



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FILTRACIÓN A NIVEL  
DEL TERCIO CERVICAL UTILIZANDO MTA, PORTLAND  
Y FOSFATO DE ZINC”

## TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ESPECIALISTA EN ENDOPERIODONTOLOGIA

PRESENTA  
CD. GHISSELA RIVERA MUJICA

TUTOR  
DR. EDUARDO LLAMOSAS HERNÁNDEZ

ASESOR  
DR. SALVADOR ARRONIZ PADILLA



LOS REYES IZTACALA, TLANEPANTLA, EDO. DE MEXICO 2006.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **PENSAMIENTOS**

"El éxito debe medirse, no por la posición a la que ha llegado una persona, sino por su esfuerzo por triunfar"

**Booker Tallaferro Washington**

"No basta dar pasos que un día puedan conducir hasta la meta, sino que cada paso ha de ser una meta, sin dejar de ser un paso"

**Johann Peter Eckermann**

## DEDICATORIA

A mi primo Erick por enseñarme  
amar esta noble carrera y este  
sueño va por los dos.

A mis padres quienes son mi  
fuerza y mi gran apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a la Virgen Maria Auxiliadora.

A mis padres Rómulo y Nancy por su apoyo y cariño incondicional.

A mis hermanos Juan Carlos y Rómulo J. por su cariño y comprensión.

A mi abuelita Angélica por sus oraciones e inmenso amor.

A mi asesor el Dr. Eduardo Llamosas por su motivación, paciencia y amistad.

A todos mis docentes de la especialidad por sus enseñanzas que llevare dentro de mi formación académica y personal.

A cada una de mis amigas y amigos que de alguna manera colaboraron en la elaboración de esta tesis.

## INDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
OBJETIVO	10
JUSTIFICACIÓN	10
MARCO TEÓRICO	11
HIPÓTESIS	43
MATERIAL Y MÉTODO	43
RESULTADOS	46
DISCUSIÓN	57
CONCLUSIÓN	59
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	67

## RESUMEN

El Mineral Trióxido Agregado (MTA), esta siendo utilizado ampliamente por que cumple con los criterios de los materiales para sellar defectos en las raíces de los dientes. Nuevas investigaciones han establecido que el cemento Portland, tiene componentes similares a los referidos para el MTA excepto por el óxido de bismuto que proporciona la radiopacidad al MTA; además que la tolerancia del tejido conectivo y la citotoxicidad es similar a la que se presenta con el MTA.

El fosfato de zinc es uno de los materiales mas usados para proteger los tratamientos de conductos concluidos sin embargo ha sido poco estudiado.

El propósito de este trabajo fué determinar la capacidad de sellado del MTA, cemento de fosfato de zinc y del cemento Portland cuando son usados en el sellado cervical de dientes tratados endodónticamente, a través de la filtración del azul de metileno. Para este estudio se seleccionaron 150 conductos de dientes recién extraídos, se dividieron en 5 grupos con 30 conductos cada uno.

A los grupos 1, 2, 3 y 4 excepto al 5; se les realizó el tratamiento de conductos y se dejo libre los últimos 3 mm. para sellarlos con los cementos en estudio. Un grupo fué sellado con MTA blanco, otro con cemento Portland, un tercer grupo con cemento de fosfato de zinc y el cuarto unicamente se obturo. Los dientes fueron sumergidos en azul de metileno durante 48 horas y 7 días. Se midió la penetración del colorante, a través de la obturación hacia el conducto, observando la profundidad de la penetración en milímetros con ayuda de un microscopio óptico a una amplificación de 20X.

Del análisis de resultados realizado en el presente estudio se apreció que no hubo diferencia significativa entre el MTA y el cemento Portland en ambos periodos de tiempo, lo que demuestra que estos cementos proporcionan sellado adecuado, que no permite la filtración de sustancias que pudieran complicar el éxito del tratamiento endodóntico. Se corroboró que el fosfato de zinc no es una material confiable para el sellado de los conductos.

## **ABSTRACT**

The Mineral Trioxide Aggregate (MTA), this being used widely so that it fulfills the criteria of the materials to seal defects in the roots of the teeth. New investigations have established that the Portland cement, has components similar to the referred ones for the MTA except by bismuth oxide that gives the radiopacity the MTA; in addition which the tolerance of the connective tissue and the cytotoxicity is similar to which appears with the MTA.

The zinc phosphate is one of the materials but used to protect the treatments of concluded canals nevertheless little it has been studied. The purpose of this work was to determine the sealed capacity of the MTA, phosphate cement of zinc and Portland cement when they are used in the cervical sealed one of treated teeth endodontically, through the filtration of the methylene blue. For this study 150 canals of teeth just extracted were selected, divided in 5 groups with 30 canals each one.

To groups 1, 2, 3 and 4 except the 5; the treatment of canals was made to them and frees last 3 mm to seal them with cements in study. A group was sealed with white MTA, another with Portland cement, a third group with zinc phosphate cement and the quarter group only obturated. The teeth were submerged in blue of methylene during 48 hours and 7 days. The penetration of the methylene blue was measure, through the clogging towards the canal, observing the depth of the penetration in millimeters with the help of an optic microscope an amplification of 20X.

The analysis of results made in the present study which was appraised that there was no significant difference between the MTA and the Portland cement in both periods of time, demonstrates that the Portland cement provides an adequate seal, that does not allow the filtration of substances that could complicate the success of the endodontic treatment. It was corroborated that the zinc phosphate is not a reliable material for the sealed one of the canals.



## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de conductos tiene como finalidad eliminar los restos pulpares necróticos y bacterias presentes en los conductos radiculares, colocando un material inerte e idóneo dentro de ellos que evite su posterior contaminación. Para ello, se han empleado una gran cantidad de materiales con diversas características, sin que a la fecha, se tenga establecido la técnica y material ideal que funcione en la totalidad de los tratamientos.

Desde hace algunos años se ha investigado un componente llamado “agregado trióxido mineral” (MTA), que cumple con algunos de los requisitos deseados para sellar la comunicación entre el sistema de conductos y la superficie externa del diente. Fué introducido en 1993 por ProRoot: Dentspy/Tulsa Dental, como material de obturación de conductos y actualmente también esta siendo fabricado por otras casas comerciales como Angelus de origen Brasileiro.

El polvo del MTA está formado por pequeñas partículas hidrófilas. Los compuestos básicos de este material son silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico y óxido de silicato. Así mismo el agregado contiene pequeñas cantidades de otros óxidos minerales que son los causantes de sus características físicas y químicas; además que posee polvo de óxido de bismuto lo cual le permite ser radiopaco. El microanálisis con sonda electrónica del polvo de MTA demostró que los principales iones de este material son el calcio y el fósforo. Se ha demostrado que la capacidad del MTA para conseguir un sellado o cierre hermético es superior al de la amalgama o que incluso la del Super EBA, además, la contaminación con sangre no modifica adversamente el MTA.

Sin embargo nuevas investigaciones han establecido la existencia de un cemento de fácil adquisición y económico llamado cemento Portland, ampliamente usado y conocido en el medio de la construcción, al cual se le han realizado estudios y se ha determinado que tiene componentes similares a los referidos para el MTA, excepto por el óxido de bismuto que proporciona la

radiopacidad del material, además que la tolerancia del tejido conectivo es similar a la que se presenta con el cemento MTA.

Por tanto, resulta interesante ahondar en el estudio del cemento Portland, como posible alternativa de reemplazo al MTA en algunos o en todos los tratamientos endodónticos no solo por sus características si no por el bajo costo que presenta.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad se utilizan una serie de cementos para obturar los conductos radiculares, siendo los más utilizados aquellos que tienen dentro de sus componentes óxido de zinc, hidróxido de calcio, etc. Sin embargo todos estos tienen en mayor o menor medida ciertos inconvenientes, por lo que se sigue buscando un cemento que cumpla con la mayoría de las condiciones biológicas y mecánicas ideales. Por lo que buscar un cemento que selle herméticamente cada uno de los tres tercios y en especial el tercio cervical y evite las futuras filtraciones que lleven al fracaso del tratamiento de conductos, desde hace algunos años se está usando el MTA para el sellado apical, de conductos laterales y retro-obturaciones. Actualmente existen estudios acerca de que el cemento Portland posee características similares al MTA y la gran ventaja de este sería sus características similares al MTA y su bajo costo; la mayoría de dentistas generales y especialistas en el área endodóntica utilizan fosfato de zinc, cavit, fosfato, etc para sellar temporalmente las cavidades luego de concluir el tratamiento de conductos, según los estudios realizados hasta la fecha el MTA dentro de sus múltiples propiedades evita la colonización bacteriana y proporciona un sellado adecuado por ello podría ser un excelente cemento que ayudaría a obturar herméticamente los conductos al ser colocado en los últimos milímetros de los tratamientos de conductos realizados, debido a estas características y a las características del cemento Portland se podría utilizar ambos materiales y observar el comportamiento de ambos en el tercio cervical para evitar filtraciones.

## **MARCO TEÓRICO**

El endodonto esta representado por la dentina, la cavidad pulpar y la pulpa, mientras que la región apical y periapical está constituida por los tejidos de sostén del diente, que incluyen y rodean al ápice radicular, y que son cemento, el ligamento periodontal, la pared y el hueso alveolar.<sup>1</sup>

Las observaciones clínicas han demostrado que la obturación del conducto radicular cuando no es satisfactoria, impide la regeneración del tejido óseo aun

cuando la lesión periapical se ha removido por completo, ya que el sellado deficiente, al permitir la acción de los irritantes, es capaz de perpetuar el estado patológico.

Dado que un sellado hermético de los conductos radiculares es esencial en endodoncia, los cementos selladores y sus propiedades son de vital importancia para el éxito del tratamiento de conductos.

Las cualidades de un cemento sellador ideal se resumen en los llamados postulados de Grossman: adhesividad, hermeticidad, radiopacidad, mezclarse fácilmente, estable tridimensionalmente al fraguar, no debe contraer, no debe teñir las estructuras dentales, bacteriostático, fraguado lento, no soluble al medio oral, no irritante a los tejidos periapicales, biocompatibilidad, no citotoxicidad, no mutagenicidad, no carcinógeno y que se pueda retirar fácilmente si es necesario; puntos que cumplen, en mayor o menor grado, los diversos productos existentes en el mercado. La elección de uno u otro depende de lo que se adapten a nuestros objetivos, considerando sus ventajas e inconvenientes.<sup>2</sup>

El papel que desempeña la microfiltración apical y coronal determinan el pronóstico del tratamiento radicular.

Hasta el momento no existe un material que selle herméticamente los tres tercios radiculares en especial el tercio cervical de los conductos tratados endodónticamente por lo que la búsqueda de el material idóneo y con estas características es importante, el fosfato de zinc es ampliamente usado desde hace muchos años por los dentistas debido a su bajo costo y fácil manejo pero se ha demostrado ampliamente que este cemento es incapaz de producir sellado hermético<sup>3</sup> de los conductos radiculares tratados endodónticamente; el uso del MTA en diferentes tratamientos esta siendo reportado con gran éxito debido a las características que posee este material, sin embargo las ultimas investigaciones demuestran que el cemento Portland en reemplazo del MTA seria una buena alternativa debido a sus similares características<sup>4</sup> además de su bajo costo y fácil acceso, por lo que se pasara a describir las características

de estos tres tipos de cementos que serán utilizados para sellar el tercio cervical de los dientes tratados endodónticamente in vitro.

## **MTA**

El MTA es el Trióxido Mineral Agregado, fue desarrollado y reportado por primera vez en 1993 por Torabinejad y colaboradores en la Universidad de Loma Linda - California, Estados Unidos. Además de ser un cemento con un alto grado de biocompatibilidad, fragua en ambiente húmedo y tiene baja solubilidad.

El MTA es un polvo que consiste en partículas hidrofílicas que endurece en presencia de humedad. La hidratación del polvo es con agua destilada y crea un gel coloidal con un pH de 12.5 que solidifica para formar una estructura dura y resistente.<sup>5</sup>

El MTA es un material que ha sido usado alrededor de todo el mundo, con muchas aplicaciones clínicas tales como, barreras apicales en dientes con ápices inmaduros, reparación de perforaciones radiculares, en obturaciones retrógradas y en recubrimiento pulpar directo. Además puede ser el único que consistentemente permite regeneración del ligamento periodontal, aposición de tejido parecido al cemento y formación ósea.<sup>6</sup>

Al existir una variedad de materiales, para cada procedimiento realizado en endodoncia, es importante conocer el material más apropiado y reportado científicamente por la literatura, el cual nos brinde una tasa de mayor éxito. Y es precisamente en la literatura, donde se reportan los beneficios y ventajas del MTA, cuando es comparado con otros materiales de uso común.

El MTA gris fué el primero en ser lanzado al mercado odontológico el cual por su color y que puede comprometer aparentemente la estética ha sido reemplazado por el MTA blanco intentando eliminar la pigmentación de los dientes y de los tejidos adyacentes. Teniendo en cuenta esta ventaja el MTA

blanco ha sido utilizado para ofrecer un sobresellado al piso de la cámara pulpar, ofreciéndose un mejor sellado contra la penetración microbiana. La fórmula de este material resulta fácilmente manipulable y compactado dentro de los conductos radiculares. Por lo tanto ha demostrado que no existe pigmentación en ninguno de los dientes tratados con este nuevo material confirmando la capacidad estética que brinda.<sup>7</sup>

## **Composición**

SiO<sub>2</sub> (Dióxido de Silicio), K<sub>2</sub>O (Potasio), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alumina), Na<sub>2</sub>O (Óxido de Sodio), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Óxido de ferro), SO<sub>3</sub> (Trióxido de Azufre), CaO (Óxido de Calcio), Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Óxido de Bismuto), MgO (Óxido de Magnesio) y residuos insolubles (sílica cristalina, óxido de calcio y sulfato de potasio y sodio).<sup>8</sup>

El óxido de bismuto ha sido adicionado para brindarle al material radiopacidad. Pruebas electrónicas del MTA muestran que el fósforo y el calcio son los iones presentes en este material, estos iones también son los principales componentes de los tejidos duros del diente, por lo que el MTA es biocompatible cuando esta en contacto con estos tejidos y células.<sup>5</sup>

El mecanismo biológico de acción del MTA es muy similar al del Ca(OH)<sub>2</sub> en el que los iones de Ca<sup>++</sup> del material se unen con el CO<sub>2</sub> presente en los tejidos, formando así los cristales de calcita.<sup>9</sup>

## **Propiedades**

### **1.-Fisicoquímica:**

En contacto con el agua forma un gel coloidal que se solidifica, formando una estructura rígida en un intervalo de 3 a 4 horas.

### **2.-Hidrogenización (PH):**

Su pH altamente alcalino inicial es de 10.2 y se eleva a 12.5 a las tres horas permaneciendo constante, lo cual torna un medio inhóspito para el crecimiento bacteriano, manteniendo su potencial antibacteriano por un largo período.

### **3.-Radiopacidad:**

Una de las características ideales de los materiales de obturación es que debe ser más radiopaco que las estructuras que lo rodean cuando es colocado en las cavidades de obturación retrógrada. Se ha determinado la radiopacidad de materiales de obturación retrógrada, encontrando que la amalgama es el material más radiopaco (10mm. equivalentes al espesor del aluminio). La radiopacidad de otros materiales es la siguiente: gutapercha 6.14mm., IRM 5.30, Super-EBA 5.16mm., MTA 7,17mm. y la dentina 0.70mm. por lo que el MTA es más radiopaco que la gutapercha convencional y la dentina siendo fácilmente distinguible sobre las radiografías.<sup>5</sup>

### **4.-Tiempo de Fraguado:**

La hidratación del MTA se da en la proporción 1:3 y resulta en un gel coloidal que solidifica en menos de 3 horas, las características del agregado depende del tamaño de la partícula, de la proporción polvo liquido, temperatura, presencia de agua y aire comprimido.<sup>5</sup>

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 del 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 es comparado (amalgama, IRM, Super-EBA), hace que sufra menor contracción y de allí sus óptimas cualidades de sellado.<sup>5</sup>

No es necesario esperar el endurecimiento del mismo para continuar los procedimientos siguientes. Una de las importantes características del MTA es la mejora de sus resultados en ambiente húmedo.

En caso de procedimientos con demora, podrá ocurrir el endurecimiento del cemento manipulado en la placa, dificultando su utilización. Para estas situaciones se aconseja protegerlo con gasa húmeda.



### **5.-Resistencia a la compresión:**

La resistencia a compresión después de 21 días es de 70 Megapascales (MPa) la cual es mayor que el IRM y el super EBA pero menor que la amalgama<sup>8</sup>, su resistencia está dentro de valores bastante aceptables, considerándose que pudiera haber carga oclusal en los lugares de su aplicación.

### **6.-Solubilidad:**

Los materiales comúnmente utilizados para selle 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 el cemento. En términos generales, los trabajos que se han realizado respecto a la solubilidad de estos materiales (IRM, Super-EBA, Amalgama y MTA) concluyen que no se evidencian signos relevantes de solubilidad en agua para el Super-EBA, la amalgama y el MTA, mientras que si se observan para el IRM.<sup>5</sup> No presenta señales significantes de solubilidad en contacto con la humedad, garantizando un excelente cierre marginal.

### **7.- Erosión:**

La erosión de los materiales de obturación puede ocurrir ya sea por ácidos generados por bacterias, ácidos presentes en las comidas y bebidas o por fuerzas mecánicas. Los materiales de obturación retrógrada están normalmente en contacto con los fluidos tisulares periapicales hasta que ellos se cubren con tejido conectivo fibroso o cemento. Clínicamente la biocompatibilidad de estos materiales con un buen selle pueden generar poca o ninguna respuesta inflamatoria en los tejidos periapicales y conllevar a la formación de tejido conectivo fibroso y/o cemento que cubra la porción apical de la raíz.<sup>5</sup>

### **8.- Microfiltración:**

Cuando un tratamiento no quirúrgico fracasa en la reparación de una lesión periapical de origen endodóntico o el retratamiento esta contraindicado, el tratamiento quirúrgico es necesario. Las cavidades deben ser obturadas con sustancias biocompatibles que prevengan el egreso de potentes contaminantes a los tejidos periapicales.

El principal objetivo de un material de obturación retrógrada es proveer un selle apical que prevenga el movimiento de bacterias y la difusión de productos bacterianos a los tejidos periapicales. Varios autores han propuesto que un material de obturación retrógrada ideal debe ser fácil de manipular, radiopaco, dimensionalmente estable, no absorbible, insoluble, adhesivo a la dentina, no tóxico y biocompatible.<sup>9</sup> Muchas sustancias han sido utilizadas como materiales de obturación retrógrada en cirugía endodóntica, pero ninguno de ellos ha sido universalmente aceptado como el mejor.

En un estudio in vitro realizado por Torabinejad se determina el tiempo necesario para que el *Staphylococcus epidermidis* penetre 3 mm. de espesor en la amalgama, Super-EBA, IRM y MTA cuando se utilizan como materiales de obturación retrógrada. La mayoría de las muestras que fueron obturadas con amalgama, Super-EBA, o IRM comienzan a filtrar desde los 6 hasta los 57 días. En contraste la mayoría de las muestras cuyos ápices fueron obturados con MTA no mostraron filtración durante el período experimental (90 días). El análisis estadístico de los datos no mostró diferencias significativas entre la filtración de amalgama, Super-EBA, e IRM. Sin embargo, el MTA filtró significativamente menos que los otros materiales de obturación. La capacidad selladora del MTA es probablemente debida a su naturaleza hidrofílica y su poca expansión cuando endurece en un ambiente húmedo.<sup>10</sup>

Posteriormente otro estudio realizado por Bates determinó el tiempo necesario para la penetración de la bacteria *Serratia marcescens* en diferentes materiales de obturación retrógrada. Encontrando que el MTA filtra menos rápido que el Super-EBA, este último se comportó mejor que el IRM y la amalgama fue la que presentó mayor filtración en menor tiempo.<sup>3</sup>

En otro estudio realizado por Yatsushiro se 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, se encontró que el grupo sellado con amalgama obtuvo una alta conducción de fluidos, mayor que el grupo sellado con MTA después de 4 semanas. Posiblemente concluyendo que entre la estructura dentaria y la amalgama

después de este período de tiempo se encuentran áreas significativas de filtración por donde bacterias y sus subproductos pueden escapar.<sup>7</sup>

Otro estudio realizado por Fogel evaluó la microfiltración por medio del sistema de filtración de fluidos en varios materiales de obturación retrógrada in vitro. Las muestras fueron divididas en dos grupos control y cinco grupos experimentales. Los materiales estudiados fueron: amalgama, IRM, resina, Super-EBA y MTA. Los resultados mostraron que la amalgama microfiltró significativamente más que el Super-EBA, la resina y el MTA, pero no se encontraron diferencias significativas en los otros tres grupos. Ningún material fue capaz de proveer un sello resistente a la filtración. Por esta razón un sello apical que sea impermeable a pequeñas moléculas debe ser lo ideal por conseguir, y el método de filtración de fluidos utilizado en este estudio puede permitir la detección de pequeños espacios por los cuales pueden pasar pequeñas moléculas.<sup>11</sup>

Se han utilizado otras 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 y el MTA resulta ser un material con excelentes características.<sup>12</sup>

Se realizó un estudio in vitro para comparar la habilidad del sellado del MTA, amalgama libre de zinc y el Super-EBA, utilizando colorante fluorescente de rodamina B con microscopio monofocal. Los resultados indican que aquellas cavidades obturadas con MTA presentan un menor grado de filtración del colorante encontrando casos donde el colorante no penetró en absoluto. Las cavidades obturadas con Super-EBA filtran menos que las obturadas con amalgama; sin embargo, el colorante no sólo penetró en la unión entre el Super-EBA y las paredes dentinales, sino que se incorporó dentro del material.<sup>10</sup>

De Bruyne y col., en el 2005 realizaron un estudio para determinar la microfiltración de diversos materiales por método del transporte de fluidos y la fotometría de fluidos por capilaridad y encontró resultados similares entre el

MTA y el ionómero Fuji IX por lo que recomienda ambos para su uso en las retro obturaciones.<sup>13</sup>

### **9.-Resistencia al desprendimiento:**

El MTA posee una buena capacidad de adhesión a las paredes dentinarias. Puede ser indicado inclusive para perforaciones de furca.<sup>14</sup> En este caso, se debe recubrirlo con un material de restauración intermedio, previamente al material de restauración final.

### **10.- Actividad fungicida:**

El MTA al ser utilizado como material fungicida resulto ser eficaz según el estudio realizado por Saad y col., en el 2003 en donde observaron que tuvo actividad para eliminar al cándida albicans al contacto directo de 1 día.<sup>15</sup>

## **MANIPULACION**

El MTA debe ser preparado inmediatamente antes de su uso. El polvo de MTA debe ser almacenado en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad. El polvo (idealmente 1gr por porción) debe ser mezclado con agua estéril en una proporción de 3:1 en una loseta o en papel con una espátula de plástico o metal. La mezcla se lleva con un instrumento de metal o plástico a su sitio de utilización. Si el área de aplicación es muy húmeda esta puede ser removida con una gasa o algodón. El MTA requiere humedad para fraguar; al dejar la mezcla en la loseta o en el papel se origina la deshidratación del material adquiriendo una contextura seca.<sup>8</sup>

## **VENTAJAS**

1. Excelente sellador marginal que evita la migración bacteriana y penetración de fluidos tisulares para el interior del canal radicular.
2. Reparación biológica de perforaciones radicular y de furca por la inducción de formación de cemento peri-radicular.
3. Inducción de formación de barrera dentinaria cuando utilizado sobre la pulpa.

4. Utilización en zonas con presencia de relativa humedad, sin pérdida de sus propiedades. Diferente de otros materiales que exigen campo operatorio absolutamente seco, normalmente difícil de se obtener, principalmente en los casos de cirugías pararendodónticas y retro obturación.

## **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 demuestran 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.

El estudio realizado por Keiser en donde comparó muestras de los materiales mas usados y observo que el material más citotóxico en un material recién preparado 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 de forma significativa a largo plazo.<sup>16</sup>

Torabinejab y col., evaluaron la citotoxicidad del MTA, la amalgama, el super EBA y el IRM con el método de agar, se mostró que la amalgama recién preparada y después de cristalizar fue significativamente menos citotóxica que los otros materiales seguida por el MTA, cuando fué evaluado por el radiocromo el material menos citotóxico fue el MTA seguido por la amalgama, el super-EBA y el IRM.<sup>17</sup>

Osorio y col., en 1998 estudiaron la citotoxicidad de algunos materiales endodónticos y de retro obturación utilizando fibroblastos humanos en cultivo y entre los materiales de retro obturación el MTA fué el menos citotóxico.<sup>18</sup>

Hernández y col., en el 2005 realizaron un estudio para determinar la citotoxicidad del MTA mezclado con clorhexidina en fibroblastos y macrófagos y encontró que al remplazar el agua estéril por clorhexidina disminuye la citotoxicidad del MTA.<sup>19</sup>

Nakayama y col., en el 2005 realizaron un estudio in vitro para determinar el comportamiento del MTA como material reparador y del IRM como material restaurador en osteoblastos de medula osea y encontraron que el MTA es poco citotóxico comparado al IRM y que no inhibe el crecimiento celular ni suprime la diferenciación de los osteoblastos mas bien acelera las funciones de los osteoblastos y de los fibroblastos.<sup>20</sup>

Souza y col., en el 2006 realizaron un estudio para determinar la citotoxicidad de materiales usados en la reparación de perforaciones radiculares para lo cual se usaron líneas celulares de fibroblastos V79 y observaron que el menos citotóxico fue el MTA.<sup>21</sup>

D. A Ribeiro y col., en el 2006 realizaron un estudio para determinar la citotoxicidad y la genotoxicidad del MTA gris y blanco y encontraron que ninguno de los dos materiales es genotóxico al DNA y que tampoco inducen actividades nocivas en los tejidos.<sup>22,23</sup>

En un estudio realizado para analizar la reacción del tejido conectivo subcutáneo a tubos de dentina con MTA blanco se observó la presencia de numerosas granulaciones cerca de la apertura del tubo y generalmente en contacto con el material. Adyacente a la granulación se encontraron áreas extensas de tejido irregular, como un puente de tejido, y se encontró una estructura en el interior de las paredes de los túbulos dentinarios. Esta estructura formada por el MTA dio lugar a una capa que fué observada en diferentes profundidades.<sup>9</sup>

## USOS DEL MTA

El procedimiento del recubrimiento pulpar se basa principalmente sobre la capacidad del tejido pulpar para repararse. Varios factores afectan este proceso incluyendo, la edad, la condición periodontal y el estadio de formación radicular. Factores durante el procedimiento tales como el tamaño de la exposición, su naturaleza (traumática, mecánica o bacteriana) y la contaminación microbiana del sitio han sido descritos por Ainehchi como determinantes en el éxito del recubrimiento pulpar.<sup>24</sup>

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, y 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 la filtración bacteriana, además de tener un alto grado de biocompatibilidad, por tal motivo ha sido usado como material de recubrimiento pulpar en pulpas expuestas mecánicamente en monos. Los resultados de estos estudios demuestran que el MTA estimula la formación de un puente de dentina adyacente a la pulpa. La dentinogenesis del MTA puede ser debida a su habilidad selladora, biocompatibilidad, alcalinidad o posiblemente otras propiedades asociadas a este material.<sup>5</sup>

Un puente dentinal 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. Desafortunadamente el hidróxido de calcio no se adhiere a la dentina y pierde su capacidad de selle. Defectos en los puentes de dentina bajo el recubrimiento con hidróxido de calcio puede actuar como vías para la microfiltración. Este material también tiene la tendencia a disolverse con el paso del tiempo.<sup>24</sup>

Cuando se utiliza el MTA se forman puentes delgados, encontrándose una capa odontoblástica, además presenta muy pocas veces hiperemia, y menos

microfiltración cuando es comparado con el material más usado en estos casos como es el hidróxido de calcio.<sup>24</sup>

El recubrimiento pulpar con MTA produce cambios citológicos y funcionales de las células pulpares, resultando en la producción de dentina reparativa sobre la superficie de una pulpa expuesta mecánicamente. El MTA ofrece un sustrato biológicamente activo para las células pulpares, necesario para regular los eventos dentinogénicos. El efecto inicial del MTA sobre la superficie de la pulpa expuesta mecánicamente es la formación de una capa de estructuras cristalinas. Esta reacción inmediata indica la estimulación de la actividad biosintética de las células pulpares por el recubrimiento, pero no puede ser caracterizada como una inducción directa de la formación de dentina reparativa. Una nueva matriz de formas atubulares con inclusiones celulares son observadas debajo del material a las dos semanas. Al evaluarlo bajo microscopio electrónico de barrido se encontraron fibras colágenas, las cuales están en contacto directo con la capa cristalina superficial. La dentinogénesis reparativa se obtiene claramente a las tres semanas del recubrimiento, asociada con una matriz fibrodentinal. Por lo tanto el MTA es un material efectivo para el recubrimiento pulpar directo, ya que favorece la formación de un puente de tejido duro durante el proceso de reparación, teniendo en cuenta que el procedimiento sea realizado bajo una total asepsia.<sup>25</sup>

Pitt Ford y col., compararon la respuesta de la pulpa dental de niños a los cinco meses, después de un recubrimiento pulpar directo con MTA y una preparación de hidróxido de calcio (Dycal) y amalgama. Los resultados de este estudio mostraron que hubo formación de puente dentinal en todas las pulpas cubiertas con MTA, todas las pulpas excepto una, estaban libres de inflamación. El puente que se formó adyacente al MTA era grueso y continuo con la dentina original. También se observaron túbulos dentinarios en el puente, especialmente cerca a la pulpa. Los puentes de dentina bajo el MTA mostraron irregularidades en algunas secciones, sin embargo, no se observaron defectos como túneles o inclusiones de tejido suave. En contraste, solamente dos pulpas recubiertas con la preparación de hidróxido de calcio tenían puentes



dentinarios, y todas las pulpas mostraban inflamación, la cual era severa y dominada por leucocitos polimorfonucleares.<sup>26</sup>

Adicionalmente, Farazo y col., en el 2001 compararon la respuesta en pulpas de perro al recubrimiento con MTA y con cemento de hidróxido de calcio (Dycal), después de dos meses. Ellos encontraron que con el cemento de hidróxido de calcio hubo formación completa de puentes de tejido duro en cinco casos (de 15). No se observó una zona de tejido necrótico en contacto con los puentes y formación completa de puentes en los que se uso MTA.

Para la apexificación varios materiales han sido utilizados como medicamentos intraconducto, para la formación de tejido duro o como un tope apical para prevenir la extrusión de materiales de obturación en dientes con ápices abiertos.<sup>8</sup>

El hidróxido de calcio se ha convertido en el material de elección para la apexificación. Se han realizado estudios donde se evaluaron los efectos del hidróxido de calcio en incisivos de monos con formación radicular incompleta y se reportó que los dientes con formación radicular incompleta tienen un pH en los rangos fisiológicos normales, mientras que los dientes con formación radicular completa tienen un pH en un rango de 10.0 a 12.2. El alto pH del hidróxido de calcio puede inducir la actividad de la fosfatasa alcalina, y la presencia de una alta concentración de calcio puede incrementar la actividad de la fosfatasa calcio dependiente. A pesar de su popularidad para los procedimientos de apexificación, la terapia con hidróxido de calcio tiene algunas desventajas inherentes que incluyen la variabilidad en el tiempo del tratamiento, cierre apical impredecible, dificultad para el seguimiento de los pacientes, y el fracaso en el tratamiento. Entonces continúa la búsqueda para encontrar procedimientos y materiales que puedan permitir el cierre apical continuo en dientes con ápices inmaduros. Las proteínas morfogenéticas (BMP's) han sido recientemente usadas para promover la formación de hueso. Se ha examinado histológicamente la extensión de la actividad osteogénica en implantes que contienen un portador de colágeno con diferentes cantidades de proteína osteogénica-1 (OP-1). y se encontró que inducen formación de hueso

en una forma dosis dependiente. Otra alternativa de tratamiento a largo plazo para el procedimiento de apexificación es el uso de una barrera artificial que permite la obturación inmediata del conducto.<sup>27</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 fué 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 su uso fué asociado a menor inflamación que con los otros materiales. Basados en estos resultados el MTA puede ser utilizado como una barrera apical en dientes con ápices inmaduros.<sup>27</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 aumentar el pronóstico a largo tiempo. Los fabricantes recomiendan que se coloque de 3-5mm. de espesor de MTA en el ápice para los procedimientos de apexificación. En este estudio se evaluaron las propiedades del material en dos espesores diferentes, una siguiendo las especificaciones (4mm.) y otra considerablemente menor (1mm.), por dos razones: la primera, la colocación a través de una cavidad de acceso con mínima resistencia en el ápice puede hacer el espesor un reto para el control. Y segundo, la cantidad colocada como una barrera va a determinar la profundidad máxima de adhesión que puede alcanzar cuando es internamente colocado en la raíz. Entre más grande el espesor de la barrera presente, menor la longitud de la raíz disponible para la adhesión. Los resultados mostraron que el espesor de MTA no tiene ningún impacto en la filtración pero si ejerce un impacto significativo en el desplazamiento de la resistencia.<sup>28</sup>

Para desinfectar el conducto radicular, se introduce el hidróxido de calcio como medicamento intraconducto por una semana. Después de irrigar el conducto radicular con NaOCl y eliminar el hidróxido de calcio, se seca con puntas de papel, se mezcla el polvo del MTA con agua estéril y se lleva la mezcla con una

porta amalgama grande al conducto. Posteriormente, se condensa el MTA hacia el ápice de la raíz con condensadores o puntas de papel, creando un tapón apical de MTA de 3 a 4 mm., se verifica su extensión radiográficamente. Si la obturación de la barrera apical falla en el primer intento se debe lavar el MTA con agua estéril y repetir el procedimiento. Colocar una torunda de algodón húmeda en el conducto y cerrar el acceso preparado de la cavidad con un material de obturación temporal por lo menos de tres a cuatro horas. Obturar el resto del conducto con gutapercha o con resina en dientes con paredes delgadas como está indicado, y sellar la cavidad de acceso con una restauración definitiva. Evaluar y valorar la cicatrización apical clínica y radiográficamente.<sup>8</sup>

Las perforaciones dentales pueden ocurrir durante el procedimiento endodóntico o en la preparación para postes y también como resultado de la extensión de una reabsorción en los tejidos radicales. La reparación de la perforación después de un procedimiento accidental o como consecuencia de una reabsorción interna puede ser realizada 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>8</sup>

El MTA ha sido utilizado experimentalmente para reparar perforaciones de furca en dientes de perro. Se observó que en ausencia de contaminación la respuesta del tejido fue caracterizada por una ausencia de inflamación y por la formación de cemento en la mayoría de los dientes estudiados. Igualmente algunos autores han reportado resultados en casos clínicos de dientes humanos en la reparación de perforaciones de furca con MTA, y observaron que este material permite la reparación de hueso y la eliminación de síntomas clínicos.<sup>29</sup>

Luego de reparar la perforación con MTA, colocar una torunda de algodón húmeda sobre el MTA y sellar la cavidad de acceso con un cemento temporal. Después de tres o cuatro horas, remover el cemento temporal y la torunda de algodón y colocar el material de obturación radicular permanente en la raíz y/o

en la preparación de la cavidad de acceso. Cuando el MTA se usa en perforaciones, con alto grado de inflamación, el material permanece suave al examinarlo en una segunda cita. Esto se debe a la presencia de un pH bajo, el cual previene un fraguado adecuado del MTA. En estos casos, se elimina el MTA y se repite el procedimiento. Se evalúa la cicatrización de tres a seis meses.<sup>8</sup>

Respecto a lo anterior en cirugías apicales, o reparación de perforaciones es típica la presencia de un área de inflamación, la cual puede tener un pH normal de 7.4 o un pH ácido por debajo de 5.0. En un pH ácido se puede afectar la adhesión de un material, incrementar la solubilidad de éste, o inhibir las reacciones deseadas ante éste. Si la infección o la inflamación persisten, puede ocurrir la erosión del material utilizado ocasionado por las bacterias o por la presencia de este ambiente ácido. Por lo tanto la capacidad selladora de un material puede ser directa o indirectamente afectado por estos cambios físicos.<sup>30</sup>

Se ha demostrado que la amalgama presenta una mayor solubilidad en un ambiente ácido que en uno neutro, ya que en un ambiente con pH de 2.5 hay mayor liberación de mercurio comparado con un pH de 7. De igual manera otros materiales como el Super-EBA o los ionómeros muestran mayor desintegración cuando se encuentran en pH ácidos.<sup>31</sup>

Sin embargo en un estudio en el que se evalúa la capacidad de selle de diferentes materiales (amalgama, MTA, Super-EBA, Geristore) durante 24 horas a pH de 5.0 y de 7.4, se encontró que el MTA y el Super-EBA no presentan filtración significativa ya sea en un pH neutro o ácido, mientras que materiales como la amalgama y el Geristore muestran mayor filtración en un pH neutro, sin ser estadísticamente significativa la diferencia con un pH ácido, lo que muestra que los materiales no son afectados relevantemente por el pH presente.<sup>31</sup>

Numerosas sustancias han sido utilizadas como materiales de obturación retrógrada. La principal desventaja de estos materiales incluye su poca

capacidad para prevenir el ingreso de irritantes a los conductos radiculares sellados de los tejidos periapicales, y su incapacidad para promover la regeneración de los tejidos periapicales a su estado normal.<sup>8</sup>

El sistema de adhesión a un ligamento periodontal funcional, consiste en un cemento sano, ligamento periodontal y hueso. La capacidad de permitir la regeneración de este sistema es deseable para cualquier material usado dentro del conducto radicular, en apexificaciones, selle 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 nuevo cemento puede ser formado adyacente a pocos materiales dentales cuando son colocados en contacto con los tejidos periodontales y estos materiales incluyen el MTA.<sup>32</sup>

Una verdadera regeneración requiere la interacción entre osteoblastos, fibroblastos y cementoblastos, y estos últimos son el tipo de célula más apropiados para estudiar los efectos de los materiales endodónticos sobre la cementogénesis. En un estudio se demostró que el MTA se adhiere a células cementoblásticas, factores de crecimiento, RNA mensajero, y expresión de proteínas involucradas en un proceso de mineralización. Estos resultados soportan que el MTA es un material cementoconductor ya que permite la expresión de genes y proteínas involucradas con el proceso de la cementogénesis.<sup>33</sup>

Algunas reacciones de los tejidos periapicales han sido descritos cuando es utilizado el MTA como material de obturación retrógrada: tanto tejido blando como delgadas capas de tejido duro han sido observados en contacto con el MTA. A la primera semana, se observa células poligonales y basofílicas con núcleo largo y pocas fibras colágenas alrededor o muy cerca de la superficie del MTA. Fibroblastos y fibras colágenas paralelas se observan a las dos semanas. De 3 a 5 semanas las raíces con MTA tienen una cápsula fibrosa, con delgadas capas de tejido duro.<sup>33</sup>

En este mismo sentido, cuando el MTA es comparado con otro tipo de materiales, se encuentran tanto ventajas como desventajas de cada uno de estos, dentro de los cuales se pueden mencionar: la amalgama, el cual ha sido el material más utilizado, que aunque ha tenido buenos resultados clínicos, su uso es controversial, es un material radiopaco, que brinda un buen sellado marginal, estabilidad dimensional, es resistente a la compresión, no reabsorbible, e insoluble, pero por otro lado se corroe, es tóxico, no bacteriostático, libera mercurio, y el tipo de adaptación que brinda es mecánico;<sup>34</sup> otro tipo de material es el Super-EBA, al cual se le brinda propiedades como su alta resistencia compresiva y tensil, su pH neutro, tiene una baja solubilidad, y se adhiere a la dentina, pero posee muchas desventajas como su alta sensibilidad a la humedad, irrita los tejidos periapicales, solubilidad parcial en fluidos orales, reabsorbible, sensibilidad de la técnica de manipulación.<sup>35</sup>

El IRM y el ionómero de vidrio son materiales con efecto antibacterial, sensibles a la contaminación por sangre o saliva, en donde su plasticidad y rigidez impiden su condensación dentro de la cavidad<sup>36-37</sup>.

Por último, las resinas compuestas se han usado en combinación con adhesivos, las cuales han reportado la formación y adherencia de fibras del ligamento periodontal, a pesar de esto, es necesario la presencia de un campo totalmente seco para su colocación, condición difícil de lograr durante una cirugía endodóntica. Por lo anterior, el MTA ha demostrado comparativamente, ser un material con propiedades superiores, aunque todos los materiales presentan cierto grado de citotoxicidad, ventajas y desventajas, por lo que la elección del material quedará a criterio del profesional según el caso a tratar.

En una serie de estudios in vitro y in vivo se muestra la biocompatibilidad del MTA en cultivos de osteoblastos. En respuesta al material el crecimiento celular fue favorable, y la expresión de Interleuquina IL- 6, e IL-8 sugiere que puede promover la cicatrización a través de la estimulación del metabolismo óseo. La presencia de IL-8 ha sido mostrada para estimular la angiogénesis, la cual es necesaria para la cicatrización del tejido conectivo. De igual manera el factor de crecimiento transformante b1 (TGF-b1) influencia el desarrollo, remodelado y

regeneración de las células; por otro lado una glicoproteína: la osteopontina es expresada y localizada en la superficie radicular durante la cementogénesis. Con respecto a lo anterior, se ha encontrado una marcada inmunoreactividad tanto para el TGF-b1 y la osteopontina en respuesta a la presencia de MTA cuando es utilizado como material de obturación retrógrada.<sup>38</sup>

### **Otros usos del MTA**

Ya que el MTA provee un selle efectivo contra la penetración de colorantes y bacterias y sus metabolitos como endotoxinas, puede ser utilizado como selle coronal (3-4mm.) después de completar la obturación de los conductos radiculares y antes de realizar blanqueamientos intracoronaes. Se introduce la mezcla del MTA de 3 a 4 mm. de espesor en la cavidad preparada, se coloca una mota de algodón húmeda sobre la mezcla y se rellena el resto de la cavidad con un material de obturación temporal. Después de 3 o 4 horas, se remueve el material de obturación temporal y se podrá obturar permanentemente cuando esté indicado.<sup>8</sup>

También 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 oclusal 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 excesos de MTA con una fresa redonda en la próxima cita.<sup>8</sup>

Para la reparación de una fractura vertical, se debe remover el material de obturación del diente y se deben unir 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. Se debe colocar el MTA sobre la superficie, se debe cubrir con una membrana reabsorbible y luego suturar el colgajo.<sup>8</sup>

## **CEMENTO PORTLAND**

Diseñado por Joseph Aspdin en 1824, tiene características químicas muy similares al MTA. Este material está compuesto principalmente por calcio y silicato.

El cemento Portland es usado en el medio de la construcción, y constituye parte de los cementos para concreto, en México son elaborados a base de clinker Portland.

Para la elaboración del clinker Portland se emplean materias primas capaces de aportar principalmente cal y sílice, y accesoriamente óxido de fierro y alúmina, para lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos de composición adecuada. Estos materiales se trituran, dosifican, muelen y mezclan íntimamente hasta su completa homogeneización, ya sea en seco o en húmedo.

La materia prima así procesada, ya sea en forma de polvo o de lodo, se introduce en hornos rotatorios donde se calcina a temperaturas del orden de 1400 °C, hasta que alcanza un estado de fusión incipiente. En este estado se producen las reacciones químicas requeridas y el material se subdivide y aglutina en fragmentos no mayores a 6 cm., cuya forma se regulariza por efecto de la rotación del horno. A este material fragmentado, resultante de la calcinación, se le denomina clinker Portland.

Una vez frío, el clinker se muele conjuntamente con una reducida proporción de yeso, que tiene la función de regular el tiempo de fraguado, y con ello se obtiene el polvo fino de color gris que se conoce como cemento Portland simple. Además durante, la molienda, el clinker puede combinarse con una escoria o un material puzolánico para producir un cemento mezclado Portland-escoria o Portland-puzolana, o bien puede molerse con determinados materiales de carácter sulfo-calcio-aluminoso para obtener los llamados cementos expansivos.



Aquilina en 1999 describe que el MTA es un derivado del cemento Portland con propiedades químicas similares.

## **Composición**

Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminio tricálcico, aluminoferrico tetracálcico, sulfato de calcio hidratado y óxidos alcalinos.<sup>39</sup>

Morales y col., en el 2004 determinaron que los componentes del cemento Portland forman parte de los elementos del MTA en un 75%, ambos tienen la misma manipulación, fraguando y endureciendo al reaccionar químicamente con el agua.<sup>40</sup>

En 1999 Wucherpfennig observó que el MTA presenta características biológicas, macro y microscópicas similares al cemento Portland, esto lo determino mediante un análisis de difracción de rayos x.<sup>41</sup>

Estrela y col., en el 2001 realizó un estudio para comparar los componentes del MTA y del cemento Portland y afirma que el cemento Portland contiene los mismos elementos químicos que el MTA excepto el óxido de bismuto que le da radiopacidad al MTA.<sup>42</sup>

Funteas en el 2004 realizó un análisis comparativo entre el MTA y el cemento Portland y no observó diferencias significativas entre 14 elementos presentes en el cemento Portland y el MTA, confirmando solo la ausencia de óxido de bismuto en el cemento Portland.

Islam y col., en el 2005 comparó el MTA (ProRoot) y el cemento Portland ordinario en un estudio in vitro para poder determinar los componentes de estos materiales, mediante difracción de polvo de rayos X y no encontró diferencias significativas entre ambos materiales, por lo que recomienda el uso del cemento Portland debido a sus características lo que incluye a sus usos clínicos.<sup>43</sup>

Holland y col., en el 2001 afirma que el cemento Portland después de ser mezclado con agua estéril a los 4 y 30 días tuvo resultados similares al MTA por formar hidróxido de calcio al entrar en contacto con los tejidos.<sup>9</sup>

Flores Botello y col., en el 2000 en un estudio preliminar del cemento Portland determinaron el crecimiento bacteriano y el pH de este material. Ellos establecieron que este cemento no favorece el crecimiento bacteriano, lo que se explica por su alta alcalinidad (pH 10), lo que no proporciona condiciones óptimas para la proliferación bacteriana.<sup>44</sup>

Santos y col., en el 2005 realizaron un estudio para evaluar los iones calcio, el pH y la conductividad del cemento Portland y del MTA de la marca Angelus y encontraron que ambos poseen el mismo incremento del pH pero que el cemento Portland mostró mayor cantidad de calcio a las 24 horas y que la conductividad de iones fué similar en ambos cementos.<sup>45</sup>

Durante una evaluación microscópica de la superficie de este material se determino la presencia de una variedad de 2 tipos de cemento Portland y se encuentran áreas predominantemente pequeñas con discretas formas cuboidales en forma de cristales blancos y otras áreas aparecen de forma granular con superficies de tipo coral.<sup>46</sup>

Dammaschke y col., en el 2005 comparó las propiedades físicas del MTA (ProRoot) y de dos tipos de cemento Portland (CEM1-CEM2); realizó un estudio microscópico y encontró que las partículas de MTA son más uniformes y que las partículas del cemento Portland son ligeramente más grandes por los que esto seria una diferencia entre ambas.<sup>47</sup>

Las partículas del MTA resultan ser pequeñas que mas del cemento Portland por ello se podría explicar que al realizar experimentos in vivo hay mayor acumulación de macrófagos alrededor del implante de MTA.<sup>43</sup>

## **MANIPULACION**

El cemento Portland se mezcla en proporción 3:1 con agua destilada y su proceso de endurecimiento reduce a 15 minutos el tiempo de fraguado, contra las 2 horas y cuarto de los otros cementos, y mejora la adherencia a conductos y cavidades, debido a que el tamaño de sus partículas es casi un tercio del MTA.

Una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante, se inicia una serie de reacciones químicas que en forma global se designan como hidratación del cemento. Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la rigidización gradual de la mezcla, que culmina con su fraguado, y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto.

El proceso de fraguado se produce en dos etapas y el material alcanza una resistencia compresiva de entre 30 y 70 MPa. En la primera etapa, el material se endurece a los 15 minutos para que el paciente pueda realizar sus actividades con normalidad; en la segunda, que tarda 28 días, ocurren todos los procesos químicos y orgánicos.

Otra cualidad de este cemento modificado es que, aunque pase el tiempo, los componentes no pierden sus propiedades. Permanecen inactivos y se activarán cuando el organismo necesite alguno de sus componentes.

## **VENTAJAS**

Este material estimula la fosfatasa alcalina, disminuye los mecanismos inflamatorios, no es citotóxico ni mutagénico, y favorece los procesos de regeneración biológica. Esto sugiere que la superficie del material no es irritante y no afecta la integridad estructural de las células.<sup>42</sup>

Este sellador puede usarse en zonas húmedas y también estimula la fosfatasa alcalina cuando se altera el pH, pero tiene la capacidad de introducirse en los lugares más profundos de la estructura dental.

La cualidad más importante de este tipo de trióxido mineral es su alta capacidad osteoinductora, es decir la regeneración de tejido óseo o dentario dañado o ausente, como puede ocurrir en la raíz por un golpe o insuficiencias orgánicas. Este nuevo mecanismo químico es el que justamente lo diferencia de los otros materiales que actualmente se comercializan y abre una nueva línea de conocimiento e investigación en odontología.

El cemento Portland blanco y gris son manufacturados de forma similar excepto que al blanco se le remueve la fase férrica durante su proceso de producción, probablemente esto explique algunos resultados del potencial genotóxico del Portland y del MTA.<sup>49</sup>

Holland y col., en el 2001 determinaron que el MTA, el cemento Portland, y el Portland blanco presentan biocompatibilidad con la subsecuente formación de células, que pueden insertarse y así producir la nueva formación de tejido duro y blando, preservando así la vitalidad pulpar; y los resultados de su investigación demuestran claramente el mismo comportamiento de ambos cementos y determinan que la presencia de óxido de bismuto presente en el MTA no influencia en el tratamiento del tejido pulpar por lo que estos materiales pueden ser considerados como materiales efectivos para la protección pulpar.<sup>4</sup>

Menezes y col., en el 2004 evaluaron histológicamente la efectividad de dos tipos de MTA (ProRoot y Angelus) y del cemento Portland blanco como materiales de protección pulpar posteriores a una pulpotomía y encontraron que ambos fueron igual de efectivos en este tipo de tratamiento, ya que suponen la formación de un puente de dentina que puede ser atribuido a su excelente capacidad de sellado, lo cual previene la difusión de los materiales a los tejidos y reduce la microfiltración durante los periodos de salud.<sup>50</sup>

Campos y col., en el 2003 realizaron un estudio donde implantaron tubos de polietileno con cemento Portland en el tejido subcutáneo de ratas Wistar y observaron que la respuesta tisular fue similar a la obtenida en los tubos

vacíos, por lo que sugieren que es un material que no provoca reacciones adversas cuando está en contacto con tejido conectivo.<sup>51</sup>

En otro estudio realizado por Holland y col., en el 2001 analizaron tubos de dentina implantados en tejido subcutáneo de ratas y que contenían dos materiales (MTA y cemento Portland) y obtuvieron resultados similares entre ambos materiales.<sup>9</sup>

Saidon y col., en el 2003 realizaron un estudio para observar el efecto citotóxico in vitro y la reacción de los tejidos al MTA y al cemento Portland implantado a la mandíbula de cerdos, en donde no encontraron diferencia en la reacción celular in vitro y que el proceso inflamatorio producido por ambos materiales es bien tolerado in vivo, por lo que sugieren el uso del cemento Portland en las retro obturaciones por sus características y su bajo costo.<sup>48</sup>

## **CITOTOXICIDAD**

De Deus y col., en el 2005 realizó un estudio sobre la citotoxicidad en la línea celular endotelial ECV 304 donde comparo dos MTA (ProRoot y Angelus) y cemento Portland encontró la existencia de citotoxicidad al inicio de los cultivos celulares y que se restableció a las 72 horas, además que los tres materiales se comportaron de manera similar durante todo el experimento.<sup>52</sup>

Ribeiro y col., en el 2005 realizó un estudio donde observó la biocompatibilidad (citotoxicidad y genotoxicidad) del MTA y del cemento Portland y encontró que ambos materiales no son genotoxicos y que tampoco inducen a la muerte celular.<sup>53</sup>

Sipert y col., en el 2005 realizó un estudio in vitro donde observó la actividad antimicrobiana del Selapex, MTA, cemento Portland y Endorez y encontró que el sealapex tiene un gran efecto antimicrobiano, que el MTA y el cemento Portland tienen el mismo efecto antimicrobiano sobre E. Coli y que Endorez no posee esta cualidad ni efecto.<sup>39</sup>

Hungaro Duarte y col., en el 2005 realizó un estudio para observar el contenido de arsénico en dos tipos de MTA (Angelus y ProRoot) y dos tipos de cemento Portland y encontró que los cuatro tienen bajos niveles de arsénico y sugiere que ambos son seguros y que pueden ser usados en la práctica clínica ya que si fueran tóxicos mostrarían respuestas incompatibles con los cultivos celulares humanos y en animales .<sup>54</sup>

## **FOSFATO DE ZINC**

Los materiales de restauración temporal son utilizados en endodoncia para sellar el acceso a la preparación entre citas, y después de la terminación del tratamiento de conductos, hasta la colocación de la restauración definitiva. El propósito principal de sellar el acceso a la cavidad, es prevenir la contaminación de los conductos por fluidos, materiales orgánicos o bacterias del medio ambiente oral; además, el sellado previene la filtración de medicamentos intraconducto desde la cámara pulpar a la cavidad oral.<sup>55</sup>

La fractura dental y la filtración o pérdida de restauraciones temporales son encontradas clínicamente dejando la endodoncia expuesta al medio oral. Además, el potencial de contaminación por fluidos orales y bacterias del espacio radicular, puede deberse a la disolución del sellado coronal.<sup>56</sup>

Los materiales de restauración temporal constituyen un importante grupo de biomateriales de gran aplicación y utilidad clínica. El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de este grupo, nos muestra múltiples fallas tales como solubilidad parcial en los fluidos orales, erosión y poca resistencia al choque masticatorio; y la mayoría no posee verdadera adhesión al tejido dentario. A pesar de todo esto, su uso es imprescindible y una adecuada manipulación junto con un conocimiento profundo del material, permitirá evaluar los resultados clínicos.

Por más de 80 años el cemento de fosfato de zinc ha tenido varias aplicaciones clínicas, sin embargo, muestra significativas deficiencias. La más relevante clínicamente es su solubilidad en los fluidos orales.<sup>57</sup>

## **Composición**

El componente del polvo es óxido de zinc (ZnO) calcinado y pulverizado finamente. El óxido de magnesio puede entrar en la composición hasta un máximo de 10%. Óxidos de bismuto y silicio junto con fluoruros se incorporan en varias fórmulas. Los componentes se calcinan a temperaturas de 1000 a 1300°C., constituyéndose en una masa fundida, la cual es pulverizada y tamizada para lograr un polvo de partícula muy fina.

El líquido es el ácido ortofosfórico en solución acuosa 33.5% de agua, con amortiguadores de pH: óxidos de magnesio (Mg), zinc (Zn), e hidróxido de aluminio. Desde el punto de vista químico, se trata de un óxido básico y el líquido es de reacción ácida.<sup>58</sup>

## **Reacción:**

En la primera etapa de la reacción, se forma un fosfato ácido de Zn y luego el producto final se conforma por una matriz de sostén integrado por fosfatos de zinc terciario  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$  núcleos de ZnO que no reaccionan.

El óxido disuelto al encontrarse con un ácido reaccionará formando una sal y ésta, en los primeros momentos, quedará en solución en el líquido. Al aumentar la cantidad de sal formada en relación con ésta de la cantidad de polvo disuelto, aumentará su concentración en la fase líquida que eventualmente comenzará a sobresaturarse produciéndose la precipitación de compuestos sólidos. En el ámbito de la mezcla, podría observarse un aumento de la consistencia (viscosidad) y una pérdida en el tiempo de trabajo. Cuando la cantidad de sal precipitada es suficientemente alta la pasta comenzará a presentar aspecto de sólido; se dice entonces, que el cemento ha endurecido o fraguado.

En esa estructura fraguada, pueden ser distinguidas microscópicamente dos partes o fases: los restos de polvo que no han llegado a ser disueltos del todo, rodeados por una matriz salina resultante de la reacción entre lo disuelto y el líquido. Una estructura de este tipo se denomina estructura nucleada (núcleos y matriz). Por lo tanto, el fraguado del cemento se produce por medio de un mecanismo que incluye tres etapas sucesivas:

- La primera es la disolución del polvo básico en un líquido ácido.
- En segundo lugar se da la reacción entre lo disuelto y el ácido, con formación de sal.
- El tercero encontramos la precipitación de la sal.

Como la composición final incluye una matriz constituida por un compuesto cerámico iónico, puede esperarse que el cemento tenga la posibilidad de disolución en un medio acuoso. Puede deducirse entonces, que cuanto menor sea la cantidad de esa matriz, menor será la posibilidad de disolución; por lo tanto, a mayor relación polvo/líquido, menor será la posibilidad de disolución.<sup>58</sup>

Puesto que la reacción es exotérmica, el calor determina un aumento en la velocidad de reacción. Para controlar dicha reacción y aumentar el tiempo de trabajo, se pueden utilizar tres métodos: disminución de la relación polvo/líquido, disminuir la adición del polvo al líquido, o enfriar la loseta de vidrio. Una técnica estándar para mezclar el fosfato de zinc, incluye la adición incremental del polvo al líquido sobre una loseta de vidrio. La temperatura de ésta, puede estar cerca de los 23°C donde el tiempo de trabajo es relativamente corto.<sup>59</sup>

La matriz del cemento es destruida por disolución simple en los fluidos orales o por degradación química como resultado de un ambiente alcalino a ácido.<sup>60</sup>

Al analizar la reacción de endurecimiento del fosfato de zinc se observa que cada uno de sus componentes son altamente solubles:





Donde  $\text{H}_3\text{PO}_4$  es un ácido altamente soluble; el  $\text{Zn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  sal ácida altamente soluble; el  $\text{Zn}(\text{HPO}_4)$  una sal ácida soluble y el  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$  sal neutral. Por lo tanto, el fosfato de zinc es un material susceptible a la contaminación en presencia de humedad. La mayoría de los estudios sobre cementos dentales han usado agua, ácidos u otros solventes que simulan la contaminación en el ambiente oral.<sup>61</sup>

Una de las deficiencias de los cementos dentales que tiene importancia clínica es la solubilidad ante los fluidos orales produciendo sensibilidad, caries y pérdida de la restauración colada.<sup>62-63</sup>

El proceso de microfiltración puede estar relacionado con la falta de adhesión de los agentes cementantes a la estructura dental, con la contracción del cemento durante el endurecimiento, la disolución del cemento y fallas mecánicas del mismo.<sup>64</sup> Los diferentes agentes cementantes varían considerablemente en solubilidad, resistencia física y capacidad para unirse a la estructura dentaria.<sup>65</sup>

Estudios previos han encontrado diferencias significativas en diferentes cementos en la prevención de la microfiltración entre el agente cementante y la estructura dentaria.<sup>66</sup>

Al comparar la contaminación de tres cementos: ionómero de vidrio, resina y fosfato de zinc con agua y saliva, se demostró que no había un incremento en la dureza del fosfato de zinc almacenado en 100% de humedad, después de una hora; igualmente, se demostró que después de una semana en agua, el fosfato de zinc fue el material más reblandecido; por lo tanto, la contaminación afecta la dureza del fosfato de zinc. Esta contaminación resulta en una dilución del ácido ortofosfórico y además, previene el completo asentamiento de la capa superficial del cemento. Luego de esto, la disminución en el endurecimiento

puede ser debido a la absorción de agua, descrito como la primera fase de degradación.<sup>67</sup>

En este mismo estudio se encontró que la saliva natural artificial fue menos adversa que el agua para los tres cementos. Este hallazgo sugiere que el agua puede ser el componente en la saliva, con el mayor efecto adverso en las primeras etapas, mientras que algunos componentes de la saliva protegen al cemento o contrarrestan los efectos del agua.<sup>61</sup>

El grado de disolución del cemento también ha sido relacionado empíricamente con el grado de desadaptación marginal; por lo tanto, a mayor desadaptación y subsecuente exposición dental a los fluidos orales, más rápido será el grado de disolución. En ambientes estáticos, la disolución del cemento es dependiente de los gradientes de concentración y de la difusión constante del soluto del cemento.<sup>57</sup>

Otra característica a tener en cuenta para el uso de este cemento como restaurativo temporal, es que no es un agente que se adhiere al tejido dentario. El cemento debe fluir en las pequeñas irregularidades de la pared dentinaria y al endurecer debe producir una traba mecánica responsable de su acción cementante.<sup>68</sup>

La microfiltración de los materiales de restauración temporal ha sido evaluada por diferentes métodos de investigación, incluyendo tinción, radioisótopos, microorganismos y filtración de fluidos. Numerosos materiales han sido evaluados en estas investigaciones para encontrar el material de selle temporal ideal. A pesar de esto, existen muchas dudas acerca del material de restauración temporal que brinde el menor potencial para la microfiltración.

Estos resultados confusos en parte se deben a las limitaciones de las técnicas para evaluar la microfiltración. Aunque los estudios de tinción y radioisótopos han sido métodos de evaluación aceptados, éstos presentan limitaciones significativas: son difíciles de cuantificar, la interpretación puede ser subjetiva, el margen de error es grande, y si no se controlan, algunas variables puede significativamente sesgar los resultados.<sup>55</sup>

Algunos estudios han demostrado gran variabilidad en los resultados utilizando similares métodos de investigación. Por ejemplo, la difusión de isótopos dentro del conducto, es dependiente del tamaño de la molécula. Se ha encontrado que los métodos por tinción penetran más allá dentro del diente que los isótopos.<sup>46</sup>

Como prioridad en la selección de un material restaurativo temporal durante el tratamiento endodóntico, es la capacidad para sellar los márgenes de la preparación de acceso y por lo tanto, prevenir el intercambio de fluidos entre el conducto y la cavidad oral; sin embargo, no se ha encontrado un material restaurativo temporal que selle la cavidad de acceso.<sup>69</sup>

Se ha demostrado que el cemento de fosfato de zinc no produce filtración después de 15 minutos pero después de 1 hora, la filtración es significativa. Algunos estudios han reportado que el fosfato de zinc muestra un pobre selle, presentando el mayor grado de filtración durante la primera hora, el cual disminuye a las 24 horas, a la semana y a las 2 semanas; a partir de este momento, nuevamente se incrementa significativamente el grado de filtración. También se ha reportado que la mezcla del cemento de una consistencia delgada, brinda el mejor sellado.<sup>70</sup>

White y col., en 1994 realizó un estudio donde encontró mayor microfiltración en el cemento de fosfato de zinc y menor microfiltración en el cemento de resina.<sup>71</sup>

Por medio de microscopio electrónico de barrido se ha observado cómo las fuerzas masticatorias afectan la rigidez del cemento, ya que se ha demostrado que la zona más frágil para provocar una fractura es la zona central de este. Estas superficies de fractura se generan por la depresión del cemento, lo cual origina la propagación radial de cracks, mostrando estructuras porosas y de esta forma, se incrementan las áreas de microfiltración; sin embargo a pesar de su poco selle marginal, se considera un cemento que resiste a las fuerzas compresivas comparado con otros materiales como el cavit y el IRM.<sup>72</sup>

Al comparar la capacidad selladora de diferentes cementos en dientes tratados endodónticamente que necesitaban un procedimiento de blanqueamiento dental, se ha encontrado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el cavit y coltosol, al igual que entre el óxido de zinc y eugenol y el fosfato de zinc.<sup>73</sup>

## **OBJETIVO**

El propósito del presente estudio fué determinar la capacidad de sellado del MTA, cemento de fosfato de zinc y del cemento Portland cuando son usados en el sellado cervical de dientes tratados endodónticamente, a través de la filtración del azul de metileno.

## **JUSTIFICACIÓN**

En México y el resto de países del tercer mundo, existe un porcentaje muy alto en la incidencia y prevalecía de caries dental, debido a que no se cuenta con una cultura de la prevención. Esto conduce a que los pacientes se presenten en los consultorios dentales con caries muy avanzadas, que en numerosas ocasiones son grandes cavidades contaminadas, que requieren tratamientos endodónticos; para poder eliminar las bacterias presentes en ellos, el tratamiento de conductos implica una serie de procedimientos que exigen mucha meticulosidad, tanto en los procedimientos operatorios, como en los materiales empleados durante el procedimiento o al final del mismo. Como se ha mencionado, se han utilizado diversos materiales para lograr un pronóstico favorable en la evolución de estos tratamientos.

El tratamiento de conductos al ser concluido debe ser sellado para que posteriormente el diente sea rehabilitado, pero muchas veces el paciente no acude para la pronta restitución o restauración del órgano dental o las restauraciones son inadecuadas y el diente queda expuesto a los fluidos bucales y a presentar filtración en el tratamiento endodóntico ya concluido. Una buena alternativa en el tratamiento sería colocar MTA o cemento Portland en los últimos milímetros del conducto para poder sellar herméticamente los conductos radiculares y evitar filtraciones que llevan al fracaso.

Torabinejad, M en su artículo publicado en 1999 menciona que el MTA provee un selle efectivo contra la penetración de colorantes, bacterias y sus metabolitos como endotoxinas y que pudiera ser utilizado para el selle coronal

(3-4mm.) después de completar la obturación de los conductos radiculares y antes de realizar blanqueamientos intracoronales, para este procedimiento se introduce la mezcla del MTA de 3 a 4 mm. de espesor en la cavidad preparada, se coloca una torunda de algodón húmeda sobre la mezcla y se rellena el resto de la cavidad con un material de obturación temporal. Después de 3 o 4 horas, se remueve el material de obturación temporal y se podrá obturar de forma permanente cuando esté indicado. También 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 oclusal 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 excesos de MTA con una fresa redonda en la próxima cita.<sup>6</sup>

Como se puede apreciar, existen situaciones clínicas donde sería necesario utilizar materiales idóneos y seguros para evitar los inconvenientes o problemas que se presentan pos tratamiento con los materiales empleados, bien sea por su toxicidad, su dificultad en la manipulación o los altos costos en su adquisición.

Por esto el cemento Portland se presenta como una alternativa viable para resolver algunos de los problemas latentes en el tratamiento endodóntico, como es en el sellado de las perforaciones y retro obturaciones, por lo que se debe investigar los posibles beneficios de este componente.

## **HIPOTESIS**

$H_{i1}$  : Existen diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de sellado del tercio cervical del conducto radicular entre el MTA, el cemento Portland y el fosfato de zinc, cuando son evaluados por medio de la filtración del azul de metileno.

$H_{i2}$  : No existen diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de sellado del tercio cervical del conducto radicular entre el MTA, el cemento Portland y el fosfato de zinc, cuando son evaluados por medio de la filtración del azul de metileno.

## **MATERIAL Y METODO**

Para este estudio se seleccionaron dientes multirradiculares superiores e inferiores indistintamente, se utilizaron 150 raíces de dientes recién extraídos, las cuales se mantuvieron durante dos semanas en una solución de hipoclorito de sodio al 1% posteriormente en una solución de glicerina 50% y agua al 50%, según lo establecido por la American Dental Association and Center of Disease Control.<sup>13</sup> (Fig. 1)

Se realizó la apertura coronaria y cameral hasta exponer los conductos radiculares, seguidamente se procedió a separar un grupo con 30 conductos para posteriormente ser utilizados para el control +(grupo 5), y en los demás



conductos se procedió a patentar los conductos hasta una lima # 20 flexofile y se inicio la preparación de los conductos radiculares aplicando la técnica Crown-down modificada, utilizando fresas Gates - glidden # ,3,2,1 (Fig. 2) posteriormente fueron instrumentados y ensanchados con el sistema rotatorio protaper de la casa comercial Dentsply- Maillefer (Fig. 3). El tope apical se realizó manualmente hasta la lima # 45 aproximadamente a 1 milímetro del ápice (Fig. 4), la irrigación se realizó con hipoclorito de sodio al 0.5 % (Fig. 5).

Todas las raíces fueron obturadas aplicando la técnica de compactación vertical (Fig. 6), con gutapercha de la casa comercial Higienic y cemento sellador utilizado fué sealapex, teniendo la precaución de no obturar los últimos 3 mm. y esta zona fué sellada con uno de los tres materiales estudiados. (Fig. 7)

En los segmentos de las raíces sin obturar se colocaron aleatoriamente en cuatro grupos de 30 muestras cada uno de acuerdo a lo siguiente:

#### Grupo 1

Se realizó obturación con MTA blanco (ProRoot, Dentsply Tulsa Dental), el cual se preparó de la siguiente forma: se colocó el polvo y líquido utilizando la ampolla micro-dispensadora del MTA en una loseta, mezclando alrededor de un minuto, y fue llevado al conducto mediante un porta MTA y empacado con un pequeño condensador y se colocó una torunda húmeda durante 3 horas. (Fig. 8)

#### Grupo 2

La obturación se realizó con cemento Portland-puzolana. Su preparación se realizó según las indicaciones del MTA que ya se mencionaron. El líquido utilizado para mezclarlo fue agua destilada y fue llevado al conducto mediante un porta MTA y empacado con un pequeño condensador y se colocó una torunda húmeda durante 3 horas. (Fig. 9)

### Grupo 3

La obturación se realizó con cemento de fosfato de zinc .Su preparación se realizó según las indicaciones del fabricante. (Fig. 10)

### Grupo 4

No se obturó cervicalmente con ningún cemento se dejó únicamente el tratamiento de conductos culminado.

### Grupo 5

Se realizó únicamente apertura de la cavidad para que este grupo sirviera como control positivo.

A todos los dientes se les corto los tercios coronal y medio con una fresa de carburo cilíndrica, seguidamente las raíces se cubrieron completamente con dos capas de barniz para uñas.

Inmediatamente después, se colocaron torundas de algodón en las cámaras pulpares y los dientes fueron sumergidos en azul de metileno, durante 48 horas y 7 días. (Fig. 11)

Luego de transcurridas las primeras 48 horas se procedió al desgastes de los dientes por las caras mesial o distal, de tal manera que se pudieran eliminar dentina y cemento de las raíces y permitieran observar la penetración del colorante (Figura 12). Una vez culminados los cortes de los dientes, estos fueron observados en un microscopio óptico Olympus modelo BH2 con el lente de aumento de 20X, y se midió la penetración del colorante (azul de metileno), a través de la obturación hacia el conducto, registrando este valor en milímetros.

Después de transcurrido los 7 días se realizó el mismo procedimiento que se hizo a las 48 horas.

## RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, se revisaron los cortes de los 150 conductos, para determinar la penetración del colorante a través del tercio cervical sellado con diferentes materiales.

Se dividieron en 5 grupos y se examinaron 15 conductos en cada grupo por periodo de tiempo, los cuales fueron sellados con diferentes materiales en los últimos 3 mm del tercio cervical posteriormente se midió la filtración a las 48 horas y a los 7 días, los resultados se observan en las tablas 1 y 2.

Se determinó la sumatoria de los niveles de filtración de los cinco grupos y se observaron rangos cercanos entre el MTA (Figura 13) y el cemento Portland (Figura 14) de 0.7 y 0.8 respectivamente. Los niveles fueron mayores para los grupos con fosfato de zinc, y sin material de sellado cervical con 11.5, 18.5 respectivamente, lo cual nos muestra que el MTA y el cemento Portland resultaron ser parecidos en su comportamiento a las 48 horas no así el fosfato de zinc, que a pesar de ser un material de sellado cervical provocó mayor filtración que los otros dos materiales. (Véase tabla 1)

También se determinó la sumatoria de los niveles de filtración de los cinco grupos a los 7 días y se observaron rangos parecidos entre el MTA (Figura 15) y el cemento Portland (Figura 16) de 1.6 y 1.2 respectivamente. Los niveles fueron mayores para el grupo con fosfato de zinc y grupo sin material de sellado cervical con 25.2, 38.8 respectivamente, lo cual nos muestra que el MTA y el cemento Portland resultaron ser muy cercanos en su comportamiento, no así el fosfato de zinc que a pesar de ser un material de sellado cervical permitió filtración en niveles mayores que los otros dos materiales. (Véase tabla 2)

El cuarto grupo que estaba sellado con fosfato de zinc tuvo niveles mayores a las 48 horas (Figura 17) y 7 (Figura 18) días con sumatorias de 18.5 y 38.8 respectivamente, lo cual indica claramente que una endodoncia sellada con fosfato de zinc, filtrará fácilmente a las pocas horas. (Véase las tablas 1 y 2)

**TABLA 1** Penetración del azul de metileno en los cinco grupos estudiados (en milímetros) a las 48 horas.

DIENTE	GRUPO 1 MTA	GRUPO 2 PORTLAND	GRUPO 3 OXIFOSFATO	GRUPO 4 S/O	GRUPO 5 CONTROL +
1	0	0	0.5	2	4.5
2	0	0	0.5	1	4
3	0	0	1	1	4
4	0	0	1	1	4.5
5	0.2	0	1	1	5
6	0	0.3	0	0.5	5
7	0	0.2	0.5	0.5	5
8	0	0	0.5	1	7
9	0	0	0.5	2	4.5
10	0	0	1	1	6
11	0.2	0	1.5	2	6.5
12	0	0	1.5	0.5	5.5
13	0	0	1	2	4.7
14	0.3	0	0	2	6
15	0	0.3	1	1	5
SUMATORIA	0.7	0.8	11.5	18.5	77.2
MEDIA	0.04667	0.05333	0.7667	1.2333	5.1467
S	0.9904	0.1125	0.4577	0.5936	0.8871

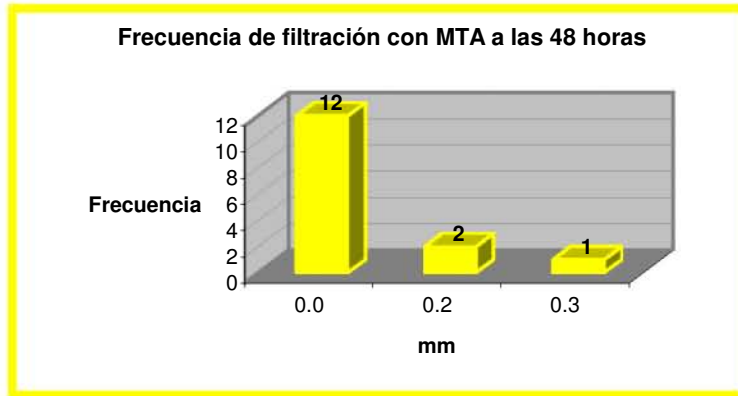
**TABLA 2** Penetración del azul de metileno en los cinco grupos estudiados (en milímetros) a los 7 días.

DIENTE	GRUPO 1 MTA	GRUPO 2 PORTLAND	GRUPO 3 OXIFOSFATO	GRUPO 4 S/O	GRUPO 5 CONTROL +
1	0	0.5	1.7	2.8	6
2	0.5	0	2.5	2.7	8
3	0	0	1.5	2.5	9
4	0	0	2	2	10
5	0	0	2	3.5	5
6	0.5	0	1.5	1.8	6
7	0	0	1	1.5	7
8	0	0	1.8	1.5	8.5
9	0	0	2.5	2.5	7.5
10	0	0	1	3	4.5
11	0	0	1.5	2	6
12	0	0	1.5	3.5	7
13	0	0	2	4	7.5
14	0.6	0	0	2.5	6.6
15	0	0.7	2.7	3	9
SUMATORIA	1.6	1.2	25.2	38.8	107.6
MEDIA	0.1067	0.0800	1.6800	2.5867	7.1733
S	0.2219	0.2145	0.6858	0.7444	1.5517

Observamos que al utilizar MTA no existió filtración en 12 de 15 conductos lo cual demuestra que fué eficaz en el 80 %, por lo que se deduce que este material cumple con el propósito de sellar los conductos a las 48 horas. (Véase tabla 3 y Gráfico A)

**TABLA 3** Frecuencia de filtración en mm. con MTA a las 48 horas

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
0	12	80.0	80.0
0.2	2	13.3	93.3
0.3	1	6.7	100.0
	15	100.0	

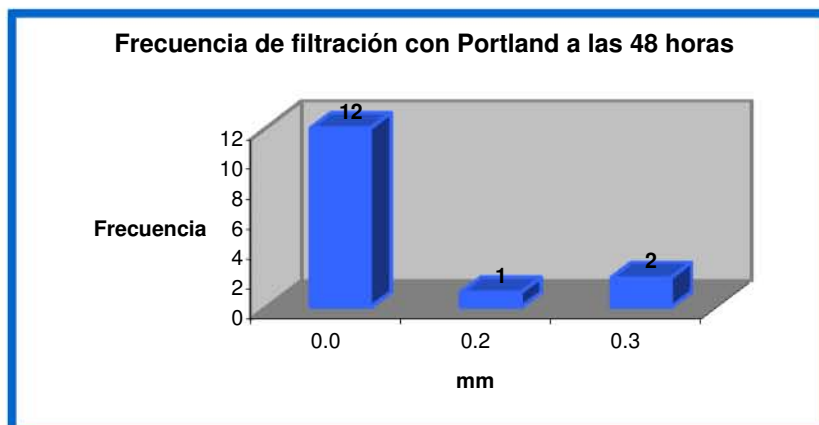


**Gráfico A**

Se observó que al utilizar cemento Portland no existió filtración en 12 de 15 conductos, lo cual demuestra que en el 80 % fué eficaz por lo que también se deduce que este material está cumpliendo con el propósito de sellar los conductos a las 48 horas. (Véase tabla 4 y Gráfico B)

**TABLA 4** Frecuencia de filtración en mm. con Portland a las 48 horas

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
0	12	80.0	80.0
0.2	1	6.7	86.7
0.3	2	13.3	100.0
	15	100.0	



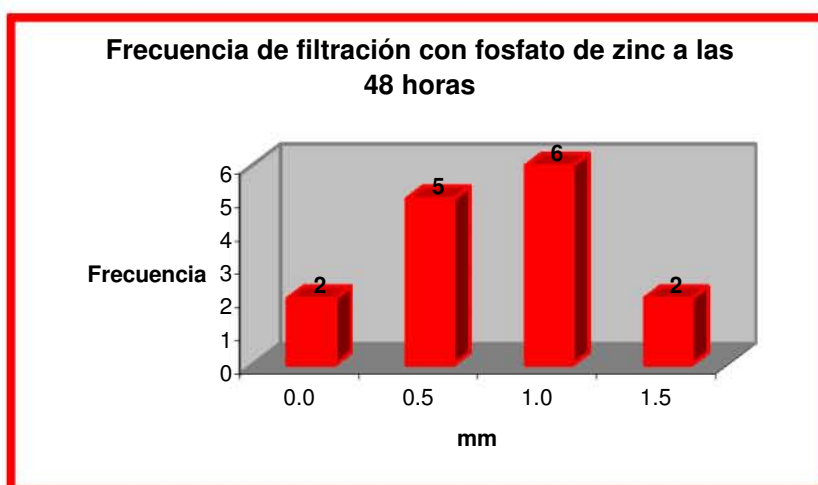
**Gráfico B**

Se observó que al utilizar cemento de fosfato de zinc existió filtración en 13 de 15 conductos lo cual demuestra que en el 86.7 % fué ineficaz por lo que

también se deduce que este material no está cumpliendo con el propósito de sellar los conductos a las 48 horas. (Véase tabla 5 y Gráfico C)

**TABLA 5** Frecuencia de filtración en mm. con fosfato de zinc a las 48 horas

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
0	2	13.3	13.3
0.5	5	33.3	46.7
1	6	40.0	86.7
1.5	2	13.3	100.0
	15	100.0	

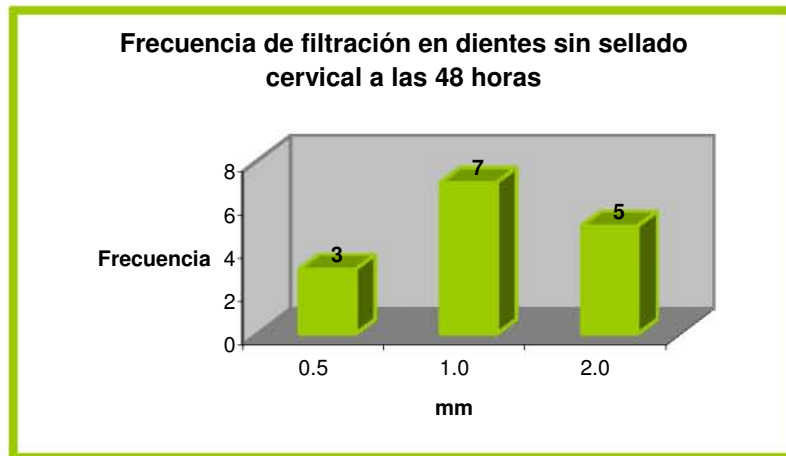


**Gráfico C**

Observamos que al no utilizar ningún cemento de protección existió filtración a diferentes niveles en todos los conductos lo cual demuestra que en un 100 % hay filtración a las 48 horas. (Véase tabla 6, Gráfico D) y (Figura 19)

**TABLA 6** Frecuencia de filtración en mm. en dientes sin sellado cervical a las 48 horas

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
0.5	3	20.0	20.0
1	7	46.7	66.7
2	5	33.3	100.0
	15	100.0	



**Gráfico D**

En el quinto grupo que fué el de control positivo, los resultados fueron mayores de 77.2 a las 48 horas (Figura 21) y 107.6 a los 7 días (Figura 22), (Véase tablas 1 y 2), donde hubo filtración del azul de metileno en el 100% (Véase tablas 7 y 8) de los conductos debido a que este grupo no presentaba ningún material de obturación de conductos, ni de sellado cervical únicamente eran dientes preparados para determinar el nivel de penetración del azul de metileno, con lo cual queda demostrado la penetración del material en los conductos.

**TABLA 7** Frecuencia de filtración en mm. en dientes de control + a las 48 horas

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
4.0	2	13.3	13.3
4.5	3	20.0	33.3
4.7	1	6.7	40.0
5.0	4	26.7	66.7
5.5	1	6.7	73.3
6.0	2	13.3	86.7
6.5	1	6.7	93.3
7	1	6.7	100.0



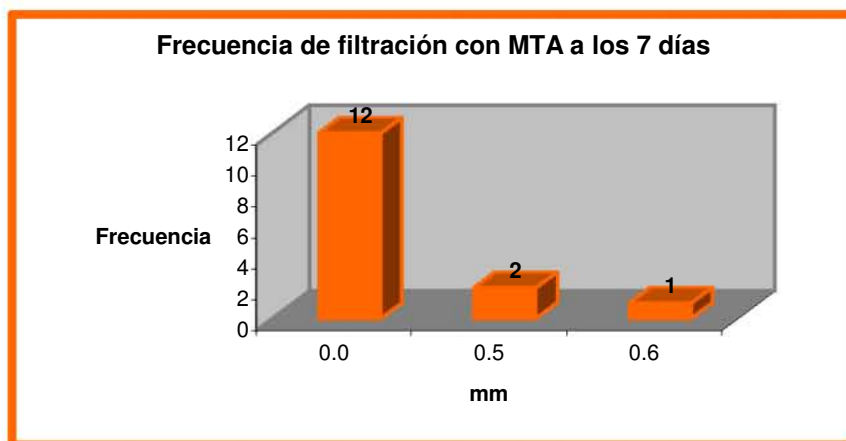
**TABLA 8** Frecuencia de filtración en mm. en dientes de control + a los 7 días

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
4.5	1	6.7	6.7
5.0	1	6.7	13.3
6.0	3	20.0	33.3
6.6	1	6.7	40.0
7	2	13.3	53.3
7.5	2	13.3	66.7
8.0	1	6.7	73.3
8.5	1	6.7	80.0
9.0	2	13.3	93.3
10	1	6.7	100.0
	15	100.0	

Observamos que al utilizar MTA no existió filtración en 12 de 15 conductos, lo cual demuestra que en el 80 % fué eficaz y que solo hubo filtración en 3 conductos que representan el 20% por lo que se deduce que este material cumple con el propósito de sellar los conductos a los 7 días. (Véase tabla 9 y Gráfico E)

**TABLA 9** Frecuencia de filtración en mm. con MTA a los 7 días

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
0	12	80.0	80.0
0.5	2	13.3	93.3
0.6	1	6.7	100.0
	15	100.0	

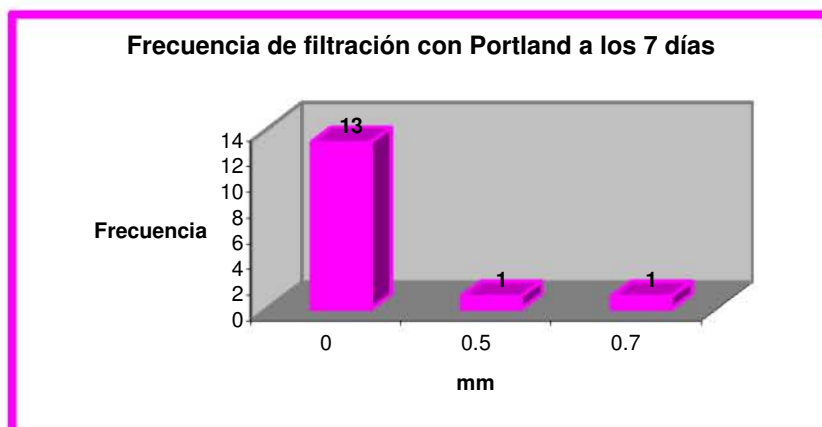


**Gráfico E**

Se observó que al utilizar cemento Portland no existió filtración en 13 de 15 conductos, lo cual demuestra que en el 86.7 % fué eficaz y que solo hubo filtración en 2 conductos que representa el 13.3%, por lo que también se deduce que este material cumple con el propósito de sellar los conductos a los 7 días. (Véase tabla 10 y Gráfico F)

**TABLA 10** Frecuencia de filtración en mm. con Portland a los 7 días

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
0	13	86.7	86.7
0.5	1	6.7	93.3
0.7	1	6.7	100.0
	15	100.0	

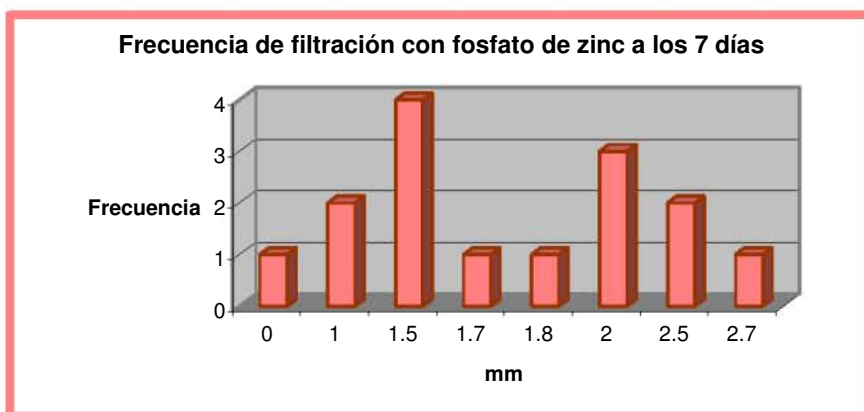


**Gráfico F**

Al utilizar cemento de fosfato de zinc existió filtración en 14 de 15 conductos lo cual demuestra que en el 93.3 % fué ineficaz y que solo en 1 caso no existió filtración que representa el 6.7% de eficacia, por lo que también se deduce que este material no cumple con el propósito de sellar los conductos a los 7 días. (Véase tabla 11 y Gráfico G)

**TABLA 11** Frecuencia de filtración en mm. con fosfato de zinc a los 7 días

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
0	1	6.7	6.7
1	2	13.3	20.0
1.5	4	26.7	46.7
1.7	1	6.7	53.3
1.8	1	6.7	60.0
2	3	20.0	80.0
2.5	2	13.3	93.3
2.7	1	6.7	100.0
	15	100.0	



**Gráfico G**

Al no utilizar ningún cemento de protección en le tercio cervical existió filtración en todos los conductos a los 7 días (Figura 20), lo cual demuestra que en un 100 % hay filtración y que se presento mayor frecuencia de 2.5 mm. (Véase tabla 12)

**TABLA 12** Frecuencia de filtración en mm en dientes sin sellado cervical a los 7 días

Filtración en mm.	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia Acumulada
1.5	2	13.3	13.3
1.8	1	6.7	20.0
2.0	2	13.3	33.3
2.5	3	20.0	53.3
2.7	1	6.7	60.0
2.8	1	6.7	66.7
3.0	2	13.3	80.0
3.5	2	13.3	93.3
4.0	1	6.7	100.0
	15	100.0	

## ANALISIS ESTADISTICO

Para los cinco grupos se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existía diferencia entre estos grupos y se encontró que si la hay entre los cinco grupos, ya que se obtuvo a las 48 horas un valor F de 247.4679144 el cual es mucho mayor al valor critico para F que fué de 2.502659413, similares resultados se obtuvieron a los 7 días en donde la F fué de 61.64893143 y el valor critico para F fué de 2.75871059.

Para los tres primeros grupos también se aplico la prueba de análisis de varianza para determinar si existía diferencia entre estos grupos y se encontró que si hay diferencia entre los tres grupos que tenían material de sellado cervical ya que se obtuvo a las 48 horas un valor F de 33.2097701, el cual es mucho mayor al valor critico para F que fué de 3.219938094, similares resultados se obtuvieron a los 7 días en donde la F fué de 66.78881778 y el valor critico para F fué de 3.219938094.

Se realizó la prueba LSD (Least-Significant-Difference) entre los 5 grupos, para ver cual fué el mejor material, y el resultado obtenido indico que el mejor material es el MTA seguido muy cercanamente por el cemento Portland con diferencia de una décima de mm entre estos materiales.

Para determinar la diferencia significativa entre el MTA y el cemento Portland se utilizó la prueba de t de student, y se encontró una t de 0.172093 a las 48 horas y una t de 0.33506 a los 7 días, mientras que la t de tablas fue de 2.602; lo cual determina que no hay diferencia significativa en ambos periodos entre estos materiales con un nivel de confianza del 99%.

Para determinar la diferencia significativa entre el MTA y el cemento de fosfato de zinc se utilizó la prueba de t de student y se encontró una t de 8.45354 a las 48 horas y una t de 5.95495 a los 7 días, mientras que la t de tablas fué de 2.602, lo cual determina que si hay diferencia significativa en ambos periodos entre estos materiales con un nivel de confianza del 99%.

Para determinar la diferencia significativa entre el cemento Portland y el cemento de fosfato de zinc se utilizó la prueba de t de student y se encontró una t de 8.62384 a las 48 horas y una t de 5.86194 a los 7 días, mientras que la t de tablas fue de 2.602, lo cual determina que si hay diferencia significativa en ambos tiempos entre estos materiales, con un nivel de confianza del 99%.

## DISCUSIÓN

El tratamiento de conductos puede fracasar por múltiples razones y las más comunes son la inadecuada limpieza y desinfección de los conductos, deficiente sellado del conducto, ya sea por la técnica de obturación o por las propiedades del cemento obturador, falta de sellado hermético de los conductos, inadecuada restauración protésica del diente tratado o presencia de biopelícula en el cemento apical por lo que la búsqueda del sellado cervical debe de ser igual de importante que el sellado apical ya que en este trabajo se demuestra la gran filtración que existe en los conductos tratados sin adecuada protección cervical.

La metodología usada para medir la filtración en este trabajo fué basada en la información proporcionada por algunos artículos en los cuales también se usa el azul de metileno como material de filtración debido a las características que presenta este material, siendo la mas importante el color que permite su fácil identificación además de el contraste que tiene con el resto de materiales usados especialmente en este estudio.<sup>74,75,76</sup>

No existen estudios que evalúen el sellado cervical postratamiento de conductos ya que más bien todos se refieren a los defectos que se pudieran presentar durante la preparación o la obturación radicular, y no enfatizan en la posible protección de esta zona para evitar la filtración a nivel del tercio cervical.

Torabinejad menciona la posibilidad del sellado con MTA en este tercio, y describe en su artículo publicado en 1999 que el MTA provee un selle efectivo contra la penetración de colorantes y bacterias y sus metabolitos como endotoxinas y que pudiera ser utilizado para el sellado coronal (3-4mm.) después de completar la obturación de los conductos radiculares y antes de realizar blanqueamientos intracoronaes. También puede ser utilizado como material de obturación temporal.

En este estudio se evaluó el cemento Portland, MTA y el fosfato de zinc como posibles selladores de los conductos radiculares, observando que se comportaron de forma similar del MTA y del cemento Portland y una gran diferencia entre estos dos materiales y el fosfato de zinc que si produjo altos niveles de filtración lo cual corrobora el estudio realizado por Mojon en donde se demostró que después de una semana en agua, el fosfato de zinc fue el material más reblandecido y que la contaminación afecta la dureza del fosfato de zinc<sup>67</sup>. Esto también podría explicarse por la disolución o fractura de sus partículas al contacto con soluciones mencionada por algunos autores.<sup>71,75,76</sup>

Al utilizar MTA como cemento sellador del tercio cervical a las 48 horas, no existió filtración en 12 de los 15 conductos examinados esto confirmaría lo descrito por Torabinejad en donde obturo cavidades con MTA y otro material y se encontró un menor grado de filtración del colorante, encontrando casos donde el colorante no penetró en ninguna muestra<sup>10</sup>; de la misma manera al utilizar cemento Portland tampoco existió filtración en 12 de 15 conductos. Entonces en este tiempo no existieron diferencias entre estos dos materiales y ambos sellaron de forma eficaz evitando la filtración y protegiendo el tratamiento realizado.

Al comparar con estudios de filtración realizados en reparación de perforaciones y a nivel del ápice también se observa los mismos resultados es decir el comportamiento y nivel de protección del MTA<sup>11, 12, 13, 77</sup> y del cemento Portland.<sup>45,55</sup>

A los 7 días al utilizar MTA no existió filtración en 12 de 15 conductos y al usar cemento Portland tampoco existió filtración en 13 de 15 conductos, lo cual demuestra la similitud de comportamiento de ambos materiales y que en este lapso de tiempo que es mayor, también es eficaz el sellado cervical.

El cemento de fosfato de zinc es uno de los materiales más utilizados por los dentistas para obturar temporalmente los dientes con tratamiento de conductos, por esta razón fue uno de los materiales considerados en este estudio para ser evaluado como cemento sellador del tercio cervical; los resultados obtenidos

demuestran filtración en un 86.7 % a las 48 horas y de 93.3 % a los 7 días por lo que no es una material idóneo ni seguro, para sellar los tratamientos de endodoncia concluidos ya que no protegerá eficazmente el tercio cervical los conductos tratados. <sup>77</sup>



## **CONCLUSIÓN**

Podemos concluir que es necesario realizar un eficaz sellado del tercio cervical, para proteger el tratamiento de conductos a corto y largo plazo, que lo podemos realizar con dos materiales que presentan comportamiento adecuado que son el MTA y el cemento Portland, pero indiscutiblemente este último tiene la gran ventaja de ser un costo mucho menor que el primero.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el sellado del tercio cervical inmediatamente después de concluir el tratamiento de conductos.
- Se recomienda mantener el sellado cervical aun colocando una restauración definitiva eficaz.
- Se recomienda el uso del cemento Portland debido a su fácil adquisición y bajo costo.

## ANEXOS



**Figura 1**  
ORGANOS DENTARIOS



**Figura 2**  
PREPARACION DE LOS CONDUCTOS  
CON FRESAS GATES GLIDDEN



**Figura 3**  
INSTRUMENTACION  
CON EL SISTEMA PROTPER



**Figura 4**  
TOPE APICAL MANUAL



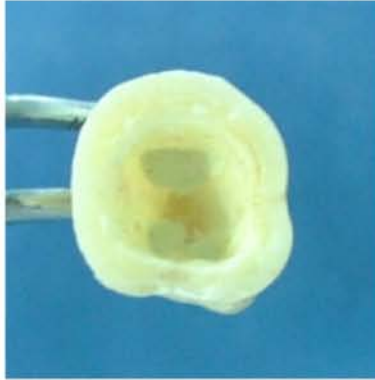
**Figura 5**  
IRRIGACION



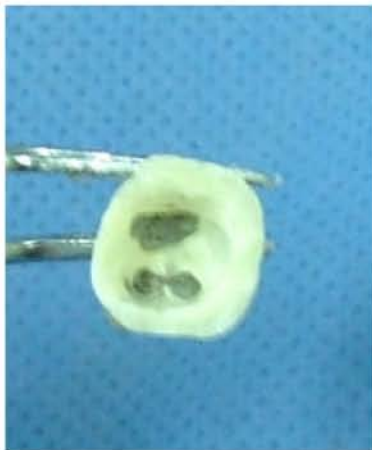
**Figura 6**  
OBTURACION CON TECNICA  
DE COMPACTACION VERTICAL



**Figura 7**  
TERCIO CERVICAL LIBRE  
DE OBTURACION



**Figura 8**  
DIENTE SELLADO  
CON MTA



**Figura 9**  
DIENTE SELLADO CON  
PORTLAND



**Figura 10**  
DIENTE SELLADO CON  
FOSFATO DE ZINC





**Figura 11**  
DIENTES SUMERGIDOS EN AZUL DE METILENO



**Figura 12**  
DESGASTE DE LOS DIENTES



**Figura 13**  
DIENTE SELLADO CON MTA  
A LAS 48 HORAS



**Figura 14**  
DIENTE SELLADO CON PORTLAND  
A LAS 48 HORAS



**Figura 15**  
DIENTE SELLADO CON MTA  
A LOS 7 DIAS



**Figura 16**  
DIENTE SELLADO CON PORTLAND  
A LOS 7 DIAS



**Figura 17**  
DIENTE SELLADO CON FOSFATO  
DE ZINC A LAS 48 HORAS



**Figura 18**  
DIENTE SELLADO CON FOSFATO  
DE ZINC A LOS 7 DIAS





**Figura 19**  
DIENTE SIN SELLADO  
A LAS 48 HORAS



**Figura 20**  
DIENTE SIN SELLADO  
A LOS 7 DIAS



**Figura 21**  
CONTROL +  
A LAS 48 HORAS



**Figura 22**  
CONTROL +  
A LOS 7 DIAS

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Leonardo M. R., Leal J. M. Endodoncia. Tratamiento de los conductos radiculares. 1994, Edit. Medica Panamericana.
- 2.- Stephen Cohen, Richard C. Burns Vias de la pulpa. 2002 Edit. Elsevier Science.
- 3.- Walls A. An erosion test for dental cements. J Dent Res. 1985; 64(8):1100-1104
- 4.- Holland R, Souza V, Sueli Satomi Murata. Healing process of dog pulp alter pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide or Portland cement. Braz Dent J 2001; 12 (2): 109-113
- 5.- Torabinejad, M., Hong, C.m Mc Donald, F., Pitt Ford, T. Physical and chemical properties of a new root-end filling material.J of Endod. 1995; 21(7): 349-353
- 6.- Chong B.S, Pitt T.R, Hudson M.B. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. J of Endod. 2000; 22(11):416-423
- 7.- 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
- 8.- Torabinejad, M., Chivian, N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J of Endod. 1999;25(3): 197-205
- 9.- Holland R, Souza V, Nery M, Otoboni JA, Bernabe P, Dezan E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. J of End 1999; 25: 161-166
- 10.- Torabinejad, M., Rastegar, A., Kettering, J., Pitt Ford, T. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root end filling material. J of Endod.1995;21(3):109-112
- 11.- Fogel, H., Peikoff, M. Microleakage of root-end filling materials. J of Endod. 2001;27(7):456-458
- 12.- Torabinejad, M., Watson, T., Pitt Ford, T. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate as a retrograde root filling material. J of Endod. 1993; 19:591-595.



- 13.- M. A. A De Bruyne, R. J. E De Bryne, L. Rosiers, R. J. G De Moor. Longitudinal study on microleakage of three root-end filling materials by the fluid transport method and by capillary flow porometry. *Int J End* 2005; 38: 129-136
- 14.- S.R Sluyk, P.C Moon, G.R Hartwell. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J of End* 1998; 24 (11): 768-771
- 15.- Saad Al-Nazahan, Aziza Al Judai. Evaluation of antifungal activity of mineral trioxide aggregate. *J of End* 2003; 29(12): 826-827
- 16.- Keiser, K., Jonson, C., Tipton, D. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblast. *J of Endod.* 2000; 26(5):288-291
- 17.- Torabinejab M, Hong CU, Pitt FTR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J of End* 1995; 21(6) 489-492
- 18.- Osorio RM. Cytotoxicity of endodontics materials. *J of End* 1998; 24 (1) 91-96
- 19.- E.P Hernandez, T.M Botero, G.M. Mantellini, N.J Mc Donald. J.E Nor. Effect of ProRoot MTA mixed with clorhexidine on apoptosis and cell cycle of fibroblasts and macrophages in vitro. *Int J End* 2005; 38: 137-143
- 20.- A. Nakayama, B. Omiso, N Tanabe, O. Takeichi, K. Matsukaza, T. Inoue. Behaviour of bone marrow osteoblast-like cells on mineral trioxide aggregate: morphology and expression of type I collagen and bone-related protein m RNAs. *Int J End* 2005; 38: 203-210
- 21.- N. J. A. Souza, G. Z, Justo, C. R. Oliveira, M. Haun, C. Bincoletto. Cytotoxicity of materials used in perforation repair tested using the V79 fibroblast cell line and the granulocyte-macrophage progenitor cells. *Int. J End.* 2006; 39: 40-47
- 22.- D. A. Ribeiro, M. A Matsumoto, M. A. H Duarte, M. E A. Marques, D. M. F. Salvadori. Ex vivo biocompatibility tests of regular and white forms of mineral trioxide aggregate. *Int. J End.* 2006; 39: 26-30
- 23.- J. Camilleri, F. E. Montesin, Papaioannou, F. McDonald, T.R Ford. Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *Int. J End.* 2004; 37: 699-704
- 24.- Ainehchi, M., Eslami, B., Ghanbariha, M., Saffar, A. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J.* 2002; 36: 225-231.

- 25.- Tziafas, D., Pantelidou, O., Alvanou, A., Belibasakis, G., Papadimitriou, S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term camping experiments. *Int Endod J.* 2002; 35: 245-254.
- 26.- Pitt Ford, Torabinejab M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J of American Dental Association* 127, 1491-1494
- 27.- Shabahang, S., Torabinejad, M., Boyne, P., Abedi, H., McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogénico protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J of Endod.* 1999;25(1):1-5
- 28.- Hachmeister, D., Schindler, W., Walker, W., Thomas, D. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J of Endod.* 2002;28(5):386-390
- 29.- Holland, R.m Otoboni, J., de Souza, V., Nery,M., Estrada,P., Junior,E. Mineral Trioxide Agrégate repair of lateral root perforations. *J of Endod.*2001;27(4):281-284
- 30.- Roy, Ch., Jeansonne, B. Effect of an acid enviroment on leakage of root-end filling materials. *J of Endod.* 2001; 27(1): 7-8
- 31.- Gopferich, a. Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Biomaterials.* 1996;17:103-114
- 32.- Thomson, T., Berry, J., Somerman, M., Kirkwood, K. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J of Endod.* 2003;29(6): 407-411
- 33.- Economides, N., Pantelidou, O., Tziafas, D. Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide agrégate (MTA) as root- end filling material. *Int Endod J.* 2003;36: 44-48
- 34.- Adamo,H. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgamas root end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J.*1999;32:197-203
- 35.- Bradford, R. Considerations in the selection of a root-end filling materials. *Oral Surg Oral pathol Oral Radiol.* 1999;87:398-404
- 36.- Jesslen, P. Long-term results of amalgaman versus glass ionomer cement as apical sealant after apicectomy. *Oral Surg, Oral pathol Oral radiol.* 1995;79:101-103

- 37.- Boshali, K. Sealing ability of Super-EBA and Dycray as root end fillings: a study in vitro. *Int Endod J.* 1998;31:338-342
- 38.- Regan, J., Gutman, J., Witherspoon, D. Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues. *Int Endod J.* 2002; 35: 840-847
- 39.- Sipert CR, Hussne RP, Nishiyama CK, Torres SA. In vitro antimicrobial activity of Fill Canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate, Portland cement and EndoRez. *Int Endod J.* 2005;38(8):539-43
- 40.- Morales Cantu M. E., Silva Herzog D., Méndez González V., Medellín Rodríguez Francisco. Estudio Físicoquímico y Biológico del MTA y el cemento Portland. 2004. *Endodoncia* 5; 5-10
- 41.- Wucherpfennig AL, Green DB. Mineral trioxide vs Portland cement: two biocompatible filling materials. *J of End* 1999; 25: 308 (Abstract)
- 42.- Estrela C, Bammann LL, Estrela CRA, Silvia RS, Pecora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, sealapex and dical. *Braz Dent J* 2000; 11: 3-9
- 43.- I. Islam, H. K. Chng & A. U. J. Yap. X-ray diffraction analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Int End J* 2006; 39: 220–225
- 44.- Flores Botello E., Maldonado García J. C., Paniagua García G. Llamosas Hernández E., Determinación de crecimiento bacteriano y Ph. del cemento Portland. 2000; *Práctica Odontológica*, 21; 8-10.
- 45.- Santos A.D, Moraes J.C.S, Araujo E.B, Yukimitu K, Valerio Filho. Physico-chemical properties of MTA and novel experimental cement. *Int End J* 2005; 38: 443-447
- 46.- D. Abdullah, T. R Pitt Ford, S. Papaioannou, J. Nicholson, F. McDonald. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials* 2002; 23: 4001-4010
- 47.- Dammaschke T, Gerth HU, Zuchner H, Schafer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater.* 2005;21(8):731-8
- 48.- Jacob Saidon, Jianing He, Quiang Zhu, Kamran Safavi, Larz Spangberg, Farmington. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *OOOOE* 2003; 95: 483-489

- 49.- Daniel Araki Ribeiro, Marco Antonio Hungaro Duarte, Mariza Akemi Matsumoto, Mariangela Esther Alentar Marques, Daisy Maria Favero Salvadori. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements. J of End 2005; 31(8): 605-607
- 50.- Renato Menezes, Clovis Monteiro Bramante, ariadne Letra, Vanessa Gomes Cavalho, Roberto Brandao Garcia. Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide and regular and white Portland cements as wound dressings. OOOOE 2004; 98: 376-379
- 51.- Campos Ileana, Morales de la Luz R. Llamosas H. E., et al. "Evaluación de la biocompatibilidad del cemento Portland implantado en tejido conectivo subepitelial de ratas", Revista ADM Vol. LX, No. 2, Marzo-Abril 2003, Pág.45-51
- 52.-De Deus G, Ximenes R, Gurgel-Filho ED, Plotkowski MC, Coutinho-Filho T. Cytotoxicity of MTA and Portland cement on human ECV 304 endothelial cells. Int Endod J. 2005 ;38(9):604-9
- 53.- Ribeiro DA, Duarte MA, Matsumoto MA, Marques ME, Salvadori DM. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements. J Endod. 2005;31(8):605-7
- 54.- Duarte MA, De Oliveira Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, De Campos Fraga S. Arsenic release provided by MTA and Portland cement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;99(5):648-50
- 55.- Bobotis H. A microleakage study of temporary restorative materials used in endodontics. J of Endod. 1989;15(12):569-72
- 56.- Swanson K. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. J of Endod. 1987;13(2):56-59
- 57.- Jacobs M. An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap. J Prosthe Dent. 1991;65:436-42
- 58.- Macchi. Materiales dentales. Ed Panamericana. 2000:129
- 59.- Myers L. A comparison of properties for zinc phosphate cements mixed on room temperature and frozen slabs. J of Prosthe dent.1978;40(4):409-412
- 60.- Walls A. An erosion test for dental cements. J Dent Res. 1985;64(8):1100-1104
- 61.- Mojon P. Short- term contamination of luting cements by water and saliva. J Dent Res.. 1996;12:83-87

- 61.- Phillip's, Ralph, La ciencia de los materiales dentales de Skinner, 9a edición, Philadelphia, W.B Saunders Company, 1996. Pág. 465
- 63.- Johnston, Jf, Phillips, R, Dykema, RW, Modern practice in crown and bridge prosthodontics, 3a edición, Philadelphia, W.B Saunders Company. Pág. 363
- 64.- White, S.N, Yu Z Compressive and diametral strengths of new adhesive luting agents, J. Prosthet. Dent, June 1993;69(6):568-72
- 65.- White, S.N, Sorensen J.A, Kang SK, Caputo AA. Microleakage of new crown and fixed partial denture luting agents. J. Prosthet. Dent.1992;67(2):156-61
- 66.- Shortall A.C, Fayyad MA, Willians JD. Marginal seal of injection-model ceramic crowns cemented with three adhesive systems. J. Prosthet. Dent.1989; 61(1):24-27
- 67.- Mojon P. Short- term contamination of luting cements by water and saliva. J Dent Res.1996;12:83-87
- 68.- Ducan J. Retention of parallel-sided titanium posts cemented with six luting agents: an in vitro study. J Prosthe Dent. 1998;80:423-428
- 69.- Turner J. Microleakage of temporary endodontic restorations in teeth restored with amalgam. J of Endod.1990;16(1):1-4
- 70.- Orahod J. In vitro study of marginal leakage between temporary sealing materials and recently placed restorative materials. J of Endod. 1986;12(11):523-527
- 71.- White SN, Ingles S, Kipnis V. Influence of marginal opening on microleakage of cemented artificial crowns. J. Prosthet. Dent.1994;71(3):257-64
- 72.- McInerney S. Evaluation of internal sealing ability of three materials. J of Endod. 1999;18(8):376-378
- 73.- Hosoya N. The walking bleach procedure: A in vitro study to measure microleakage of five temporary sealing agents. J of Endod.2000;26(12):716-718
- 74.- Vizgirda Paul J, Liewehr Frederick, Patton Willian, Mc Pherson James, Buxton. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. J of Endod. 2004; 30:103-106

75.- Owens BM, Johnson WW, Harris EF. Marginal permeability of self-etch and total-etch adhesive systems. Oper Dent. 2006; 31(1):60-7

76.- Sharma N, Huston TL, Simmons RM. Intraoperative intraductal injection of methylene blue dye to assist in major duct excision. Am J Surg. 2006;191(4):553-554

77.- Erol Apaydin, Shahrokh Shabahang, Mahmoud Torabinejab. Hard Tissue Healing after application of fresh or set MTA as root- end filling material. J of Endod. 2004;30:21-24