



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES DE
CEMENTOS HIDRÁULICOS EN ENDODONCIA:
REVISIÓN DE LITERATURA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

PÉREZ PARTIDA ALAN ARTURO

TUTOR: Esp. HERNÁNDEZ MÉNDEZ HÉCTOR GERARDO

Vo. Bo.

Cd. Mx.

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Esp. Héctor Gerardo Hernández Méndez por haberme compartido su conocimiento y el tiempo para la realización de esta tesina para la conclusión de esta etapa universitaria, la cual, he pesado por momentos difíciles, pero también llenos de felicidad en cada uno de los pasillos, aulas y clínicas de la Facultad de Odontología, con las cuales estoy profundamente agradecido, por haberme aceptado y haberme brindado los recursos para mi formación profesional y académica en estos últimos años.

Quiero agradecer a todas las personas, pacientes, académicos y amigos que han sido parte de este largo camino, que de alguna u otra forma me han ayudado.

Un especial agradecimiento a Juan Alanis Guerrero, nadador olímpico y gran entrenador, quien confió en mí, quien se preocupaba en todo sentido dentro y fuera de la alberca, quien me animaba a seguir adelante en la vida. Gracias profe por darme la oportunidad de entrenar con usted.

Por último y menos importante:

Quiero agradecer a mis padres, las personas más importantes en mi vida, que sin ellos no podría estar en este momento, quienes han estado siempre para mí y que me han apoyado en cada decisión que he tomado. Amo a mis padres por igual. Aunque mi madre pudo verme en las últimas estancias de este trayecto universitario, me hubiera encantado que estuviera en el día de mi titulación dada por este trabajo de investigación. Sé que estaría feliz y orgullosa de mí por haber finalizado mi carrera universitaria (hubiera querido que estas palabras salieran de su voz y escucharlas, acompañado de

un fuerte abrazo). Espero que donde te encuentres veas este gran logro y que algún día nos podamos reunir los cuatro.

Solo me queda decir que TE AMO PAPÁ y TE AMO MAMÁ.

Gracias por todo...

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVO	7
CAPÍTULO I GENERALIDADES: CEMENTOS HIDRÁULICOS	8
CAPÍTULO II GENERACIÓN I DE MATERIALES BIO-ACTIVOS	14
2.1 MTA GRIS/BLANCO	14
CAPÍTULO III GENERACIÓN II DE MATERIALES BIO-ACTIVOS	18
3.1 MODIFICACIONES AL MTA	18
3.2 MTA ANGELUS.....	18
CAPÍTULO IV GENERACIÓN III DE MATERIALES BIO-ACTIVOS	22
4.1 Endo CPM (cemento portland modificado).....	22
4.2 IROOT SP (ENDOSEQUENCE BC Y SMARTPASTE BIO) MTA OBTURA.	23
4.3 MTA OBTURA.....	26
4.4 TECH BIOSEALER ENDO	29
4.5 CALCIUM ENRICHED MIXTURE	31
4.6 BIOAGGREGATE	33
4.7 BIODENTINE	35
4.8 OrthoMTA.....	39
4.9 MTA PLUS	41
4.10 GENEREX A, GENEREX B.....	44
CAPÍTULO V GENERACIÓN IV DE MATERIALES BIO-ACTIVOS.....	48
5.1 CALCIUM PHOSPHATE/CALCIUM SILICATE/BISMUTITE CEMENT	48
5.2 NRC (INCORPORATING HEMA).....	49

5.3 MTA WITH 4-META/MMA-TBB	51
5.4 LIGHT-CURED CEMENTS INCLUDING (THERACAL LC).....	53
5.5 Bio-C Sealer	56
CONCLUSIÓN	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

INTRODUCCIÓN

El área de endodoncia tiene como finalidad el prevenir o minimizar el impacto de las patologías periapicales, producidas por los microorganismos.

Existen situaciones clínicas que requieren ser tratadas de diferentes formas y por ellos sean desarrollado nuevos materiales que representan una alternativa en el tratamiento endodóncico.

Por consiguiente, en la historia de la endodoncia se han presentado e introducido nuevos procedimientos, como los son; el uso de la microscopía, el ultrasonido y la introducción de materiales del agregado de trióxido mineral (MTA). Todo esto para llegar a un solo objetivo, el cual es, la preparación, limpieza y conformación de los sistemas de conductos radiculares.

El principal interés para la introducción del MTA fue por sus propiedades como material bioactivo y de gran biocompatibilidad que promueven la regeneración de los tejidos pulpares y perirradculares, debido a la presencia de agua (es decir, una reacción de hidratación) presentes en el conducto. (sangre, líquido tisular, dentina, hueso, soluciones de irrigación, materiales de restauración) que mejora sus propiedades físicas, por lo cual, lo hace un material único en el área de endodoncia.

Lo cementos hidráulicos han sufrido modificaciones interesantes e importantes, por lo que surgió la necesidad de ser clasificados, debido a la diversidad de aplicaciones clínicas y sus propiedades químicas. Surgiendo como una subclasificación de los cementos cerámicos.

OBJETIVO

Esta revisión de literatura tiene como objetivo el describir las propiedades de los cementos hidráulicos en el área de endodoncia.

CAPÍTULO I GENERALIDADES: CEMENTOS HIDRÁULICOS

El éxito del tratamiento endodóncico depende de un adecuado diagnóstico, seguido de una preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares y la obturación tridimensional de los mismo. El objetivo principal de la obturación en endodoncia es sellar de manera hermética y tridimensionalmente el sistema de conductos radiculares con materiales inertes, antisépticos y/o bioactivos que estimulen el proceso de reparación o que no interfieran en estos procesos.(1)

Los materiales que habitualmente se utilizan para la obturación del sistema de conductos radiculares son; la gutapercha en combinación con los selladores endodóncico.(1)

La utilización de los selladores para la obturación endodóncico es esencial para rellenar las irregularidades anatómicas del conducto y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material de obturación. Un cemento sellador ideal, según Grossman debe cumplir estos aspectos; no se debe de contraer al fraguar, ser radiopaco, no pigmentar la estructura dentaria, ser insoluble en fluidos bucales, biocompatible y bien tolerado por los tejidos perirradiculares.(1)

Los avances recientes en el campo de la endodoncia han mejorado enormemente el resultado y la tasa de éxito de los materiales dentales. Durante las últimas tres décadas, ha habido un gran interés en el desarrollo de material dental bioactivo con la capacidad de interactuar e inducir los tejidos dentales circundantes para promover la regeneración de los tejidos pulpares y perirradiculares. Como estos materiales bioactivos se basan principalmente en los silicatos de calcio.(2)

El término bioactividad se define como materiales que son duraderos en los tejidos y tienen la capacidad de sufrir cambios interfaciales con los tejidos circundantes. Cuando estos materiales bioactivos entran en contacto con los fluidos tisulares, liberan hidróxido de calcio ($\text{Ca} [\text{OH}]_2$), que puede interactuar e inducir a los tejidos circundantes a promover su regeneración.(2)

Las principales aplicaciones de estos materiales son para el recubrimiento pulpar (directo / indirecto), pulpotomía, reparación de perforaciones, defectos de reabsorción, apexogénesis y como materiales de obturación retrógrada, apexificación y selladores endodóncico.(2) Deben de poseer idealmente propiedades fisicoquímicas, como fluidez y consistencia que facilite su inserción en las cavidades, dimensionalmente estable, tiempo de fraguado corto, efecto antimicrobiano, biocompatible para mejorar el pronóstico del tratamiento endodóntico. Además, estos materiales deben ser radiopacos, proporcionar un ambiente alcalino y depositar hidróxido de calcio para inducir la formación de puentes de dentina y la regeneración de los tejidos perirradiculares, véase en la tabla 1 (2–4)

Fuerza adecuada
Propiedades antimicrobianas
Biocompatible
Bioactividad (capacidad de estimulación y modulación del tejido nativo)
dimensionalmente estable
Manipulación fácil
Capacidad de sellado
Carece de sensibilidad a la humedad
No reabsorbible
No tóxico, no cancerígeno, no genotóxico
Radiopaco

Tabla 1 Propiedades ideales de los cementos hidráulicos. Extraído de: Bio-active cements-mineral trioxide aggregate based calcium silicate materials.

Estos compuestos cerámicos únicos son capaces de reaccionar a temperatura ambiente con agua, una reacción de fraguado hidráulico, para formar una masa sólida. Ser tolerante a la humedad (hidrófilo, higroscópico) es una gran ventaja en odontología, donde los tejidos húmedos pueden interferir con la colocación y el fraguado de los materiales. (3)

La primera referencia al uso del cemento Portland en odontología provino del Dr. White, un dentista del siglo XIX. Mezcló cemento Portland con agua, ácido carbónico o creosota para colocar debajo de un relleno de oro. Un siglo después, el Dr. Torabinejad (Figura 1) y el Dr. White revisaron el cemento Portland para uso dental, quienes después patentaron el uso del cemento Portland en endodoncia (Patentes de EE. UU. 5415547 y 5769638). (3)



Figura 1 Mahmoud Torabinejad DMD, MSD, PhD (5)

El primer artículo del siglo XX sobre este tipo de cerámica hidráulica para odontología introdujo el material experimental como "agregado MT". Posteriormente, el material se denominó MTA, un nombre descriptivo no

químico. El material MTA se describió como un polvo hidrófilo compuesto de "silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, óxido de silicato y algunos otros óxidos minerales". El óxido tricálcico es un compuesto cerámico ficticio; lamentablemente, muchas otras publicaciones han repetido este compuesto como componente. Se dio una mejor descripción en la primera patente: "un polvo cerámico de cemento Portland compuesto por estas fases: silicato tricálcico (3CaO-SiO_2), silicato dicálcico (2CaO-SiO_2), aluminato tricálcico ($3\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$) y aluminoferrita tetracalcica ($4\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$)".(3)

La literatura temprana reiteró el nombre agregado de trióxido mineral o MTA con tanta frecuencia que "MTA" se ha convertido en un nombre genérico para estos productos hidráulicos a base de silicato tricálcico / dicálcico (tri / dicálcico), aunque a menudo se malinterpreta. "Mineral" es adecuado para el nombre porque los minerales naturales se utilizan para crear silicatos tridicálcicos, que no se encuentran en la naturaleza. Presumiblemente, los trióxidos en el nombre MTA se refieren a los óxidos comúnmente usados para describir el cemento Portland: calcio, sílice y alúmina. La designación "trióxido" es un nombre inapropiado ya que otros óxidos estaban presentes en el material experimental original en cantidades superiores al 1%, incluidos el óxido de hierro y el óxido de bismuto. Algunos investigadores han utilizado el término "cementos de tetrasilicato" para describir sus materiales a base de cemento Portland que contienen óxido de bismuto y filosilicato. "Agregado" puede denotar la adición del componente radiopaco, originalmente óxido de bismuto, al polvo hidráulico. Alternativamente, agregado puede referirse a la agregación de los cristales de silicato dicálcico, silicato tricálcico y aluminato tricálcico en granos (partículas) del cemento en polvo. (3)

La nomenclatura se ha confundido aún más para los materiales basados en silicato tridicálcico mediante el uso de otra terminología no

específica. Como biocerámica y biosilicato (Estos son generales, similar a MTA, o términos de mercado). Los biocerámicos son un subconjunto de materiales cerámicos y abarcan un amplio grupo de materiales cerámicos utilizados en vivo, no específico del cemento de silicato tridicálcico.(3)

Los biosilicatos abarcan todos los vidrios utilizados en vivo. Para la odontología, los borosilicatos incluyen porcelana dental, vidrios bioactivos” y vidrios radiopacos incluidos como rellenos en una variedad de cementos y materiales dentales restauradores.(3)

Se han hecho distinciones innecesarias entre "MTA" y "biocerámicos" que confunden a la comunidad dental, aunque la evolución de los productos comerciales de silicato tridicálcico es clara. Muchos artículos se refieren a estos cementos hidráulicos como silicato de calcio. En el ámbito de la cerámica, el silicato de calcio es wollastonita (CaSiO_3), que no es una fase apreciablemente hidráulica [dieciséis]; es decir, no se fija cuando se agrega agua. La terminología científica para los cementos de tipo MTA es preferiblemente a base de silicato tricálcico, a base de silicato tri / dicálcico, "silicatos de calcio" o a base de silicato de calcio.(3)

Por lo cual, se ha creado una clasificación de estos materiales bioactivos (a base de silicato de calcio) con base a la química (Tabla 2).

Generación	Materiales bioactivos.
Generación I	MTA gris MTA blanco
Generación II	Modificaciones a MTA MTA Ángelus
Generación III	Endo CPM (Cemento Portland modificado) iRootSP (Endosequence BC y SmartPaste Bio) MTA Obtura Tech Biosealer Endo Mezcla de cemento endodóntico enriquecido con calcio Bioaggregate Biodentine Ortho MTA MTA plus Generex A, Generex B
Generación IV	Cementos híbridos: Fosfato de calcio / Silicato de calcio / Cemento de bismutita NRC (Incorporación de HEMA) MTA CON 4-META / MMA-TBB ((anhídrido de trimelitato de 4-metacriloxietilo enmetacrilato de metilo iniciado por tri-n-butil borano) Cementos fotopolimerizables incluidos (TheraCal LC)
MTA: agregado trióxido mineral; HEMA: metacrilato de 2-hidrox	

Tabla 2. Clasificación de los materiales bioactivos. Extraído de: Bio-active cements-mineral trioxide aggregate based calcium silicate materials.

CAPÍTULO II GENERACIÓN I DE MATERIALES BIO-ACTIVOS

2.1 MTA GRIS/BLANCO

En 1993 el Dr. Mahmoud Torabinejad introdujo un cambio en los materiales dentales en la endodoncia (2). Su mecanismo de acción se basa en la liberación de iones calcio que activan la adhesión y proliferación celular, y por su pH elevado se crea un medio antibacteriano(1). El MTA tiene la capacidad de activar a los cementoblastos y la regeneración del ligamento periodontal.(2)

Recibiendo la aceptación de la Administración federal de drogas en Estados Unidos y comienza a comercializarse como ProRoot (Tulsa Dental products, Tulsa, OK, USA) en 1998.(6)

La primera fórmula de MTA comercializada fue MTA gris. Para evitar la decoloración de la dentina, posteriormente se introdujo en la práctica odontológica el MTA blanco y se comercializo como ProRoot MTA blanco en 2002, ya que en comparación con el MTA gris contiene una cantidad reducida de hierro, aluminio y magnesio, véase en la figura 2 y 3 (2,7,8)



Figura 2. Agregado trióxido mineral, Polvo blanco y polvo gris respectivamente. (9)



Figura 3 Polvo de MTA blanco y gris respectivamente. (10)

Propiedades fisicoquímicas

Composición

Los principales componentes del polvo de MTA gris son una mezcla de finas partículas hidrofílicas de silicato tricálcico (52-53%), silicato dicálcico (23%), aluminato tricálcico (0-4%), sulfato cálcico (1,5%) y óxido de bismuto (20%) como radiopacificante.(2,7)

Valor de pH

El pH alcanzado por el MTA después de mezclado es de 10,2 y a las 3 horas, se estabiliza en 12,52 después de la mezcla. (6,8)

Radiopacidad

En previos estudios se ha reportado que el ProRoot MTA gris tiene una radiodensidad entre 6,4 mm de aluminio y 7,17 mm de aluminio.(6)

Tiempo de fraguado

La reacción de fraguado de MTA es por hidratación, obteniendo un gel coloidal compuesto por silicato de calcio hidratado e hidróxido de calcio en forma de cristales en una estructura amorfa, que es liberado con el tiempo y se solidifica una estructura solida (2,6,11).

El tiempo de trabajo es de 30 segundos, mientras que el tiempo de fraguado del MTA para conseguir una correcta adaptación marginal y una menor contracción es de 2 horas 45 minutos. (6,8) Para el ProRoot MTA blanco es de 140 min \pm 2.58 (2 h y 20 min) y 175 min \pm 2.55 (2 h y 55 min) para ProRoot MTA gris (8)

Solubilidad

La solubilidad observada para MTA puede asociarse con la presencia de óxido de bismuto como radiopacificador, que aumenta la porosidad del cemento, disminuyendo su estabilidad mecánica y aumentando su solubilidad, así como también el incremento de agua en la mezcla (Torres et al., 2018).(6)

La solubilidad y el tiempo de fraguado prolongado del cemento MTA pueden tener en la resección del extremo radicular un resultado extremadamente desfavorable que amenaza el sellado apical y el lavado del relleno posterior, como lo observaron Choi et al., Este es un riesgo importante de fracaso del tratamiento debido a que la sangre circundante y el fluido tisular interactúan de forma adversa con un material dental insuficientemente fraguado(7)

Resistencia compresiva

La resistencia a la compresión se correlaciona con la etapa de hidratación y la presión durante la aplicación del MTA. Se sabe que posee una resistencia de 40 MPa a las 24 horas y 70 MPa alrededor de los 21 días. (6,8) Con respecto al MTA blanco se reportó una resistencia a la compresión de 45,84 MPa a los 3 días y 86.02 MPa a los 28 días. (8)

Esta diferencia de resistencia a la compresión entre el MTA blanco y el MTA gris es por su contenido de partículas, las cuales son más pequeñas y con un rango más estrecho de distribución de tamaño. lo que conduce a una mayor resistencia a la abrasión de la superficie y, por lo tanto, a mejores propiedades mecánicas, lo que puede explicarse por una alta microdureza de la fórmula blanca.(12,13)

Reacción de proceso de hidratación

La reacción del MTA se establece a través de una reacción exotérmica, que requiere la hidratación del polvo para producir la pasta de cemento que madura con el tiempo (Raghavendra *et al.*, 2017). (6)

Biocompatibilidad

El MTA no es mutagénico ni neurotóxico (Raghavendra *et al.*, 2017), posee efectos antiinflamatorios en el tejido de la pulpa, es cementoinductor y osteoconductor (Hakki *et al.*, 2009).(6)

CAPÍTULO III GENERACIÓN II DE MATERIALES BIO-ACTIVOS

3.1 MODIFICACIONES AL MTA

El agregado de trióxido mineral cumple muchas de las propiedades ideales de un material de relleno, sin embargo, los principales inconvenientes de MTA son su largo tiempo de fraguado, el potencial de decoloración, la manipulación que dificulta su uso, la consistencia granular y, en ocasiones, requiere varias visitas para completar el tratamiento. Una vez que la mezcla comienza a secarse, pierde su cohesión y se vuelve difícil de manejar. Este problema se destaca por el desarrollo y la introducción de sistemas de entrega especiales para facilitar la colocación de MTA. Incluso con las ventajas que ofrecen algunos de estos sistemas de administración, el MTA tiende a desaparecer en presencia de exceso de humedad.(2,14)

Para minimizar estas limitaciones y mejorar la utilización clínica, se modificó la composición de MTA y se introdujo MTA Angelus en 2001, en el que se eliminó el sulfato de calcio de su composición para disminuir el tiempo de fraguado. También se introdujo un MTA nanoblanco de fraguado rápido (NW-MTA) que redujo el tamaño de partícula, lo que resultó en un área de superficie aumentada (7,8 mg), lo que llevó a una disminución en el tiempo de fraguado inicial de 43 minutos (MTA blanco) a 6 minutos para NW-MTA. También contiene sales de estroncio en su composición, mejorando la bioactividad. Se ha informado que la adición de gel de hipoclorito de sodio (NaOCl) reduce (30-60%) los tiempos de fraguado del MTA. (2)

3.2 MTA ANGELUS

Es un cemento endodónico compuesto de óxidos minerales en forma de partículas hidrofílicas. Está indicado en casos de perforación radicular

(canal y furca), perforación radicular por reabsorción interna, obturación retrógrada, protección pulpar directa, pulpotomía, apicogénesis y apexificación.(15,16)

El MTA Angelus (figura 4) presentado los siguientes beneficios (15,16):

- El Tamaño de las partículas que permite una completa hidratación durante la especulación.
- Excelente capacidad de sellado marginal que impiden la migración de fluidos hacia el interior del canal radicular.
- A diferencia de otros selladores que requieren campo completamente seco, MTA está indicado incluso en lugares sin un control adecuado de la humedad (como en la cirugía para el tratamiento de perforaciones u obturación retrógrada), sin pérdida de sus propiedades.



Figura 4 Cemento MTA Angelus 1gr. Blanco y gris respectivamente (17)

Propiedades fisicoquímicas

Composición

MTA Gris: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, ferroaluminato tetracálcico, óxido de bismuto.

MTA Blanco: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, tungstato de calcio.

La diferencia entre ambas presentaciones está en la reducción de la cantidad de uno de los componentes del MTA Angelus, el óxido de hierro, que es responsable por el color gris del producto. Esta reducción no interfiere en las propiedades del MTA.(15,16)

Tiempo de fraguado

Angelus, desde 2002, alteró el tiempo de fraguado del MTA, que era de 2 horas y media, reduciéndolo para 15 minutos. Esta reducción del tiempo de fraguado es exclusividad de Angelus. Fue realizada la disminución de la concentración del Sulfato de Calcio, que deja el fraguado del producto muy extenso. El MTA-Angelus permite la realización del tratamiento restaurador en la misma sesión clínica de la inserción del MTA.(15,16)

Cuando se mezcla con agua destilada forma un gel que se solidifica si se mantiene en un ambiente húmedo. El tiempo de fraguado inicial es de aproximadamente 10 minutos y el final es de 15 minutos. No es necesario esperar el al fraguado final para continuar con los procedimientos del tratamiento.(15,16)

Valor de pH

Después de la mezcla, el valor del pH es de 10, en 3 horas se vuelve altamente alcalino.(15,16)

Radiopacidad

Casi igual a la de la gutapercha. Más radiopaca que la dentina y el hueso.(15,16)

Resistencia compresiva

40 MPa después de 24 horas y 65 MPa después de 21 días.(15,16)

Biocompatibilidad

Puede ser utilizado directamente sobre los tejidos vivos. Generando la inducción de la formación de cemento perirradicular y la formación de barrera dentinaria cuando se aplica sobre exposiciones pulpares. (15,16)

CAPÍTULO IV GENERACIÓN III DE MATERIALES BIO-ACTIVOS

4.1 Endo CPM (cemento portland modificado)

El fabricante menciona, que tiene las mismas características fisicoquímicas y biológicas que el MTA, reflejadas a un sellador de conductos. Con la uncia diferencia, de la adición del carbonato de calcio para reducir el nivel del pH después de su fraguado que va de un 12.5 a un 10.0, como consecuencia, restringe la necrosis sobre la superficie en contacto son el Endo CPM Sealer, lo que permite la acción de la fosfatasa alcalina, lo cual, mejora la actividad de los fibroblastos y ayudar a generar el depósito de tejido mineralizado. (18–20)

El sellador Endo CPM Sealer (Egeo, Buenos Aires, Argentina) véase en la figura 5, su compuesto está formado por (21–23):

Polvo: Dióxido de silicio, Carbonato de calcio, Trióxido de bismuto, Sulfato de bario, Alginato de propilenglicol, Citrato de sodio, Cloruro de calcio

Líquido: Gel a base de agua

Se ha demostrado que tiene una radiopacidad adecuada (6 mmAL), su actividad antimicrobiana es similar a las del MTA. La biocompatibilidad del cemento se comprende por la capacidad de liberar iones de calcio e hidroxilo y una ausencia de citotoxicidad en los tejidos (20,24)



Figura 5 Sellador Endo CPM Sealer (Egeo, Buenos Aires, Argentina). (25)

4.2 IROOT SP (ENDOSEQUENCE BC Y SMARTPASTE BIO) MTA OBTURA.

El sellador a base de silicato de calcio iRoot SP (Innovative Bioceramix, Vancouver, Canadá), EndoSequence BC (Brasseler, Savannah, GA, EE. UU.), Total Fill BC (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiza) y Edge Endo Sealer (Edge Endo, Albuquerque, NM, EE. UU.) (Figura 6) Son el mismo sellador, comercializado con diferentes marcas. Los cuatro materiales son del mismo fabricante (Innovative Bioceramix). El cual se utiliza principalmente para le sellado y relleno de conductos radiculares. iRoot SP es una pasta inyectable de Óxido de circonio, Silicatos de calcio, Fosfato de calcio, Hidróxido de calcio, Relleno, Espesantes. (23,26,27)



Figura 6 1) iRoot SP (Innovative Bioceramic, Vancouver, Canadá) (28), 2) EndoSequence BC (Brasseler, Savannah, GA, EE. UU.) (29), 3) Total Fill BC (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiza) (30) y 4) Edge Endo Sealer (Edge Endo, Albuquerque, NM, EE. UU.) (31).

El mecanismo de fraguado de los selladores a base de silicato tricálcico de pasta única es la absorción de agua de los túbulos dentinarios hasta 2 mm de penetración del sellador en la superficie dentro de los canales. (3,23,32)

iRoot SP es un material de nanopartículas, hasta 100 nm, eliminando las partículas más gruesas de presentaciones anteriores. Esta característica permite una mezcla suave con el líquido y permitiendo un fraguado más rápido. (3)

Biocompatibilidad

EndoSequence BC y iRoot SP muestran una toxicidad moderada cuando este está recién mezclado; sin embargo, su citotoxicidad se reduce con el tiempo hasta que se establece por completo. (33) iRoot SP tiene biocompatibilidad y potencial osteogénico comparable o superior a los de MTA promoviendo la diferenciación osteogénica y a las células madre germinales dentales y células del ligamento periodontal y efecto de mineralización cuando se utiliza para la obturación radicular (26)

Fraguado

Según los fabricantes de EndoSequence BC Sealer o iRoot SP, la reacción de fraguado es catalizada por la presencia de humedad en los túbulos dentinarios. Si bien el tiempo de fraguado normal es de cuatro horas, en pacientes con conductos particularmente secos, el tiempo de fraguado puede ser considerablemente más largo. Distintos autores reportan que el fraguado completo va a variar dependiendo de las condiciones de humedad dentro del conducto. (33)

La reacción de fraguado de EndoSequence BC Sealer es una reacción de dos fases. En la fase I, el fosfato de calcio monobásico reacciona con el hidróxido de calcio en presencia de agua para producir agua e hidroxiapatita. En la fase II, el agua derivada de la humedad de la dentina, así como la producida por la reacción de la fase I, contribuye a la hidratación de las partículas de silicato de calcio para desencadenar una fase de hidrato de silicato de calcio. (33)

Solubilidad

iRoot SP tiene una alta solubilidad, la cual es el resultado a la presencia de partículas nanométricas hidrófilas en el sellador, lo que aumenta su área de superficie y permite que más moléculas líquidas entren en contacto con el sellador. (33)

Radiopacidad

Se informó que la radiopacidad de EndoSequence BC Sealer era de 3,83 mmAL.(33)

Actividad antimicrobiana

Los investigadores indican que el iRoot tiene 2 mecanismos asociados con la eficacia antibacteriana: el mecanismo de hidrofiliidad y difusión activa de hidróxido de calcio. La hidrofilia reduce el ángulo de contacto del sellador y facilita la penetración del sellador en las áreas finas del sistema de conductos radulares para mejorar la eficacia antibacteriana de iRoot SPen vivo. Sumado, a su valor de pH de 11.5 aun después de su fraguado, pero su efecto disminuye luego de siete días. (33)

4.3 MTA OBTURA

“El sellador MTA Fillapex (anteriormente conocido como MTA Obtura (Angelus, Angelus Odontológica, Londrina, PR, Brasil)) principalmente es una resina de disalicilato con sólo un 13% de partículas de tipo MTA” (3) (Figura 7).



Figura 7 MTA Fillapex (Angelus, Angelus Odontológica, Londrina, PR, Brasil).
(34)

Composición

Este sellador además de salicilato de resina contiene; resinas naturales y diluidas, resina de nanopartículas, trióxido de bismuto, nanopartículas de silicato y pigmentos. (3)

Fraguado

Este cemento permite un tiempo de trabajo 0:45 segundos y un tiempo de fraguado de inicial de 2:30 horas y tiempo de fraguado final de 4;50 horas (3,35)

Reacción de ajuste

MTA Fillapex es una pasta-pasta, que al entrar en contacto promueve 2 reacciones químicas que se encargan de fraguar el material: la hidratación progresiva de los iones de ortosilicato (SiO_4^{4-}) y la reacción entre MTA y resina de salicilato. La MTA reacciona con el salicilato, creando un polímero iónico. Cuando las partículas de silicato de calcio de MTA reaccionan con el agua, se forma un gel hidratado de silicato de calcio amorfo nanoporoso sobre

las partículas de cemento. El gel se polimeriza y endurece, formando una red sólida. (35)

Radiopacidad

El radiopacante utilizado en este cemento es el óxido de bismuto, dando como resultado 6.5 mmAl de radiopacidad. (3)

Valor de pH

El pH a las 3 horas posteriores a su aplicación e incubación exhibe un pH inicial de 7,68 que fue seguido por un pH alcalino débil pasadas las 24 horas a 8,02. (8)

Biocompatibilidad

MTA Fillapex éste muestra mayor citotoxicidad durante las 24, 48 y 72 horas posteriores a la elución, en comparación a otros materiales. Este ejerce un impacto negativo en la viabilidad de las células de pulpa dental humana, así como en los osteoblastos humanos y exhibe efectos citotóxicos sobre las células osteogénicas y angiogénicas. Por lo tanto, MTA Fillapex no es considerado un bioactivo por la poca liberación de iones calcio, a pesar de la presencia del silicato tridicálcico.(3,8)

Actividad antimicrobiana

El MTA Fillapex contiene óxido de calcio, que forma hidróxido de calcio en contacto con el agua, lo cual le confiere la propiedad de antimicrobiana, además de eso, contiene silicato de calcio, el cual, con la humedad de la dentina genera una reacción de hidratación de los silicatos de calcio, dando

como resultado un hidrogel de silicato de calcio e hidróxido de calcio existente con un alto valor de pH, dándole su propiedad antibacteriana. (36)

Se reporta que a los 20 minutos no presenta actividad antimicrobiana. En el primer día es un bacteriostático y al llegar al 7° día y hasta el 30° día tomara el papel de bactericida. (36)

4.4 TECH BIOSEALER ENDO

Tech Biosealer Endo (TBE, Isasan, Rovello Porro, Italia) (figura 8) se puede utilizar para terapia pulpar vital, reparación de perforaciones y obturación del extremo de la raíz es un sellador endodóntico a base de silicato de calcio con efecto antibacteriano mejorado, biocompatibilidad impecable y excelente sellado apical, así como radiopacidad. Este material tiene cuatro formas de Tech Biosealer Capping, Tech Biosealer Root End, Tech Biosealer Apex y Tech Biosealer Endo. (37–39)



Figura 8 Tech Biosealer Endo (TBE, Isasan, Rovello Porro, Italia). (40)

Propiedades fisicoquímicas

Composición

Tech Biosealer Endo está conformado por dos partes, polvo y líquido los cuales son compuestos por (41,42):

Polvo: Cemento Portland blanco, óxido de bismuto (Fluka Alemania), anhídrido, fluoruro de sodio

Líquido: solución tamponada de fosfato de Dulbecco.

Tech BioSealer Endo como sellador de conductos radiculares ha mostrado valores más bajos de penetración de los túbulos dentinarios debido a su tamaño y al tamaño de las partículas del material. (38,39)

Radiopacidad

Este cemento contiene dióxido de bismuto como potenciador de la radiopacidad, anhídrido y fluoruro de sodio. (39)

Se ha reportado que el óxido de bismuto es causante de la porosidad en este cemento, reduciendo la durabilidad y acortando su vida útil. Estas propiedades físicas del material pueden explicar sus pobres valores de penetración en los túbulos. (39)

Biocompatibilidad

Aunque tenga una buena biocompatibilidad este cemento puede generar una disminución significativamente la viabilidad de los cementoblastos. (38)

4.5 CALCIUM ENRICHED MIXTURE

Es un cemento enriquecido mixto (CEM) es hidrófilo del color del diente que se introdujo en 2016 a la odontología. Este material tiene propiedades físicas aceptables y es capaz de formar hidroxiapatita sobre el material en solución salina normal. (43–45)

La composición química del cemento CEM es una mezcla de diferentes compuestos de calcio que incluyen óxido de calcio, fosfato de calcio, carbonato de calcio, silicato de calcio, sulfato de calcio, hidróxido de calcio y cloruro de calcio (45) El CEM es un polvo blanco que consta de partículas hidrófilas que se solidifica en presencia de la solución a base de agua. La reacción de hidratación del polvo crea un gel coloidal que solidifica en menos de una hora y ayudando a la conformación de hidroxiapatita, como también la producción de hidróxido de calcio que es responsable a sus propiedades biológicas. (44,45)

Como otros cementos hidrocópicos, la relación agua-polvo puede afectar las propiedades físicas de este cemento. Cuando la relaciones agua-polvo es alta da como resultado una menor resistencia a la adherencia y a la compresión. (45)

Propiedades Fisicoquímicas

Composición

Polvo: Óxido de calcio (CaO), trióxido de azufre (SO₃), pentóxido de fósforo (P₂O₅), dióxido de silicio (SiO₂) Cantidades traza de trióxido de aluminio (Al₂O₃), óxido de sodio (Na₂O), óxido de magnesio (MgO) y cloruro (Cl)

Líquido: Agua destilada

El fosfato presente en el CEM es de las principales diferencias químicas al MTA. Su tamaño de partícula es 0.5-2.5 µm, permitiendo la penetración de partículas en los túbulos dentinarios y, por lo tanto, proporcionando un mejor sellado. (44,46)

Fraguado

El tiempo de trabajo es de 5 min y su tiempo de fraguado final es de 50 minutos. Con la adición del 10% del Cloruro de calcio se puede reducir el tiempo medio de fraguado a 33.3 minutos. (44,46)

Resistencia compresiva

La resistencia de CEM puede variar entre 2.9 a 12.5 Mpa, dependiendo de las porciones agua polvo y el tipo de mezcla (manual o por amalgamador). (46)

Valor de pH

Tiene un pH alcalino de 11, esto proporcionara una relevancia en sus propiedades antimicrobianas.(44)

Biocompatibilidad

El CEM tienen la capacidad de inducir la diferenciación osteoblastica / odontoblastica para la inducción de la formación de los puentes de dentina y la estimulación deposición de cemento en obturaciones del extremo radicular (44,46)

Actividad microbiana

Por el enriquecimiento con calcio en el CEM su efectividad es comparable al hidróxido de calcio contra el *Enterococcus faecalis*. El efecto antifúngico del CEM es comparable a los del MTA.(44)

4.6 BIOAGGREGATE

Es un cemento a base de silicato de calcio (innova BioCeramix, Inc., Burnaby, Canadá) (Figura 9) es una alternativa del MTA en Canadá. Tiene grandes similitudes al cemento MTA en términos de sellado marginal, adhesión y migración de células pulpares. (11,47) Su fabricante lo describe como un material soluble, radiopaco y libre de aluminio como compuestos principales tenemos al silicato de calcio, hidróxido de calcio y fosfato de calcio. (48)



Figura 9 BIOAGGREGATE (innova BioCeramix, Inc., Burnaby, Canadá). (49)

Propiedades fisicoquímicas

Compuesto

Está compuesto de silicato tricálcico del tamaño de nanopartículas, silicato dicálcico (C2S), fosfato de calcio monobásico y dióxido de silicón amorfo con la adición de pentóxido de tantalio, en lugar de óxido de bismuto en MTA, para radiopacidad y se afirma que este material es un biomaterial cerámico libre de aluminio. (2,48)

Tiene las mismas cualidades al cemento MTA, términos de sellado, adhesión y migración de células pulpares.(11)

Radiopacidad

Con la adición del pentóxido de tantalio el BioAggregate tiene una radiopacidad equivalente a 3.8 mmAl, es mejor a la radiopacidad del MTA.(47)

Valor de pH

Tiene un pH alcalino de 12 que ayudara en contra de la actividad microbiana.(47)

Biocompatibilidad

Es un cemento no citotóxico, químicamente estable dentro del entorno biológico, cuando se extruye al tejido periodontal, no causa una inflamación, Ejerciendo un mayor potencial para inducir la diferenciación y mineralización odontoblástica de las células pulpares. (47,48)

Actividad antimicrobiana

Debido a sus características, muestra un efecto antibacteriano similar al MTA en contra del Enterococcus fecalis. (50)

4.7 BIODENTINE

Es un cemento relativamente nuevo que es a base de silicato tricálcico e introducido al mercado Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francia) (figura 10), el cual, se ha concebido como un sustito de la dentina. Es utilizado en situaciones clínicas, como el recubrimiento pulpar (directo e indirecto), la pulpotomía, perforaciones endodónticas, apexificación comúnmente. Dado a sus altas propiedades mecánicas y una excelente biocompatibilidad. Clínicamente, en su manejo es más fácil a comparación al MTA, así como, el tiempo de fraguado o decoloración posterior son menores.(51–53)



Figura 10 Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francia). (54)

Propiedades Fisicoquímicas.

Composición

Biodentine está disponible en forma de cápsula que contiene la proporción ideal de polvo y líquido (51,55)

Polvo: Silicato tricálcico (3CaOSiO_2) que actúa como material principal, silicato dicálcico (2CaOSiO_2), carbonato cálcico (CaCO_3) que actúa como relleno, óxido de hierro que actúa como colorante y el dióxido de zirconio (ZrO_2) que actúa como material radiopacante.

Líquido: Cloruro cálcico ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que actúa como acelerador y permite reducir la cantidad de agua requerida en la mezcla y contribuyendo así a su fácil manipulación(52).

Sin embargo, el fabricante no ha proporcionado la concentración exacta de sus componentes. (55)

Reacción de ajuste

La reacción del polvo con el líquido conduce al fraguado y endurecimiento del cemento. Justo después de la mezcla, las partículas de silicato de calcio de Biodentine reaccionan con el agua para formar una solución de pH alto que contiene iones de calcio (Ca^{2+}), aniones de hidroxilo (OH^-) y iones silicato (SiO_4^{4-}). La hidratación del silicato tricálcico conduce a la formación de un gel de silicato cálcico hidratado. Con el paso del tiempo, el gel hidratado de silicato de calcio se polimeriza para formar una red sólida y la alcalinidad del medio circundante aumenta debido a la liberación de iones de hidróxido de calcio y, debido a su naturaleza relativamente impermeable al agua, ayuda a ralentizar los efectos de reacciones posteriores. (51,55)

Fraguado

Debido que es un cemento hidráulico se requiere la humedad para activar su fraguado para activarlo e iniciar el endurecimiento del cemento.(51)

Su tiempo de fraguado es su característica más relevante. El fabricante afirma que es de 12 minutos. Pero existen estudios que reportan el tiempo de fraguado inicial es de 6 minutos y su fraguado final puede llegar hasta los 100 minutos.(51,56)

Fuerza compresiva

Presenta una resistencia a la compresión que puede llegar a alcanzar un rango similar con la dentina. Su resistencia a la compresión comprende un rango de hasta 100 megapascal (MPa) la primera hora luego de su aplicación y hasta 200 MPa 24 horas después de su aplicación, pudiendo continuar su mejoría hasta alcanzar 300 MPa posterior a un mes, valor comparable a la

resistencia a la comprensión de la dentina natural, que es de 297 MPa. (52,55,57) Esto es debido a su baja relación agua/polvo utilizado en la mezcla. (55)

Microdureza

La microdureza del Biodentine es de 51 VHN (Vickers Hardness Number) a las 2 horas y de 69 VHN después de un mes. Los valores de micro dureza de referencia para la dentina natural se sitúan en el rango de 60-90 VHN. (52,55)

Radiopacidad

El óxido de zirconio da la propiedad de radiopacidad al Biodentine dando una radiopacidad de 3,5 mmAl. (51,52)

Solubilidad

La solubilidad del Biodentine es baja a comparación con ProRoot MTA, MTA Angelus y MTA Plus. (56)

Valor de pH

Biodentine consigue valores de pH en torno a 11.5 - 12 a las 3 horas de su aplicación y poco a poco va bajando este valor, hasta llegar a valores cercanos de 9 pH a los 28 días de su fraguado.(51)

Actividad antimicrobiana

Su acción antibacteriana del Biodentine está determinada por el hidróxido de calcio. La constante disociación de los iones de calcio e hidroxilo que presenta este cemento genera un aumento al pH. Promoviendo un ambiente inviable para el crecimiento de microorganismos, inhibiendo grupos como el Streptococcus mutans, Candida y E. coli, y E. Faecali provocando la desinfección dentinaria. (51,52,55,56)

Biocompatibilidad

Es la propiedad de mayor de este cemento hidráulico. El cual, ha demostrado tener capacidad de promover la síntesis temprana de dentina reparativa. diferenciación temprana odontoblástica y el inicio de la mineralización.

Teniendo la capacidad de aumentar la migración celular y la capacidad de activar y secretar factores de crecimiento $\beta 1$ encargados de la citodiferenciación temprana, y por ello, promover la formación de nuevas células de tipo odontoblásticas formadoras de dentina terciaria a partir de células madre pulpares. (51,55)

4.8 OrthoMTA

OrthoMTA (BioMTA, Seul, Corea) (figura 11) también es un material de cemento similar al MTA. Se desarrollo para el cierre del ápice de una raíz inmadura, obturación del conducto radicular ortogrado, reparación de perforaciones y obturación retrógrada. El fabricante afirma que Ortho MTA tiene componentes similares a ProRoot MTA, pero con menos contenido de metales pesados comparándolo con el ProRoot MTA. (58,59)



Figura 11 OrthoMTA (BioMTA, Seoul, Corea).(60)

Composición

Esta se encuentra en una presentación en polvo, compuesta por (59,61):

Silicato tricálcico, $(CaO)_3 SiO_2$, Silicato dicálcico, $(CaO)_2 SiO_2$, Aluminato tricálcico, $(CaO)_3$, Aluminoferrita de tetracalcio, $(CaO)_4 Fe_2O_3$, Óxido de calcio libre, CaO y Óxido de bismuto, Bi_2O_3

Fraguado

OrthoMTA presenta un tiempo de reacción de fraguado prolongado. Su fraguado inicial es va de los 180 minutos y el fraguado final a los 360 minutos. (58,62)

Radiopacidad

Esta es dada por el óxido de bismuto como radiopacante, dando como resultado clínico de 2.56 mmAl de grosor. (58)

Valor de pH

Tiene un valor alcalino inicial de pH de 11.90, al séptimo día este reduce a un valor de pH de 11.42. (62)

Biocompatibilidad

Tiene una característica bioactiva; libera iones calcio a través del foramen apical y neutralizando la porción apical de la raíz, formando una capa interfacial de hidroxiapatita. Los iones calcio liberados ayudaran a la regeneración del periodonto apical. (61,62)

A pesar de que el Cemento OrthoMTA, tiene una biocompatibilidad, este puede ser significamente más toxico a comparación al ProRoot MTA, generando una irritación en los tejidos circundantes lo cual puede retrasar a la cicatrización de los tejidos periapicales. (62)

4.9 MTA PLUS

MTA Plus (Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, EE. UU.) (figura 12) Es un material en polvo a base de silicato dicálcico y tricálcico que se puede mezclar con un líquido o un gel, y disponible en colores blanco / gris. Se utiliza como sellador de conductos radiculares cuando el polvo se mezcla con gel.

Una ventaja de MTA Plus es el tamaño de partícula que es 50% más pequeño en comparación con el MTA. (42,63,64)



Figura 12 Presentación gris del MTA Plus (Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, EE. UU.)

Composición

El MTA PLUS blanco / gris están compuestos por un compuesto en polvo y uno líquido, que están formados por (42):

MTA Plus Blanco

Polvo: silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, aluminato tricálcico, sulfato cálcico y yeso.

Líquido: Gel a base de agua con agentes espesantes y polímeros solubles en agua.

MTA Plus gris

Polvo: silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, aluminato tricálcico, sulfato cálcico, yeso y aluminoferrita

Líquido: Gel a base de agua con espesamiento.

Fraguado

Tiempo de fraguado 55 minutos en comparación del MTA Blanco es una gran ventaja al reducir el tiempo. (65)

Radiopacidad

La radiopacidad es dada por la adición del óxido de bismuto es de 4.5 mmAl. (66)

Valor de pH

Su valor alcalino en las primeras 24 horas alcanza un pH de 12 que disminuye después de 28 días hasta llegar a un valor de pH de 8. (65)

Biocompatibilidad

Su biocompatibilidad es similar al MTA Blanco. (67)

La viabilidad celular del odontoblasto al exponerlo al MTA Plus depende del tiempo / concentración de la mezcla, presentando un riesgo insignificante de citotoxicidad después de la dilución de sus componentes. El MTA Plus, manipulado con agua o gel, demuestran que las propiedades fisicoquímicas

son similares como reacción de hidratación, pH y liberación de iones de calcio. Sin embargo, con relación al tiempo de fraguado, compresión, porosidad y absorción de líquidos, el MTA Plus manipulado con gel tuvo mejores resultados que cuando se manipuló con agua destilada. (64)

MTA Plus tiene una capacidad prolongada para liberar calcio y aumentar el pH local en comparación con ProRoot MTA. (65)

La liberación de iones de calcio después de 3 horas fue más alta para el MTA Plus, mezclado con agua es de 43 Partes por millón (ppm) y la mezcla con gel es de 119 ppm. La liberación de iones de calcio disminuye durante los 28 días. A los 28 días, MTA Plus con gel tiene una liberación de 19 ppm en y el MTA Plus con agua llega a liberar 8 ppm. Por esta gran liberación de iones de calcio se ha mostrado remineralización de la dentina y la formación de depósitos de fosfato de calcio. (65)

4.10 GENEREX A, GENEREX B

Generex A y B (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) son dos materiales experimentales a base de silicato tricálcico. (68)

Generex A: Es un material a base de silicato de calcio que se utiliza como de relleno está diseñado para la terapia vital de la pulpa dental, la reparación de perforaciones radiculares o para sellar un ápice radicular. Tiene buenas propiedades de manipulación en comparación con el WMTA en forma ácida y tiene una resistencia superior al lavado que el WMTA. (68,69)

Generex B: Es un material a base de silicato de calcio que se utiliza como sellador del conducto radicular. (también conocido como ProRoot Endo Sealer). (70)

Propiedades Fisicoquímicas

Composición

Son materiales que tienen algunas similitudes con el ProRoot MTA que se mezclan con geles en lugar del agua que se usa para MTA. Estos están compuestos por: (7,71,72)

Generex A:

Generex-A es un material a base de silicato de calcio formulado con componentes en polvo más finos que el MTA blanco, y su gel de mezcla mejora el manejo y acortar el tiempo de trabajo.

Polvo: es óxido de bismuto, silicato tricálcico, silicato dicálcico y aluminato tricálcico con un gel de mezcla que contiene lauril sulfato de sodio y otros ingredientes no revelados

Los polvos Generex A contienen hidroxiapatita para nuclear la producción de hidroxiapatita.

Generex B:

Polvo: Contiene principalmente silicato tricálcico, silicato dicálcico, sulfato cálcico, óxido de bismuto y aluminato tricálcico.

Líquido: Es una mezcla de agua y un polímero soluble en agua viscoso

Fraguado

El tiempo de trabajo del material Generex A fue menor (9,5 min) y el tiempo de trabajo del sellador Generex B es de 65 min. Los tiempos de fraguado son adecuados para las indicaciones previstas para ambos materiales. (70)

El tiempo de fraguado son consideradamente largos: 2.5 a 11 horas para el material de Generex A y 9 horas para el Generex B. (70)

Resistencia Compresiva

La resistencia a la compresión de los materiales Generex A y B son de 69 MPa y 32.1 MPa respectivamente. (70)

Solubilidad

Para el material Generex A es de 2.0% después de las 24 horas. Por el otro lado, el sellador Generex B fue de 4.6% después de 24 horas. (70)

Radiopacidad

La radiopacidad de los materiales Generex A y B, dada por el óxido de bismuto, el cual, tienen un espesor de 7 y 6 mmAl de radiopacidad. (70)

Biocompatibilidad

Generex A es el material más biocompatible de ambos materiales, permitió una unión y un aumento en el número de osteoblastos similar al MTA. (70)

Generex A, un material similar en composición al MTA, permite el crecimiento de osteoblastos similar al MTA. Por su composición similar de este material podría explicar el por qué, los osteoblastos se comportaron de la misma forma, en cuanto en su capacidad de formación de hidroxiapatita y, la estimulación y proliferación de los osteoblastos. (70)

Generex B es un sellador potencial. La falta de viabilidad celular en este material a pesar de que tiene una composición química similar al Generex A. La mayor diferencia notable en la composición se encuentra en el gel de mezcla de Generex B, que es patentado. (7,70)

CAPÍTULO V GENERACIÓN IV DE MATERIALES BIO-ACTIVOS

5.1 CALCIUM PHOSPHATE/CALCIUM SILICATE/BISMUTITE CEMENT

Es un cemento experimental relativamente nuevo para el recubrimiento pulpar autoajutable. (73)

Propiedades fisicoquímicas

Composición

Constituido principalmente por hidroxiapatita, fosfato tetracálcico, $[Ca_4O(PO_4)_2]$, bismutita ($Bi_2O_2CO_3$) y silicato de calcio ($CaSiO_3$). (73)

Fraguado

Los tiempos de fraguado registrado es de 13 minutos 50 segundos. (73)

Resistencia Compresiva

Los valores demostrados en su resistencia a la compresión son de 22.81 MPa. (73)

Solubilidad

Presenta una pérdida de peso en su primera hora de la aplicación un 2.39%, a las 24 horas tiene una pérdida de 3.64% de pérdida de peso. (73)

Valores de pH

La solubilidad instantánea tiene un valor de pH alcalino de 9.78, a las 24 horas su valor aumenta a 10.90 de pH. (73)

Biocompatibilidad

Tiene una citotoxicidad leve, al no mostrar ningún efecto en los tejidos periapicales. Tiene una liberación lenta de hidróxido, como consecuencia causa un menor daño celular. El valor alcalino presente influirá en la estimulación en la fosfatasa alcalina y en la inducción de dentina reparatoria. (73)

Este material de recubrimiento pulpar induce una mayor expresión de sialofosfoproteína de dentina (DSPP), osteocalcina (OCN) y TGF-B1, teniendo un papel importante en la diferenciación de las células de los odontoblastos. (73)

Actividad antimicrobiana

Tiene un excelente efecto antimicrobiano contra la mayoría de las especies excepto *C. albicans*. Se le atribuye esta propiedad antimicrobiana a la presencia de Bismuta en la composición del cemento, también se le atribuye a su valor de pH alcalino dando como resultado la lisis celular. (73)

5.2 NRC (INCORPORATING HEMA)

Es un material para la retroobtención de la raíz, llamado NRC, partiendo de polvos bioactivos y un monómero de resina a base de hidroxietilmetacrilato (HEMA) han ganado gran popularidad por sus

propiedades favorables (tiempo de fraguado, la resistencia a la compresión, el pH y los resultados iniciales de biocompatibilidad) dados por su compuesto de resina. (74)

Propiedades Fisicoquímicas

Composición

La composición del material de obturación está dividida por dos partes, polvo y líquido, que los compone por (74,75):

Polvo: Óxido de calcio (CaO) 33.4%, Silicato de calcio (CaSiO₃) 33.3%, Carbonato de trifenilbismuto ((C₆H₅)₃BiCO₃) 33.3%.

Líquido: Metacrilato de hidroxietilo (HEMA) 10 ml, Peróxido de benzoilo ((C₆H₅CO)₂O₂) 3.03 g, NN-dimetil-p-toluidina (CH₃C₆H₄N (CH₃)₂) 0.02 ml y Paratoluenosulfonato de sodio (4-CH₃- C₆H₄SO₃Na) 0.01 g.

- El Carbonato de trifenilbismuto (TPB) como agente radiopacificante (aditivo radiopaco en resinas dentales).
- El N, N-dimetil-p-toluidina es un catalizador de la reacción (también un endurecedor).
- El Paratoluenosulfonato de sodio es un antioxidante.
- El metacrilato de 2-hidroxietilo se polimeriza para formar poli-HEMA que es hidrófilo, por lo que se hincha en agua dando estabilidad hidrolítica al polímero y soportan la resistencia mecánica de la matriz.

Fraguado

Exhibe un tiempo de fraguado de 12.5 minutos. En comparación al MTA blanco y gris es significativamente menor.(74,75)

Resistencia Compresiva

La resistencia a la compresión media fue de 21.6 MPa. (74,75)

Valores de pH

El valor de pH fue de 12 para el material NRC, valores similares al del MTA gris y blanco. (74,75)

Biocompatibilidad

Se ha evaluado la viabilidad celular del material obturación, no hay algún registro de citotoxicidad, por lo contrario, el NRC mostro un aumento significativo en la viabilidad. El NRC mostro una menor citotoxicidad en comparación al MTA blanco. El fosfato de calcio presente en el polvo usado en NRC actúa como un sustituto óseo y permite la entrada de osteoblasto. (75)

5.3 MTA WITH 4-META/MMA-TBB

Este material fue creado a partir de la idea de mezclar el MTA con una resina (4-META / MMA-TBB), para obtener todas las propiedades del MTA ya mencionadas en el texto, sumando a un tiempo de fraguado menor pero que este sea tolerado por los tejidos y mejor control de la liberación de iones calcio de manera continua. (76,77)

Propiedades fisicoquímicas

Composición

La resina autopolimerizante de base acrílica, que consiste principalmente en polimetilmetacrilato de metilo (PMMA) sólido prepolimerizado y metacrilato de metilo líquido (MMA), la resina de PMMA / MMA debe evitarse el uso intraoral directo debido a su baja biocompatibilidad o, en otras palabras, por su alta citotoxicidad. Debido a esto, la resina 4-META / MMA-TBB se desarrolló agregando anhídrido de trimelitato de 4-metacrililoiletilo (4-META) a MMA, con tri-nbutil borano (TBB) como iniciador de polimerización. (76,77)

Polimerización

El grado de polimerización de la resina 4-META / MMA-TBB dada por luz visible por 20 segundos, fue del 82% treinta minutos después de la preparación. (78)

Fraguado

Existen reportes de diferentes tiempos de fraguado, por lo que la media obtenida es de 26 min. A pesar de esto es 6 veces más rápido que el MTA. (77)

Resistencia Compresiva

La resistencia a la compresión media es de 57.4 MPa. (78)

Valores de pH

El valor de pH inicial a las 2 horas fue de 10.08 y las 24 horas fue de 10.54 su valor. (78)

Biocompatibilidad

Sus propiedades biológicas no se vieron afectadas y siguen siendo similares al MTA. Aunque estudios demarcan que la resina es levemente citotóxica demostrando que a las 72 horas existe una Inflamación aguda y más intensa con afectación más profunda de los tejidos, a los 7 días la inflamación es mixta e intensa, con indicios de necrosis, a los 15 días hay un menor cambio granulomatoso, hay menor cantidad de fibroblastos y una inflamación intensa, y finalmente a los 30 días da indicios de inflamación observados en tejidos más profundos. Pero aun con estas características, No se ve afectada la proliferación o diferenciación celular, promoviendo así su uso como recubrimiento pulpar. (77)

La liberación de calcio reportado para este material es significadamente un 75% menor en comparación a la mezcla de MTA, en un lapso de 24 horas. (77)

5.4 LIGHT-CURED CEMENTS INCLUDING (THERACAL LC)

TheraCal LC (Bisco, Schamurg, IL, EE. UU.) (Figura 13) es un nuevo material a base de silicato de calcio fotopolimerizado y modificado con resina que se utiliza como agente de recubrimiento pulpar directo e indirecto. Debido a la consistencia fluida antes de la fotopolimerización, facilita la colocación directa sobre el tejido pulpar expuesto. (79)



Figura 13 TheraCal LC (Bisco, Schamurg, IL, EE. UU.). (80)

Composición

El cemento consiste en una pasta única que contiene:

Óxido de calcio, partículas de silicato de calcio (cemento Portland tipo III), vidrio de estroncio, sílice de pirólisis, sulfato de bario, zirconato de bario y resina que contiene bisfenol A-metacrilato de glicidilo (Bis-GMA) y dimetacrilato de polietilenglicol (PEGDMA). (79)

Contracción

El TheraCal LC presenta un cambio dimensional consideradamente alto a comparación al del MTA. A las 24 horas 1,31 % y a los 30 días presenta una expansión de un 3,89%, debido a su matriz resinosa. La expansión del sellador

TheraCal LC puede explicar la capacidad de sellado superior y la menor microfiltración interfacial de este cemento. (79)

Fraguado

El tiempo de fraguado redujo considerablemente a 120 segundos debido a la incorporación de la resina fotocurable. (81) Se aplica en capas incrementales. (no debe exceder 1 mm de grosor) y se fotopolimerizado en lapsos de 20 segundos (82)

Resistencia compresiva

Los valores de resistencia a la compresión fueron estadísticamente más altos para el TheraCal LC después de ser fotopolimerizado, a las 24 horas tiene un valor de 78,78 MPa y a los 30 días muestra una resistencia compresiva de 69,06 MP, teniendo una resistencia a la compresión significativamente mayor que MTA, debido a su base de resina esto puede variar según la composición, el tamaño y el contenido de la matriz orgánica. (79)

Solubilidad

Se ha demostrado que la solubilidad del TheraCal LC es menor que el ProRoot MTA, Angelus MTA y Biodentine. (83)

Valores de pH

Demuestra un pH alcalino, después de 3 horas da un valor de 10.66 y a las 24 horas demuestra una reducción del pH con un valor de 9.85. (81,83)

Biocompatibilidad

La citotoxicidad y biocompatibilidad es de gran importancia como recubrimiento pulpar para evitar la irritación de la pulpa y mantener la vitalidad pulpar, dado el caso. Pero el TheraCal LC induce una extensa reacción pulpar inflamatoria hasta de un 75%, este efecto adverso se le puede atribuir al acrílico Bis-Gama que pueden permanecer sin polimerizar, presente en la composición del recubrimiento, demostrando una citocompatibilidad baja para las células pulpares (fibroblastos) reduciendo la viabilidad y el número de células. (81,83)

La biodisponibilidad de los iones de calcio juega un papel importante en la proliferación y diferenciación inducida por el material de las células de la pulpa dental humana y la nueva formación de tejidos duros mineralizados. El TheraCal LC se encuentra en un rango de concentración para la estimulación potencial de las células de la pulpa dental y los odontoblastos. Tiene una liberación de iones Calcio lenta y se ve afectada después del fraguado (81,83)

Actividad antimicrobiana

El TheraCal tiene una buena efectividad inhibitoria contra del *S. mutans*, *S. sobrinus*, y *S.gordonii*, esta actividad antimicrobiana es influenciada por su valor de pH. (83)

5.5 Bio-C Sealer

El sellador hidráulico Bio-C Sealer (figura 14) posee un tamaño de nanopartícula (2 μm). Es una premezcla desarrollada para el relleno y sellado de los conductos radiculares. Bio-C Sealer está disponible en una

presentación de una sola jeringa para su uso inmediato, hay pocos estudios que evalúen este material, ya que es un nuevo producto en el mercado.(84)



Figura 14 Angelus Bio C-Sealer cemento obturador bio cerámico, presentación en jeringa única. (85)

Composición

Es un cemento no resinoso compuesto por (84):

Silicato Tricálcico, Silicato Dicálcico, Aluminato Tricálcico, Óxido de Calcio, Óxido de Zirconio, Óxido de Silicio, Polietilenglicol y Óxido de Hierro.

Fraguado

El tiempo de fraguado es alto con 220 min. El fabricante nos indica que el tiempo será afectado por la humedad provenientes tanto del conducto y tejidos periapicales. (86)

Resistencia compresiva

Los valores de resistencia a la compresión según la casa comercializadora Angelus es 9.7 MPa, teniendo un valor bajo a comparación de otros materiales. (86)

Solubilidad

Presenta una solubilidad de 17.9% y presentando una pérdida de volumen del 20.9%. (84)

Radiopacidad

El material radiopacante utilizado en este sellador es el Óxido de Zirconio dando un malo de 7 mmAL.(86)

Valores de pH

El valor de pH en el primer día de su aplicación 9.65 pero conforme el paso del tiempo tiene una mínima disminución, al 7° día tiene un valor de 9.74 y finalmente al 21° día da un valor de 9.18. (87)

Biocompatibilidad

El Bio C-Sealer ha demostrado que es un material biocompatible a lo largo del tiempo. En una etapa temprana se ha observado una reacción inflamatoria en los tejidos subcutáneos, pero tiene una regresión rápida. Este sellador hidráulico muestra un potencial bioactivo debido a su reacción de fraguado que promueve la formación de iones calcio e hidroxilo (OH²), y el pH

alcalino el reclutamiento de células inflamatorias y la producción de citocinas, favoreciendo la reparación del tejido y el proceso de mineralización. (87,88)

Generación	Cemento Hidráulico	Empresa/País	Composición	Radioopacificador	Equivalente mm Al	pH	Fraguado (Min)	Biocompatibilidad
Generación I	MTA gris	Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA	Pulvo: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, sulfato cálcico y óxido de bismuto.	Óxido de bismuto	7.17	12.52	140 min	✓
	MTA blanco	Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA	Pulvo: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, sulfato cálcico y óxido de bismuto.	Óxido de bismuto	7.17	12.52	175 min	✓
Generación II	Modificaciones a MTA	-	-	-	-	-	-	-
	MTA Ángelus	Angelus, Londrina, Brazil	Pulvo: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de calcio, tungstato de calcio.	Óxido de bismuto	5.6-6.9	10	15 minutos	✓
Generación III	Endo CPM (Cemento Portland modificado)	Egeo, Buenos Aires, Argentina	Pulvo: Dióxido de silicio, Carbonato de calcio, Tróxido de bismuto, Sulfato de bario, Alginato de propilenglicol, Citrato de sodio, Cloruro de calcio. Líquido: Gel a base de agua	Sulfato de bario	6	12	15	✓
	iRootSP (Endosequence BC y SmartPaste Bio)	Innovative Bioceramix, Vancouver, Canadá	Pasta: Óxido de circonio, Silicatos de calcio, Fosfato de calcio, Hidroxido de calcio, Releno, Espesantes.	Óxido de bismuto	3.83	11.5	240	✓
	MTA Obtura	Angelus, Londrina, Brazil	Pasta: resinas naturales y diluidas, resina de nanoparticuladas, tróxido de bismuto, nanoparticulas de silicato y pigmentos.	Óxido de bismuto	7.06	8.02	290	x
	Tech Biosealer Endo	Issan, Rovello Porro, Italia	Pulvo: Cemento Portland blanco, óxido de bismuto (Fluka Alemania), anhídrido, fluoruro de sodio Líquido: solución tamponada de fosfato de Dulsecco	Óxido de bismuto	-	-	-	✓
	Cemento Enriquecido con Calcio	Maruchi, Wonju, Corea	Pulvo: Óxido de calcio, tróxido de azufre, pentóxido de fósforo, dióxido de silicio, tróxido de aluminio, óxido de sodio, óxido de magnesio y cloruro	Pentóxido de tantalio	4.2	11	333	✓
	Bioaggregate	Innovative Bioceramix, Vancouver, Canadá	Líquido: Agua destilada Pulvo: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato de calcio monobásico, dióxido de silicóna y pentóxido de tantalio	Óxido de circonio	3.8	12	-	✓
	Biodentine	Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francia	Pulvo: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, carbonato cálcico, óxido de hierro y el dióxido de zirconio. Líquido: Cloruro cálcico	Óxido de bismuto	4.8	11.5	100	✓

	Ortho MTA	BioMTA, Seul, Corea	Polvo Silicato tricálcico, Silicato dicálcico, Aluminato tricálcico, Aluminoferrita de tetraóxido, Óxido de calcio libre y Óxido de bismuto	Óxido de bismuto	2.56	11.9	360	✓
	MTA plus	Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, EE. UU.	Polvo: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, aluminato tricálcico, sulfato cálcico y yeso. Líquido: Gel a base de agua con agentes espesantes y polímeros solubles en agua.	Óxido de bismuto	4.5	12	55	✓
	Generex A, Generex B	Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA	Generex A: Polvo: Óxido de bismuto, silicato tricálcico, hidroxipatita silicato dicálcico y aluminato tricálcico Líquido: Gel con lauril sulfato de sodio e ingredientes no revelados	Óxido de bismuto	7	9.5		✓
	Generex B:		Polvo: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, sulfato cálcico, óxido de bismuto y aluminato tricálcico. Líquido: Es una mezcla de agua y un polímero soluble en agua viscoso		6	65		✓
Generación IV	Fosfato de calcio/Silicato de calcio/Cemento de bismutita	-	Polvo: hidroxipatita, fosfato tetra cálcico, bismutita y silicato de calcio.	-	-	10.9	13.5	✓
	NRC (Incorporación de HEMA)	-	Polvo: Óxido de calcio, Silicato de calcio, Carbonato de trietilbismuto. Líquido: Metacrilato de hidroxietilo, Peróxido de benzoino, NN-dimetil-p-toluidina y Paratoluenosulfonato de sodio	-	-	12	12.5	✓
	MTA CON 4-META / IMMA-TBB	-	Composile: polimetacrilato de metilo (PMMA) sólido prepolidizado y metacrilato de metilo líquido (MMA), anhídrido de trimelato de 4-metacriloxileilo (4-META) y tri-nbutil borano (TBB)	-	-	10.54	26	✓

TheraCal LC	Bisco, Schamurg, IL, EE. UU.	Pasta Óxido de calcio, silicato de calcio, óxido de estroncio, sílice de pirólisis, sulfato de bario, zirconato de bario y resina que contiene biseno A-metacrilato de glicidilo (Bis-GMA) y dimetacrilato de poliétilenglicol (PEGDMA)	-	-	10.66	2	∨
Bio-C Sealer	Angelus, Londrina, PR, Brasil	Cemento no resinoso: Silicato Tricálcico, Silicato Dicalcico, Aluminato Tricálcico, Óxido de Calcio, Óxido de Zirconio, Óxido de Silicio, Poliétilenglicol y Óxido de Hierro	Óxido de Zirconio	7	9.65	220	∨

Tabla 3 Aspectos de los cementos hidráulicos como composición, pH, tiempo de fraguado, radiopacidad y biocompatibilidad. Síntesis de este trabajo de investigación.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a la revisión literaria realizada, se puede decir que los cementos hidráulicos basados en silicatos tricálcicos poseen una extraordinaria mejora en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, en comparación a otros materiales cementantes.

Estos materiales han tenido un auge muy importante de manera veloz en el área de la endodoncia y en la práctica general, dando excelentes resultados.

Como se puede observar en la tabla 3, hay una gran variedad de cementos que están a nuestra disposición y seremos nosotros como cirujanos dentistas, quienes seleccionaremos dichos materiales de acuerdo con las especificaciones y requerimientos individuales que necesite cada uno de los tratamientos que se presenten en el consultorio odontológico.

También es importante destacar la evolución de los cementos hidráulicos, ya que los cambios que sufren con el paso del tiempo sirven para alcanzar el objetivo de tener el cemento endodóncico ideal para cada situación.

Finalmente, estos cementos hidráulicos bioactivos representan un futuro. Aún queda mucho camino por descubrir sobre este tema, pero he de ahí la mejora continua de estos materiales. Hasta llegar al punto donde sus propiedades sobrepasen toda expectativa y sean el standard de los tratamientos en el área de endodoncia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alberdi JC, Martín G. SELLADORES BIOCERÁMICOS Y TÉCNICAS DE OBTURACIÓN EN ENDODONCIA. Revista de la Facultad de Odontología. 2021 Jun 11;14(1):17.
2. Zafar K, Jamal S, Ghafoor R. Bio-active cements-mineral trioxide aggregate based calcium silicate materials: A narrative review. Vol. 70, Journal of the Pakistan Medical Association. Pakistan Medical Association; 2020. p. 497–504.
3. Primus CM, Tay FR, Niu L na. Bioactive tri/dicalcium silicate cements for treatment of pulpal and periapical tissues. Vol. 96, Acta Biomaterialia. Acta Materialia Inc; 2019. p. 35–54.
4. Pelepenko LE, Saavedra F, Antunes TBM, Bombardal GF, de Almeida Gomes BPF, Zaia AA, et al. Investigation of a modified hydraulic calcium silicate-based material - Bio-C Pulpo. Brazilian Oral Research. 2021;35:1–15.
5. DR. TORABINEJAD <https://newportrootcanal.com/about-us/doctors/dr-torabinejad/> [Internet]. 2021 [cited 2021 Nov 22]. Available from: <https://newportrootcanal.com/about-us/doctors/dr-torabinejad/>
6. Contreras Z, Suárez M, Sindreu FD, Roig M. Caso clínico Agregado Trióxido Mineral (MTA). Composición, características y aplicaciones clínicas. A propósito de un caso clínico. Vol. 7, DENTUM. 2007.
7. Alexandru A. Biocerámica en endodoncia [Internet]. 2019. Available from: www.onlinedoctranslator.com
8. Llanos-Carazas M. Evolution of bioceramic cements in endodontics. Conocimiento para el Desarrollo. 2019 Jun 29;10(1):151–62.
9. Agregado trióxido mineral Indicaciones y descripción de la aplicación clínica práctica por medio de ejemplos clínicos <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-pdf-X0214098510817387> [Internet]. 2010 [cited 2021 Nov 21]. Available

from: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-pdf-X0214098510817387>

10. Torabinejad Mahmoud. Mineral Trioxide Aggregate : Properties and Clinical Applications. Wiley; 2014. 362.
11. Jitaru S, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bioceramics in endodontics - literature review. Clujul Medical. 2016;89(4):470–3.
12. Komabayashi T, Spångberg LSW. Comparative Analysis of the Particle Size and Shape of Commercially Available Mineral Trioxide Aggregates and Portland Cement: A Study with a Flow Particle Image Analyzer. Journal of Endodontics. 2008 Jan;34(1):94–8.
13. Svetlozarova S. CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS ENTRE DOS TIPOS DE AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL-BLANCO Y GRIS-REVISIÓN DE LA LITERATURA COMPARACIÓN ENTRE BLANCO Y GRIS AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL COLOREADO (MTA)-UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA [Internet]. Available from: www.onlinedoctranslator.com
14. Ber BS, Hatton JF, Stewart GP. Chemical Modification of ProRoot MTA to Improve Handling Characteristics and Decrease Setting Time. Journal of Endodontics. 2007 Oct;33(10):1231–4.
15. MTA ANGELUS ANGELUS®
<https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/MTA-ANGELUS-Bula.pdf>. 2019.
16. PRODUCTOS ANGELUS, MTA Angelus
<https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/MTA-ANGELUS-Bula.pdf>. 2019.
17. CEMENTO REPARADOR MTA ANGELUS 1gr. COLOR BLANCO
<https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-pdf-X0214098510817387> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://dentpro.es/recubridor-pulpar/10220-17111-cemento-reparador-mta-angelus-1gr.html#>

18. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Bernabé PFE, de Moraes Costa MT. A Mineral Trioxide Aggregate Sealer Stimulated Mineralization. *Journal of Endodontics*. 2009 Feb;35(2):256–60.
19. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Cintra LTA, Nery MJ, Dezan-Júnior E, Queiroz IOA, et al. Effect of MTA-based sealer on the healing of periapical lesions. *Journal of Applied Oral Science*. 2013;21(3):235–42.
20. da Silva GF, Guerreiro-Tanomaru JM, Sasso-Cerri E, Tanomaru-Filho M, Cerri PS. Histological and histomorphometrical evaluation of furcation perforations filled with MTA, CPM and ZOE. *International Endodontic Journal*. 2011 Feb;44(2):100–10.
21. Donnermeyer D, Dornseifer P, Schäfer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head and Face Medicine*. 2018 Aug 20;14(1).
22. Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clinical Oral Investigations*. 2018 Mar 1;22(2):811–7.
23. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Vol. 39, *Dental Materials Journal*. Japanese Society for Dental Materials and Devices; 2020. p. 703–20.
24. Eduardo GOMES-FILHO J. Sellabilidade de seladores que contêm hidróxido de cálcio e MTA.
25. CPM <http://egeodental.com.ar/portfolio/cpm/> [Internet]. 2011 [cited 2021 Nov 21]. Available from: <http://egeodental.com.ar/portfolio/cpm/>
26. Wu L, Xue K, Hu G, Du H, Gan K, Zhu J, et al. Effects of iRoot SP on osteogenic differentiation of human stem cells from apical papilla. *BMC Oral Health*. 2021 Dec 1;21(1).

27. Zhu X, Yuan Z, Yan P, Li Y, Jiang H, Huang S. Effect of iRoot SP and mineral trioxide aggregate (MTA) on the viability and polarization of macrophages. *Archives of Oral Biology*. 2017 Aug 1;80:27–33.
28. iRoot® SP Injectable Root Canal Sealer <http://www.ibioceramix.com/products.html> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <http://www.ibioceramix.com/products.html>
29. EndoSequence BC Sealer Cemento BioCerámico 2G - Dental PACKS <https://www.dentalpacks.mx/deposito-dental/endodoncia/endosequence/> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://www.dentalpacks.mx/deposito-dental/endodoncia/endosequence/>
30. Material dental de biocerámica - TotalFill® - FKG Dentaire - para la obturación de canales <https://www.medicaexpo.es/prod/fkg-dentaire/product-72216-829990.html> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://www.medicaexpo.es/prod/fkg-dentaire/product-72216-829990.html>
31. Access Denied – Edge Endo LLC Online Store <https://store.edgeendo.com/denyaccess.aspx> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://store.edgeendo.com/denyaccess.aspx>
32. Chang SW, Lee SY, Kang SK, Kum KY, Kim EC. In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iroot SP root canal sealer. *Journal of Endodontics*. 2014 Oct 1;40(10):1642–8.
33. Al-Haddad A, Aziz ZACA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. Vol. 2016, *International Journal of Biomaterials*. Hindawi Limited; 2016.
34. MTA-FILLAPEX REF. DEN8288 | ANGELUS <https://www.medicaexpo.es/prod/fkg-dentaire/product-72216-829990.html> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from:

http://www.dentaeuropa.com/productos/mta-fillapex-ref-den8288_7124286_1.html

35. Vitti RP, Prati C, Silva EJNL, Sinhoreti MAC, Zanchi CH, de Souza E Silva MG, et al. Physical properties of MTA fillapex sealer. *Journal of Endodontics*. 2013 Jul;39(7):915–8.
36. Marrugo SP, Perez JA, Rocha DDR. Evaluation of the antimicrobial activity of mta fillapex® against enterococcus faecalis. *Salud Uninorte*. 2021 Jan 1;37(1):84–95.
37. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part I: vital pulp therapy. Vol. 51, *International Endodontic Journal*. Blackwell Publishing Ltd; 2018. p. 177–205.
38. Khedmat S, Dehghan S, Hadjati J, Masoumi F, Nekoofar MH, Dummer PMH. In vitro cytotoxicity of four calcium silicate-based endodontic cements on human monocytes, a colorimetric MTT assay . *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2014;39(3):149.
39. Ozasir T, Eren B, Gulsahi K, Ungor M. The Effect of Different Final Irrigation Regimens on the Dentinal Tubule Penetration of Three Different Root Canal Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study In Vitro. *Scanning*. 2021 Oct 14;2021:1–9.
40. La confezione commerciale del Tech Biosealer Root End (Isasan, Rovello... | Download Scientific Diagram https://www.researchgate.net/publication/271893063_L%27otturazione_di_apici_canalari_ampi_o_alterati_con_MTA/figures?lo=1 [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-La-confezione-commerciale-del-Tech-Biosealer-Root-End-Isasan-Rovello-Porro_fig38_271893063
41. Hakki SS, Bozkurt BS, Ozcopur B, Gandolfi MG, Prati C, Belli S. The response of cementoblasts to calcium phosphate resin-based and

- calcium silicate-based commercial sealers. *International Endodontic Journal*. 2013 Mar;46(3):242–52.
42. From MTA to New Biomaterials Based on Calcium Silicate. *Odvotos - International Journal of Dental Sciences*. 2016;18(1):18–22.
 43. Research O, Sadeghi S, Tabari R, Hosseini S, The Effect HS. of Thickness on Sealing Ability of Calcium Enriched Cement as a Coronal Seal Barrier. Vol. 6, *J Dent Mater Tech*. 2017.
 44. Kabbinala P, Chethena K, Kuttappa M. Role of calcium-enriched mixture in endodontics. *Archives of Medicine and Health Sciences*. 2015;3(1):80.
 45. Sadat Shojaee N, Adl A, Jafarpur D, Sobhnamayan F. Effect of different water-to-powder ratios on the compressive strength of calcium-enriched mixture cement. *Iranian Endodontic Journal*. 2018 Jun 1;13(3):395–7.
 46. Dawood AE, Parashos P, Wong RHK, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. Vol. 8, *Journal of investigative and clinical dentistry*. 2017.
 47. Caliskan S, Tuloglu N, Bayrak S. Clinical applications of bioaggregate in pediatric dentistry – Case reports. *Srpski Arhiv za Celokupno Lekarstvo*. 2019 Nov 1;147(11–12):746–50.
 48. Zhu L, Yang J, Zhang J, Peng B. A comparative study of bioaggregate and ProRoot MTA on adhesion, migration, and attachment of human dental pulp cells. *Journal of Endodontics*. 2014;40(8):1118–23.
 49. Dental Root Canal Filling Material – Find Local Dentist Near Your Area <https://localdentist.pro/dental-root-canal-filling-material/> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://localdentist.pro/dental-root-canal-filling-material/>
 50. Hashem AAR, Wanees Amin SA. The effect of acidity on dislodgment resistance of mineral trioxide aggregate and bioaggregate in furcation perforations: An in vitro comparative study. *Journal of Endodontics*. 2012 Feb;38(2):245–9.

51. Wyssenbach - Kanpandegia ELAGFG. Biodentine® y su uso en dentición temporal. *Odontol Pediatr* Vol . 2020 Jan;19(1).
52. Escorcía VS, Caballero AD. Biodentine: A dentine substitute? *Salud Uninorte*. 2020;36(3):587–605.
53. Iliescu AA, Perlea P, Tulus G, Iliescu MG, Gheorghiu IM, Manolea HO. *Bioceramics in Endodontics*. 2019.
54. BIODENTINE 5 CAPS. X 0,7GR + 5 X 0,2ML - SEPTODONT - Henry Schein España, S.L. <https://localdentist.pro/dental-root-canal-filling-material/> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://www.henryschein.es/es-es/dentalclinica/p/cirugia/biomateriales/biodentine-5-caps-x-0-7gr-5-x-0-2ml-septodont/903-9112>
55. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus biodentine: Review of literature with a comparative analysis. Vol. 11, *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*; 2017. p. ZG01–5.
56. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Anthonappa RP. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. Vol. 19, *European Archives of Paediatric Dentistry*. Springer Verlag; 2018.
57. Pravinchandra Solanki N, Karkala Venkappa K, Chinmay Shah N. Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root-end filling material: A systematic review [Internet]. Available from: <https://www.jcd.org.in/printarticle.asp?issn=0972-0707;year=2018;volume=21;issue=1;spage=10;epage=15;aulast=Solan ki>
58. Orhan EO, Irmak Ö, Bal EZ, Danacı Z, Babayeva F, Orhan E, et al. Radiopacity quantification and spectroscopic characterization of OrthoMTA and RetroMTA. *Microscopy Research and Technique*. 2021 Jun 1;84(6):1233–42.

59. Chang SW, Baek SH, Yang HC, Seo DG, Hong ST, Han SH, et al. Heavy metal analysis of ortho MTA and ProRoot MTA. *Journal of Endodontics*. 2011 Dec;37(12):1673–6.
60. Ortho MTA (0.2 g x 50 vials) (09-968) - SDT <https://sdt1988.com/product/endodontics/biomta/root-repair-materials/ortho-mta-0-2-g-x-50-vials-09-968/> [Internet]. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://sdt1988.com/product/endodontics/biomta/root-repair-materials/ortho-mta-0-2-g-x-50-vials-09-968/>
61. Lee BN, Son HJ, Noh HJ, Koh JT, Chang HS, Hwang IN, et al. Cytotoxicity of newly developed ortho mta root-end filling materials. *Journal of Endodontics*. 2012 Dec;38(12):1627–30.
62. Kim M, Yang W, Kim H, Ko H. Comparison of the biological properties of ProRoot MTA, OrthoMTA, and endocem MTA cements. *Journal of Endodontics*. 2014 Oct 1;40(10):1649–53.
63. Aktemur Türker S, Uzunoğlu E, Purali N. Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2018 Dec 19;12(4):294–8.
64. Gomes-Cornélio AL, Rodrigues EM, Salles LP, Mestieri LB, Faria G, Guerreiro-Tanomaru JM, et al. Bioactivity of MTA Plus, Biodentine and an experimental calcium silicate-based cement on human osteoblast-like cells. *International Endodontic Journal*. 2017 Jan 1;50(1):39–47.
65. Gandolfi MG, Siboni F, Primus CM, Prati C. Ion release, porosity, solubility, and bioactivity of MTA plus tricalcium silicate. *Journal of Endodontics*. 2014 Oct 1;40(10):1632–7.
66. Camilleri J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *Journal of Endodontics*. 2015 Jul 1;41(7):1139–45.

67. Walsh RM, Woodmansey KF, Glickman GN, He J. Evaluation of Compressive Strength of Hydraulic Silicate-based Root-end Filling Materials. *Journal of Endodontics*. 2014;40(7):969–72.
68. Farhana F, Jayasheelan N, Harish K, Shetty S, Gowri S. Biomimetic materials: A realm in the field of restorative dentistry and endodontics: A review. ~ 31 ~ *International Journal of Applied Dental Sciences* [Internet]. 2020;6(1):31–4. Available from: www.oraljournal.com
69. Ghoddsi J. Material modifications and related materials. In: *Mineral Trioxide Aggregate in Dentistry: From Preparation to Application*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2014. p. 131–49.
70. Primus CM, Gutmann JL, Yapp R, Tay F. Physical Properties of New Generation Tricalcium Silicate Dental Materials. *Bioceramics Development and Applications*. 2016;04(01).
71. Washington JT, Schneiderman E, Spears R, Fernandez CR, He J, Opperman LA. Biocompatibility and osteogenic potential of new generation endodontic materials established by using primary osteoblasts. *Journal of Endodontics*. 2011 Aug;37(8):1166–70.
72. Porter ML, Bertó A, Primus CM, Watanabe I. Physical and Chemical Properties of New-generation Endodontic Materials. *Journal of Endodontics*. 2010 Mar;36(3):524–8.
73. Shen Q, Sun J, Wu J, Liu C, Chen F. An in vitro investigation of the mechanical-chemical and biological properties of calcium phosphate/calcium silicate/bismutite cement for dental pulp capping. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*. 2010 Jul;94(1):141–8.
74. DentalMaterials 708 DentalUpdate Calcium Silicate Materials in Endodontics. 2014.
75. Kim M, Ko H, Yang W, Lee Y, Kim S, Mante FK. A new resin-bonded retrograde filling material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2009 Nov;108(5).

76. Nakagawa K, Ikeda T, Saita M, Hirota M, Tabuchi M, Park W, et al. Biological and biochemical characterization of 4-META/ MMA-TBB resin [Internet]. 2015. Available from: www.symbiosisonline.orgwww.symbiosisonlinepublishing.com
77. Kaul R, Farooq R, Kaul V, Malik AH, Purra AR, Ahmad L. Evaluation of biological, physical and chemical properties of mineral trioxide aggregate mixed with 4-META/MMA-TBB. *Indian Journal of Dental Research*. 2013 Jul;24(4):418–22.
78. Chung H, Kim M, Ko H, Yang W. Evaluation of physical and biologic properties of the mixture of mineral trioxide aggregate and 4-META/MMA-TBB resin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2011;112(5):e6.
79. Gasperi TL, da Silveira J de AC, Schmidt TF, Teixeira C da S, Garcia L da FR, Bortoluzzi EA. Physical-mechanical properties of a resin-modified calcium silicate material for pulp capping. *Brazilian Dental Journal*. 2020 May 1;31(3):252–6.
80. Theracal Lc Base Silicato De Calcio Foto <https://www.midepositodental.com/m07300057-theracal-lc-base-silicato-de-calcio-foto.html> [Internet]. <https://www.midepositodental.com/m07300057-theracal-lc-base-silicato-de-calcio-foto.html>. [cited 2021 Nov 21]. Available from: <https://www.midepositodental.com/m07300057-theracal-lc-base-silicato-de-calcio-foto.html>
81. Lauritano D, Buonavoglia A, Lauritano D, Perrone D, Ardito F, Troiano G, et al. P R O O F P R O O F JOURNAL OF BIOLOGICAL REGULATORS & HOMEOSTATIC AGENTS EVALUATION OF CHEMICAL-PHYSICAL PROPERTIES AND CYTocompatibility OF THERACAL LC. Vol. 31. 2017.

82. Alzraikat H, Taha NA, Qasrawi D, Burrow MF. Shear bond strength of a novel light cured calcium silicate based-cement to resin composite using different adhesive systems. *Dental Materials Journal*. 2016;35(6):881–7.
83. Arandi NZ, Rabi T. TheraCal LC: From Biochemical and Bioactive Properties to Clinical Applications. Vol. 2018, *International Journal of Dentistry*. Hindawi Limited; 2018.
84. López-García S, Pecci-Lloret MR, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Lozano A, Llena C, et al. Comparative cytocompatibility and mineralization potential of Bio-C sealer and totalfill BC sealer. *Materials*. 2019 Oct 1;12(19).
85. bio-sealer.jpg [Internet]. [cited 2021 Dec 7]. Available from: <https://prodontomed.com/wp-content/uploads/2017/09/bio-sealer.jpg>
86. Angelus P. BIO-C ® SEALER Cemento obturador biocerámico listo para uso.
87. Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–based Sealer, Bio-C Sealer. *Journal of Endodontics*. 2019 Oct 1;45(10):1248–52.
88. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate–based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *Journal of Endodontics*. 2020 Oct 1;46(10):1470–7.