



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN ENDOPERIODONTOLOGIA

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA PRESENCIA DE INTERFASE
DE LA DENTINA CON EL BIODENTINE, MTA BLANCO ÁNGELUS Y MTA
GRIS ÁNGELUS EN RETROBTURACIÓN.**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN ENDOPERIODONTOLOGÍA**

PRESENTA:

CLAUDIA MAGALY GÓMEZ GARAY.

DIRECTOR DE TESIS:

ARIEL CRUZ LEÓN.

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México 2019.



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.

INDICE

| | | |
|---------------|-------|----|
| RESUMEN. | ..... | 3 |
| ABSTRACT | ..... | 5 |
| GLOSARIO | ..... | 6 |
| INTRODUCCIÓN | ..... | 7 |
| OBJETIVOS | ..... | 10 |
| JUSTIFICACIÓN | ..... | 11 |
| HIPOTESIS | ..... | 11 |
| MARCO TEÓRICO | ..... | 12 |
| METODOLOGÍA | ..... | 30 |
| RESULTADOS | ..... | 39 |
| DISCUSIÓN | ..... | 58 |
| CONCLUSIONES | ..... | 64 |
| BIBLIOGRAFÍA. | ..... | 65 |
| ANEXOS. | ..... | 73 |

ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA PRESENCIA DE INTERFASE DE LA DENTINA CON EL BIODENTINE, MTA BLANCO ÁNGELUS Y MTA GRIS ÁNGELUS EN RETROBTURACIÓN.

RESUMEN.

Objetivo. Determinar y comparar la presencia o ausencia de interfase de la dentina con el Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus en retrobturación. Conocer cuál de los tres cementos de retrobturación presenta menor valor de interfase.

Método. Treinta y dos dientes humanos extraídos con conducto unirradicular, fueron instrumentados con sistema rotatorio (ProTaper Dentsply) se obturan con la técnica de punta única con .04 taper y cemento de obturación Sealapex (SybronEndo, USA). Las raíces se resecaron a los 3 mm del ápice de todos los dientes. Las cavidades se prepararon con un retrotip ultrasónico (E31D NSK) de 3 mm de profundidad. Para recibir el material de retrobturación, se establecieron aleatoriamente tres grupos experimentales con 10 superficies radiculares cada uno: grupo 1: Biodentine; grupo 2: MTA Blanco Ángelus; grupo 3: MTA Gris Ángelus.

Posteriormente los grupos se subdividieron en dos subgrupos para obtener dos secciones: corte transversal (2mm) y corte sagital (3mm) los cuales se cortaron con disco de diamante de baja velocidad. Muestras al azar fueron tomadas de cada subgrupo así como del grupo control positivo y negativo para su análisis y para su observación al Microscopio Electrónico de Barrido (JSM 6060LV) a una magnificación de 200X.

Resultados. Al realizar la prueba de frecuencia de la muestras observadas, se obtuvieron presencia y ausencia de interfase de todos los grupos en sección transversal y sección sagital. Biodentine mostro en sección transversal un amplio rango de interfase de 0 a 220 μ m, en contraste el MTA Blanco Ángelus mostró un rango estrecho de interfase de 0.0 a 37.5 μ m. El MTA Gris Ángelus presento un rango de interfase que varia de 0 a 180 μ m. En cuanto a la sección sagital, la interfase oscilo entre 0.3 μ m para MTA Blanco Ángelus, 1.2 μ m en Biodentine y 1.7 μ m para MTA Gris Ángelus.

Conclusión. Se identifico y comparo la presencia y ausencia de interfase de la dentina con el Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus en la retrobturación; existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos en corte transversal. En el corte sagital no existe diferencia significativa al comparar MTA Blanco Ángelus sagital-Biodentine sagital $p<0.176$ y MTA Gris Ángelus sagital–Biodentine sagital $p<0.342$

Palabras clave: cementos de silicato de calcio, retrobturación, interfase, Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus.

ABSTRACT

Objective. Determine the percentage of dentin interphase with the Biodentine, white MTA Angelus and gray MTA Ángelus in the retrobturation. Know which of the three retrobturation cements have the least percentage of interphase.

Method. Thirty two human teeth extracted with unirradicular conduit, were instrumented with rotary system (ProTaper Dentsply) and sealed with the technique of single tip with 0.04 taper and sealing cement Sealapex (SybronEndo, USA). The roots were resected at 3 mm from the apex of all the teeth. The cavities were prepared with an ultrasonic retrotip (E31D NSK) of 3 mm depth. To receive the retrobturation material, three experimental groups with 10 root surfaces each were randomly established: group 1: Biodentine; group 2: MTA White Angelus; group 3: Gray MTA Angelus. Subsequently the groups were subdivided into two subgroups to obtain two sections: Transversal section (2mm) and sagittal section (3mm) which were cut with a low speed diamond disc. The samples were taken randomly from each subgroup as well as the positive and negative Control group for analysis, and its observation using the Scanning Electron Microscope (SEM JSM 6060LV) at a magnification of 200X.

Results. When testing the frequency of the samples were obtained observed, presence and absence of interface of all groups in cross section and sagittal section. Biodentine showed in cross-section a wide range of 0 Interface to 220µm, in contrast the White MTA Ángelus showed a narrow range of interface from 0.0 to 37.5 µm. The Gray MTA Ángelus introduced a range of interface that varies from 0 to 180 µm.

Conclusion. Identified and compared the presence and absence of the dentin interface with the Biodentine, White MTA Ángelus and Gray MTA Ángelus in retrobturation; statistically significant differences between subgroups in cross section. In the sagittal cut there is no significant difference when comparing Biodentine sagittal- White MTA Ángelus sagittal $p<0,176$ and Gray MTA Ángelus sagittal- Biodentine sagittal $p<0,342$

Key words: calcium silicate cements, retrobturation, percentage of interphase, Biodentine, White MTA Ángelus and Gray MTA Ángelus.

GLOSARIO.

Interfase.

Fís. y Quím. Superficie de separación entre dos fases.

© Real Academia Española, 2019.

“ En este estudio se considera interfase al espacio entre el cemento de retrobturación y la dentina radicular.”

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la cirugía periapical, es eliminar las lesiones apicales para proporcionar un entorno de salud en el periodonto. La porción del ápice radicular en ocasiones es inaccesible para la instrumentación y como consecuencia, no puede limpiarse, conformarse y obturarse. O está asociada con infección extrarradicular que no responde al tratamiento no quirúrgico.

La interfase se puede considerar como un método indirecto para determinar la capacidad de sellado de los materiales de retrobturación. Los investigadores han informado que un sello apical insuficiente con presencia de interfase/espacio es una causa importante de fallas endodónticas quirúrgicas. El grado de interfase y calidad del sellado apical logrado por los materiales de obturación retrograda se han evaluado mediante el uso de microscopía electrónica de barrido y otros métodos.

Un material de retrobturación es colocado en la cavidad radicular de la apicectomía como un sellado físico para evitar el paso de microorganismos o sus productos desde el conducto a los tejidos perirradiculares adyacentes. La reparación de cemento se produce desde el extremo de la raíz y avanza hacia el conducto, el cemento proporciona un sello biológico, además del sello físico del material de obturación en la cavidad, creando así un doble sellado.

Por lo tanto, siempre que sea factible se debe intentar una cirugía apical antes de considerar la extracción y el reemplazo del diente.

La finalidad de este estudio es conocer la interfase de la dentina con el Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus para poder elegir cual cemento de silicato tricálcico es mejor y no solo seleccionar el cemento por los resultados previos o por la mercadotecnia.

Antecedentes.

Es de suma importancia la correcta selección del material para la retrobturación., estos materiales han ido mejorando con el paso de los años, desde la convencional amalgama, IRM, el súper EBA hasta la incorporación del MTA. (1)

El cemento Portland ha sido utilizado en Odontología por mucho tiempo, sus componentes son silicatos tricálcico y dicálcico. Se le atribuye a Joseph Aspin en 1824 en Inglaterra. Es reportado en la literatura dental en 1878 por el Dr. Witte en una publicación alemana, donde lo utilizo en la obturación de conductos radiculares. (2,3)

Posteriormente, Torabinejad y White en 1990 desarrollan un cemento de silicato de calcio, llamado Mineral Trióxido Agregado (MTA; ProRoot MTA, Dentsply Tulsa, Tulsa, OK. USA). A partir de 1993, el MTA fue utilizado como material de obturación radicular. Este material es indicado en el tratamiento de perforaciones radiculares, reabsorciones interna y externa, retrobturación y apexificación. Su composición coincide con el cemento Portland a excepción del óxido de bismuto 20 al 21.6 %, que se incorpora como radiopacificante. (4)

Dentsply en (2002) fabricó la versión de MTA Blanco, pero con la ausencia de tetra-calcio aluminoferrito (ferrito aluminato tetracálcico). En 2009-2011 el material Biodentine fue introducido por (Septodont, Saint Maur des Fosses – France) como un nuevo cemento bioactivo a base de silicato de calcio que tiene propiedades mecánicas similares a la dentina y puede ser utilizado para reemplazar la región coronal y radicular del diente. Se compone principalmente de un polvo de silicato tricálcico y dicálcico, que se mezcla con una solución acuosa de cloruro de calcio. (5)

Por su biocompatibilidad, propiedades antibacterianas, la inducción de la regeneración de tejido duro, estabilidad y la facilidad de manejo, el material Biodentine se tiene con una alternativa interesante ya que ha sido desarrollado con el objetivo de mejorar el uso clínico y superar las limitaciones del MTA, demostrando la reducción de fraguado (12 min). (6)

Se ha reportado que la Biodentine puede utilizarse en el tratamiento de perforaciones del conducto radicular o en el piso de la cámara pulpar, en reabsorción interna y externa, en apexificación y como material de obturación retrógrada. (7)

Los cementos de silicato de calcio han llegado a ser el material de elección para la reparación de defectos de la dentina. Ya que crean la vía de comunicación entre el sistema de conducto radicular y el ligamento periodontal. (8)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Definición del problema: ¿Existe presencia o ausencia de interfase de la dentina con el Biodentine, el MTA Blanco Ángelus y el MTA Gris Ángelus en la retrobturación.

a) Objetivos

Objetivo General

Comparar la presencia o ausencia de interfase de la dentina con el Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus en la retrobturación.

Objetivos Específicos

Identificar la presencia o ausencia de interfase de la dentina a nivel del tercio apical del conducto radicular en la retrobturación con Biodentine.

Identificar la presencia o ausencia de interfase de la dentina a nivel del tercio apical del conducto radicular en la retrobturación con MTA Blanco Ángelus.

Identificar la presencia o ausencia de interfase de la dentina a nivel del tercio apical del conducto radicular en la retrobturación con MTA Gris Ángelus.

b) Por lo tanto la pregunta de investigación fue la siguiente; ¿Cuál de los tres cementos de retrobturación presenta menor interfase?.

c)Justificación.

Se ha reportado en la literatura que en las intervenciones de apicectomía, dependiendo del material de obturación retrograda se ha encontrado fracaso atribuible a la presencia de interfase entre la dentina radicular y el material de retrobturación. El propósito de este estudio es investigar cual cemento de silicato tricálcico presenta menor interfase con la dentina, aumentando las probabilidades de éxito en el tratamiento de cirugía endodóntica.

d) Hipótesis.

- 1.- Hi. Siempre existe presencia de interfase de la dentina con el Biodentine, el MTA Blanco Ángelus y el MTA Gris Ángelus en la retrobturación.
- 2.- Ho. No existe diferencia estadísticamente significativa entre los tres materiales de retrobturación.

MARCO TEÓRICO

Una cirugía periapical exitosa requiere resección apropiada de la raíz, preparación y sellado apical adecuado.

Los materiales de retrobturación ideales deben, entre otros requisitos, tener un sellado tridimensional, ser biocompatible, bioactivo, no absorbible, fácil de manipular y ser dimensionalmente estable. (9, 10)

Cirugía periapical.

Kim y Kratchman, en su estudio anatómico del ápice radicular muestra que al menos 3mm del ápice deben ser eliminados para reducir un 98% de las ramificaciones y un 93% de los conductos laterales. Como estos porcentajes son muy similares a 4 mm del ápice, recomiendan una apicectomía de 3 mm, ya que deja una media de 7 a 9mm de la raíz, lo que proporciona suficiente resistencia y estabilidad. Una apicectomía de menos de 3 mm lo más probable es que no elimine todos los conductos laterales y ramificaciones apicales, lo que supone un riesgo de reinfección y fracaso eventual. También mencionan que no existe justificación biológica para un bisel marcado.

Preparación apical ultrasónica. El objetivo de la preparación apical es eliminar el material de obturación de los conductos y los irritantes, y crear una cavidad que pueda ser correctamente obturada. La preparación apical ideal puede definirse como una cavidad de clase I de Black que se extienda al menos 3 mm de dentina radicular, con paredes paralelas con el perfil anatómico del conducto radicular.

Richman introdujo por primera vez los ultrasonidos en endodoncia en 1957. La mayoría de instrumentos ultrasónicos empleados en estudios previos fueron puntas de acero inoxidable lisas. Los instrumentos quirúrgicos ultrasónicos recubiertos de diamante se han introducido en los últimos años para minimizar las fracturas dentinarias, debido a su capacidad de abrasionar la dentina más rápidamente, lo que minimiza el tiempo que el instrumento está en contacto con el ápice. (11)

Una preparación de una cavidad de clase I de 3 mm debe obturarse con un material que garantice un sellado hermético.

La realización de una apicectomía y de una cavidad a retro, y la posterior obturación de la misma con un material de obturación apical está indicada para conseguir un buen sellado apical, y así prevenir la penetración de irritantes desde el conducto a los tejidos perirradiculares y viceversa. Varios materiales (amalgama, IRM, Super EBA), han sido usados como materiales de retrobturación. A través de estudios in vivo, se ha demostrado que el MTA se asocia a una menor inflamación de los tejidos adyacentes, una formación de cemento y una buena regeneración de los tejidos perirradiculares. (12)

Indicaciones.

Por lo tanto, sus indicaciones clínicas son múltiples. Sellar situaciones patológicas como reabsorciones radiculares externas, alteraciones anatómicas radiculares, apicoformaciones, pulpotomías, recubrimientos directos de pulpa tras caries profundas, o incluso situaciones complejas como las fisuras radiculares verticales. Además, se han descrito tratamientos de situaciones de iatrogenias complejas como perforaciones radiculares o de furca y por supuesto, como material de obturación a retro. (13)

Composición del MTA.

La composición química del MTA es controversial. Josette Camilleri describe que el MTA original de 1993 y patentado en 1995 contiene 50-75% de óxido de calcio y 15 a 25 % dióxido de silicio. Estos dos componentes juntos comprenden el 70-95 % del cemento. Cuando estos materiales son mezclados producen silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y aluminoferrito tetracálcico. Que también el MTA es cemento Portland Tipo 1 (American Society for Testing Materials) con 4500-4600 cm²/g-1. Oxido de bismuto es agregado al cemento para su diagnóstico radiográfico.

Al determinar la composición del MTA-gris ProRoot exponen que es un 75% cemento Portland, un 5% calcio, un 20% óxido de bismuto y que la empresa diseñadora del MTA-gris escogió para su fabricación el cemento Portland de menor contenido en arsénico y le añadió óxido de bismuto para aumentar su radiopacidad quedando su composición en 80% cemento Portland y 20% óxido de bismuto. (14)

Su presentación es en polvo de color grisáceo hidrofílico que se mezcla con agua destilada formando un gel coloidal que posteriormente fragua y se transforma en una estructura sólida.

Composición MTA Gris : silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, ferroaluminato tetracálcico, óxido de bismuto. (según fabricante). (14,15)

| Polvo | | Porcentaje |
|-------------------------------|---------|--------------------|
| *silicato tricálcico | *53.1 % | |
| *silicato dicálcico | *22.5 % | (75%) |
| * ferroaluminato tetracálcico | | |
| *aluminato tricálcico | | |
| *oxido de bismuto | *21.6% | (20%) radiopacidad |
| | | |
| Liquido | | Porcentaje |
| * agua destilada | | 100% |

En situaciones de gran compromiso estético el color gris podía ser un inconveniente (tinción o decoloración), por lo que en 2002 los fabricantes pasaron a comercializar una variante de color blanco, pero que presenta ciertas diferencias de composición con el gris.

MTA Blanco.

Composición del MTA Blanco: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, óxido de bismuto. (según fabricante Ángelus).

El MTA blanco presenta menor cantidad de algunos compuestos como magnesio, aluminio y de hierro.

Estas variaciones podrían ser la causa de su cambio de color, ya que el hierro es el componente más cromóforo del MTA.

- El MTA blanco carece de ferroaluminato tetracálcico el cual le da el color gris al MTA gris. (16)

La casa comercial del MTA blanco son: ProRoot Tooth-colored Formula (Dentsply Tulsa, E.U) y White MTA-Ángelus (Odonto-Logika, Londrina, Paraná, Brasil), aunque pueden existir otras marcas comerciales.

Para el MTA-blanco existen estudios que proponen la adición de fosfato disódico (Na_2HPO_4) al agua destilada como acelerador, concluyendo que mantiene las propiedades físicas y de biocompatibilidad del material original pero acortando su tiempo de fraguado de 150 minutos a 26-30 minutos, dependiendo de la concentración.

En relación con el MTA ProRoot Blanco y gris, el MTA ProRoot blanco endurece con mayor rapidez que el gris, como era observado con los cementos Portland.(17)

Inconvenientes.

El primero de los inconvenientes en su manejo clínico es que resulta difícil su manipulación, ya que su consistencia inicial es muy acuosa (soupy mix) y casi imposible de manejar. Pero, tras unos minutos de mezclado, la consistencia se torna parecida a la de “arena mojada, cremosa densa”, por lo que el manejo, permite colocar el material, no sin dificultades.

Borges et al, recomiendan que con una gasa se elimine el exceso de agua del material hasta que se adquiera una consistencia adecuado para su uso.

El segundo de los inconvenientes es su largo tiempo de fraguado, que sobrepasa con mucho el tiempo la intervención quirúrgica, ya sea MTA-gris o MTA-blanco. Los estudios muestran que el fraguado inicial es de unas 3 horas, pero que para su fraguado completo hay que esperar al menos 21 días. (18)

Manejo clínico en cirugía periapical

La mayoría de autores coinciden en que el MTA presenta una ventaja; se trata de un material que tolera muy bien la humedad, ya sea MTA-gris o MTA-blanco. Es más, necesita de ambiente húmedo para fraguar en condiciones óptimas, lo que lo hace ideal como material para un campo quirúrgico. Además, se ha constatado que si no está en contacto con humedad mientras fragua, las propiedades del material una vez fraguado están disminuidas sobre todo las relativas a la capacidad de sellado.

Vanderweele y cols., al estudiar la contaminación del MTA-blanco con sangre concluyeron que ésta puede afectar al fraguado y a las propiedades del material, pero sólo si la contaminación es muy intensa.

Por lo tanto, se puede contaminar con la humedad del campo, si ésta es excesiva, diluyendo más el material, dificultando más su colocación y adaptación a la cavidad, haciendo peligrar el resultado final de la cirugía. (19)

Preparación del material.

Para la preparación del material es necesario espatular y mezclar el polvo con el agua destilada. La proporción empleada es la indicada por el fabricante (1 cuchara de polvo – 1 gota líquido). Es necesario espatular la mezcla durante 30 segundos de forma enérgica para evitar la deshidratación del material.

Se carga el material en una jeringa Centrix (Espe TM) y se transporta al lecho receptor. Para condensar el material se emplean bolitas de algodón humedecidas y se retiran los excesos de material una vez obturada la cavidad. (20)

Consideraciones clínicas.

El MTA consigue sellar la interfase con la dentina, pero plantea una serie de inconvenientes que deben conocerse y tenerse en cuenta para facilitar su manejo y emplearlo en las indicaciones clínicas más idóneas. Desde el punto de vista mecánico, no consigue una unión estable con los tejidos dentarios al aplicar una fuerza. Se requiere el diseño de cavidades en las que se aloje el material, aunque supone un debilitamiento adicional de las estructuras dentarias remanentes, no olvidando que este material se emplea en situaciones en las que los tejidos deben ser conservados al máximo.

Pueden aparecer complicaciones tales como determinados hábitos o parafunciones como el bruxismo, apretamiento o trauma oclusal, que puedan hacer fracasar el correcto sellado proporcionado por este material cuando las exigencias mecánicas son excesivas, ya que no se va a conseguir la estabilización de la unión ante las fuerzas masticatorias que tienden a desplazarla. Sin embargo en situaciones donde la exigencia fundamental es el sellado y no se plantean requerimientos mecánicos que comprometan la estabilidad del material en la cavidad. Dentro de estas indicaciones están el sellado de perforaciones, reabsorciones radiculares, formación de una barrera apical en dientes inmaduros así como la retrobturación en cirugía periapical. (20)

Resistencia mecánica.

La fuerza compresiva del MTA es de 40 Mpa a las 24 horas, incrementándose hasta 67.3 Mpa a los 21 días. Este dato es similar al de otros materiales como el Super EBA, el IRM o el Fosfato de Zinc.

García Barbero concluye en su estudio que la resistencia de la unión de la amalgama al diente es superior a la del MTA. Y que la resistencia de la unión del MTA al diente condiciona que este material precise ser alojado en cavidades con un diseño retentivo. (20)

pH.

Respecto al pH que genera el MTA-gris se cree que es uno de los factores clave en la capacidad de regeneración del material. (21)

Se ha comprobado que es muy alcalino, con tasas cercanas al pH12, en función del estudio que se consulte, aunque otros estudios no llegan a detectar un pH tan alto y se quedan en cifras de pH 9.22 para MTA-gris ProRoot y pH 9.3 para MTA-gris Ángelus. Al comparar el pH del MTA-gris y el MTA-blanco los datos son muy parecidos.

Respecto a la influencia del pH del medio externo donde se coloca el MTA sobre el propio material no hay consenso. Hay estudios que concluyen que mantienen la capacidad de sellado en condiciones de pH ácido y otros que aseguran que el medio ácido altera el material. (22)

Biocompatibilidad.

La biocompatibilidad del MTA-gris ha sido profundamente estudiada, in vitro e in vivo. La mayoría de investigaciones muestran resultados excelentes, solo y comparándolo con otros materiales de obturación retrógrada.

Además, ha mostrado numerosos casos de creación de puentes dentinarios en recubrimientos directos y pulpotomías. Y de aposición de cemento y hueso en regeneración tisular.

Respecto a su capacidad de regeneración ósea, para algunos autores el MTA-gris no sólo es biocompatible sino que además es bioactivo, es decir que el aporte de iones de calcio provenientes del material, al reaccionar con los fosfatos del medio vivo, permite la formación de moléculas de hidroxiapatita generando hueso. Además, la superficie del material permite la adhesión de células precursoras de cemento. (22)

La biocompatibilidad del MTA-blanco no ha sido tan estudiada ya que su aparición es más reciente. Los estudios muestran buena biocompatibilidad, pero no tan excepcional como la del MTA-gris.

El estudio de Vosoughhosseini y cols, en cambio, muestra valores significativos de respuesta inflamatoria severa a los 7 días de MTA-gris y MTA-blanco tras implantar estos materiales de tejido conectivo subcutáneo en rata, aunque dicha respuesta inflamatoria se va moderando hasta la normalidad de los 7 a los 90 días, límite del estudio. (23)

Radiopacidad.

La ISO 6876:2001 estableció que la radiopacidad mínima de los cementos de obturación es de 3 mm de Al.

El MTA ProRoot presenta valores bajos de radiopacidad, (2.5 mm Al). MTA Ángelus presenta una radiopacidad equivalente a 3.7 mm Al. El Óxido de Bismuto es agregado en ambos materiales como agente radiopaco. La radiopacidad del MTA ProRoot es mínima de acuerdo a la ANSI/ADA's especificación número 57 de los materiales de obturación. (24)

Capacidad antibacteriana.

La capacidad antibacteriana del MTA-gris han sido discretos, mostrando un ligero efecto bactericida frente a bacterias facultativas. (25)

Al mezclar polvo del MTA-gris con clorhexidina al 0.12% Hernández y cols, observaron que la capacidad antibacteriana del material no aumentaba respecto a la mezcla convencional con agua destilada. (26)

Otro estudio, de efecto antimicrobiano del MTA, menciona que las zona de inhibición fueron significativamente mayores para las muestras mezcladas con clorhexidina al 2%. En cuanto a la resistencia a la compresión los datos revelaron que el MTA mezclado con agua estéril siempre tenía una mayor resistencia a la compresión que el MTA mezclado con clorhexidina. (27)

El MTA-gris también ha sido evaluado in vitro frente a hongos como la *Cándida albicans*, los resultados mostraron que el MTA recién mezclado y en 24 hr es eficaz para matar a *C. Albicans* en la observación de 1 y 3 días. (28)

En el estudio de Yasuda el Pro Root MTA no mostró actividad antimicrobiana contra ninguno de los microorganismos probados. (29)

Capacidad de sellado.

Almeida y colaboradores evaluaron el grado de adaptación marginal de la dentina con tres materiales de obturación a retro (MTA blanco Angelus, Sealapex con MTA blanco y super EBA) y los autores no encontraron diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de estudio. (30)

Filtración.

De lo observado en el estudio in vitro de filtración de fluidos, el MTA fue superior en las primeras semanas; sin embargo, con el paso del tiempo (60 días) no existieron diferencias significativas entre los tres materiales (Pro root MTA Blanco, MTA Blanco Angelus y Súper EBA). El Súper EBA permitió mayor filtración marginal a los 30 días. (31)

Porosidad, solubilidad y Absorción de agua.

Gandolfi y colaboradores observaron una alta porosidad, solubilidad y absorción de agua para los compuestos de MTA, las mediciones se realizaron 55 minutos después de la mezcla. La solubilidad se calculó como pérdida de peso, la solubilidad de ProRoot MTA (14.7%), la solubilidad se reduce con los fluidos biológicos por la rápida formación de una capa de fosfato de calcio. Las altas liberaciones de calcio y de iones OH están relacionadas con la formación de depósitos de fosfato de calcio. El polvo de silicato de calcio más fino puede explicar la mayor liberación de iones, la absorción de agua, la porosidad y la solubilidad de MTA Plus en comparación con ProRoot MTA. Ambos productos de MTA eran más solubles en agua y absorbentes de agua que Dycal y más bioactivos. (32)

Citotoxicidad.

La citotoxicidad del MTA se evaluó en ratones mediante un test in vivo. La amalgama, IRM, Súper-EBA y MTA se valoraron después de 24 horas de incubación con radiocromo en células de ratón L-929. Basados en este estudio de cultivos celulares se pudo afirmar que el MTA era menos tóxico que los otros materiales y podría ser un material de uso potencial en obturaciones a retro.

También IRM, Súper EBA y MTA fueron investigados como materiales citotóxicos y mutagénicos, basándose en el test de Ames. Los resultados expresaron la ausencia de toxicidad y mutagenicidad de los materiales citados utilizando la salmonella typhimurium LT-2

En otro estudio se comparó la citotoxicidad de MTA, Súper- EBA y amalgama en su aplicación como material de obturación a retro. Los fibroblastos de ligamento periodontal se utilizaron como cultivo experimental. En la mezcla en fresco o reciente la toxicidad de la amalgama fue superior a la de los otros dos materiales. A las 24 horas la secuencia era de Súper-EBA, mayor que MTA y que amalgama en baja concentración. A alta concentración fue Súper-EBA, amalgama y MTA el resultado de más a menos toxicidad.. El período de tiempo en los cultivos es un dato importante. El IRM y MTA fueron estudiados en un cultivo de osteoblastos a uno, tres y siete días mediante Microscopio Electrónico de Barrido. También se determinaron las citocinas mediante el método ELISA. El MTA proporcionó un sustrato adecuado para el depósito de hueso. (33)

Biodentine.

En el estudio de Gregory Carón et al., realizado en el 2014 se informa el uso del Biodentine como material para retrobturación en cirugía endodóntica. El grado de éxito clínico observado en dos casos clínicos durante 2 años de seguimiento, indican que este cemento de silicato de calcio puede ser utilizado con resultado favorable.

El Biodentine no presenta toxicidad, muestra bioactividad, es decir, la activación de la angiogénesis y la activación de las células progenitoras de la pulpa que promueven la curación y la remineralización. Desde el punto de vista biomecánico, las propiedades de sellado de Biodentine se han notificado como superior al MTA. (34)

Till Dammaschke, menciona que el Biodentine puede ser usado como material de obturación, como material de reparación en perforaciones y reabsorciones (a nivel coronal como radicular). Se puede usar en perforaciones en el piso pulpar, resorción interna y externa, apexificación y retrobturación. Biodentine presenta biocompatibilidad a largo plazo, propiedades antimicrobianas y la capacidad de inducir la regeneración de tejidos duros, es estable, insoluble, no reabsorbible, hidrófilo, fácil de preparar y es visible radiográficamente. (35)

Composición.

El producto de Biodentine está en una cápsula:

| Polvo. | | Función |
|-----------------------|--------|-------------------------------|
| * silicato tricálcico | (>70%) | núcleo principal del material |
| * Silicato dicálcico | (<15%) | segundo núcleo del material |
| * carbonato de calcio | (>10%) | relleno |
| * y óxido de zirconio | (5%) | opacificante. |

Mientras que el líquido Biodentine contiene:

- * cloruro de calcio (>15 %) como el acelerador de fraguado
- * agua líquido principal
- * polímero hidrosoluble (policarboxilato) como agente reductor de agua.

La mezcla se logra mediante el uso de una cápsula mezclando polvo y líquido, esta relación es establecida por el fabricante. Esto permite lograr un material con propiedades óptimas. (35, 36)

Reacción de fraguado.

La reacción del polvo con el líquido conduce al fraguado y endurecimiento del cemento. La hidratación del silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) conduce a la formación de un gel hidratado de silicato de calcio (gel CSH) e hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



Tiempo de fraguado del Biodentine. ISO 6876: 2001.

Con el fin de llegar a una fórmula con un tiempo corto (12 minutos) y altas propiedades mecánicas en el rango de la dentina natural, los silicatos de calcio no podían ser utilizados solos. Por lo general, los cementos de silicato de calcio han fraguado en el intervalo de varias horas, lo cual es demasiado tiempo en la mayoría de los protocolos en la práctica clínica.

El tamaño de la partícula influye en gran medida en el tiempo de fraguado, ya que cuanto mayor sea la partícula, más corto es el tiempo y la adición de cloruro de calcio en el líquido se acelera el fraguado, entre 12 a 15 minutos.

El agua, que es esencial para el endurecimiento del Biodentine, también puede afectar a la resistencia del material. El exceso de agua creará algo de porosidad, una disminución en la

resistencia mecánica. Pero por otra parte si se disminuye el contenido de agua no se obtendrá una mezcla homogénea.

El tiempo de fraguado de Biodentine es significativamente menor que la de ProRoot MTA, que puede ser una ventaja en la práctica clínica. (37)

Resistencia a la compresión.

La resistencia del Biodentine a la compresión es de 100 MPa en la primera hora, llega a más de 200 MPa a las 24h que es más que la mayoría de los valores de los ionómeros de vidrio. Una característica específica de Biodentine es su capacidad para seguir mejorando con el tiempo durante varios días hasta llegar a 300 MPa después de un mes. Este valor se vuelve bastante estable y se encuentra en el rango de la resistencia a la compresión de la dentina natural (297 MPa).

La comparación de la resistencia a la compresión de un ionómero de vidrio clásica (Fuji IX - GC), y el Biodentine en 1 hr, son similares . No hay un aumento en la resistencia a la compresión en un mes con Fuji IX, pero éste es significativamente más resistente a la compresión .

Con ProRoot MTA, no tiene ninguna resistencia mecánica en las primeras 24 hrs. Con el cemento Portland, la resistencia mecánica se desarrolla después de varios días, llegando a 150 MPa después de una semana. (37)

Resistencia al ácido.

La erosión ácida y los efectos de la saliva artificial sobre la estructura y composición del Biodentine fueron investigados por Laurent et al., 2008, (30) la erosión de Biodentine en solución ácida es limitado en comparación con cementos a base de agua (ionómero de vidrio). En saliva reconstituida (que contienen fosfatos), no se observa la erosión. (37)

Pruebas de citotoxicidad (ISO 7405 , ISO 10993-5)

Se reportan diferentes pruebas de citotoxicidad realizadas en Biodentine.

El primer estudio se realizó en los fibroblastos humanos pulpares (molar del juicio humano), comparando Biodentine, hidróxido de calcio Dycal y el MTA (ProRoot Dentsply). La viabilidad celular se determinó mediante la incorporación de MTT (Acerca de 2003b). Los

resultados mostraron que Biodentine (0 ± 8) no era citotóxico como MTA (0 ± 9), mientras que el Dycal (22 ± 10) indujo 22 % de muerte celular.

En un estudio realizado en (L929 fibroblastos pulpares), comparan al Biodentine con la resina compuesta FiltekTM Z250 y MTA (Franquin 2001). Los resultados mostraron que Biodentine no es citotóxica ($< 10\%$) mientras que para FiltekTM resina Z250 es ligeramente citotóxica ($> 20\%$) en los períodos de observación de 3hr. (37)

Ensayos de irritación cutánea (ISO 7405 , ISO 10993-1).

Se realizó en el conejo por aplicación tópica, donde se evaluó la presencia de edema y eritema (1h, 24h, 48h y 72h después de la retirada del parche). Biodentine ha demostrado no ser irritante (Gomond, 2003a).

Ensayos de irritación ocular (OCDE 405)

La irritación de la parte líquida de Biodentine fue probado en mucosa del ojo del conejo. El objetivo del estudio fue evaluar cualitativa y cuantitativamente la irritación o la corrosión y el retraso de la aparición de los efectos después de una sola aplicación de 0,1 ml en el ojo en 3 conejos. Las reacciones oculares (enrojecimiento y quemadura de la conjuntiva, el iris y las lesiones de córnea) se anotó 1h, 24h, 48h y 72h después de la aplicación. Biodentine fue clasificada entre las sustancias químicas irritantes para los ojos (Fagette , 2009). (37)

Ensayos de toxicidad aguda (ISO 7405 , ISO 10993-11 , la OCDE 423)

Las pruebas de toxicidad aguda se llevaron a cabo con el fin de determinar sobre una base cualitativa y cuantitativa los signos de toxicidad y su tiempo de aparición después de una administración oral única de una dosis de 2000 mg/kg del producto en ratas. Las ratas se observaron inmediatamente después de la administración, 1h, 2h, 3h, 4h y al menos una vez al día durante 14 días. La administración por vía oral de Biodentine no indujo toxicidad aguda en la rata. (37)

Ensayo in Vitro para la angiogénesis.

Se realizó un estudio sobre los fibroblastos de pulpa dañada con el fin de evaluar la actividad de Biodentine sobre la angiogénesis. Este modelo imita la situación in vivo en los casos de daño pulpar donde se requiere recubrimiento pulpar directo. Los materiales tales como Biodentine, Calcipulpe, hidróxido de calcio XR, ProRoot MTA y Xeno III se aplicaron

a las células factores de crecimiento (VEGF, FGF- 2, PDGF-AB, TGF- β 1) posteriormente fueron evaluados por la prueba de ELISA. Los resultados mostraron que sólo ProRoot MTA y Biodentine eran capaces de estimular la formación de manchas de mineralización. Estos resultados sugieren que Biodentine es capaz de estimular la angiogénesis, con el fin de curar los fibroblastos de pulpa. (37)

Ajuste de tiempo

El tiempo de fraguado final se determinó que era 85.66 (\pm 6.03) min para Biodentine y 228.33 (\pm 2.88) min para MTA. La diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,0001$). La diferencia en el ajuste del tiempo se puede explicar por las diferentes normas ISO utilizados, ISO 9917–1:2007. (38)

Densidad y Porosidad

La resistencia mecánica de los materiales a base de silicato de calcio también es dependiente de su bajo nivel de porosidad. Cuanto menor sea la porosidad, mayor es la resistencia mecánica. Las propiedades mecánicas superiores de Biodentine se determinaron por el bajo contenido de agua en la etapa de mezcla.

Micro dureza Vickers

Dureza se puede definir como la resistencia a la deformación plástica de la superficie de un material después de indentación o penetración.

Después de 2 horas, la dureza de Biodentine era 51 HVN y alcanzó 69 HVN después de 1 mes.

Los valores de micro dureza reportados para la dentina son en el rango de 60-90 de HVN. En otro estudio donde comparan la microdureza Vickers del Biodentine estaba con 62,35 (\pm 11,55) HV aproximadamente 2.5 veces mayor que para ProRoot MTA con 26,93 (\pm 4,66). Las diferencias entre Biodentine y ProRoot MTA fueron altamente significativas ($p < 0,0001$). (38)

Radiopacidad.

Biodentine contiene óxido de zirconio que permite su identificación en las radiografías. De acuerdo con la norma ISO 6876:2001, una radiopacidad de 3mm de aluminio es requerida para los materiales de obturación. Biodentine muestra una radiopacidad equivalente a 3,5 mm de aluminio. (30)

ProRoot MTA (6,40 (\pm 0,06) mm Al) fue significativamente más radiopaco que Biodentine (1.50 (\pm 0.10) mm Al) ($p < 0,0001$). La radiopacidad de Biodentine no estaba de acuerdo con la norma ISO 6876 : 2001. (38)

Integridad marginal .

Biodentine con un pH alcalino, estimula la formación de una zona de infiltración. Esto es similar a la formación de una capa híbrida, causado por el ataque químico alcalino durante el fraguado del cemento de silicato de calcio, esta liberación química produce degeneración del colágeno. Esta degeneración conduce a una estructura porosa, que facilita la penetración de Ca, OH e iones de silicato en la dentina por lo que lleva a un aumento de la mineralización en esta área, como resultado de una infiltración mineral del Biodentine dentro de la dentina.

La buena integridad marginal de las restauraciones sándwich con Biodentine es probable debido a la extraordinaria capacidad de los materiales de silicato de calcio para formar cristales de hidroxiapatita en la superficie; cuando se forman en la interfase entre el material restaurativo y las paredes de dentina, estos cristales pueden contribuir a la eficiencia del sellado del material. La saliva como otros fluidos corporales, contiene iones fosfato, la interacciones entre los iones fosfato de la solución de almacenamiento (solución de fosfato, como sustancia buffer) y los cementos de silicato de calcio conducen a la formación de depósitos de apatita que pueden aumentar la eficiencia del sellado del material. (39, 40)

Efecto en la flexión sobre las propiedades de la dentina.

La capacidad de la dentina para resistir las fuerzas externas no es afectada cuando se utiliza en capas muy delgadas, como material de recubrimiento pulpar o en obturación apical, la consideración crítica se genera cuando se realiza la obturación de todo el conducto radicular o al usarlos con el propósito de reemplazo de la dentina.

Resistencia a la microfiltración.

Koubi et al. evaluaron la microfiltración de glucosa en las restauraciones sándwich en cavidades clase II, donde prepararon 30 dientes humanos extraídos (terceros molares) basado en la edad del cemento de silicato de calcio (Biodentine, Septodont, France) y resina modificado con cemento de ionómero de vidrio (Ionolux; Voco, Cuxhaven, Germany). Los resultados del análisis de filtración de glucosa después de un año mostraron que ambos materiales muestran patrones similares de filtración, para Biodentine (0.074 ± 0.035 g/L) y para la resina modificada con cemento de ionómero de vidrio (0.080 ± 0.032 g/L).

No existe diferencia estadísticamente significativa entre los 2 grupos.

Otra propiedad importante de Biodentine fue que no requería una preparación específica de las paredes de la dentina. (40)

Biocompatibilidad.

La biocompatibilidad de un material dental es un factor importante que debe tenerse en cuenta especialmente cuando se utiliza en el recubrimiento pulpar, perforaciones o como obturación retrógrada. Durante los procedimientos antes mencionados, el material está en contacto directo con el tejido conectivo y tiene el potencial para afectar a la viabilidad de las células perirradiculares y pulpares .

La muerte celular bajo estas circunstancias se produce debido a apoptosis o necrosis. Por lo tanto, es esencial que los materiales tóxicos se eviten y los materiales de reparación o que son biológicamente neutros se prefieren durante procedimientos en los que el material está directamente en contacto con el tejido circundante. Los datos disponibles en general

está a favor del material en términos de su falta de citotoxicidad y la aceptabilidad de los tejidos.

El biodentine no tendría un impacto negativo sobre la diferenciación celular o funciones específicos de las células. (41)

Seok-Woo Chang, en su estudio sobre biocompatibilidad de los cementos a base de silicato de calcio en las células de la pulpa humana., menciona que Biodentine (Septodont, France), OMTA (Ortho-MTA, Seul, Korea), y AMTA (Ángelus-MTA, Londrina, Brasil) exhibieron niveles similares de viabilidad celular en comparación con los grupos tratados con suplementos osteogénicos a los 3, 7 y 14 días. Sin embargo, la viabilidad celular del IRM (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa) fue menor en comparación con los otros grupos. (42)

Camila M Corral et al, en su estudio compararon la viabilidad celular de los fibroblastos (3T3 embrión de ratón) tratados con MTA y Biodentine, se observó crecimiento celular similar a lo largo de las 72 horas. Resultados similares han sido reportados por Zhou et al, al comparar la viabilidad celular de los fibroblastos gingivales humanos expuestos con Biodentine y MTA. Curiosamente, en este estudio, el contacto celular con Biodentine a las 24 horas mostró un aumento de la viabilidad celular en comparación con el GIC (Fuji IX Corporation Tokio, Japón). Una de las diferencias es el caso del MTA, la radiopacidad es de óxido de bismuto, mientras que para Biodentine es óxido de zirconio. (43)

Bioactividad.

El silicato tricálcico representa principalmente el componente de Biodentine, MTA y cemento Portland. Además de la biocompatibilidad de estos materiales pueden ser bioactivos. Un material se conoce como bioactivo, cuando interactúa con las células del cuerpo humano o tiene un efecto benéfico sobre las células. Se hace referencia en la biomineralización de un tejido duro inducido por un material. (44)

Se ha demostrado in Vitro que los fibroblastos de las células forman núcleos de mineralización después de que el cemento se ha añadido al medio celular. Causa de ello es la liberación de TGF -B1. Este factor de crecimiento actúa como un regulador de

muchas reparaciones en varios tipos de tejidos. Biodentine es similar al hidróxido de calcio y MTA en aumentar significativamente la secreción de células de TGF- B1. (45)

Biodentine en el tratamiento de pulpa vital.

La pulpotomía es otro método de tratamiento de pulpa vital en el que Biodentine es utilizado.

Shayegan et al., realizaron un estudio en el que evaluaron la respuesta pulpar de los dientes de cerdo (primera dentición) utilizando Biodentine como recubrimiento pulpar, así como material de pulpotomía después de 7, 28 y 90 días.

Los resultados mostraron que Biodentine tiene propiedades bioactivas, estimula la regeneración del tejido duro y no provocan ningún signo de respuesta de inflamación pulpar. Se observó además que el material tenía la capacidad de mantener una integridad marginal, debido a la formación de cristales de hidroxiapatita que mejora la capacidad de sellado. Debido a su potencial de sellado, no hay riesgo de microfiltración que puede dañar a la pulpa para ser infectada o necrótica y poner en peligro el éxito del tratamiento. Otro comentario importante era que la formación de tejido duro debido al hidróxido de calcio fue más bien una respuesta de defensa de la pulpa contra la naturaleza irritante del material mientras que los materiales a base de silicato de calcio son compatibles con el reclutamiento de células . Además, la capa necrótica causada por hidróxido de calcio parece ser mucho más grande en comparación con los materiales de silicato de calcio. (46)

Reporte de casos clínicos.

Biodentine ha sido evaluado como un material de retrobturación. En él se describe una gran lesión periapical asociada con los incisivos central y lateral superiores de un paciente de 24 años de edad, quien tenía un historial de lesión traumática anterior. Siguiendo el uso de Biodentine como un material de retrobturación durante la cirugía apical, el paciente estuvo en observación por un período de 18 meses, durante el cual radiográficamente la lesión periapical fue reduciendo progresivamente. (47)

Por lo tanto Biodentine es un material prometedor que es adecuado para la cirugía endodóntica, lo que demuestra excelentes propiedades biológicas, y rápido tiempo de fraguado clínico. (48,49)

Shahi et al. (2011) comparan el MTA Blanco (Dentsply n:10) y MTA Gris (Dentsply n:10) en cortes transversales con fresa de fisura, y reportaron interfase entre estos cementos y las paredes de la dentina de 9.44 μm para MTA Gris y 9.50 μm para el MTA Blanco con un mínimo de 0 μm para ambos. (51)

Soundappan S. et al., (2013) comparan la interfase de Biodentine (n:10) y MTA Gris (Dentsply n:10). Las secciones apicales las realizan con microtomo de tejido duro, Biodentine a 1 mm en corte trasversal obtuvo $1.345 \pm 0.717 \mu\text{m}$; a los 2mm de la sección fue $1.489 \pm 0.45 \mu\text{m}$, resultando la mayor interfase para Biodentine comparada con MTA Pro-root Gris., el cual presento a 1mm $0.847 \pm 0.298 \mu\text{m}$, a los 2 mm de sección $0.738 \pm 0.466 \mu\text{m}$.

METODOLOGIA

a) Tipo de investigación.

Experimental, Comparativo, transversal y prospectivo

b) Definición del universo.

Conductos con ápices maduros unirradiculares (de incisivos centrales, incisivos laterales y caninos superiores / inferiores).

c) Tamaño de la muestra.

32 conductos unirradiculares, de dientes humanos extraídos, dividido en 5 grupos al azar (tres grupos experimentales, un control positivo y un control negativo), aleatorio a ciego simple. Los tres grupos experimentales se subdividieron cada grupo en dos subgrupos para obtener dos secciones: Grupo (t): corte transversal (2mm), Grupo (s): corte sagital (3mm)

d) Variables.

* Variable independiente: Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus

*Variable Cuantitativa: mide la interface en micras (μm) entre la dentina hacia el cemento de retrobturación.

e) Criterios de inclusión.

Dientes con conductos:

1.- Conductos con ápices cerrados.

f) Criterios de exclusión.

Dientes con conductos:

- 1.- Conductos con ápices abiertos.
- 2.- Conductos con tratamiento de conducto radicular.
- 3.- Conductos con fracturas radicular.

g) Criterios de eliminación.

Dientes con conductos:

- 1.- Conductos que al obturarse se fracture la raíz.

h) Procedimiento.

Para este estudio se seleccionan 32 dientes unirradiculares humanos extraídos, los cuales se mantuvieron en solución (formol 10% y agua).

A todos los dientes se les elimina la corona a la altura de la unión cemento esmalte, con un disco de diamante (Brasseler).(Fig.1,2) Se toma radiografía inicial y se utiliza una lima K# 10 para corroborar la permeabilidad del conducto haciéndola pasar por el ápice hasta que fuera visible, posteriormente se le tomó la radiografía de conductometría con lima flex- R # 15, (fig.3-5) se utilizó como longitud real de trabajo a 1mm corto del ápice radiográfico.

Los conductos se instrumentaron con la técnica de fuerzas balanceadas corono-apical con instrumentos manuales limas flex- R # 20, 25 (para crear un trayecto libre de interferencias para la instrumentación rotatoria) y posteriormente se instrumentaron con instrumentos rotatorios (ProTaper de la marca Dentsply con un taper .04 25-40 de 25mm),(fig.6,7) irrigando entre cada instrumento con hipoclorito de sodio al 5.25%, utilizando una aguja naviTip 17mm calibre 30.(fig.8)

Todas las raíces fueron obturadas con la técnica de punta única con gutapercha ProTaper con .04 taper y cemento de obturación Sealapex (SybronEndo USA).Fig.(9-14)

La resección se realizó a los 3 mm del ápice de todos los dientes, con fresa de diamante de alta velocidad a 90 grados de la longitud axial del diente, (fig.15-17) realizando posteriormente una cavidad de 3 mm de profundidad con punta de ultrasonido diamantada (retrotip No. E31D NSK) conectado a una unidad ultrasónica (Varios 350 NSK) bajo irrigación continua. (fig.18-21)

Para recibir el material de retrobturación, se establecieron aleatoriamente tres grupos experimentales con 10 superficies radiculares cada uno:

Grupo 1: La retrobturación se realizó con Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fossés, France). Fig.22

Modo de empleo según el fabricante:

- 1.- Tomar una cápsula y golpearla levemente en una superficie dura para descomprimir el polvo.
 - 2.- Abrir la cápsula y colocarla en el soporte blanco.
 - 3.- Separar una monodosis de líquido y abrirla girando el tapón sellado (cuidando de no tirar el líquido). (Fig. 23)
 - 4.- Verter 5 gotas de la monodosis en la cápsula.
 - 5.- Cerrar la cápsula
 - 6.- Colocar la cápsula en un amalgamador. (Fig. 24)
 - 7.- Mezclar durante 30 segundos.
 - 8.- Abrir la cápsula. (fig.25)
 - 9.- Recuperar el material Biodentine con la espátula presente en la caja y se coloca en su block de mezcla. (fig.26)
- Posteriormente el material fue llevado a la preparación cavitaria del conducto con el porta amalgama # H9-23690 (Hu-Friedy) extremo pequeño (fig.26) y empacado con un instrumento # TNCIGFT2 (Hu-Friedy) y con el plugger # 2 –RCP9 (Hu-Friedy) se compacta finalmente con mayor firmeza dentro de la cavidad. (fig.27-30)

Grupo 2: retrobturación con MTA Blanco Ángelus (Odonto-Logika, Londrina, Paraná, Brasil. (fig.31)

Técnica de uso según el fabricante:

- 1.- Esterilice la loseta de vidrio, la espátula y los instrumentos para inserción y condensación del MTA. (fig.32)
- 2.- Espatular durante 30 segundos el contenido de una cuchara de polvo y una gota de agua destilada sobre la loseta de vidrio. El cemento obtenido tendrá consistencia arenosa.
- 3.- Lleve el MTA al lugar deseado. Utilizar el porta amalgama # H9-23690 (Hu-Friedy) extremo pequeño. (fig.33)
- 4.- Condense el MTA en la cavidad preparada con instrumentos metálicos. Se utilizar el instrumento # TNCIGFT2 (Hu-Friedy) y con el plugger # 2 –RCP9 (Hu-Friedy) se compacta finalmente. (fig.34-36)

Grupo 3: retrobturación con MTA gris Ángelus (Odonto-Logika, Londrina, Paraná, Brasil.

Instrucciones de uso según el fabricante:

- 1.- Dispensar una medida de polvo y una gota de agua destilada sobre la loseta de vidrio esterilizada. (fig.37)
- 2.- Espatular el conjunto durante 30 segundos hasta una perfecta homogeneización de los componentes. El cemento obtenido debe tener una consistencia arenosa.
- 3.- Colocar el cemento espatulado en la cavidad, utilizando un porta amalgama # H9-23690 (Hu- Friedy) extremo pequeño. (fig.38)
- 4.-Condense el MTA gris en la cavidad preparada. Se utiliza el instrumento # TNCIGFT2 (Hu-Friedy) y con el plugger # 2 –RCP9 (Hu-Friedy) se compacta. (fig.39-43)

Grupo 4: (n:1) (Control positivo): se realizó solo la resección de 3 mm.

Grupo 5: (n:1) (Control negativo): se realizó la preparación cavitaria y no se realizó retrobturación.

Posterior a esto, las muestras de cada grupo se almacenaron en vasos de vidrio con agua destilada.(fig.43). Tras 55 días desde el mezclado y la retrobturación los tres grupos experimentales se subdividieron cada grupo en dos subgrupos para obtener dos secciones:

Grupo 1 (t): Biodentine corte transversal (2mm).

Grupo 1 (s): Biodentine corte sagital (3mm)

Grupo 2 (t): MTA Blanco Ángelus corte transversal (2mm)

Grupo 2 (s): MTA Blanco Ángelus corte sagital (3mm)

Grupo 3 (t): MTA Gris Ángelus corte transversal (2mm)

Grupo 3 (s): MTA Gris Ángelus corte sagital (3mm)

Los extremos de la raíz se cortaron con disco de diamante de baja velocidad. Ya seccionadas se vuelven a almacenar en agua destilada por 4 días más, posteriormente se les elimina el agua 24hrs (secado) antes de ser llevadas a CFATA.

A los 60 días desde las retrobturaciones las muestras fueron llevadas al Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) Campus Juriquilla UNAM-UAQ. Allí, se preparó un portamuestra cilíndrico de cobre de 3 cm de altura y 10mm de ancho; se le aplica un poco de pasta para pulir metal (Brasso) el cual se fricciona contra una tela de algodón hasta eliminar todo vestigio de impureza y quedar la superficie pulida. (fig.44,45).



Fig.44 Pasta Brasso para pulir metal



Fig. 45 Se fricciona contra una tela de algodón

Los portamuestras fueron colocados en un vaso precipitado de vidrio con acetona pura en ultrasonido (Branson 3210) por 5 min, se retiraron de la acetona con una pinza y se secaron con papel sin tocarlos. (fig. 46-50).



Fig. 46. Acetona pura



Fig. 47 Portamuestra es vaso



Fig. 48 Ultrasonido



Fig 49. Los portamuestras se retiran de la acetona con una pinza



Fig.50. Se secan con papel sin tocarlos.

Las muestras se ubicaron en la superficie del portamuestra con la ayuda de una cinta conductora adhesiva de carbón en las que quedaron adheridas.,(fig.51,52)



Fig.51 Se coloca cinta de carbón sobre portamuestras

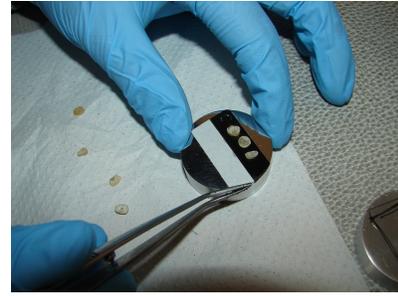


Fig.52 Las muestras quedan adheridas a la cinta de carbón.

Posteriormente las muestras son introducidas en la Evaporadora de Metal Sputter Coater EMS 550 durante 4 min donde fueron bañadas con recubrimiento de oro en plasma (fig. 53,54).



Fig.53 y 54 . Las muestras son introducidas en la Evaporadora de Metal Sputter Coater. donde son bañadas con recubrimiento de oro en plasma.

Al extraer las muestras de la evaporadora se observa que no fueron del todo recubiertas con plasma de oro ya que no se tenía la cantidad suficiente de gas Argón (fig.55).



Fig. 55 muestras cubiertas con oro en plasma



Fig. 56. muestras recubiertas de carbono en plasma

Por lo que posteriormente la encargada del departamento de microscopio volvió a cubrir las muestra pero ahora con carbono en plasma. (fig.56)

Las muestras fueron tomadas para su análisis al azar de cada subgrupo así como del grupo control positivo y negativo, para su observación al Microscopio Electrónico de Barrido (JOEL JSM- 6060LV) a una magnificación de 25X, 100X y 200X . (fig.57,58).

Se hicieron las observaciones en el Microscopio Electrónico de Barrido JOEL JSM, 6060LV., con un rango de magnificación de 200X por cada cuadrante (1-A, 1-B, 1-C, 1-D) de cada número de muestra de cada subgrupo experimental y control en corte transversal. Para las muestras en corte sagital, la superficie de cada muestra se dividió en cuatro partes (1,2,3,4); a 200X. (fig.59.)

El equipo integrado del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) consta de columna, paneles de control, 2 bombas mecánicas de vacío, bomba de difusión. Está conectado a un UPS propio para garantizar una continua y sostenida corriente eléctrica. Cuenta con sistema de enfriamiento por aire (Water Chiller, Air Cooled 950W), que proporciona las condiciones de temperatura interna del equipo (fig.60).

Todo el procedimiento fue documentado por fotos de una cámara Sony Cyber-shot.

Una vez realizada las evaluaciones en μm de las micrografías (200X) de los subgrupos experimentales y grupos controles (positivo-negativo) en corte transversal y corte sagital se procedió a medir las distancias en micras de la interface de la dentina y el cemento utilizando el software ImageJ desarrollado por el National Institute of Health (NIH). De cada muestra se tomaron cuatro lecturas de la interface en caso de existir y se procedió a vaciar los datos obtenidos en la hoja de recolección de datos en el programa Excel.

RESULTADOS

Micrografías del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) representativas a (25X, 100X y 200X).

Se tomaron 32 micrografías de vista completa a 25X y 32 micrografías a 100X de magnificación de cada muestra de los tres subgrupos y grupos controles **en corte transversal**.

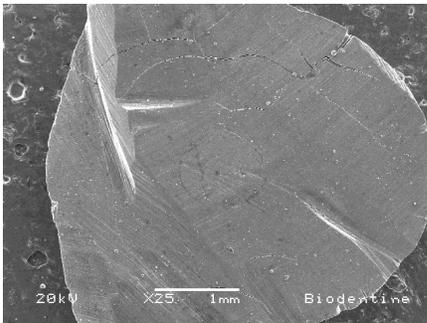


Fig. 61. Micrografía de Biodentine a 25X.

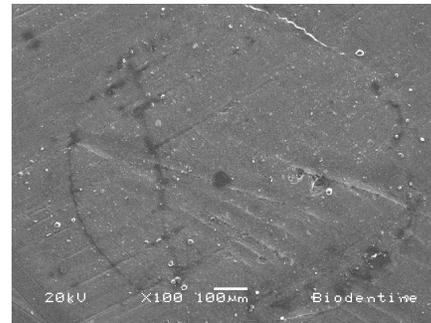


Fig. 62 Micrografía de Biodentine a 100X

Se puede observar que en la Fig. 61 y 62., la ausencia de interfase entre Biodentine y la dentina (25X y 100X).

La superficie de las cavidades del extremo radicular se dividieron en cuatro cuadrantes (A,B,C,D) para una mejor observación de la interfaz del espacio entre la dentina y el material de retrobturación en la sección transversal; a una magnificación de 200X. Por lo que se observaron un total de 120 micrografías de los tres subgrupos por cuadrante en corte transversal así como 8 micrografías de los grupos control (positivo y negativo).

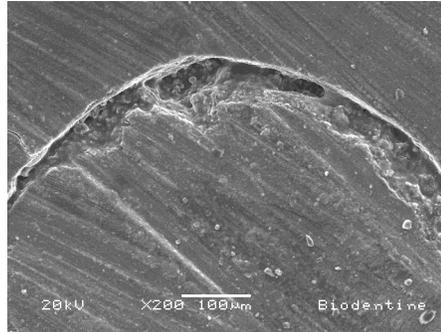


Fig. 63 Micrografía Biodentine 200X A.

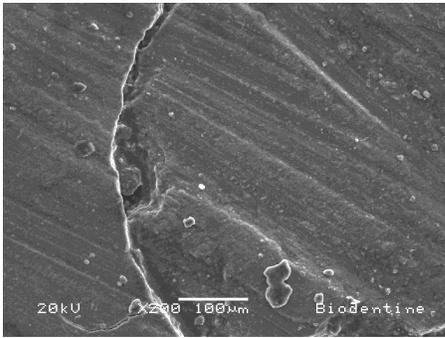


Fig.66 Micrografía Biodentine 200X D

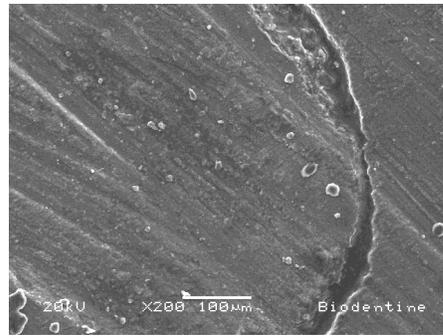


Fig. 64 Micrografía Biodentine 200X B

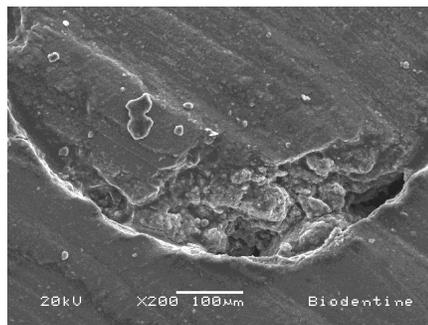


Fig. 65 Micrografía Biodentine 200X C

Micrografías de SEM representativas (200X) de la interfase Biodentine-dentina en corte transversal.

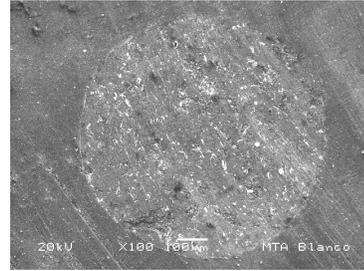
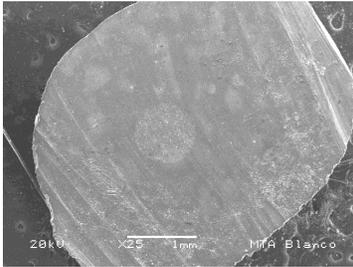


Fig. 67 Micrografía de MTA Blanco Ángelus a 25X Fig.68 Micrografía de MTA Blanco Ángelus a 100X
 En las Figuras 67 y 68 correspondientes a MTA Blanco Ángelus no se observa a 100X interfase entre la dentina y el cemento.

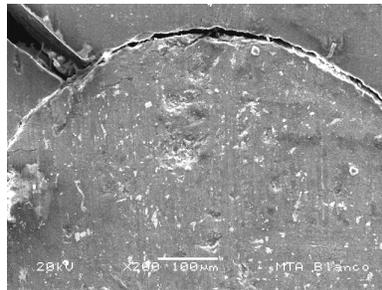


Fig. 69 Micrografía MTA Blanco Ángelus a 200X A.

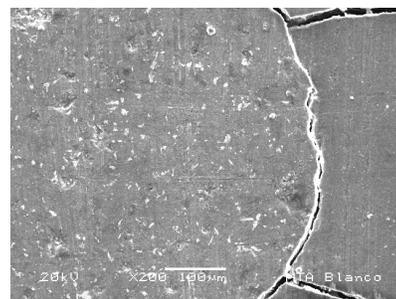
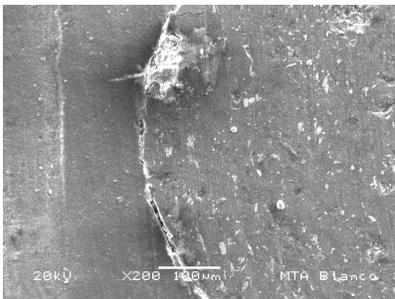


Fig.72 Micrografía MTA Blanco Ángelus a 200X D Fig.70 Micrografía MTA Blanco Ángelus a 200X B

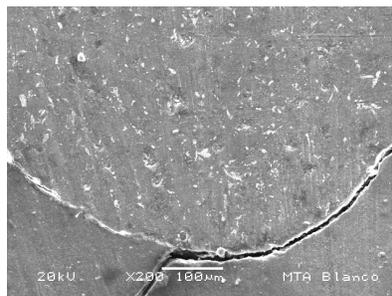


Fig. 71 Micrografía MTA Blanco Ángelus a 200X C

Micrografías de SEM representativas (200X) de la interfase MTA Blanco Ángelus-dentina.

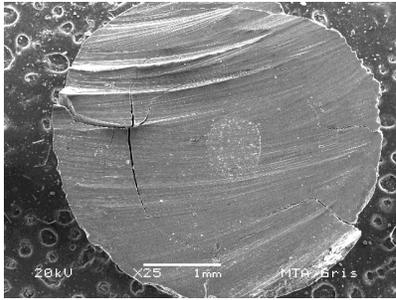


Fig. 73 Micrografía MTA Gris Ángelus a 25X.

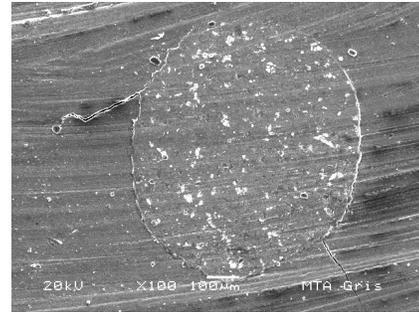


Fig.74 Micrografía MTA Gris Ángelus a 100X

En las Figuras 73 y 74 interfaz entre la dentina y MTA Gris Ángelus, se observa una fractura del diente posiblemente debido a la preparación de la muestra.

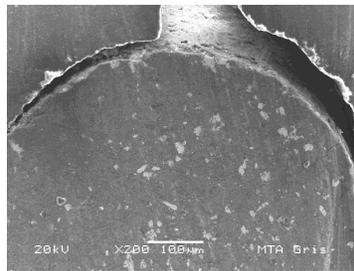


Fig. 75 Micrografía MTA Gris Ángelus a 200X A.

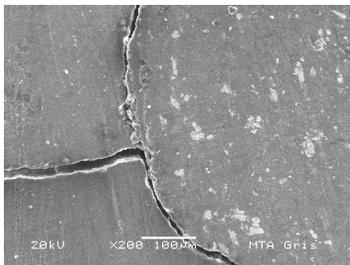


Fig. 78 Micrografía MTA Gris Ángelus a 200X D.

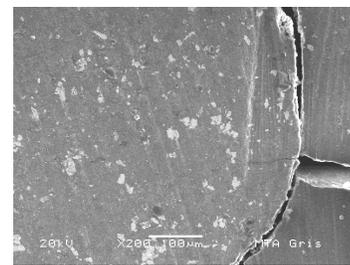


Fig. 76 Micrografía MTA Gris Ángelus a 200X B

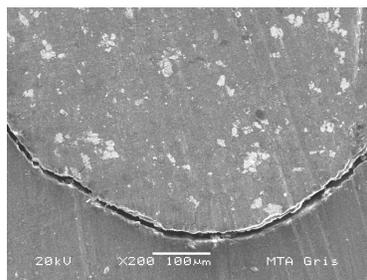


Fig. 77 Micrografía MTA Gris Ángelus a 200X C.

Micrografías de SEM representativas (200 X) de la interfase MTA Gris Ángelus-dentina.

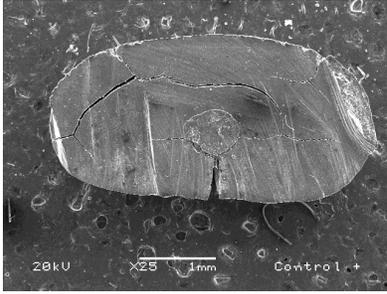


Fig.79 Micrografía control Positivo a 25X

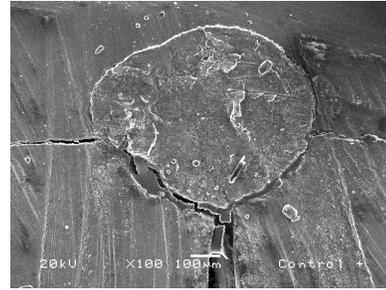


Fig.80 Micrografía control Positivo 100X

Las Figuras 79 y 80 correspondientes al control positivo (gutapercha) se observa interface y una fractura en el diente que se discutirá en detalle en las secciones de resultados y discusión.

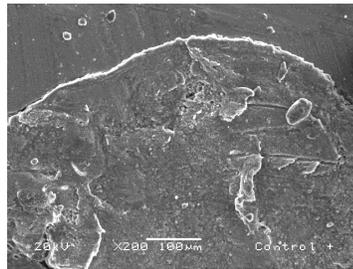


Fig. 81 Micrografía control Positivo a 200X A.

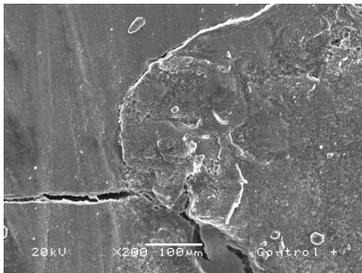


Fig.84 Micrografía control Positivo 200X D

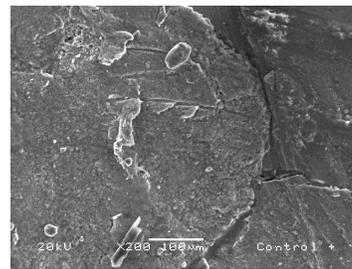


Fig.82 Micrografía control Positivo a 200X B

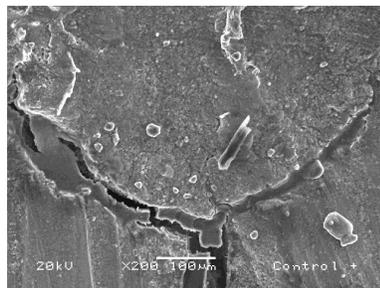


Fig. 83 Micrografía control Positivo a 200X C

Micrografías de SEM representativas (200X) de la interfaz sellador, gutapercha- dentina.

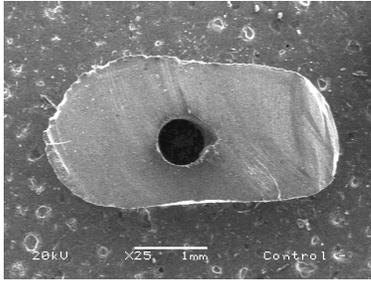


Fig.85 Micrografía control Negativo a 25X

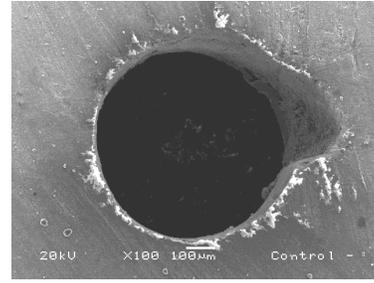


Fig.86 Micrografía control Negativo a 100X

En control negativo en la figura 9 se aprecia dos fisuras de la estructura dentaria a 25X.

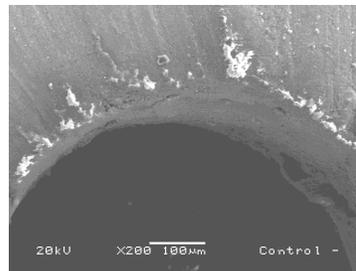


Fig. 87 Micrografía control Negativo a 200X A.

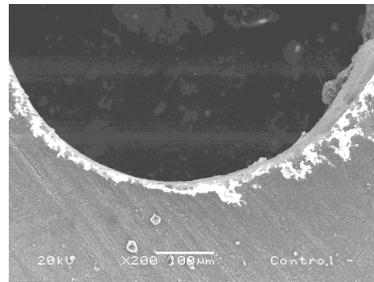


Fig. 88 Micrografía control Negativo a 200X C.

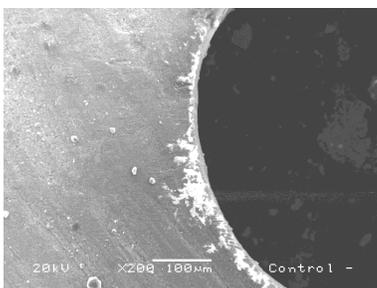


Fig.89 Micrografía control Negativo a 200X D

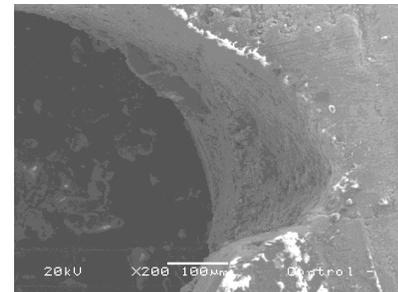


Fig. 90 Micrografía control Negativo a 200X B

Micrografías de SEM representativas (200X) de los 2 mm de la cavidad apical sin retrobturación.

Para **las muestras en corte sagital**, la superficie de cada muestra se dividió en cuatro partes (1,2,3,4) ejemplo Fig 31. En este subgrupo experimental se observaron 21 micrografías a 100X y 21 micrografías a 200X.

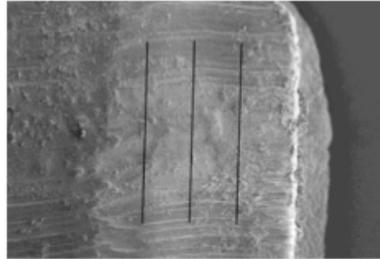


Fig. 91 Micrografía ejemplo de división en cuatro partes (1,2,3,4).

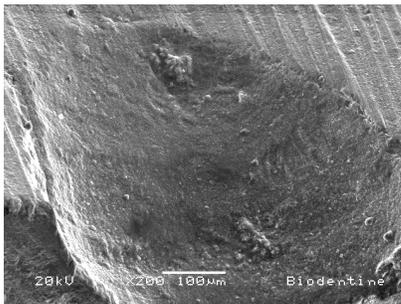


Fig.92 Micrografía Biodentine a 100X sagital.

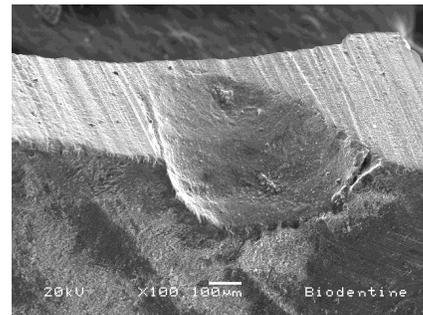


Fig. 93 Micrografía Biodentine a 200X sagital.

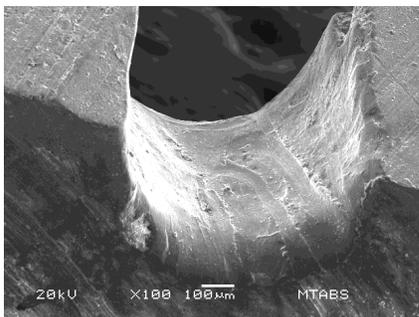


Fig. 94 Micrografía MTA Blanco a 100X sagital

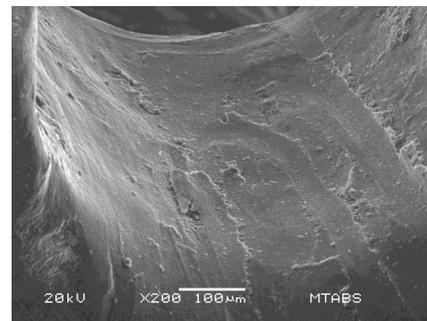


Fig. 95 Micrografía MTA Blanco a 200X sagital

Micrografías de SEM representativas (100X y 200X) de ausencia de interfase en corte sagital de Biodentine- dentina (fig. 92 y 93) y MTA Blanco Ángelus-dentina (fig.94 y 95).

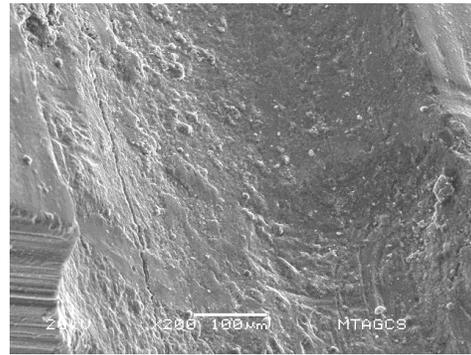
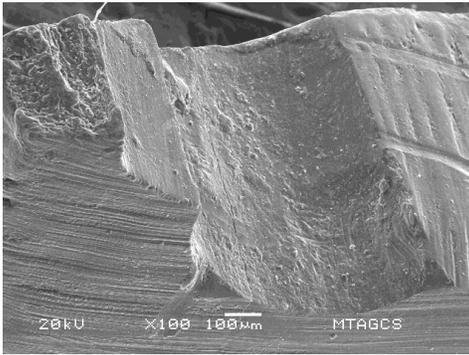


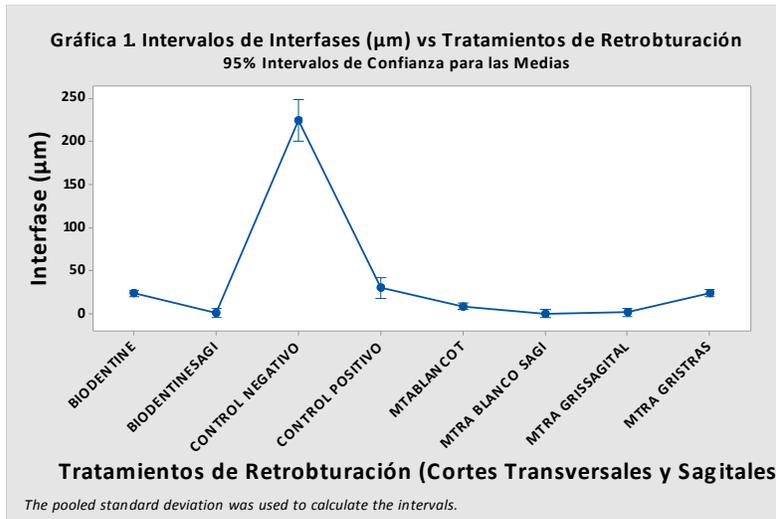
Fig. 96 Micrografía MTA Gris Ángelus a 100X sagital. Fig.97 Micrografía MTA Gris Ángelus a 200X sagital

Micrografías de SEM representativas (100X y 200X). Interfase en primera porción, corte sagital de MTA Gris Ángelus-dentina (fig. 97).

Análisis estadístico de la hoja de recolección de datos.

Se realizó un análisis de varianza de una sola dirección. Las muestras que fueron significativas al $p < 0.05$ se procedió a la comparación de medias entre los subgrupos con la prueba de Fisher (LSD) diferencia mínima significativa con $p < 0.05$. Previamente, se comprobó que los residuales (varianzas) presentaran una distribución normal para poder emplear el análisis de varianza. También se realizó la comparación de pares de medias de grupos diferentes con la prueba de T de student para los grupos tales como la presencia o ausencia de interfase de los subgrupos experimentales en corte transversal, corte sagital y grupos control positivo-negativo empleando el software Minitab 17

Se encontraron diferencias significativas entre las secciones transversales y sagitales de Biodentine y MTA Blanco Ángelus y MTA Gris (Grafica 1).



Grafica 1. Medias de las interfases determinadas en micras (μm) de la dentina y el cemento encontrada en dientes de corte transversal y corte sagital tratados con Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus, al igual que los grupos controles (positivo y negativo).

Cuadro 1. Agrupación de interfaces de materiales utilizando el método Fisher LSD y 95% de confianza

| Grupos | Corte | N | Media (μm) | Agrupamiento |
|-------------|-------------|-----|-------------------------|--------------|
| Control (-) | TRANSVERSAL | 4 | 255.0 | A |
| Control (+) | TRANSVERSAL | 16 | 30.1 | B |
| MTA Gris | TRANSVERSAL | 144 | 24.2 | B |
| Biodentine | TRANSVERSAL | 160 | 23.9 | B |
| MTA Blanco | TRANSVERSAL | 160 | 8.9 | C |
| MTA Gris | SAGITAL | 96 | 1.7 | D |
| Biodentine | SAGITAL | 96 | 1.2 | D |
| MTA Blanco | SAGITAL | 96 | 0.3 | D |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, $p < 0.05$.

En el Cuadro 1 se muestra los valores promedio de las interfases donde el valor del control positivo presenta una interfase de 30.1 μm ., mientras que con el MTA Blanco Ángelus corte transversal se reduce a 8.9 μm y en el corte sagital 0.3 μm . Nota: El número total de muestras para el subgrupo MTA Gris Ángelus corte transversal fue menor (N:144) ya que la muestra núm 10 se perdió durante el procedimiento del análisis en el microscopio electrónico de barrido. El control negativo distancia del radio de la cavidad preparada.

Cuadro II. Prueba de T-Student para la comparación de dos medias.

| Fisher Individual Tests for Differences of Means | | | | | | |
|--|---------------------|------------------|-------------------------|--------------|------------------|--|
| Difference of Levels | Difference of Means | SE of Difference | 95% CI | T-Value | Adjusted P-Value | |
| BIODENTINESA - BIODENTINE | -22.73 | 3.21 | (-29.03, -16.43) | -7.09 | 0.000 | |
| CONTROL NEGA - BIODENTINE | 201.1 | 12.6 | (176.5, 225.8) | 16.01 | 0.000 | |
| CONTROL POSI - BIODENTINE | 6.27 | 6.51 | (-6.51, 19.05) | 0.96 | 0.336 | |
| MTABLANCOT - BIODENTINE | -15.03 | 2.78 | (-20.48, -9.57) | -5.41 | 0.000 | |
| MTRA BLANCO - BIODENTINE | -23.56 | 3.21 | (-29.85, -17.26) | -7.34 | 0.000 | |
| MTRA GRISSAG - BIODENTINE | -22.15 | 3.21 | (-28.45, -15.85) | -6.91 | 0.000 | |
| MTRA GRISTRA - BIODENTINE | 0.33 | 2.86 | (-5.27, 5.93) | 0.12 | 0.908 | |
| CONTROL NEGA - BIODENTINESA | 223.8 | 12.7 | (199.0, 248.7) | 17.67 | 0.000 | |
| CONTROL POSI - BIODENTINESA | 29.00 | 6.70 | (15.85, 42.16) | 4.33 | 0.000 | |
| MTABLANCOT - BIODENTINESA | 7.70 | 3.20 | (1.41, 13.99) | 2.40 | 0.016 | |
| MTRA BLANCO - BIODENTINESA | -0.83 | 3.58 | (-7.86, 6.21) | -0.23 | 0.817 | |
| MTRA GRISSAG - BIODENTINESA | 0.58 | 3.58 | (-6.45, 7.61) | 0.16 | 0.871 | |
| MTRA GRISTRA - BIODENTINESA | 23.06 | 3.27 | (16.64, 29.48) | 7.05 | 0.000 | |
| CONTROL POSI - CONTROL NEGA | -194.8 | 13.9 | (-222.1, -167.6) | -14.04 | 0.000 | |
| MTABLANCOT - CONTROL NEGA | -216.1 | 12.6 | (-240.8, -191.5) | -17.20 | 0.000 | |
| MTRA BLANCO - CONTROL NEGA | -224.7 | 12.7 | (-249.5, -199.8) | -17.74 | 0.000 | |
| MTRA GRISSAG - CONTROL NEGA | -223.3 | 12.7 | (-248.1, -198.4) | -17.63 | 0.000 | |
| MTRA GRISTRA - CONTROL NEGA | -200.8 | 12.6 | (-225.5, -176.1) | -15.96 | 0.000 | |
| MTABLANCOT - CONTROL POSI | -21.30 | 6.51 | (-34.08, -8.53) | -3.27 | 0.001 | |
| MTRA BLANCO - CONTROL POSI | -29.83 | 6.70 | (-42.99, -16.67) | -4.45 | 0.000 | |
| MTRA GRISSAG - CONTROL POSI | -28.42 | 6.70 | (-41.58, -15.27) | -4.24 | 0.000 | |
| MTRA GRISTRA - CONTROL POSI | -5.94 | 6.54 | (-18.78, 6.90) | -0.91 | 0.364 | |
| MTRA BLANCO - MTABLANCOT | -8.53 | 3.20 | (-14.82, -2.24) | -2.66 | 0.008 | |
| MTRA GRISSAG - MTABLANCOT | -7.12 | 3.20 | (-13.41, -0.83) | -2.22 | 0.027 | |
| MTRA GRISTRA - MTABLANCOT | 15.36 | 2.85 | (9.76, 20.95) | 5.39 | 0.000 | |
| MTRA GRISSAG - MTRA BLANCO | 1.41 | 3.58 | (-5.62, 8.44) | 0.39 | 0.695 | |
| MTRA GRISTRA - MTRA BLANCO | 23.89 | 3.27 | (17.47, 30.31) | 7.30 | 0.000 | |
| MTRA GRISTRA - MTRA GRISSAG | 22.48 | 3.27 | (16.06, 28.90) | 6.87 | 0.000 | |

Simultaneous confidence level = 49.29%

Se realizó la comparación de medias con la prueba de T de student para la presencia de interfase entre pares de los grupos experimentales en corte transversal, corte sagital y grupos control positivo-negativo.

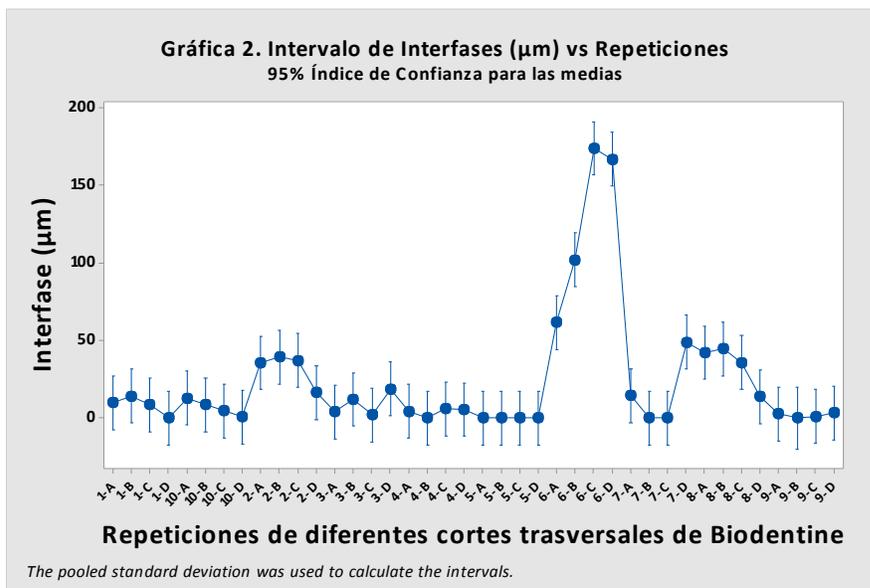
Para el MTA Blanco Ángelus y Control positivo tanto en corte transversal como sagital existe diferencia estadísticamente significativa $p < 0.001$ y $p < 0.000$.

Biodentine corte transversal y Control positivo no presentó diferencias significativas $p < 0.336$, contrario al resultado del corte sagital donde si existe diferencia estadísticamente significativa $p < 0.000$.

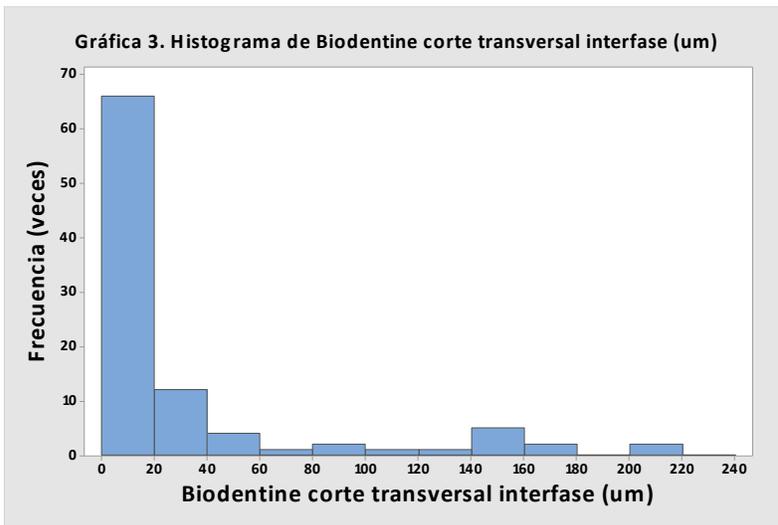
También existe diferencia significativa entre el corte transversal y corte sagital de Biodentine $p < 0.000$.

Entre MTA Gris Ángelus corte transversal y Control positivo no hubo diferencia estadísticamente significativas $p < 0.364$. Mientras tanto el MTA Gris corte sagital y control positivo se encontró diferencias estadísticamente significativas $p < 0.000$.

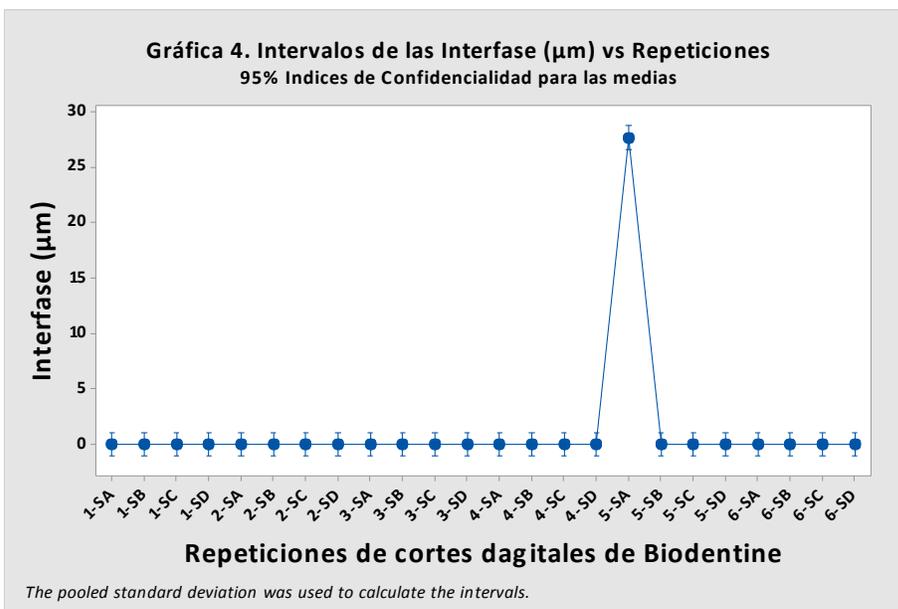
BIODENTINE TRANSVERSAL



Grafica 2. Medias de las interfases encontradas en dientes de corte transversal tratados con Biodentine. Se observa algunas muestras con mayor interfases ya que presentaron fractura dental.

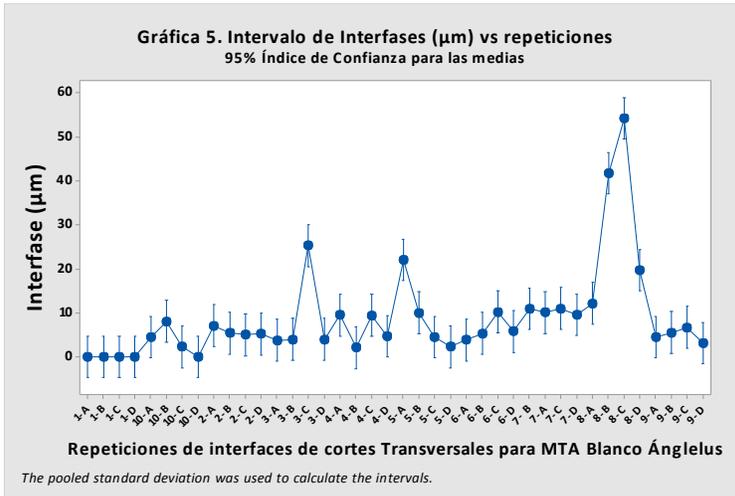


Gráfica 3. Histograma de frecuencias con que aparecen las diferentes interfaces con un rango amplio que va de 0 a 220 micras. La interface de Biodentine corte transversal con cero a 20 micras aparece 65 %. La Interface de 20 a 40 μm con el 10% y 40-60 μm con casi 5 porciento; otras interfaces más grandes con menores frecuencias de aparición.

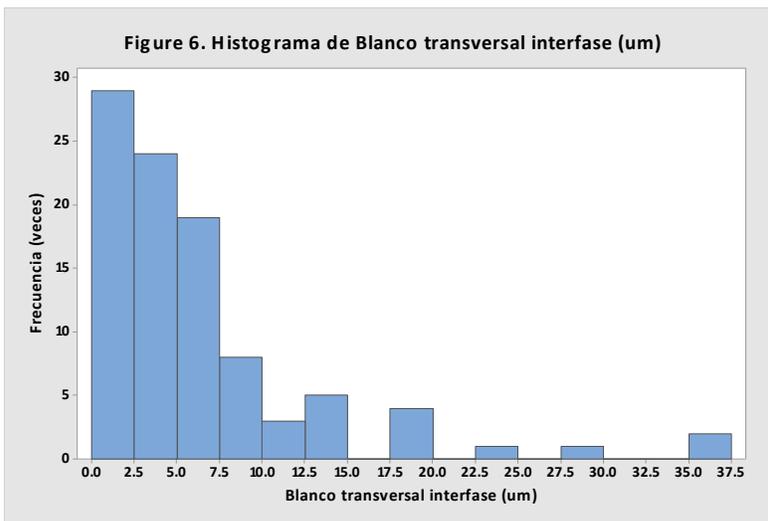


Gráfica 4. Medias de las interfases encontradas en dientes de corte sagital tratados con Biodentine. Se aprecia solo una muestra con mayor interfase (5-A) a causa de la fractura dental sagital por lo que también afectó la lectura transversal. Lo que muestra que solo algunas muestras de dientes afectaron la interfase.

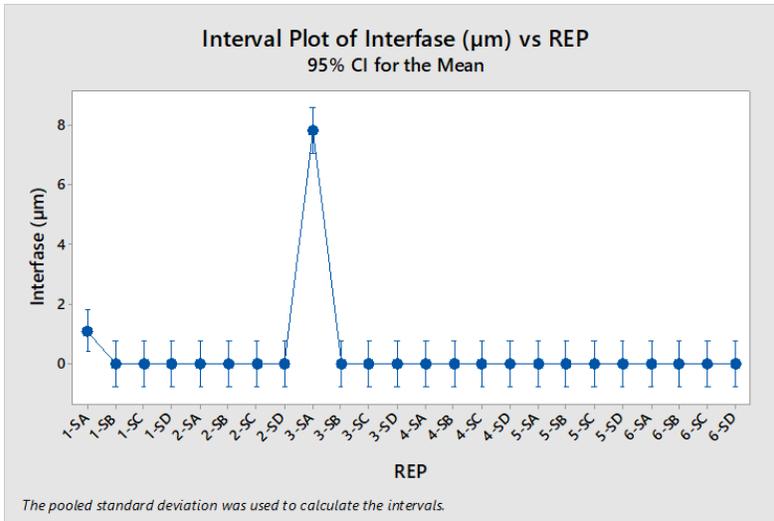
MTA BLANCO CORTE TRANSVERSAL



Gráfica 5. Medias de la interface encontrada en dientes de corte transversal tratados con MTA Blanco Ángelus. Medias significativamente diferentes, la interfase fué pequeña en la muestra núm 1, de acuerdo a las observaciones. La mayor interface se observó cuando el fragmento dental presentó fractura .

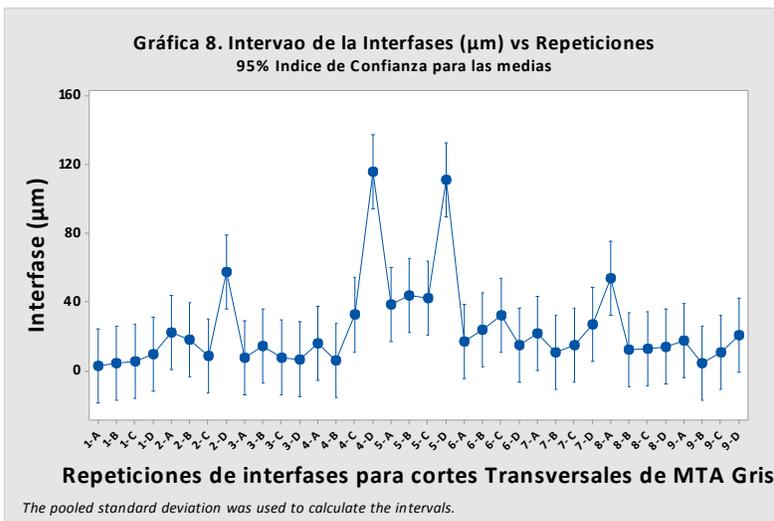


Grafica 6. Histograma de frecuencias con que aparecen las diferentes interfaces con un rango estrecho de 0 a 37.5 μm . Las interfaces de cero μm 27% y 2.5 a 5 μm aparecen 24%. La Interface de 5 a 7.5 micras con 17%. Lo que muestra el buen desempeño de sellado de MTA Blanco Ángelus.

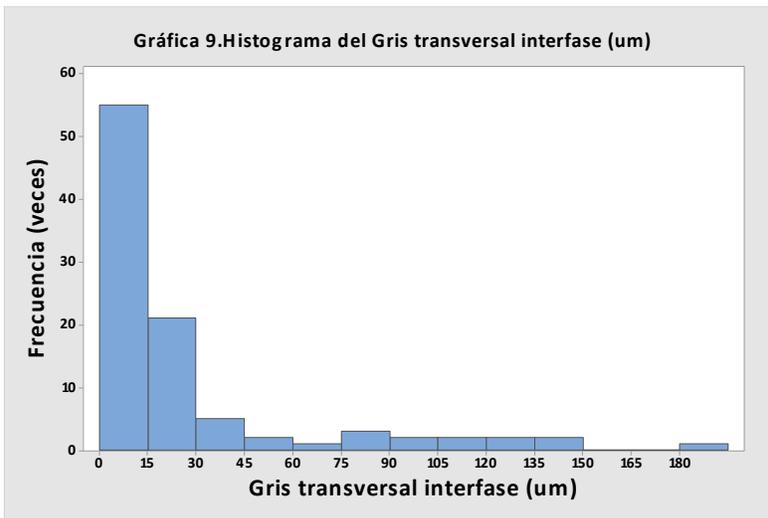


Gráfica 7. Medias de la interface encontrada en dientes de corte sagital tratados con MTA Blanco Ángelus. Se aprecia que la mayoría de las muestras presentan poca o ausencia de interfase, solo una muestra presento mayor interfase por la fractura dental.

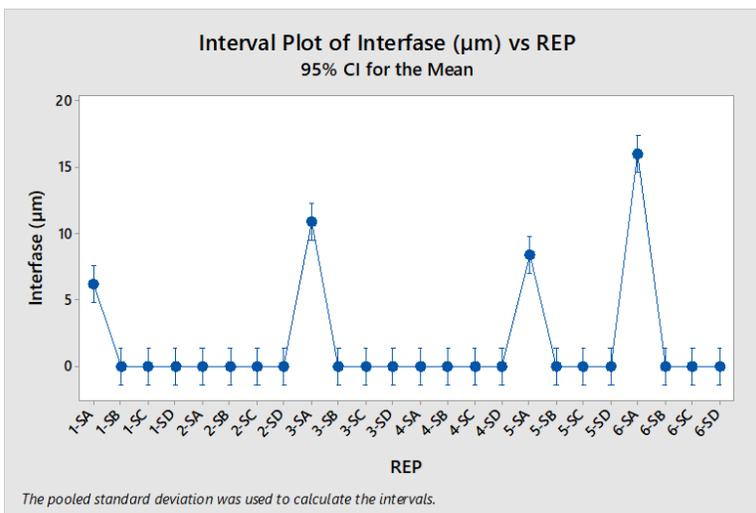
MTA GRIS CORTE TRANSVERSAL



Gráfica 8. Medias de la interface encontrada en dientes de corte transversal tratados con MTA Gris Ángelus. Las muestras sufrieron mayor interfase por fractura dental en corte transversal.

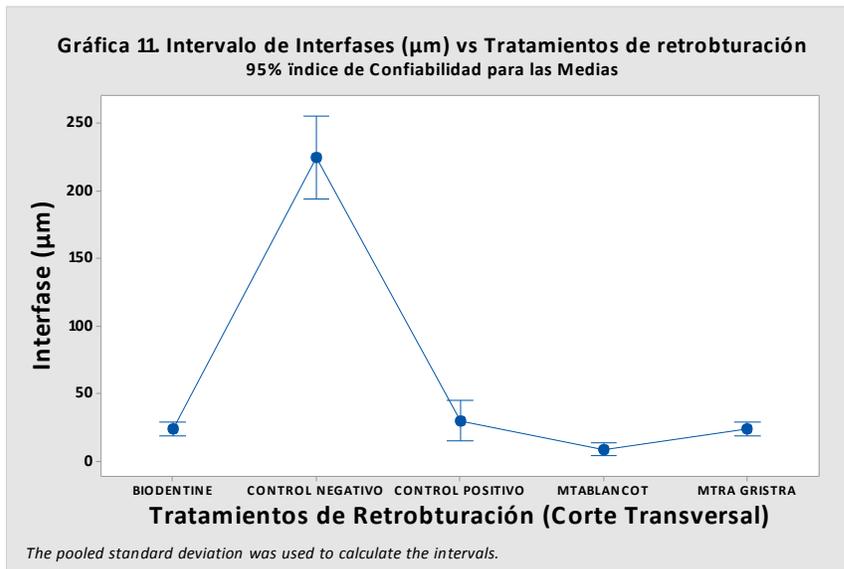


Grafica 9. Histograma de frecuencias con que aparecen las diferentes interfaces con un rango de 0 a 200 μm . Las interfaces de cero a 15 micras aparecen 55 % y de 15 a 30 μm 20%. La Interface de 75 y 120 micras con casi el 4% cada interfase. Otras interfases mayores aparecen 2%. Lo que indica un desempeño regular del MTA Gris Ángelus.



Gráfica 10. Medias de la interfase encontrada en dientes de corte sagital tratados con MTA Gris Ángelus. En este corte sagital se aprecia que también se presenta mayor interfase en las mismas muestras que en corte transversal debido a la fractura dental.

Corte TRANSVERSAL de subgrupos



Gráfica 11. Presenta las ausencias y presencias de interfase en corte transversal de los subgrupos experimentales y grupos Controles. El control negativo obtuvo la mayor distancia en μm .

Cuadro III. Medias de interface de MTA BLANCO Ángelus.

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

| TRTAMIENTO | N | Mean μm) | Grouping |
|------------------------|-----|----------------------|----------|
| CONTROL NEGATIVO | 4 | 225.0 | A |
| CONTROL POSITIVO | 16 | 30.16 | B |
| MTRA GRIS Transversal | 144 | 24.21 | B |
| BIODENTINE Transversal | 160 | 23.88 | B |
| MTABLANCO Transversal | 160 | 8.9 | C |

Means that do not share a letter are significantly different.

Cuadro III. El MTA BLANCO Ángelus presentó la menor interfase 8.9 (μm) en corte transversal .

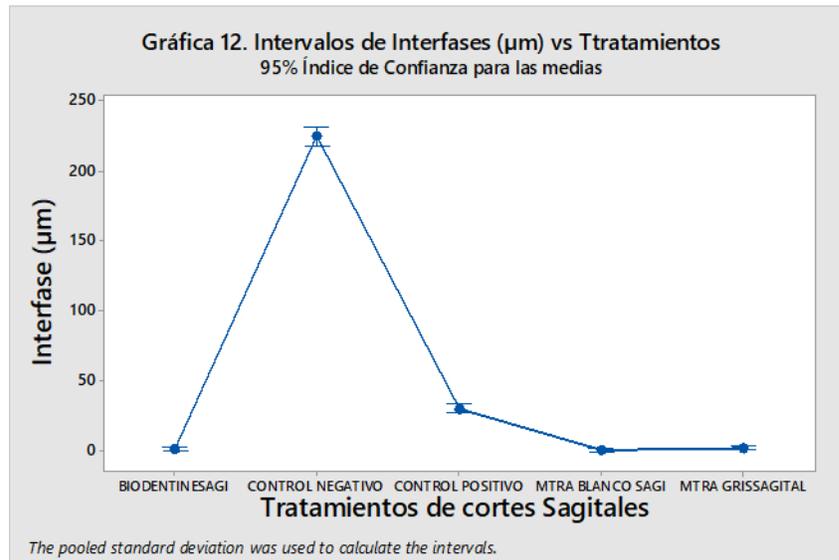
Prueba de T-Student para la comparación de dos medias.

| Difference of Levels | Difference of Means | SE of Difference | 95% CI | T-Value | Adjusted P-Value |
|------------------------------------|---------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------|
| CONTROL NEGA - BIODENTINE | 201.1 | 15.8 | (170.1, 232.1) | 12.74 | 0.000 |
| CONTROL POSI - BIODENTINE | 6.27 | 8.18 | (-9.80, 22.34) | 0.77 | 0.444 |
| MTABLANCOT - BIODENTINE | -15.03 | 3.49 | (-21.89, -8.17) | -4.30 | 0.000 |
| MTRA GRISTRA - BIODENTINE | 0.33 | 3.59 | (-6.72, 7.38) | 0.09 | 0.927 |
| CONTROL POSI - CONTROL NEGA | -194.8 | 17.4 | (-229.1, -160.6) | -11.18 | 0.000 |
| MTABLANCOT - CONTROL NEGA | -216.1 | 15.8 | (-247.2, -185.1) | -13.69 | 0.000 |
| MTRA GRISTRA - CONTROL NEGA | -200.8 | 15.8 | (-231.8, -169.7) | -12.70 | 0.000 |
| MTABLANCOT - CONTROL POSI | -21.30 | 8.18 | (-37.37, -5.23) | -2.60 | 0.009 |
| MTRA GRISTRA - CONTROL POSI | -5.94 | 8.22 | (-22.09, 10.21) | -0.72 | 0.470 |
| MTRA GRISTRA - MTABLANCOT | 15.36 | 3.58 | (8.32, 22.40) | 4.29 | 0.000 |

Simultaneous confidence level = 71.67%

Cuadro IV. En corte transversal Biodentine - Control positivo no presentan diferencia estadística $p < 0.444$, al igual que el MTA Gris Ángelus – Control positivo $p < 0.470$, en cambio para MTA Blanco Ángelus – Control positivo si existe diferencia significativa $p < 0.009$

SAGITAL



Gráfica 12. Presencia y ausencia de interfase en corte sagital de los subgrupos experimentales y controles.

| Fisher Pairwise Comparisons | | | |
|---|----|-------|----------|
| Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence | | | |
| TRT | N | Mean | Grouping |
| MTRA GRISSAGITAL | 96 | 1.733 | A |
| BIODENTINESAGI | 96 | 1.153 | A B |
| MTRA BLANCO SAGI | 96 | 0.326 | B |
| Means that do not share a letter are significantly different. | | | |

Cuadro V. Se aprecia que el MTA Blanco Ángelus presentó la menor interfase 0.3 µm en corte sagital

| Prueba de T-Student para la comparación de dos medias. | | | | | | |
|---|---------------------|------------------|-----------------|---------|------------------|--|
| Difference of Levels | Difference of Means | SE of Difference | 95% CI | T-Value | Adjusted P-Value | |
| MTRA BLANCO - BIODENTINESA | -0.827 | 0.609 | (-2.026, 0.372) | -1.36 | 0.176 | |
| MTRA GRISSAG - BIODENTINESA | 0.580 | 0.609 | (-0.619, 1.779) | 0.95 | 0.342 | |
| MTRA GRISSAG - MTRA BLANCO | 1.407 | 0.609 | (0.208, 2.606) | 2.31 | 0.022 | |
| Simultaneous confidence level = 87.99% | | | | | | |

Cuadro VI Entre el MTA Gris Ángelus corte sagital y MTA Blanco Ángelus corte sagital existe diferencia significativa p: 0.022

DISCUSIÓN

En esta investigación se acepta la hipótesis nula; no siempre existe presencia de interfase de la dentina con el Biodentine, el MTA Blanco Ángelus y el MTA Gris Ángelus en retrobturación ya que se obtuvo un mínimo de 0 μm para los tres cementos de silicato tricálcico. Los subgrupos de MTA Blanco Ángelus mostraron resultados excelentes presentando una menor cantidad de interfase entre las paredes de la dentina lo que se considera muy favorable. En el corte transversal obtuvo 8.9 μm de interfaz en el corte sagital presento 0.3 μm .

Shahi et al. (2011) comparan el MTA Blanco (Dentsply n:10) y MTA Gris (Dentsply n:10) en cortes transversales con fresa de fisura, y reportaron interfase entre estos cementos y las paredes de la dentina de 9.44 μm para MTA Gris y 9.50 μm para el MTA Blanco con un mínimo de 0 μm para ambos. Se obtuvo resultados similares es esta investigación con el MTA Blanco Ángelus corte transversal de 8.9 μm , con un mínimo de 0 μm , pero difiere con los resultados de este estudio ya que el MTA Gris Ángelus corte transversal obtuvo 24.21 μm . En la comparación de medias entre el MTA Gris Ángelus corte transversal con el MTA Blanco Ángelus corte transversal se encuentra diferencia significativa $p:0.000$

En el estudio de Aline Tempel Costa (2009), todos los materiales probados incluido MTA Blanco (n:10) mostraron cierto grado de formación de espacios, los resultados del MTA Blanco (Ángelus, Londrina, PR, Brazil) en corte transversal (con disco de diamante de baja velocidad) presento 35.11 μm a 1mm y 33.20 a 2 mm del ápice radicular. Por lo que difiere de los resultados de este estudio (8.9 μm en corte transversal).

En este estudio los subgrupos de Biodentine presentaron una interfase de 23.9 μm en corte transversal y 1.2 μm en corte sagital. Lo que difiere de la investigación de Bolhari Behnam et al. (2015) que reportaron resultados de Biodentine de 0.58 μm - 1.73 μm en corte transversal.

Soundappan S. et al., (2013) comparan la interfase de Biodentine (n:10) y MTA Gris (Dentsply n:10). Las secciones apicales las realizan con microtomo de tejido duro, Biodentine a 1 mm en corte transversal obtuvo $1.345 \pm 0.717 \mu\text{m}$; a los 2mm de la sección fue $1.489 \pm 0.45 \mu\text{m}$, resultando la mayor interfase para Biodentine comparada con MTA Pro-root Gris., el cual presento a 1mm $0.847 \pm 0.298 \mu\text{m}$, a los 2 mm de sección $0.738 \pm 0.466 \mu\text{m}$. Por lo tanto, este estudio difiere con mayores cantidades de interfase en corte transversal, Biodentine ($23.9 \mu\text{m}$) y MTA Gris Ángelus ($24.2 \mu\text{m}$). En la comparación de medias de esta investigación el MTA Gris Ángelus corte transversal y Biodentine corte transversal no presentan diferencia estadística significativa. p: 0.908

Ghorbanzadeh A. et al (2014) para evaluar la interfase realizan el corte longitudinal con fresa de diamante para exponer completamente gutapercha – materiales de obturación. Pro-root MTA Blanco (n:12) en corte transversal con fresa de diamante; a una semana (n:12) presento $1.14 (\pm 1.35) \mu\text{m}$, máxima $16.81 \mu\text{m}$, mínima $0.00 \mu\text{m}$ y corte longitudinal $0.83 (\pm 0.97)$ máxima $12.00 \mu\text{m}$, mínima $0.00 \mu\text{m}$; a los 2 meses (n:12) en corte transversal $0.20 (\pm 0.40)$ máxima $10.25 \mu\text{m}$, mínima $0.00 \mu\text{m}$ y en corte longitudinal $0.63 (\pm 1.11)$ máxima $16.60 \mu\text{m}$, mínima $0.00 \mu\text{m}$. Los resultados de esta investigación difieren al de Abdollah ya que la mayor interfase fue de $24.2 \mu\text{m}$ si se obtuvo $0 \mu\text{m}$ a los 55 días en ambos cortes (transversal y sagital).

En esta investigación los subgrupos de MTA Gris Ángelus se obtuvo $24.2 \mu\text{m}$ en el corte transversal, y en corte sagital $1.7 \mu\text{m}$.

En su estudio Torabinejad (1995) el MTA Gris (Universidad de Loma Linda, Loma Linda CA n: 6 fresa/ n:6 ultrasonido en retropreparación) tuvo $2.68 \pm 1.35 \mu\text{m}$ en corte longitudinal (fresa de diamante de baja velocidad), con la menor interfase; en nuestro estudio el MTA Gris Ángelus obtuvo resultado similar en corte sagital/ longitudinal $1.7 \mu\text{m}$.

En el estudio de Braga Cristina et al. (2005) los resultados del MTA Gris Ángelus (n:10) no coinciden con el presente estudio ya que la autora presento $0.812 \pm 0.550 \mu\text{m}$ a 1mm (porción a) y $1.051 \pm 1.346 \mu\text{m}$ a los 2 mm μm (porción b) en corte transversal con disco de diamante de baja velocidad.

En este estudio el MTA Gris Ángelus mostro mayor cantidad de fracturas que afectaron la interfase; se desconoce la causa de estas, ya que se realizo la instrumentación y obturaciones de los conductos de la misma manera por el mismo operador. Así mismo las retropreparaciones y retrobturaciones de todos los grupos experimentales se utilizo la misma metodología de preparación.

Shokouhinejad et al; (2014). Se ha dicho que los resultados de los estudios de interfase podrían verse afectados por la sección radicular. Un material puede mostrar una buena adaptación a las paredes de la cavidad en un plano, pero no en todo el espécimen.

El corte de muestras realizado por Abdal - Retief (1982) y en el estudio de Torabinejad (1995) confirma que el corte longitudinal de los dientes retrobturados tiene el potencial de crear fractura, mayor interfase entre el material de obturación y la dentina.

Esto no es consistente con esta investigación, ya que la mayor cantidad de fisuras observadas fue en el corte transversal. Se puede apreciar estas fisuras de la estructura dentaria (sin afectar aparentemente la obturación de los cementos de silicato de calcio) en las fotografías tomadas a las muestras de los subgrupos montadas en los portamuestras antes de introducirse a la evaporadora.

En este estudio se obtuvieron varias micrografías donde se apreciaba mayor interfase entre las paredes de la dentina y los cementos de silicato de calcio. Independientemente del instrumento de corte utilizado para obtener las muestras se aprecia interfase; coincidimos con los resultados de Soundappan et al., (2014) y Russell et al., (2017) donde realizaron el corte transversal con micrótomo de tejido duro.

Otros factores a considerar son las características histológicas peculiares de la dentina radicular como la densidad (resistencia a la deformación) y orientación de los túbulos dentinarios, si la fuerza que se aplica es paralela al eje axial de los túbulos se producen fuerzas de cizalla, por el contrario, si las fuerzas se aplican perpendicular a la orientación de los túbulos, las fuerzas generadas son de tensión. (Fuentes 2004).

La elasticidad propia de la dentina tiene gran importancia funcional amortiguando los impactos masticatorios. La elasticidad dentinaria varía de acuerdo al porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contiene. (Fuentes 2004).

En este estudio cuando se realizaron los cortes transversales de los subgrupos se observa que algunas muestras de los 2mm apicales presentan diferentes tonos de dentina, también en las fotografías tomadas a las muestras montadas sobre el portamuestras antes de ser introducidas a la evaporadora, se aprecia esta diferencia de tonos de dentina radicular; lo cual me llevo a investigar sobre esto. Russell et al. (2017) observó que algunos dientes exhiben un fenómeno óptico conocido como Efecto Mariposa. Esto produce una forma de mariposa característica en secciones transversales de las raíces causadas por los diferentes tonos de dentina. Los dientes con este efecto podrían ser más propensos a desarrollar grietas y fracturas en dirección bucolingual. Factor que no se investigo en este estudio no todas las muestras con Efecto Mariposa se fracturaron.

El microscopio electrónico de barrido se ha utilizado para determinar la adaptación marginal de varios materiales de obturación a las estructuras dentales circundantes. Los microscopios se desarrollaron debido a la alta magnetización y buena resolución, imposible con microscopios ópticos. El examen en el microscopio electrónico de barrido de la interfaz del diente y del cemento de retrobturación tiene varias deficiencias: es un fenómeno de superficie y puede no representar la adaptación de dos superficies en tres dimensiones. La preparación convencional de muestras biológicas antes de la observación en el microscopio electrónico es muy importante y puede estar asociada con la introducción de muchos artefactos.

La evaporación a alto vacío puede causar fracturas en muestras de tejido duro y separación del material de obturación del diente circundante. Además, puede haber expansión o contracción del diente y/o material de retrobturación por lo que se debe documentar a detalle. (Torabinejad, 1995).

.....

Coincidimos con los artículos de Torabinejad, (1995), Caicedo (2005), Tempel Costa (2009) Ghorbanzadeh (2014) y Shokouhinejad (2014) ya que tuvimos un efecto similar en tres muestras montadas sobre los portamuestras cilíndricos antes de ser introducidos a la evaporadora de metal, en las cuales se aprecia visualmente la ausencia de fractura dentaria. Posteriormente cuando estas muestras apicales se extraen de la Evaporadora de Metal donde se recubren con oro en plasma, visualmente se observa fracturas en la estructura dentaria lo que indica que se deben estudiar este efecto para obtener resultados objetivos.

La evaporación térmica es la vaporización de un material por calentamiento a una temperatura tal que la presión de vapor se vuelve apreciable y los átomos o moléculas se pierden de la superficie en el vacío. Mattox M. Donald (2010) ha definido arbitrariamente 10^{-4} torr como la presión de vapor de equilibrio por encima de la cual la vaporización de superficie libre es suficiente para permitir que se produzca la deposición (bombardeo de iones o átomos e impacto de alta energía sobre las muestras) en la cámara de vacío a una velocidad razonable. Si el material es sólido a esa temperatura, se dice que el material se sublima (ej. Cr, Mg) y, se dice que si es fundido se evapora, (ej Al, Pb, Sn, Mo, W). Algunos materiales tienen una presión de vapor tal que pueden sublimarse o evaporarse a temperaturas cercanas a su punto de fusión. (ej. Ti). Algunos materiales compuestos son sublimes y otros se evaporan.

El MTA no es un material inerte en un entorno oral simulado, es bioactivo, parece unirse químicamente a la dentina cuando se coloca contra ella, posiblemente a través de una reacción controlada por difusión entre su superficie apatítica del MTA y la dentina (Sarkar y Caicedo 2005).

Esto podría ser el resultado de una formación temprana de depósitos minerales en la interfaz y puede dar una prueba directa de la calidad de la interconexión entre el material y los tejidos dentinarios. Por lo que coincidimos con estos autores, ya que en Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus; en algunas porciones de las micrográficas en corte transversal y sagital se observa un íntimo contacto, no existen espacios por lo que no siempre hay interfase.

Limitaciones en este estudio fue el fragmento de los 2mm y 3mm apicales de este estudio presentó una serie de inconvenientes. Consiste en la dificultad de agarre para poder realizar el corte al pasar el disco de diamante, como la porción es pequeña no se consigue una estabilidad en sujetar el fragmento y no lastimar los dedos. Se requiere colocar protección alrededor de la zona de trabajo cuando se realiza la sección para evitar que este fragmento se pierda.

Esta consecuencia clínica debe de conocerse y tener en cuenta para encontrar un instrumento de bajo costo que facilite la sujeción y corte a los 2 mm y 3mm del borde apical. Así como un instrumento de corte que no dañe la estructura dentaria y el material de estudio.

Se requieren de nuevas investigaciones en viscoelasticidad de la dentina radicular y de los tres cementos de silicato tricálcico en corte transversal y sagital para relacionar el comportamiento de la interfase y las fracturas.

Así como un estudio en donde las muestras se pueden apreciar al Microscopio Electrónico de Barrido sin la necesidad de introducirlos a la evaporadora y/o observarlas al microscopio óptico.

.....

CONCLUSIONES.

Se identifico y comparo la presencia y ausencia de interfase de la dentina con el Biodentine, MTA Blanco Ángelus y MTA Gris Ángelus en la retrobturación en corte transversal y sagital. Existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos experimentales en ambos cortes y grupos controles.

| Subgrupos | Valor p |
|----------------------------|---------|
| MTA BLANCOT - BIODENTINE | 0.000 |
| MTA BLANCO - BIODENTINE | 0.000 |
| MTA BLANCOT - BIODENTINESA | 0.016 |
| MTA BLANCOT - CONTROL NEGA | 0.000 |
| MTA BLANCO - CONTROL NEGA | 0.000 |
| MTA BLANCOT - CONTROL POSI | 0.001 |
| MTA BLANCO - CONTROL POSI | 0.000 |

| Subgrupos | Valor p |
|--------------------------|---------|
| MTA BLANCO - MTABLANCOT | 0.008 |
| MTA GRISSAG - MTABLANCOT | 0.027 |
| MTA GRISTRA - MTABLANCOT | 0.000 |
| MTA GRISTRA - MTA BLANCO | 0.000 |
| MTA GRISSAG - MTA BLANCO | 0.022 |

No existe diferencia estadísticamente significativa al comparar MTA blanco sagital - Biodentine sagital $p < 0.176$ y MTA Gris sagital – Biodentine sagital $p < 0.342$

BIBLIOGRAFIA

1. Bun San Chong. Thomas R Pitt Ford. Root-end filling materials: rationale and tissue response. Endodontic Topic 2005, 11:114-130
2. De Deus G. Camilleri J. Primus C M. Hungaro Duarte M A. And Monteiro Bramante C. Mineral Trioxide Aggregate in Dentistry. DOI 10.1007/978-3-642-55157-4_ 1, Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014 pag.1
Witte. The filling of a root canal with Portland cement. German Quarterly for Dentistry; Journal of the Central Association of German Dentists. 1878;18:153-4.
[Das Füllen der wurzelkanäle mit Portland cement]. Deutsche vierteljahrsschrift für zahnheilkunde. Ed. Dr. Robert Baume. Arthur Feliz Publisher. 1878;18:153-4
3. Camilleri J. Mineral trioxide aggregate: present and future developments. Endodontic Topics. 2015, 32:31-46
4. Camilleri J. Evaluation of the physical properties of an endodontic Portland cement incorporating alternative radiopacifiers used as root-end filling material. International Endodontic Journal. 2010, 43:231-240
5. Watson T F. Atmeh A R. [Sajini S](#); [Cook RJ](#); [Festy F](#).. Present and future of glass- ionomers and calcium- silicate cements as bioactive materials in dentistry: Biophotonics- based interfacial analyses in health and disease. Academy of Dental Materials. 2013. Publisher by Elsevier. 50-61
6. Dammaschke T. Biodentine – an Overview. Septodont, Saint- Maur- des- Fossés, France). Pag. 4-9

7. Dammaschke T. Root- End Filling with a New Bioactive Cement. *Inside Dentistry*, 2012, 8(3):86-88
8. Bronnec F. Biodentine. A dentin substitute for the repair of root perforations, apexification and retrograde root filling. *Operative Dentistry & Endodontics*, Paris France. 1-6
9. Favieri A. Et al. Use of Biomaterials in Periradicular Surgery: A case report. *Journal Endodontic* 2008, 34:490-494
10. Shahi S. Et al. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) and Portland cement as root-end filling materials: A scanning electron microscopy (SEM) study. *African Journal of Biotechnology*. 2011, 10(71);16084-16088.
DOI: 10.5897/AJB11.1860
11. Kim S, Kratchman S. Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: a Review. *J Endod*. 2006, 32(7):601-623
12. Stropko J. John. Doyon E Glen. Gutmann L James. Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. *Endodontic Topics* 2005,11:131-151
13. Yilmaz H. G. Use of mineral trioxide aggregate in the treatment of invasive cervical resorption: a case report. *Journal of endodontic* 2010, 36:160-163
14. Camilleri J. Pitt Ford T R. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J*. 2006, 39:747-54
15. Sarkar N.K, Caicedo R. et al. Physicochemical basic of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontic*. 2005, 31(2):97-100
16. Storm B., Frederick C. Eichmiller, F.C., Patricia A. Tordik, P.A., and Gary G. Goodell, G.G.. Setting expansion of gray and white mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J endodontic* 2008, 34:80-82

17. Malhotra N. Agarwal A., [Mala K.](#). Mineral trioxide aggregate: a review of physical properties. *Compendium [Contin Educ Dent.](#)* 2013, 34(2):E25-E32.
18. Borges A H. [Pedro FL](#)_, [Miranda CE](#)_, [Semenoff-Segundo A](#)_, [Pécora JD](#)_, [Filho AM](#)_ Comparative study of physico-chemical properties of MTA-based and Portland cements. *Acta Odontologica Latinoamericana* 2010, 23(3):175-181
19. Vanderweele R A, Schwartz S A, Beeson T J. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed different liquids. *J of Endodontics* 2006, 32:421-4
- 20 González-Lozada C., García Barbero E. Saralegui Calvo A. Estudio in vitro de la resistencia de la unión entre el agregado trióxido mineral y la dentina. Premio científico anual profesor Dr. Pedro Ruiz. 2006, 3(1):33-40
- 21.- Main C., Mirzayan N., Shabahan S., Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long – term study. *Journal of Endodontics* 2004, 30(2):80-83
22. Sirvent Encinas F. Baca Pérez-Bryan M., Rodríguez D., Diferentes tipos de MTA como materiales de obturación a retro. *Endodoncia.* 2010, 28(3):153-166
23. Vosough Hosseini S Loffi M, Shahi S., Ballo H., [Mesgariabbasi M](#), [Saghiri MA](#), [Zand V](#), [Rahimi S](#), [Ranjesh B](#). Influence of white versus gray mineral trioxide aggregate on inflammatory cells. *Journal of endodontics.* 2008; 34(6):715-717
24. Tanomaru Filho M. Caetano Laitano S., Gonçalves M., Guerreiro Tanomaru J.M. Evaluation of the radiopacity of root-end filling materials by digitization of radiographic images. *Brazil Journal Oral Science.* 2006, 5(17):1018-1021
25. Torabinejad M. [Hong CU](#), [Pitt Ford TR](#), [Kettering JD](#).TR. Et al. Antibacterial effects of some root end filling materials. *Journal of Endodontic* 1995, 21(8):403-406

26. Hernandez EP. Botero TM. [Mantellini MG](#), [McDonald NJ](#), [Nör JE](#). Effect of ProRoot MTA mixed with chlorhexidine on apoptosis and cell cycle of fibroblasts and macrophages in vitro. *Int endod J*. 2005, 38:137-143
27. Holt DM., [Watts JD.](#), [Beeson TJ.](#), [Kirkpatrick TC.](#), [Rutledge RE.](#) The anti-microbial effect against *Enteroroccus faecalis* and the compressive strength of two types of mineral trioxide aggregate mixed with sterile water or 2% chlorhexidine liquid. *J. Endod.* 2007, 33(7):844-847
28. Al -Nazhan S. Al- Judai A. Evaluation of antifungal activity of mineral trioxide aggregate J. *Endod* 2003, 29:826-7
29. Yasuda Y. Kamaguchi A. Saito T. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of a new resin-based endodontic sealer against endodontic pathogens. *J Oral Sci* 2008, 50:309-313
30. Almeida B M. Et al . In vitro evaluation of dentin marginal adaptation of three root-end filling materials inserted with and without surgical microscope. *Dental Press Endod.* 2012 Oct-Dec; 2(4): 20-5
31. Antonio- Antonio H. Juárez-Broon N. Capacidad selladora del Pro Root MTA, MTA Ángelus y Súper EBA en obturaciones retrógradas, empleando el sistema de filtración de fluidos (estudio in vitro). *Rev Sanidad Militar México.* Junio 2007; 61 (4): 244-250
32. Gandolfi MG [Siboni F](#), [Primus CM](#), [Prati C](#). Ion release, porosity, solubility and bioactivity of MTA Plus tricalcium silicate. *J Endod* 2014, 40:1632-1637
33. Berástegui Jimeno EM. Actualización sobre el ProRoot – MTA en el año 2002. *Endoconcia*, 2003, 21(1): 37-49
34. Caron G, Azérad J, [Faure MO](#), [Machtou P](#), [Boucher Y](#). Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: two case reports. *International Journal of Oral Science* 2014, 6(4):250-253

35. Kaup M, Schäfer E and Dammaschke T. An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. Kaup et al. Head & Face Medicine 2015, 11:18 doi: 10.1186/s13005-015-0074-9.
36. Zhou H. [Shen Y](#), [Wang ZJ](#), [Li L](#), [Zheng YF](#), [Häkkinen L](#), [Haapasalo M](#). In vitro Cytotoxicity Evaluation of a Novel Root Repair Material. J. Endodontic 2013, 39:478-483
37. Biodentine. Active Biosilicate Technology. Scientific file. Septodont, Case Studies Collection 2012, 1. Paris, France.
38. Özlem M. [Karapinar Kazandağ M.](#), and [Ender Kazazoğlu](#), E.. A Review on Biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. BioMed Research International. 2014, Article ID 160951, 1-10 <http://dx.doi.org/10.1155/2014/160951>
39. Camilleri J, Sorrentino F and Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. Academy of Dental Materials. 2013, 29:580-593.
40. Koubi S, Elmerini, H, Koubi G, and [Camps](#), J. Quantitative evaluation by glucose diffusion of microleakage in aged calcium silicate-based open-sandwich restorations,” International Journal of Dentistry. 2012, Article ID 105863: 1- 6. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/105863>
41. Dammaschcke T. Biodentine. Quintessenz 2012; 63 (10):1273-1279.
42. Chang S-W., Lee, S-Y., Ann, H-J., Kum, K-Y and Kim E-C.,. Effects of calcium silicate endodontic cements on biocompatibility and mineralization-inducing potentials in human dental pulp cells. JOE. 2014 1-7
43. [Corral Nuñez CM](#), [Bosomworth HJ](#), [Field C](#), [Whitworth JM](#), [Valentine RA](#). Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate induce similar cellular responses in a fibroblast cell line. J Endod 2014; 40:406-411

44. Niu Li-na. [Jiao K](#), [Wang, Tian-da.](#),[Zhang, W.](#), [Camilleri, J.](#), [Bergeron, B.E.](#), [Hai-lan Feng](#),[H-Lan](#), [Mao,J.](#), [Chen, J-h.](#), [Pashley,D.H.](#),and [Tay F.R.](#) A review of the bioactivity of hydraulic calcium silicate cements. *Journal of Dentistry*, Published by Elsevier. 2013. 517-533
45. Laurent P, Camps J and About I, “Biodentine™ induces TGF- β 1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization,” *International Endodontic Journal*. 2012, 45(5):439–448
46. Shayegan A, Jurysta C, Atash R, Petein M, and Abbeele A. “Biodentine used as a pulp-capping agent in primary pig teeth,” *Pediatric Dentistry*, 2012, 34(7):202–208
- 47 Pawar A M, Kokate S R, and Shah R A, “Management of a large periapical lesion using Biodentine as retrograde restoration with eighteen months evident follow-up.” *Journal of Conservative Dentistry* 2013, 16(6):573–575
48. Grech L, Mallia B, and Camilleri J. Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *International Endodontic Journal*. 2013, 46:632-641
49. Laurent P, Camps J. [De Méo M](#), [Déjou J](#), [About I](#). Induction of specific cell responses to a Ca₃SiO₅ based posterior restorative material. *Dental Materials*, 2008, 24(11):1486– 1494
50. González-Pérez G. Et al. Estudio comparativo in Vitro de tres acondicionadores de dentina para evaluar apertura de los túbulos dentinarios en conductos radiculares. *Revista Odontológica Mexicana*. Diciembre 2009, 13(4):217-223
51. Shahi S. Et al. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) and Portland cement as root-end filling materials: A scanning electron microscopy (SEM) study. *African Journal of Biotechnology*. 2011, 10(71);16084-16088.
DOI: 10.5897/AJB11.1860

52. Tempel C.A. Konrath F. Dedavid B. Blessman B.J. Gerhardt O.M. Marginal adaptation of root-end filling materials: an in vitro study with teeth and replicas. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2009; 10(2), 1-9
53. Bolhari Behnam, Ashofteh Y. Kazem. Sharifi Farnood. Pirmoazen Salma. Comparative electron microscopic study of the marginal adaptation of four root-end filling materials in presense and absence of blood. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*. 2015; 12(3): 226-234
54. Soundappan S. Sundaramurthy L. Raghu S. Natanasabapathy V. Biodentine versus mineral trioxide aggregate versus intermediate restorative material for retrograde root end filling: An In vitro study. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences*. 2014; 2(2);143-149
55. Ghornbanzadeh Abdollah, Shokouhinejad Noushim, Fathi Bita, Raof Maryam, Khoshkhounejad Mehrfam. An in vitro comparison of marginal adaptation of mta and mta like materials in the presence of PBS at one- week and two- month intervals. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences*. 2014, 2(5); 560-568
56. Torabinejad M. Smith W.P. Kettering D.J. and Pitt Ford R.T . Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *Journal of Endodontic*. 1995; 21(6), 295-299
57. Braga Xavier C. Weismann R. Gerbardt de O. M. Demarco F.F . Pozza H. D. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *Journal of Endodontic*. 2005; 31(7), 539-542
58. Shokouhimejad Noushin, et al. Marginal adaptation of new bioceramic materials and mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscopy study. *Iranian Endodontic Journal* 2014; 9(2):144-148.

59. Abdal AK, Retief DH. The apical seal via the retrosurgical approach. *Oral Surg* 1982;53:614-21.
60. Russell Amir Assill. The butterfly effect: an investigation of sealer penetration adaptation and apical crack formation in filled root Canals. Department of Oral Rehabilitation School of Dentistry, University of Otago, Dunedin, New Zealand. 2017; 1-173
61. Fuentes. Fuentes Ma V. Propiedades mecánicas de la dentina humana. *Avances en Odontoestomatología*. 2004; 20(2): 79-83
62. Sarkar K.N. Caicedo R. Pitwik P. Moiseyeva R and Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontic*. 2005: 31(2); 97-100
63. Malkondu Özlem, Karapinar K. M. Et al. A Review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *BioMed Research International*. 2014: 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/160951>

ANEXOS.



Fig.1 Se elimina corona en la UCE .



Fig. 2 Estructuras radiculares



Fig.3 Limas K #10 y #15



Fig. 4 Conductometría lima flex-R #15



Fig. 5 Radiografía de conductometría.



Fig.6 Limas manuales y rotatorias.



Fig. 7. ENDO-MATE DT (NSK)



Fig. 8 Jeringa y aguja naviTip 17mm



Fig. 9 Cemento Sealapex.

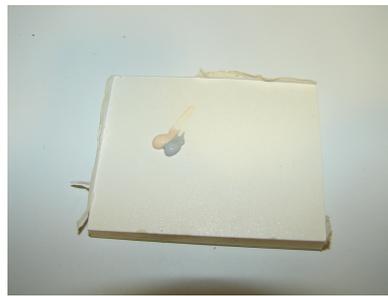


Fig. 10 Porciones de Sealapex



Fig. 11 Prueba de cono

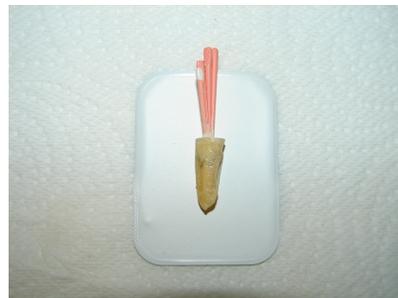


Fig. 12 Prueba de obturación



Fig. 13 Radiografía final



Fig. 14 Superficies radiculares obturadas



Fig.15 Fresas de diamante de alta velocidad.



Fig.16 Resección a los 3 mm .



Fig. 17 Muestra de la resección a los 3mm apicales



Fig. 18 Punta de ultrasonido diamantada



Fig. 19. Unidad ultrasónica



Fig. 20 Preparación de la cavidad de 3mm



Fig. 21 Vista de la cavidad

RETROBTURACIÓN BIODENTINE.



Fig. 22 Biodentine.



Fig. 23 Cápsula y monodosis de líquido



Fig. 24 Amalgamador (mezclar 30 seg)



Fig. 25 Lista la mezcla de p:l



Fig.26 Obtención de Biodentine con porta amalgama



Fig. 27 Plugger # 2



Fig. 28 Toma de radiografía de la retrobturación



Fig. 29. Grupo experimental de Biodentine (n:10)

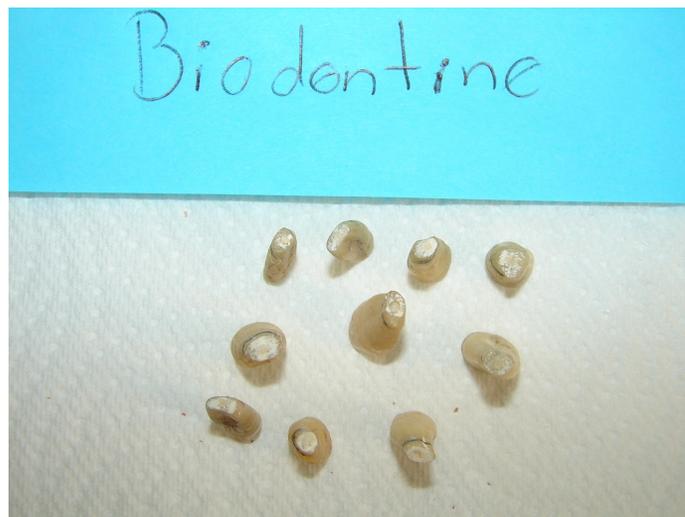


Fig. 30. Grupo experimental de Biodentine (n:10) vista apical

MTA BLANCO ÁNGELUS.



Fig. 31 MTA Blanco Ángelus.



Fig.32 Presentación polvo: líquido MTA Blanco



Fig.33 MTA Blanco llevado a la cavidad .

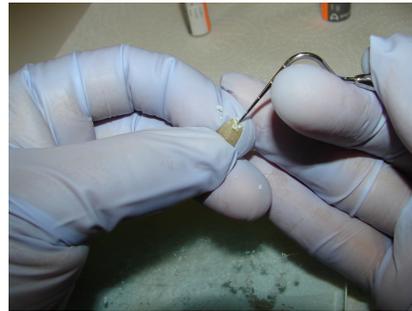


Fig.34 Compactación con plugger #2



Fig. 35 Grupo experimental MTA Blanco Ángelus (n:10)



Fig 36. Grupo experimental MTA Blanco Ángelus (n:10) Vista apical

MTA GRIS ÁNGELUS



Fig. 37. Polvo: liquido MTA Gris Ángelus



Fig.38 Obtención de MTA Gris Ángelus con el porta amalgama # H9 de Hu-Friedy



Fig.39 Se empaca el MTA Gris con TNCIGFT2



Fig.40 Se compacta con plugger #2



Fig. 41. Grupo experimental MTA Gris Ángelus (n:10)



Fig. 42. Grupo experimental MTA Gris Ángelus (n:10) Vista apical.



Fig. 43 Vista de los tres grupos experimentales.

PREVIA PREPARACIÓN PARA LA OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO.



Fig.44 Pasta Brasso para pulir metal

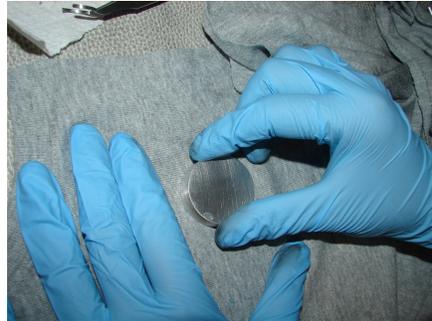


Fig. 45 Se fricciona contra una tela de algodón



Fig. 46 Acetona pura



Fig. 47 Se colocan los portamuestras en un Vaso de precipitado de vidrio con acetona.



Fig. 48 En el ultrasonido se colocan los portamuestras en acetona por 5 min



Fig 49. Los portamuestras se retiran de la acetona con una pinza



Fig. 50. Se secan con papel sin tocarlos.



Fig. 51 Se coloca cinta de carbón sobre portamuestras



Fig. 52 Las muestras quedan adheridas a la cinta de carbón.



Fig. 53 y 54 . Las muestras son introducidas en la Evaporadora de Metal Sptutter Coater. donde son bañadas con recubrimiento de carbono en plasma.



Fig. 55 Muestras de los subgrupos recubiertas de oro en plasma



Fig. 56 Las muestras de los subgrupos recubiertas de carbono en plasma.

OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO.



Fig.57 Microscopio electronico de barrido.

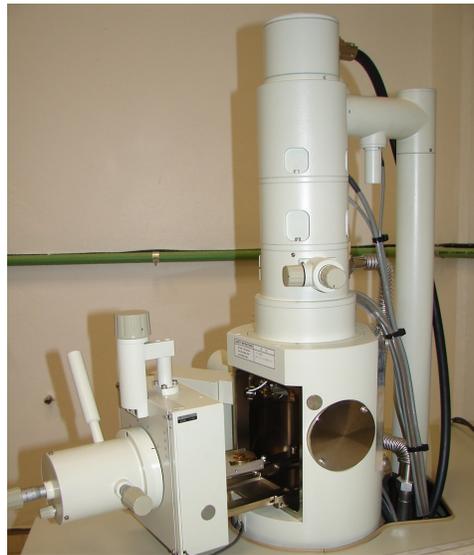


Fig.58 Se introduce un portamuestras

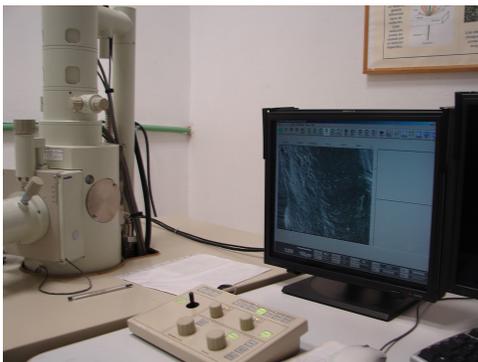


Fig.59 Observación de una muestra



Fig. 60. Partes que integran el Microscopio electronico

