPSS 12.0. El éxito clínico ha sido de un 100% y radiográfico de 98% en donde un molar presentó reabsorción externa, además radiográficamente se observó en 80% obliteración pulpar y 60% la formación de un puente dentinario. **Conclusiones:** De acuerdo a este estudio el Agregado Trióxido Mineral sería un medicamento biocompatible para pulpotomías en dentición primaria.

*Palabras clave:* pulpotomía, formocresol, Agregado Trióxido Mineral, biocompatible, estenosis pulpar.

### ABSTRACT

**Introduction:** Pulpotomy is a common procedure during primary dentition, where formocresol has been the most used medication. Due to the concerns about formocresol's toxicity and carcinogenicity, alternative materials such as Mineral Trioxide Aggregate (MTA) have been proposed. **Objective:** To clinically and radiographically evaluate the Mineral Trioxide Aggregate when used in pulpotomy techniques in primary molars. **Material and methods:** Selection of 58 primary molars which have undergone pulpotomies utilizing Mineral Trioxide Aggregate. Presence of inflammation, mobility and fistula was clinically evaluated. Absence of internal and external reabsorption, periradicular bone reabsorption and the widening of the periodontal ligament was radiographically evaluated as well. **Results:** The sample was reviewed within 3, 6 and 9 months. Percentages were obtained and program SPSS 12.0 was used. A 100% clinical and a 98% radiographic success was accomplished. A molar presented external reabsorption, and an 80% pulpar obliteration as well as a 60% dental bridge formation were radiographically observed. **Conclusions:** According to this study, Mineral Trioxide Aggregate is a biocompatible medication to be used during primary dentition pulpotomies.

*Key words:* Pulpotomy, formocresol, Mineral Trioxide Aggregate, biocompatible, pulpar stenosis.

\* Prof<sup>o</sup>. Titular de la Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla España.

† Prof<sup>o</sup>. de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

Correspondencia:  
Hilda Isassi Hernández  
República de Paraguay 203 A,  
Col. Las Américas,  
Cd. Madero Tamaulipas.  
Tel.: 83327-42464  
Correo electrónico: hisassi@uat.edu.mx

Rev. Acad. Mex. Odon. Ped. 2008; 20(2): 33-36

### INTRODUCCIÓN

El objetivo de la terapia pulpar en odontopediatría es la conservación del diente en estado de salud, funcionando como un componente integral de la dentición. La pérdida prematura de órganos dentarios primarios puede causar la aberración de la longitud de arco, dando como resultado una maloclusión.<sup>1-3</sup>

La pulpotomía es una técnica común en odontopediatría y durante décadas el material más utilizado es el formocresol;

## **VIII. ANEXOS**

Anexo No. 1 Carta de Consentimiento válidamente informado.

Anexo No. 2 Hoja de recolección de datos clínicos.

Anexo No. 3 Hoja de recolección de datos radiográficos.

Anexo No. 4 Hoja de recursos materiales.

## ANEXO No. 1

### CARTA DE CONSENTIMIENTO VALIDAMENTE INFORMADO

Nombre \_\_\_\_\_

Expediente \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Teléfono \_\_\_\_\_

Domicilio. \_\_\_\_\_

Nombre de Madre o tutor \_\_\_\_\_

Debido a la alta prevalencia de caries infantil, y la necesidad de realizar terapias pulpares para la conservación del órgano dentario hasta su exfoliación, se realizará una investigación en donde se utilizara el Agregado Trióxido Mineral (MTA) como apósito pulpar en la técnica de pulpotomía. La técnica de pulpotomía es un tratamiento utilizado frecuentemente en niños en donde la caries ha afectado la pulpa cameral y es necesaria su eliminación colocando posteriormente un apósito que en este caso será MTA para la conservación de la vitalidad de la pulpa radicular.

La terapia pulpar es un tratamiento seguro y la única complicación que pudiera surgir será cuando el niño no coopere. El estudio se realizará a partir de marzo 2006 agosto 2006.

### CONSIENTO

A que a mi hijo, se le realice la técnica de pulpotomía con MTA Procedimiento que me ha sido explicado en forma sencilla, además me comprometo a traer a mi hijo (a) a las citas de control que sean necesarias para su evaluación.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nombre de madre o tutor

M.C.D.E.O.

Tampico, Tamaulipas, México a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 2006

**ANEXO No. 2**

**HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Nombre \_\_\_\_\_ Número de expediente \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Teléfono \_\_\_\_\_

Nombre del padre o tutor \_\_\_\_\_

Órgano dentario(s): \_\_\_\_\_

Diagnóstico: \_\_\_\_\_

Material empleado: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**RADIOGRAFÍAS**


### ANEXO No. 3

Nombre: \_\_\_\_\_ Expediente: \_\_\_\_\_ FOLIO # \_\_\_\_\_

EXAMEN CLÍNICO	3		6		9		12		15	
	MESES		MESES		MESES		MESES		MESES	
	SI	NO								
Dolor										
Inflamación										
Movilidad										
Fístula										

- Éxito: \_\_\_\_\_
- Fracaso: \_\_\_\_\_

EXAMEN RADIOGRÁFICO	3		6		9		12		15	
	MESES		MESES		MESES		MESES		MESES	
	SI	NO								
Reabsorción interna										
Reabsorción externa										
Reabsorción ósea perirradicular										
Ensanchamiento del ligamento										
Calcificaciones pulpaes										

- Éxito: \_\_\_\_\_
- Fracaso: \_\_\_\_\_
- Observaciones \_\_\_\_\_

### ANEXO No. 3

Nombre: \_\_\_\_\_ Expediente: \_\_\_\_\_ FOLIO # \_\_\_\_\_

EXAMEN CLÍNICO	18		21		24		36		48	
	MESES		MESES		MESES		MESES		MESES	
	SI	NO								
Dolor										
Inflamación										
Movilidad										
Fístula										

- Éxito: \_\_\_\_\_
- Fracaso: \_\_\_\_\_

EXAMEN RADIOGRÁFICO	18		21		24		36		48	
	MESES		MESES		MESES		MESES		MESES	
	SI	NO								
Reabsorción interna										
Reabsorción externa										
Reabsorción ósea perirradicular										
Ensanchamiento del ligamento										
Calcificaciones pulpaes										

- Éxito: \_\_\_\_\_
  - Fracaso: \_\_\_\_\_
  - Observaciones \_\_\_\_\_
-

## ANEXO No. 4

### Recursos Materiales

- Charola desinfectada.
- Torundas de algodón estériles Marca Protec., Cubrebocas UniMask.
- Guantes de latex ProDerma M Uniseal ISO 9001.
- Fresas 330, Fresa endo –Z.
- Cámara fotográfica SONY 10 x.
- Espejo bucal #3 TBS.
- Explorador #5 TBS.
- Cucharilla de dentina # 17.
- Pinzas de curación.
- 2 jeringas hipodérmicas de 10ml nuevas marcadas con una etiqueta.
- Vaso con solución fisiológica al .9%.
- Arco de Young.
- Grapa adecuada para el órgano dental a tratar Ivory.
- Portagrapas.
- Perforadora para goma dique.
- Cepillo profiláctico.
- Contraangulo .
- Anestesia tópica (Zeyco\*)
- Jeringa Carpulle y cartucho de lidocaína con epinefrina al 2%.
- Ionómero de vidrio (Fuji\*). Loseta de vidrio y espátula de cemento.
- MTA (Denstply).
- Corona de Acero adecuada al diente tratado 3 M.
- Dique de hule.

**TAMPICO –TAMAULIPAS- MÉXICO**

**ESTUDIO CLÍNICO DE PULPOTOMÍA CON AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL  
EN 58 MOLARES PRIMARIOS.**

M.C.D.E.O. HILDA ISASSI HERNÁNDEZ  
DIRECCIÓN: REPUBLICA DE PARAGUAY 203 A  
COLONIA LAS AMERICAS  
CIUDAD MADERO TAMAULIPAS. MÉXICO  
CODIGO POSTAL. 89420  
TELEFONO: (833) 126 07 08.  
CORREO: hisassi @ uat. edu. mx