



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Evaluación in vitro de la biocompatibilidad y características de tres cementos selladores utilizados en endodoncia NeoSEALER™ Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus®.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA**

P R E S E N T A:

C.D. EDUARDO ADRIÁN SÁNCHEZ BARAJAS

TUTOR: Dra. FEBE CAROLINA VÁZQUEZ VÁZQUEZ

ASESOR: Esp. ALEJANDRA RODRÍGUEZ HIDALGO



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

Agradezco:

A mis profesores del posgrado de endodoncia por el tiempo de enseñanza durante mi estancia en la especialidad.

A la Doctora Alejandra Rodríguez Hidalgo y a la Doctora Febe Carolina Vázquez Vázquez por la paciencia, la motivación y su guía para que este trabajo se llevara acabo de la mejor manera.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de seguir desarrollándome como profesionista y como persona.

Y a mis amados padres Mónica Barajas Hernández y Cesar Adán Sánchez Ponce por su apoyo incondicional, educación y cariño que me han brindado desde siempre.

Índice

Resumen	4
Abstract	5
Introducción	6
1. Marco teórico	7
1.1 Obturación del sistema de conductos	7
1.2 Cemento sellador.....	7
1.3 Cementos biocerámicos	9
1.3.1 Antecedentes.....	9
1.3.2 Generalidades	10
1.3.3 Clasificación.....	12
1.3.4 Indicaciones.....	12
1.3.5 Presentaciones.....	14
1.4 Neosealer ^{MT} Flo.....	14
1.5 Ah Plus® Bioceramic Sealer	16
1.6 Ah Plus®.....	17
1.7 Norma ISO 6876/ ADA 57.....	19
1.8 Respuesta celular de los cementos.....	20
2. Justificación	22
3. Hipótesis	25
4. Objetivo general y específico	25
5. Materiales y Métodos	25
6. Resultados	31
7. Discusión	35
8. Conclusión	37
9. Referencias Bibliográficas	38

Resumen

Objetivo. Evaluar la biocompatibilidad y características de 3 cementos utilizados en endodoncia NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus® en un estudio experimental in vitro.

Materiales y Métodos. Se realizaron 12 muestras dentro de una matriz de silicón con diámetro de 5x3 mm y con peso de 0.1gr en promedio por muestra, se almacenaron en una incubadora con una humedad de 95% y temperatura de 37°C. Una vez fraguados de 24 a 72 horas se recuperaron. Posteriormente se usó 1×10^3 células de fibroblastos gingivales (HGF) para cada pastilla dejándolo 24 hrs y 48 hrs en incubadora. Se utilizó el Kit WST1 para analizar la cantidad de células adheridas en los discos de los cementos y la solución resultante fue leída en un espectrofotómetro a una longitud de 545 nm. El análisis de superficie se llevó a cabo con microscopía electrónica de barrido (MEB) en ampliaciones de x100, x500 y x1000. Y el análisis de FTIR o espectroscopía lo cual nos permitió identificar la composición de los diferentes materiales.

Resultados. En las primeras 24 hrs el cemento sellador con menor viabilidad celular fue el Neosealer^{MT} Flo sin embargo a las 48 hrs se incrementó su viabilidad celular, al igual que el cemento AH Plus® Biocerámico, por otro lado, el cemento AH Plus® en las primeras 24 hrs fue el que tuvo mayor porcentaje de viabilidad celular manteniéndose estable hasta las 48 hrs.

En el análisis de superficies, se observó el tamaño de la partícula de los cementos, teniendo de mayor espesor el cemento NeoSealer^{MT} Flo, presentando mayor rugosidad en el área seleccionada con gránulos de diferentes tamaños y formas, seguida del cemento AH Plus® Bioceramic Sealer teniendo un tamaño de partícula fino, presentando menores irregularidades y finalmente el cemento AH Plus® el cual presentó una superficie homogénea.

Conclusiones. Todos los cementos en este estudio presentaron algún porcentaje de viabilidad celular, el cual puede ser distinto dependiendo del tiempo en los fibroblastos gingivales humanos, sin embargo, son biotolerables para los tejidos perirradiculares.

Palabras clave. AH Plus Bioceramic, NeoSealer Flo, biocompatibilidad, características.

Abstract

Objective. To evaluate the biocompatibility and characteristics of 3 cements used in endodontics NeoSEALER MT Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer and AH Plus® in an experimental in vitro study.

Materials and Methods. Twelve samples were made inside a silicone matrix with a diameter of 5x3 mm and weighing 0.1 g on average per sample and were stored in an incubator with a humidity of 95% and a temperature of 37°C. Once they had set for 24 to 72 hours, they were recovered. Subsequently, 1X10³ gingival fibroblast cells (HGF) were used for each pellet leaving it 24 hrs and 48 hrs in incubator. The WST1 Kit was used to analyze the number of cells adhering to the cemented discs and the resulting solution was read in a spectrophotometer at a length of 545 nm. Surface analysis was carried out with scanning electron microscopy (SEM) at magnifications of x100, x500 and x1000 and FTIR analysis or spectroscopy which allowed us to identify the composition of the different materials.

Results. In the first 24 hrs, the sealer cement with the lowest cell viability was NeosealerMT Flo; however, at 48 hrs its cell viability increased, as did the AH Plus® Bioceramic cement. On the other hand, the AH Plus® cement had the highest percentage of cell viability in the first 24 hrs and remained stable until 48 hrs.

In the surface analysis, the particle size of the cements was observed, with the NeoSealerMT Flo cement having the greatest thickness, presenting greater roughness in the selected area with granules of different sizes and shapes, followed by the AH Plus® Bioceramic Sealer cement having a fine particle size, presenting fewer irregularities and finally the AH Plus® cement which presented a homogeneous surface.

Conclusions. All cements in this study presented some percentage of cell viability, which may be different depending on the time in human gingival fibroblasts, however, they are biotolerable for periradicular tissues.

Key words. AH Plus Bioceramic, NeoSealer Flo, biocompatibility, characteristics.

Introducción

La terapia endodóncica se basa en secuencias de irrigación con soluciones desinfectantes, instrumentación mecánica con diversos dispositivos para el arrastre de las bacterias, además del sellado del sistema de conductos de manera tridimensional lo más hermético posible, evitando la contaminación con microorganismos o líquidos, promoviendo la reparación de los tejidos periapicales.

Se ha observado que el sistema de conductos radiculares presenta anatomías irregulares a lo largo de todo su trayecto, lo que dificulta su total conformación, desinfección y obturación, siendo fundamental el uso de cementos radiculares, para el sellado y la unión de las paredes dentinarias con el material obturador, con el objetivo de crear un sellado homogéneo, sin espacios en los que puedan proliferar los microorganismos, además nos ayude a penetrar la complejidad del sistema de conductos hasta nivel apical.

A lo largo de los años se han conocido distintos tipos de cementos selladores, clasificándolos de acuerdo con su composición, siendo de composición de resina epoxi, hidróxido de calcio, silicona, óxido de zinc y eugenol que, hasta el día de hoy, ninguno cumple con los requisitos enlistados por Grossman en 1958, y en la actualidad los cementos de silicato de cálcico, los cuales prometen fácil aplicación, bioactividad y mayor biocompatibilidad que los cementos convencionales.

Sin embargo, en ocasiones el cemento sellador se extruye o libera subproductos hacia los tejidos perirradiculares a través del foramen apical, provocando irritación en la zona o en las células que se encuentran en el espacio del ligamento periodontal como los fibroblastos, osteoblastos y cementoblastos, de ahí la importancia en conocer las características y pruebas biológicas de los cementos selladores. La razón por la cual se realizará el estudio es para comparar la biocompatibilidad, ya que en los últimos años la utilización de los cementos biocerámicos ha ido en aumento, por eso la inquietud de observar su comportamiento en comparación del cemento AH Plus®, el cual es el cemento más usado para la realización de pruebas fisicoquímicas y biológicas.

1. Marco teórico

1.1 Obturación del sistema de conductos radicular

El objetivo principal de la obturación del sistema de conductos radicular es obtener el sellado tridimensional del espacio previamente desinfectado y conformado por los instrumentos mecánicos para evitar la recolonización de las bacterias, además de tratar y prevenir la periodontitis apical mediante el control microbiano.¹ La obturación se realiza principalmente con conos de gutapercha, los cuales deben estar muy bien adaptados, debido a que no se adhiere a las superficies dentinarias del conducto; además del cemento sellador ya que, ayuda al llenado del espacio faltante que no ocupa la gutapercha, éste rellena las complejidades e irregularidades del sistema de conductos como los istmos, conductos laterales, accesorios y deltas apicales.²

1.2 Cemento sellador

Es de suma importancia la elección del cemento sellador ya que nos permitirá complementar la obturación del sistema de conductos radiculares ³, Grossman en el año de 1958 enlisto diversos requisitos que debería tener el cemento ideal, a los que Ingle y West agregaron 2 más.²⁻⁵

- Una vez combinado, debe ser pegajoso para adherirse a las superficies.
- Ofrecer un sellado hermético a los conductos y ser impermeable.
- Radiopaco para ser visible imagenológicamente.
- Las partículas del cemento necesitan ser extremadamente pequeñas para mezclarse adecuadamente.
- No debe contraerse al fraguar o endurecer.
- Debe ser fácil de introducir al conducto y no teñir las superficies dentales.
- Debe ser bacteriostático.
- Debe fraguar lento, para realizar las modificaciones necesarias.
- Insoluble en los fluidos hísticos para prevenir su disolución.
- Debe ser biocompatible.
- Debe ser capaz de solubilizarse ante los solventes convencionales.

- No tener reacción inmunitaria al contacto con los tejidos.
- No debe ser mutagénico, ni carcinogénico.

Es apropiado examinar si alguno de los cementos selladores cumple con todos estos requisitos, sin embargo, aún no existe el cemento ideal, aunque la investigación de los cementos endodóncicos sigue buscando y mejorando la mayoría de estos requisitos para el beneficio de la práctica endodóncica.⁵

El cemento sellador tiene una función fundamental en la obturación del conducto radicular, la cual es completar el espacio que la gutapercha es incapaz de obturar, debido a sus limitaciones físicas. Los cementos son fluidos para poder pasar a través de las superficies del conducto, además nos sirven de ayuda al contener los pocos microorganismos presentes en los túbulos dentinarios, además durante el proceso de obturación los cementos actúan como lubricantes facilitando la colocación de los conos de gutapercha. Por lo tanto, podemos decir que tienen distintas funciones como, agente antimicrobiano, de unión, de relleno, y lubricante, también de tener la capacidad de ser visualizado en las radiografías con una densidad distinta, para ser diferenciado de los tejidos dentales circundantes.^{4,6}

La obturación hermética del sistema de conductos contra la reinfección ya no es el único objetivo de la obturación. Las propiedades antibacterianas, así como la inducción bioactiva de la cicatrización periapical y la formación de tejido mineral se agregan a las propiedades de los nuevos cementos selladores con componentes de silicato de calcio, en comparación con los cementos convencionales a base de resina epoxi, ionómero de vidrio, hidróxido de calcio, silicona, óxido de zinc y eugenol.⁵

1.3 Cementos biocerámicos

1.3.1 Antecedentes

Los cementos selladores a base de silicato tricálcico fueron introducidos con el Mineral Trióxido Agregado (MTA) en la década de 1990 por Torabinejad y White en la Universidad de Loma Linda, California EUA, como un material que mostraba propiedades biológicas y físicas superiores para la reparación dentinaria,^{7,8} el MTA es un “cemento cerámico a base de polvos de silicato tricálcico y silicato dicálcico”, que a partir de sus componentes se han desarrollado nuevas generaciones de materiales. En el 2011 Darvell y Wu introdujeron el término de “cemento de silicato hidráulico” para referirse al MTA y a los materiales de este tipo,⁹ los cuales se componen de polvos finos cerámicos modificados para su uso médico y odontológico con excipientes radiopacos para visualizarse en las radiografías, pero contiene los mismos componentes cerámicos presentes en el cemento Portland.⁶ Los trióxidos en el nombre MTA se refieren a los óxidos comúnmente usados para describir el cemento Portland: calcio, sílice y alúmina ¹⁰ el cual, es el antecesor del MTA y de los cementos biocerámicos actuales.



Fig.1 ProRoot MTA, (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza).⁸

Los biocerámicos son materiales dentales diseñados para su uso clínico odontológico, teniendo en su composición zirconio, alúmina, vidrio cerámico, vidrio bioactivo, hidroxiapatita, silicatos cálcicos y fosfato de calcio, los cuales son reabsorbibles utilizados previamente como materiales de reparación, retroobtención y actualmente como cementos selladores para obturación intrarradicular.

1.3.2 Generalidades

Los cementos fabricados a base de silicato tri/dicálcico, excluyendo a los productos derivados a base de resina, poseen características generales como fraguado hidráulico (reacción con agua), generación de un pH alcalino (>7), liberación de iones de calcio, son bioactivos, su fraguado es relativamente más lento en comparación con otros cementos dentales, y presentan un fortalecimiento gradual por hidratación en un periodo de alrededor de 4 semanas.^{10,11}

Los cementos biocerámicos también son llamados hidráulicos por la absorción de agua y otros fluidos para su fraguado, son utilizados casi exclusivamente para procedimientos en el área de endodoncia. Ser categorizado como cemento hidráulico, el efecto inicial debe ser de hidratación, la presencia de agua es fundamental ya que de otra manera no se solidificarían,^{10,11} sin embargo, no hay un protocolo establecido para determinar la cantidad de líquido dentro del conducto, esto hace que se puedan presentar tiempos de fraguado impredecibles o variables, debido a que estos cementos dependen de la disponibilidad de humedad.¹

El pH alto en estos cementos provoca que, los iones de fosfato en los fluidos corporales se transformen en subproducto de hidróxido de calcio sobre la superficie, debido a su hidratación, lo que provoca un efecto antimicrobiano para algunas bacterias y levaduras debido a su pH elevado. También se ha informado que los cementos selladores a base de silicato cálcico causan la aposición de cristales parecidos a la apatita en los tercios medio y apical, logrando un mejor sellado apical y por lo tanto menor microfiltración para las bacterias.^{6,12}

La creación de cristales de hidroxiapatita dentro del conducto radicular puede contribuir a cubrir el espacio del conducto ocupado anteriormente por la pulpa dental y que la gutapercha no rellena. Estos cristales pueden bloquear la migración bacteriana, sellando y evitando una reinfección posterior al tratamiento. La capacidad para adherirse de los cementos de silicato tricálcico y dicálcico a las superficies de la dentina, es debido a la bioactividad; es decir, la precipitación de cristales de hidroxiapatita, llenando los vacíos

y creando una adhesión por fricción mecánica en la pared de la dentina en conjunto con la gutapercha.^{3,6}

Son bioactivos por la liberación de iones de calcio para la creación de hidroxiapatita en las superficies dentinarias, por la presencia de fluidos; los cuales pueden ser liberados hasta por un mes después del fraguado, estos tipos de selladores son inherentemente hidrofílicos ⁶ sin embargo estas características del material, pueden hacer que su estabilidad dimensional sea variable, por la solubilidad del ambiente, el cual es húmedo o beneficiarse por la ligera expansión del cemento, teniendo un impacto en la calidad del sellado de los conductos radiculares.⁷ Por lo tanto, se pueden utilizar los mismos materiales para una variedad de procedimientos, pero la interacción con el entorno será diferente, ya que el ambiente será específico del procedimiento clínico, en el que se utilice la presentación de cada material, teniendo resultados mayores donde se recomiende su uso.¹¹

La bioactividad, es definida como, “la capacidad de formar una capa de apatita carbonatada en la superficie de un material después de la inmersión en fluidos corporales sintéticos, siendo una característica deseable para los cementos selladores” ¹⁰ posteriormente el Dr. Larry Hench en 1969 utilizó una definición ligeramente diferente de bioactividad como: “un material de unión que provoca una respuesta biológica específica, dando como resultado la unión de los tejidos y el material”.⁷

Se ha demostrado que distintos cementos de silicato tricálcico biomineralizan, permiten el crecimiento o afectan a células inmunitarias, permiten la diferenciación osteoblástica, la proliferación de fibroblastos en modelos in vitro, factores de crecimiento osteogénicos, angiogénicos inducidos, aumentando la diferenciación de cementoblastos, odontoblastos, células pulpares y migración de células madre, además de la proliferación del ligamento periodontal lo cual hace que se tengan buenas expectativas para su uso.
6,10,13

Los cementos selladores endodóncicos y las técnicas de obturación avanzan significativamente junto con la tecnología en sus características físicas y químicas. La

importancia de los cementos selladores se volverá en estos tiempos más un enfoque en el tratamiento clínico. Los dentistas deben comprender mejor el papel del cemento sellador para la elección en cada caso, lo que dará como resultado tratamientos exitosos en la práctica endodóncica.⁶

1.3.3 Clasificación

La presentación de las distintas variaciones en las composiciones, propiedades, indicaciones y rendimiento práctico permite a los clínicos elegir el material más adecuado para cada caso.¹⁰ Las aplicaciones clínicas han llevado al desarrollo de una serie de materiales con una base diferente, vehículos alternativos e incorporando modificadores de distintos tipos.⁹

Los cementos selladores a base de biocerámicos se dividen en 2 grandes categorías las cuales son: los que utilizan silicato de calcio (con MTA) y los de fosfato de calcio (sin MTA).¹⁴

Otra clasificación de los materiales biocerámicos es en función de su interacción con el tejido siendo bioactivos, bioinertes y biodegradables.¹³ Los componentes bioactivos, como el silicato de calcio y el vidrio, se relacionan con el tejido de alrededor, para fomentar el desarrollo de nuevo tejido. Por otro lado, los materiales bioinertes, generan una reacción insignificante del tejido siendo únicamente tolerados por el organismo, y los biodegradables poseen la capacidad de desaparecer del entorno biológico donde fueron administrados después de un tiempo.⁴

1.3.4 Indicaciones

Las indicaciones de uso de los cementos biocerámicos se describen ampliamente en 3 categorías ^{9,10,12}:

1. Intracoronal (terapia pulpar vital y barrera de protección regenerativa).
2. Extrarradicular (restauración de perforaciones y cirugía apical endodóncica).
3. Intrarradicular (sellado de conductos radiculares y tapones endodóncicos).

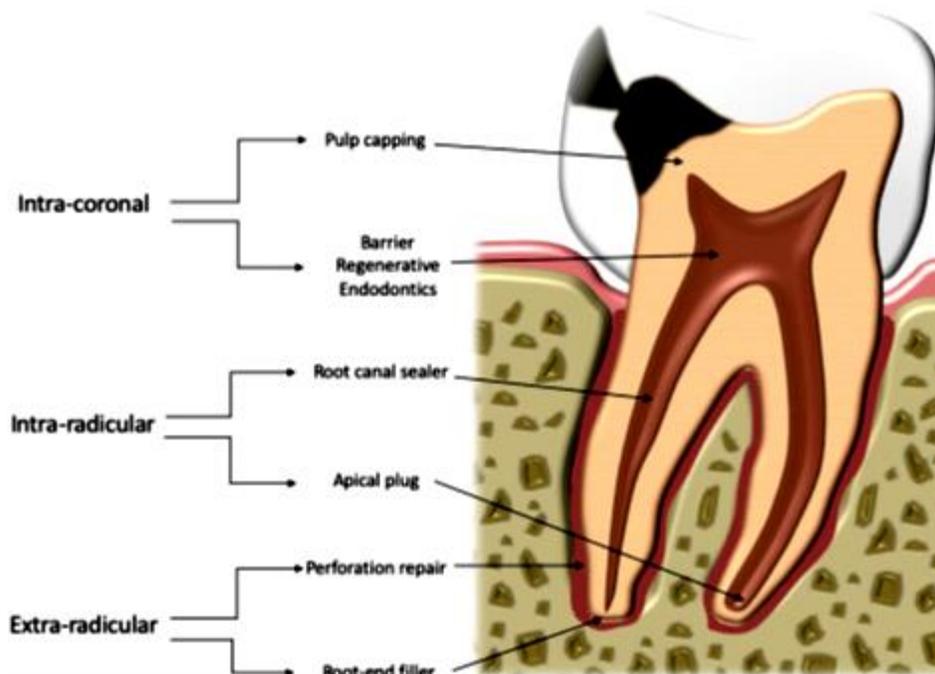


Fig. 2 Esquema de indicaciones para el uso de los biocerámicos.⁹

El tratamiento de los dientes con silicatos tri/dicálcicos seguirán cambiando la terapia vital de la pulpa, la reparación radicular y el tratamiento de conductos pues el usarlos en la actualidad puede volverse más común, ya que presentan beneficios si se usan de manera adecuada, aunque para el tratamiento de conductos existe el temor de repetir el tratamiento por la formación de apatita a causa de la bioactividad, sin embargo existen informes acerca de la eliminación del material biocerámico combinado con gutapercha, teniendo resultados similares a los cementos de composición resinosa para su retiro del sistema de conductos.¹⁰

Si el cemento sellador no realiza su función siguiendo en mayor parte el listado de Grossman, se pueden tener problemáticas como la microfiltración por el paso de bacterias entre el diente y el material de restauración, lo cual puede provocar el fracaso del tratamiento de conductos radiculares. Conocer las presentaciones, cualidades y características de cada cemento endodóncico es fundamental para conseguir una elección más acertada y aplicación eficaz en cada situación clínica.⁶

1.3.5 Presentaciones

Se diferencia entre los materiales que se suministran en forma de polvo para mezclar con agua, de los que se presentan suspendidos en un vehículo no acuoso y que dependen, de la difusión de agua, del entorno para que se produzca la hidratación, también se encuentran en dosificaciones de pasta en tubos diferentes y recientemente en denominados premezclados, estos últimos se suministran en una jeringa, debido a que no se requiere que el usuario los mezcle. Otras matrices de fraguado, como las resinas polimerizantes, que no involucran agua, no pueden ser consideradas formadoras de cementos hidráulicos.⁹

El proceso de fraguado de los cementos de silicato cálcico de pasta única se produce a través de la atracción de agua de los túbulos dentinarios y la creación simultánea de apatita en la superficie de los conductos.^{6,10} Los cementos de silicato cálcico de una sola pasta requieren agua para iniciar la reacción de fraguado de lo contrario no se tendrían las propiedades mencionadas por el fabricante.² Con el objetivo de combinar las mejores propiedades fisicoquímicas,⁷ se ha producido una nueva generación de cementos selladores con composición de silicato de calcio los cuales deberán ser analizados.¹⁴

1.4 NeoSEALER^{MT} Flo

Características

Comercializado por Avalon Biomed es un cemento biocerámico de pasta única premezclado, constituido según el fabricante por “silicato dicálcico (<10%) y silicato tricálcico (<25%) como componentes bioactivos, y aluminato de calcio (<25%), óxido de aluminio y calcio (grossite) (<6%), aluminato tricálcico (<5%) y tantalita (50%) como radiopacador.” El fabricante también informa residuos de sulfato de calcio (<1%) está diseñado para aplicación in vivo en presencia de la humedad, proporcionada por los tejidos que lo rodean.^{15,16}

Es un sellador de conductos radiculares biocerámico bioactivo con propiedades que promueve la formación de hidroxiapatita para apoyar el proceso de cicatrización, mediante la liberación de iones de calcio e hidróxido. Es libre de resina, biocompatible, dimensionalmente estable y antimicrobiano. Está diseñado para promover el fraguado y maximizar su bioactividad. No citotóxico, inicialmente su pH es alto (alcalino/básico), se ha demostrado tener capacidad antimicrobiana in vitro. No cambia de color los dientes, es dimensionalmente estable, además de ser radiopaco para su visualización radiográfica. Optimizado e indicado para el uso en obturación con cono único y vertical caliente. La fijación de silicatos tricálcicos se reduce en entornos ácidos como lugares contaminados por bacterias según el fabricante. ¹⁶



Fig.3 Presentación del cemento biocerámico NeoSealer ^{MT} Flo

www.avalonbiomedic.com

Propiedades fisicoquímicas

Su tiempo de trabajo a temperatura ambiente es de >40 min. Además, el Tiempo de fraguado inicial a 37°C, in vivo (o ambiente húmedo) a 11 hrs ± 1 hr. Fluidez: >17 mm. Su espesor de película es de <50 µm. Su solubilidad es de <3%. Estabilidad dimensional: <1% de contracción y <0,1% de expansión. Radiopacidad: 6 mm equivalente al aluminio según el fabricante (16). Las propiedades del cemento sellador cumplen con la norma ISO 6876/12 sin embargo el fraguado es más lento a lo mencionado por el fabricante según la bibliografía consultada.¹⁵

1.5 AH Plus® Bioceramic Sealer

Características

AH Plus® Bioceramic Sealer es un cemento sellador en presentación de jeringa precargada que no necesita mezclarse y se fija absorbiendo la humedad de la superficie del conducto radicular. El cemento puede utilizarse solo o en combinación con conos de obturación de gutapercha, material de gutapercha inyectada o conos maestros porta núcleos. Está compuesto por principalmente de dióxido de zirconio (50–70 %) como radiopacador y silicato tricálcico (10–15 %) como componente bioactivo. El fabricante también informa de dimetilsulfóxido y residuos de carbonato de litio y agentes espesantes.^{15,17}



Fig.4 presentación del cemento AH Plus bioceramic sealer

www.dentsplysirona.com

Propiedades fisicoquímicas

Su fraguado es de 2 a 4 horas. La Fluidez es >17 mm. Radiopacidad: equivalente a 8mm. Espesor de la película: <50 μm . Solubilidad: <0.11 % según el fabricante. Las propiedades del cemento sellador cumplen con la norma ISO 6876/12, sin embargo, el fraguado es más lento a lo mencionado por el fabricante según los estudios previos es de hasta 18 hrs. ^{1,15}

1.6 AH Plus®

Características

Es un cemento endodóncico de bajo peso molecular a base de resina epoxi, en presentación pasta-pasta, las características que tiene son positivas, como la adhesión a la superficie de la dentina, su alta radiopacidad, tiempo de trabajo prolongado, la buena capacidad de obturación y además es estable dimensionalmente,¹⁸ considerado como el cemento más usado para la comparación de nuevos cementos selladores por las propiedades que presenta.¹⁹

Se compone según el fabricante por “Pasta A: diepóxido, tungstato de calcio, óxido de circonio, aerosil, pigmento (óxido de hierro) Pasta B: 1-adamantano amina, N,N'-dibencil-5-oxa-nonandiamina-1,9, TCD-diamina, tungstato de calcio, óxido de circonio, aerosil, aceite de silicona”²⁰



Fig.5 Presentación del cemento AH Plus (Pasta-Pasta)

www.dentsplysirona.com

Propiedades fisicoquímicas

Su tiempo inicial de fraguado es de 4 hrs y el final de 24 hrs. La Fluidez es >17 mm. Radiopacidad: equivalente a 8mm. Espesor de la película: <50 μm . Solubilidad: <0.11 % según el fabricante. Las propiedades del cemento sellador cumplen con la norma ISO 6876/12, sin embargo, el fraguado es más lento a lo mencionado por el fabricante según los estudios previos.

Cemento Sellador	Presentación	Componentes	Técnica de obturación
NeoSealer^{MT}Flo (Avalon Biomed, EE. UU.)	Premezclado	“Polvo inorgánico de silicato tricálcico/dicalcico, aluminato de calcio óxido de tantalio en un medio no orgánico” (líquido no acuoso)	“Técnicas de obturación vertical en caliente y cono único”.
AH Plus® Bioceramic Sealer (Dentsply Sirona, Alemania)	Premezclado	Dióxido de circonio Silicato tricálcico Dimetilsulfóxido Carbonato de litio Agentes espesantes	Solo o con conos de gutapercha, vertical caliente o conos maestros portanúcleos.
AH Plus (Dentsply, Alemania)	Pasta -Pasta	“Pasta A: diepóxido, tungstato de calcio, óxido de circonio, aerosil, pigmento (óxido de hierro) Pasta B: 1-adamantano amina, N,N'-dibencil-5-oxa-nonandiamina-1,9, TCD-diamina, tungstato de calcio, óxido de circonio, aerosil, aceite de silicona”	Obturación con técnicas en frío y vertical caliente.

Tabla 1. Componentes y técnicas de obturación para sus usos.¹⁵⁻¹⁷

1.7 Norma ISO 6876/ ADA 57

La norma ISO 6876 y ADA 57 se basa en desarrollar las pruebas fisicoquímicas de los cementos selladores de acuerdo con la metodología descrita en sus apartados para realizar cada prueba según sean los materiales para utilizar. Ya que las propiedades tanto fisicoquímicas como biológicas pueden influir en la calidad de la obturación y en los resultados de los tratamientos, de ahí la importancia de los estudios. Dentro de las pruebas es importante destacar algunos apartados como:

-Tiempo de fraguado: Tiempo medido desde el final de la operación de mezclado hasta que el cemento ha fraguado. Este es dado por el fabricante de cada material dental.

-Fluidez: Capacidad del material de deslizarse sobre otras estructuras lo que permite deformarse y atravesar hacia una superficie diferente. En los cementos endodóncicos debe tener un diámetro no menor de 17 mm en la prueba de laboratorio.

-Espesor de película no debe rebasar las 50 micras de acuerdo con la norma para los cementos selladores.

-Solubilidad: este no debe exceder el 3% de su masa, no se debe mostrar evidencias de desintegración cuando se examine visualmente.

-Tiempo de trabajo: tiempo medido desde el principio del mezclado, durante el cual es posible su manipulación.

-Radiopacidad: se usa para la identificación radiográfica del material y verificar si está dentro de la raíz o presencia de espacios en la obturación, debe ser equivalente a 3mm de aluminio.

La primera generación de materiales de silicato de calcio demostró tener limitaciones principalmente por su largo tiempo de fraguado, presentando cambios de coloración del diente, baja radiopacidad y dificultades de manejo. Se han realizado modificaciones a estos materiales de endodoncia para mejorar sus propiedades, hace 10 años se propusieron cementos selladores biocerámicos en polvo-líquido, pasta- pasta y recientemente los premezclados ¹⁵

1.8 Respuesta celular de los cementos

La eficacia del tratamiento de conductos depende de múltiples factores, no obstante, la mayoría de los fracasos ocurren como resultado de la persistencia bacteriana y la filtración de irritantes en los tejidos periodontales.²¹ El propósito de la obturación es formar un sellado hermético para proteger los tejidos periapicales de los microorganismos, mayormente llenado con gutapercha y cemento sellador por las propiedades y biocompatibilidad²² los cuales deberán ser insolubles ante los fluidos corporales para que no se disuelvan en el conducto radicular.²³ Sin embargo con la llegada de los cementos biocerámicos el concepto contemporáneo de obturación de conductos ha cambiado con la aplicación simplificada de estos selladores.^{24,25}

Los cementos a base de silicato de calcio recientemente introducidos sugieren mayormente su uso con la técnica de cono único, por lo tanto, se incrementa el volumen del cemento sellador dentro del conducto que, en las técnicas convencionales, el uso del cemento es poco, cambiando el paradigma del procedimiento de la obturación a la de menor uso de gutapercha, incluso proyectando cemento sellador más allá del ápice hacia los tejidos adyacentes.²⁴

Idealmente, la obturación del sistema de conductos se produce en el área del foramen apical fisiológico. A pesar de mantener la precaución correcta durante la obturación en la práctica clínica²⁴, existe el peligro de penetración de los componentes del cemento y los subproductos hacia los tejidos periapicales.²⁶ Si los cementos selladores se extruyen más allá del foramen fisiológico, los selladores no fraguados pueden estimular el sistema inmunológico e irritar los tejidos periapicales desencadenando una respuesta inflamatoria local.²⁷

Esta reacción inesperada puede suceder a través de los conductos accesorios o túbulos dentinarios.²⁸ Aunque no se produzca una extrusión, el cemento puede liberar sustancias tóxicas solubles hacia los tejidos circundantes, esto podría impactar en el metabolismo óseo y en el proceso de cicatrización de los tejidos^{22,27} lo que conduciría al fracaso del

tratamiento a pesar de la correcta instrumentación y desinfección del conducto radicular.²⁶

De los requisitos más importantes del cemento sellador para conductos radiculares resalta la biocompatibilidad, y resulta crucial investigar la citotoxicidad o irritación biológica de los cementos para su uso clínico. Es conocido que la gutapercha posee una baja citotoxicidad, no obstante, hasta el día de hoy, se afirma en la literatura que todos los cementos endodóncicos, independientemente del tipo, exhiben diversas respuestas tisulares y de citotoxicidad in vivo e in vitro, en su estado recién mezclado, pero al fraguar, su toxicidad disminuye considerablemente y la mayoría de los cementos selladores se tornan relativamente inertes.^{23,24,29}

También se ha informado que la extensión apical del material de obturación no influye en el resultado del tratamiento endodóncico, siempre y cuando no haya una lesión periapical. Sin embargo, en presencia de una lesión periapical, la salida del material obturador puede evitar o postergar la cicatrización de la lesión, hasta la fecha, este tema continúa siendo objeto de controversia.³⁰

Por lo tanto, los selladores deben presentar una biocompatibilidad apropiada, es decir, no deben inducir una reacción o respuesta negativa de los tejidos biológicos al contacto.²⁸ Esto también es relevante a nivel celular, donde las poblaciones celulares circundantes no deberían sufrir una disminución en su viabilidad, migración/proliferación o diferenciación.

La citotoxicidad es definida como: “la capacidad de un material para impactar en la viabilidad celular”. Y la viabilidad celular la catalogan como “un porcentaje de células vivas en una población total” y generalmente se usa para evaluar la toxicidad de los materiales.²⁴

Existen diversas pruebas de biocompatibilidad que miden la desintegración de las células, la restricción del crecimiento celular y otros impactos sobre las células.²⁵ Se

menciona en los estudios que la citotoxicidad depende del tiempo, la concentración y la composición del material.¹⁸ La ADA establece recomendaciones para la evaluación de la biocompatibilidad, las cuales pueden llevarse a cabo en tres secciones distintas: “evaluación de citotoxicidad in vitro, implantación subcutánea o intraósea del material y evaluación in vivo entre el tejido y el cemento ya sea en animales o humanos”.

La norma ISO 10993 para la evaluación biológica de los productos médicos en su apartado 5 ensayos de citotoxicidad in vitro, establece que un cemento sellador es catalogado como citotóxico, si la viabilidad celular es menor al 70%. Debido a que los cementos selladores interactúan directamente con el ligamento periodontal estos deben ser biocompatibles.¹ Por otro lado Sletten y Dahl categorizan la citotoxicidad en función a la viabilidad celular de la siguiente manera: “poco, entre el 60% y 90%, medio, entre el 30% y 60% y finalmente como muy citotóxico menor al 30% de viabilidad celular”.²

La utilización de células primarias humanas como las células del ligamento periodontal son más relevantes para los estudios de biocompatibilidad que otras líneas celulares ya que estas células pueden entrar en contacto inmediato con el cemento sellador durante la obturación.²³ El ligamento periodontal juega un papel crucial para la regeneración de los tejidos de soporte, dado que alberga una población diversa de células. Estas células tienen un elevado potencial de autorrenovación y pluripotencialidad; por ende, pueden actuar como células para la formación ósea.²¹

Las investigaciones in vitro en cultivos celulares indican que algunos selladores pueden inducir la liberación de metaloproteinasas en fibroblastos, lo que conduce a la degradación de la matriz extracelular del tejido periapical; interactúan sinérgicamente con las toxinas bacterianas de lipopolisacáridos, potencializando las respuestas inflamatorias y modifican la fagocitosis de los macrófagos en las bacterias. Además, se demostró que ciertos tipos cementos pueden inhibir la respiración celular y proliferación de fibroblastos, así como reducir la actividad de la fosfatasa alcalina, una enzima esencial involucrada en la formación de tejido óseo.²⁶

Los cementos con la capacidad de mejorar la osteogénesis pueden fomentar una cicatrización más rápida y pueden ser predecibles en la periodontitis apical. Por lo que, el análisis del cemento para estos casos, se debe mejorar la elección de un material obturador endodóntico, que no solo inhiba mínimamente la cicatrización de heridas, sino que también posiblemente contribuya a acelerar el proceso de restauración ósea.²⁴

El sellador de silicato de calcio de recién uso, generalmente se suministra en jeringa de una sola pasta, ya que se usan directamente en el conducto radicular mediante inyección, este tipo de sellador puede extruirse mayormente al tejido periapical en comparación con las técnicas convencionales ²² cuando se aplica en una situación clínica. Esto significa que el sellador puede entrar en contacto con las células del espacio del ligamento periodontal directamente debido a su fluidez, lo que puede provocar una reacción inflamatoria aguda en el área periapical o extenderse a las lesiones óseas periapicales.²⁴

Sin embargo, existen pocos datos sobre la citotoxicidad o la biocompatibilidad de los nuevos cementos selladores con silicato de calcio. No está claro si estos nuevos selladores son realmente una mejora en términos de biocompatibilidad en comparación con los cementos selladores convencionales.²³ Es necesario estudiar la biocompatibilidad de estos cementos en las células circundante a los tejidos dentales.

2. Justificación

La obturación del sistema de conductos representa la culminación de la limpieza y conformación en el tratamiento de conductos, para que el diente permanezca en boca asintomático, cumpliendo su función en el sistema estomatognático, para que se lleve a cabo es necesario el uso de materiales como la gutapercha y el cemento sellador que se lleva usando por más de 150 años gracias a su durabilidad, manejo y componentes, sin embargo, con el avance científico moderno de nuevos materiales dentales hace que la elección de estos se dificulte por falta de documentación científica que compruebe su uso a nivel experimental y posteriormente clínico sin afectar los tejidos circundantes periapicales.

A pesar de tener control del cemento sellador durante la obturación en el tratamiento de conductos algunas veces, según sea el cemento que se utilice y la técnica este se puede extruir, teniendo contacto con las células de los tejidos periodontales provocando inflamación, retardo en la reparación o el fracaso del tratamiento. Diversos estudios avalan los efectos citotóxicos desencadenados por los distintos cementos selladores usados en endodoncia, los cuales inducen a la apoptosis celular, manifestándose en macrófagos, células nerviosas, osteoblastos, fibroblastos gingivales y periodontales.

Aun así, las casas comerciales constantemente están introduciendo nuevos materiales, como los cementos biocerámicos que cuentan con poca y dudosa información ya que las primeras investigaciones las realiza la propia casa comercial, las cuales prometen biocompatibilidad con los tejidos circundantes al diente, disminuyendo la toxicidad hacia los tejidos circundantes por su composición a base de silicato cálcico y beneficiando a la reparación.

Existe poca información de los nuevos cementos biocerámicos NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer, los cuales en su presentación son premezclados comparados con el cemento AH Plus®, por lo tanto, el presente estudio permitir evaluar la biocompatibilidad y las características de los cementos selladores de silicato de calcio en comparación con el cemento AH Plus®, el cual es el cemento más usado en este tipo de pruebas, por las buenas propiedades que presenta.

3. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

Existen diferencias estadísticamente significativas en la biocompatibilidad entre los cementos NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus®.

Hipótesis nula

No existen diferencias estadísticamente significativas en la biocompatibilidad entre los cementos NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus.

4. Objetivo general

-Evaluar la biocompatibilidad y características de 3 cementos utilizados en endodoncia en un estudio experimental in vitro.

Objetivos específicos:

-Analizar y comparar las características de superficie de los cementos NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus®.

-Analizar las características de composición de los cementos NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus®.

-Evaluar la biocompatibilidad entre los cementos NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus® a 24 y 48 horas.

5. Materiales y métodos

El presente estudio fue aprobado por el comité de ética del posgrado, el cual se realizó en el laboratorio de investigación en Materiales Dentales y Biomateriales de la DEPeI de la Facultad de Odontología de la UNAM.

Materiales

En esta investigación se incluyen 3 cementos utilizados en endodoncia

- NeoSEALER^{MT} Flo (Avalon),
- AH Plus® Bioceramic Sealer
- AH Plus® (Dentsply)

- Células gingivales humanas (HGF)
- Matriz de silicón de diámetro de 5 mm y 3 mm de espesor,
- Espátula y loseta
- Micropipetas
- Tubos de ensayo
- Caja de 48 pozos
- Tripsina
- Estreptomicina
- Anfotericina
- Solución tamponada con fosfato (PBS)
- Dulbeccos Modify Eagly Medium (DMEM/F12)
- Kit WST1

Equipo

- Incubadora Luzeren
- Balanza analítica Boeco
- Aparato de Gillmor
- Cámara de Neubauer Marienfeld
- Centrifuga Labnet
- Microscopio óptico
- Espectrofotómetro Cromate
- Termo baño PolyScience
- Microscopio electrónico de barrido

Metodología

Diseño de discos

Se realizaron muestras dentro de una matriz de silicón en forma de discos de 12 espacios, se realizaron las 12 muestras de cada cemento (NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer y AH Plus®) con diámetro de 5x3 mm y con peso de 0.1gr en promedio por muestra, usando una balanza analítica calibrada (Boeco). Los cementos fueron manipulados de acuerdo con las indicaciones del fabricante y colocados dentro de los moldes seleccionados, se almacenaron en una incubadora con una humedad de 95% y

temperatura de 37°C. Una vez fraguados los materiales se recuperaron y se colocaron en una placa de 48 pozos.

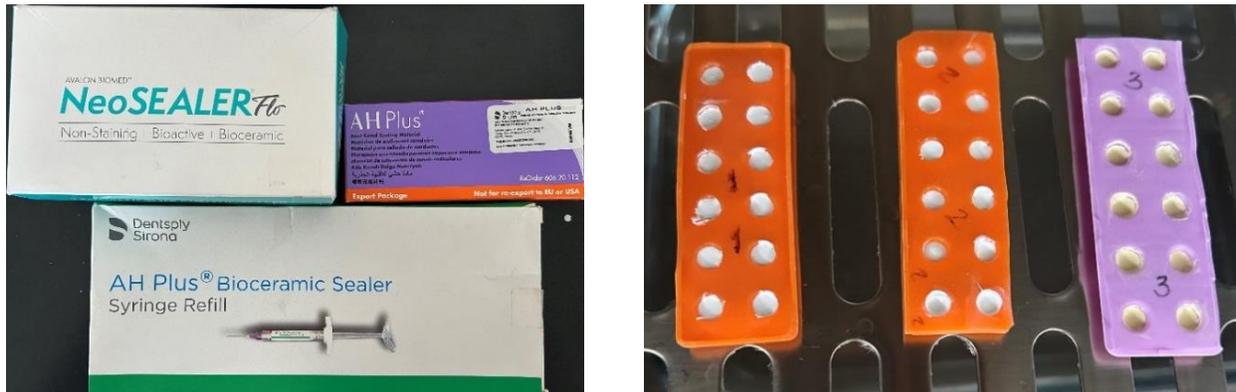


Fig. 6 y 7 Cementos y matriz de silicón con los cementos. (fuente propia)

La manipulación del cemento AH Plus® se llevó a cabo sobre una loseta de plástico y espátula, incorporando ambas pastas iguales, se usó una balanza analítica (Boeco), una vez homogéneo el material, se llenó el molde de silicón con 0.1gr en promedio de cemento dejándolo fraguar por 24hrs.



Fig. 8 Cementos en forma de discos AH Plus, AH Plus Bioceramic Sealer y Neosealer Flo. (fuente propia)

Para el manejo de los cementos AH Plus® Bioceramic Sealer y Neosealer^{MT} Flo, al ser materiales que viene en jeringa solo se colocaron las puntas que brinda el fabricante para dispensarlo sobre la matriz, dejándolo fraguar en condiciones de humedad 95% y 37°C de temperatura durante 24 hrs, llegando al fraguado total hasta las 72 hrs.

Cultivo celular

Las células que se usaron fueron fibroblastos gingivales (Human Gingival Fibroblast) suplementadas con suero fetal bovino, se colocó solución tamponada con fosfato (PBS) el cual actúa como buffer para lavar la caja donde se estaban almacenadas las células, posteriormente se colocaron 500 microlitros de tripsina para poder despegar las células y se colocó en una incubadora por 5 min a 37°C.

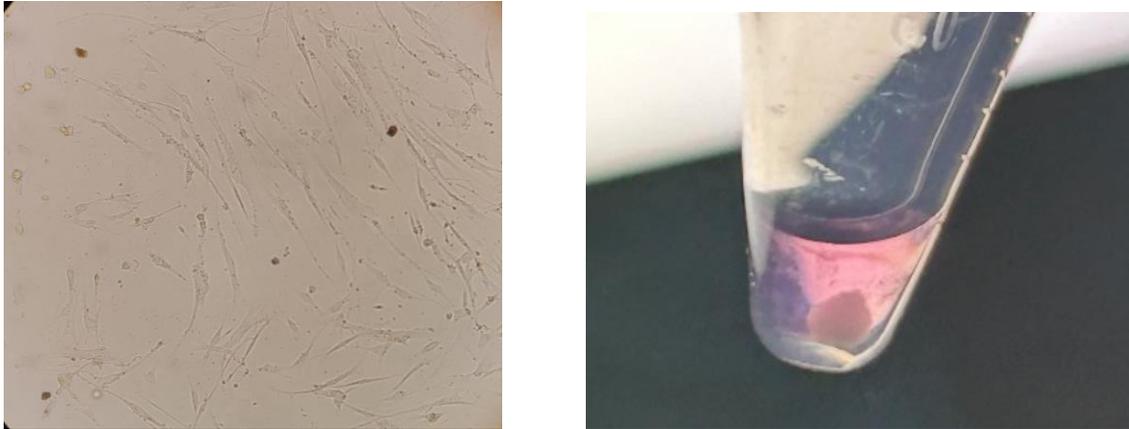


Fig. 9 y 10 Fibroblastos gingivales y Pellet sostenido de fibroblastos. (fuente propia)

Se lavó para inactivar la tripsina con 2 ml de medio DEMEM/F12 y la solución resultante se colocó en un tubo de ensayo el cual se centrifugó a 5000 rpm por 5 min, se retiró el sobrenadante y el pellet obtenido se suspendió en 1 ml, finalmente se realizó el conteo celular con ayuda de una cámara Neubauer, se colocó 10 microlitros de la solución y con un microscopio óptico, se determinó el uso de 1×10^3 células de (HGF) para cada pastilla.

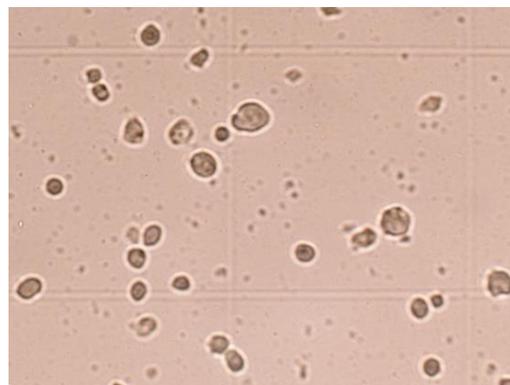
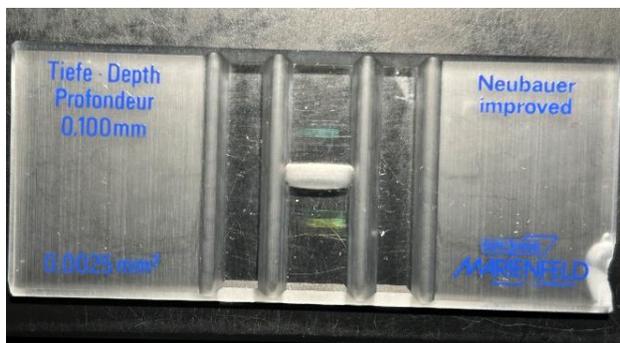


Fig. 11 y 12 Cámara Neubauer para conteo celular y fibroblastos en conteo. (fuente propia)

Ensayo de adhesión celular

Se utilizó el Kit WST1 para analizar la cantidad de células adheridas en los discos de los cementos AH Plus®, AH Plus® Bioceramic Sealer y NeoSEALER^{MT} Flo,

Una vez recuperadas las pastillas se colocaron en una caja de 48 pozos, organizados de la siguiente manera primer fila 3 pastillas de cada cemento con células (HGF) a 24 hrs, segunda fila 3 pastillas de cada cemento con células (HGF) a 48hr y tercera fila control positivo 3 pastillas de cada cemento sin células y cuarta fila para control negativo vacío solo con células.

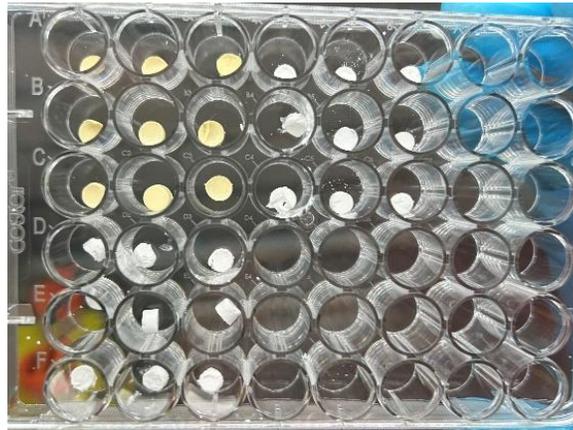


Fig. 13 Pastillas de cementos en la caja de 48 pozos. (fuente propia)

Se colocó solución antimicótica (anfotericina) y antibiótica (estreptomina) a una concentración al 2% por 10 min, para eliminar contaminación microbiana de las pastillas.

Los fibroblastos de encía se sembraron en los discos de las filas 1, 2 y control, colocando 45 microlitros de solución con fibroblastos 1×10^3 y 500 microlitros de cultivo dejándolo 24 hrs y 48 hrs en incubadora (Luzeren)

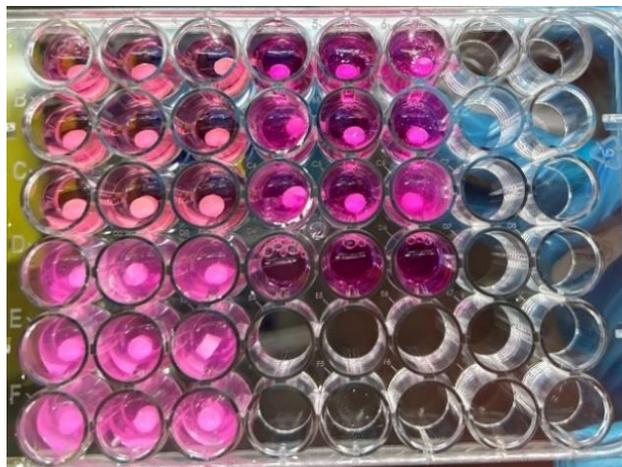


Fig. 14 Muestras con fibroblastos gingivales humanos, solución y cultivo. (fuente propia)

Se retiró la solución de las pastillas una vez transcurrido el tiempo y se colocaron 200 microlitros de medio de cultivo y 20 microlitros del Kit WST1, se metieron las muestras por 2 hrs. a una incubadora (Luzeren) para esperar la acción del reactivo. Posteriormente se retiró la solución con micropipeta de cada muestra.

La solución resultante fue leída en un espectrofotómetro a una longitud de 545 nm (CHROMATE; Awareness Technology, Inc.). El control fueron las células sembradas en las cajas de cultivo y sometidas al mismo tratamiento del Kit WST1.



Fig. 15 y 16 Soluciones de que contiene fibroblastos para la lectura y espectrofotómetro. (fuente propia)

Análisis de superficie

El análisis de superficie se llevó a cabo con microscopía electrónica de barrido (MEB), permitiendo observar las características de la superficie de las pastillas de los diferentes cementos. Después de que el haz interactuó con las muestras, arrojó múltiples imágenes de las superficies altamente magnificadas de las distintas muestras realizadas en ampliaciones de x100, x500 y x1000.

Análisis de composición

El análisis de FTIR o espectroscopía consistió en la colocación de una luz infrarroja en las moléculas de los materiales, la cual las pastillas la absorbieron y convirtió en vibración molecular, lo cual nos permitió identificar la composición de los diferentes materiales endodóxicos.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estudios de Anova de dos vías para la comparación entre grupos, esto se realizó en el programa Graphpad prism 8.0, tomando como diferencia significativa de $p < 0.05$.

6. Resultados

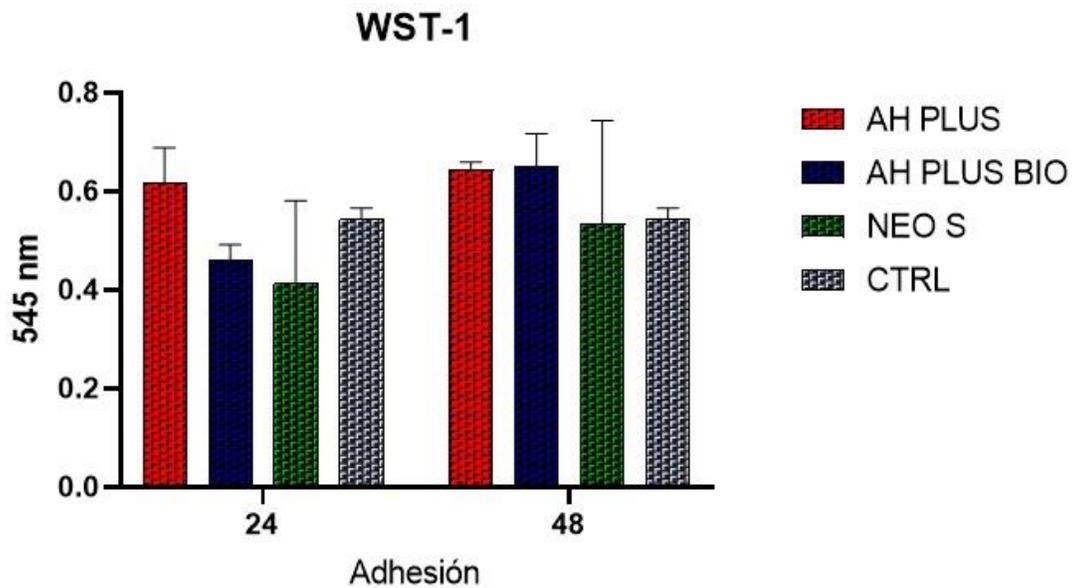
Se obtuvieron pastillas de 5x3 de diámetro con peso en promedio de 0.1 g que se utilizaron 72 hrs. posteriores a su manipulación para su análisis.

Se obtuvo el cultivo celular de fibroblastos gingivales humanos para su uso en las pastillas para realizar el estudio de biocompatibilidad de 24 a 48 hrs.

Se logró analizar su superficie mediante microscopía electrónica de barrido, y además el estudio de análisis de composición.

Resultados biológicos

En la evaluación de biocompatibilidad de los cementos Ah Plus®, AH Plus® Bioceramic Sealer y Neosealer^{MT} Flo en los fibroblastos gingivales humanos se obtuvo una viabilidad celular mayor 60% determinando una toxicidad de ligera a moderada en las primeras 24 hrs y se mantuvo el crecimiento celular a las 48 hrs. Lo cual hace que los cementos sean viables y tolerables para uso. En las primeras 24 hrs el cemento sellador con menor viabilidad celular fue el Neosealer^{MT} Flo sin embargo a las 48 hrs se incrementó su viabilidad celular, al igual que el cemento AH Plus® Biocerámico, por otro lado, el cemento AH Plus® en las primeras 24 hrs fue el que tuvo mayor porcentaje de viabilidad celular manteniéndose estable hasta las 48 hrs.



Gráfica 1. Adhesión celular de los tres cementos endodóncicos Ah plus®, AH plus® Biocerámico y Neosealer^{MT} Flo. (fuente propia)

Resultado de análisis de superficie

Se obtuvieron múltiples imágenes de los cementos en el microscopio electrónico de barrido en aumentos de x100, x500 y x1000 donde se observan las distintas superficies de los materiales, observando el tamaño de la partícula de los cementos, teniendo de mayor espesor el cemento NeoSealer^{MT} Flo, presentando mayor rugosidad en el área seleccionada con gránulos de diferentes tamaños y formas, seguida del cemento AH Plus® Bioceramic Sealer teniendo un tamaño de partícula fino, presentando menores irregularidades y finalmente el cemento AH Plus® el cual presentó una superficie homogénea con ligeras rugosidades en forma de ramificaciones.

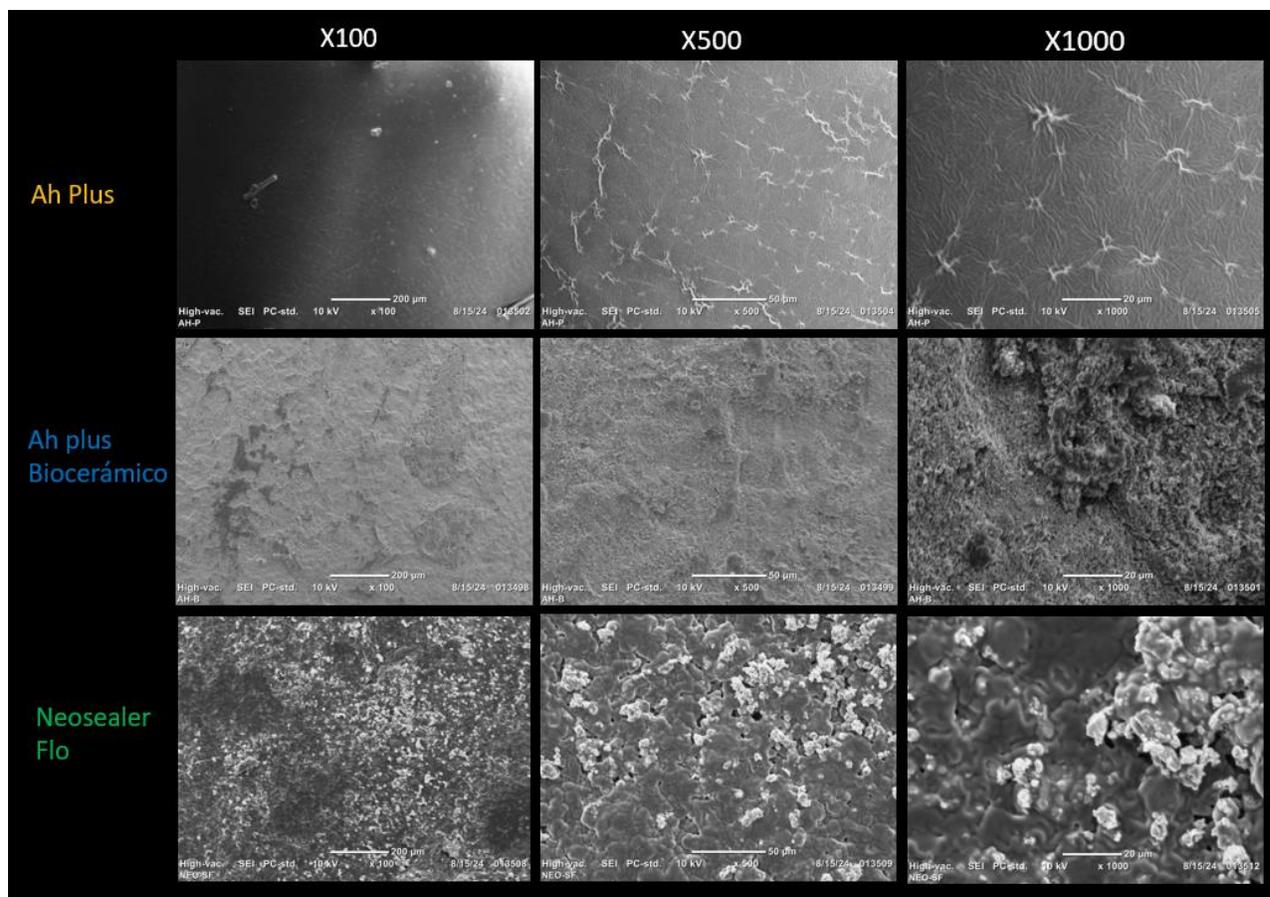


Tabla 2. Múltiples imágenes de microscopía electrónica de barrido de los distintos cementos, a distintos aumentos x100, x500 y x1000. (fuente propia)

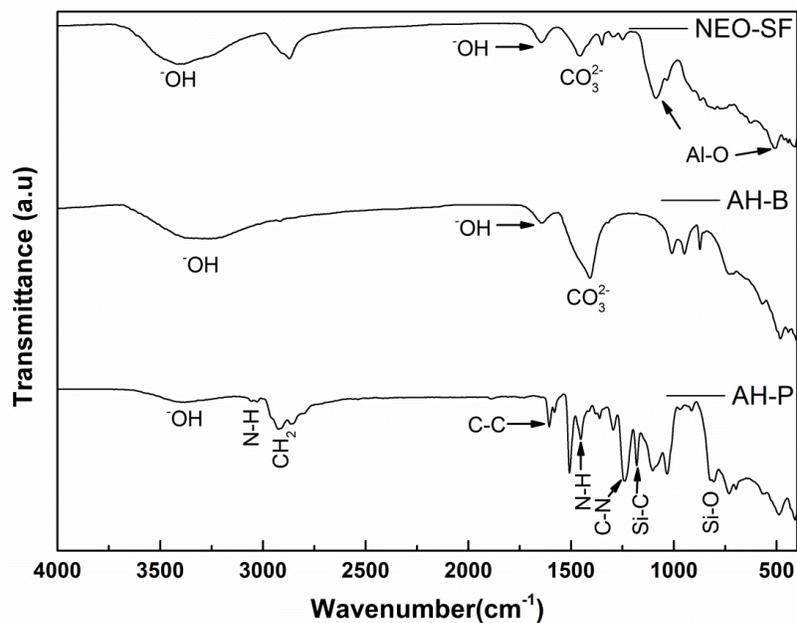
Resultados de Análisis de composición

El espectro para cada muestra se muestra en la gráfica. En la muestra **AH-P**, el pico OH aparece en el intervalo de $3500-3200\text{ cm}^{-1}$, mientras que el modo vibracional asociado a N-H se observa en el rango de 3075 cm^{-1} a 3030 cm^{-1} . El pico a 1450 cm^{-1} se atribuye a la absorción de flexión de los grupos N-H, y el pico a 1253 cm^{-1} está asociado con C-N. El pico encontrado a 1180 cm^{-1} se atribuye a Si-C debido a la presencia de aceite de silicona en AH Plus, y el pico relacionado con la interacción Si-O se encuentra a 818 cm^{-1} .

Para la muestra **AH-B** se detectó un pico en 3500 cm^{-1} a 3100 cm^{-1} y en 1730 cm^{-1} a 1560 cm^{-1} que puede asociarse a la absorción de agua, el pico concentrado en

1500 cm^{-1} – 1400 cm^{-1} se asoció a la presencia de carbonatos (CO_3^{2-}) y los picos encontrados en el intervalo de 1000 cm^{-1} - 970 cm^{-1} se asocia a la formación de silicatos de calcio.

Para la muestra **NEO-SF** fue detectado un pico en el intervalo de 3600 cm^{-1} a 3000 cm^{-1} que puede ser asociado a la vibración del grupo hidroxilo (OH) la presencia de esta banda en cada una de las muestras indica que tienen un comportamiento altamente hidrófilico, también se encontró el modo vibracional asociado al grupo metileno (CH_2) en el intervalo 2850 cm^{-1} a 2700 cm^{-1} , se detectó también el modo vibracional Al-O-Al (1080 cm^{-1} y 500 cm^{-1}) asociado a la presencia de aluminato tricíclico y tantalita componente principal en el producto comercial .



Gráfica 2. Análisis de FTIR o espectroscopía (fuente propia)

7. Discusión

En esta investigación se evaluaron las características y la biocompatibilidad de los cementos biocerámicos recién introducidos; NeoSEALER^{MT} Flo, AH Plus® Bioceramic Sealer comparándolos con el cemento sellador AH Plus® el cual es el cemento más usado en este tipo de pruebas, por las buenas propiedades que presenta en las investigaciones.

En este estudio nuestros datos mostraron tiempos de fraguado más prolongados, que los informados por el fabricante, en los cementos selladores biocerámicos premezclados, mientras que el cemento AH Plus® cumple con los tiempos de fraguado mencionados en la literatura, coincidiendo con los resultados del estudio de Zamparini F. et al. en 2022; donde en su estudio menciona que debido a la humedad del ambiente puede afectar el fraguado final, determinando que no se tiene control de la humedad dentro del conducto radicular, y por lo tanto, los clínicos deberán dar más tiempo para asegurar el fraguado completo antes de restaurar el diente, además de informar que actualmente no se cuenta con un protocolo para el fraguado estable y reproducible en los cementos selladores biocerámicos premezclados.¹⁵

Respecto a la citotoxicidad Jung S. et al. en el 2018 compara la citotoxicidad de los cementos de silicato cálcico junto con los de resina epoxi y óxido de zinc y eugenol determinando que cuando están sin fraguar en las primeras 24 horas son las más críticas ya que, los cementos de óxido de zinc y eugenol y los de resina epoxi son más citotóxicos en comparación con los de silicato cálcico los cuales presentaron mejor viabilidad celular.²⁹

Por otro lado Sebastian S. et al. en el 2024, compararon Neosealer^{MT} Flo y Total Fill® BC SealerTM para medir la citotoxicidad en distintos intervalos de tiempo, siendo AH Plus® el que mostro mayor toxicidad en todos los periodos, sugiriendo que la disminución de la viabilidad celulares causada por las aminas y la resina epoxi, mientras Neosealer^{MT} Flo mostró mejores resultado, sin embargo los cementos biocerámicos también disminuyeron su viabilidad con el paso del tiempo proponiendo que es debido al pH elevado y liberación de hidróxido de calcio prolongado, causando irritación y en

consecuencia inflamación grave, lo que podría provocar la desnaturalización de las células cercanas.³¹ Sin embargo otras investigaciones sugieren que el rango del pH debería ser entre 8 y 10 o lo más cercano al fisiológico ya que favorece al proceso de curación en la periodontitis apical.³²

En nuestro estudio los cementos fraguados presentaron distintos grados de citotoxicidad, dando resultados de biocompatibilidad a las 24 hrs con fibroblastos gingivales con mejores lecturas para el cemento AH Plus®, pero para las 48 hrs los cementos bicerámicos AH Plus® Bioceramic Sealer y Neosealer^{MT} Flo tuvieron un incremento considerable en la viabilidad celular. Sin embargo, Fonseca D. et al en el 2019 en su estudio sistemático de biocompatibilidad, menciona que todos los cementos selladores tienden a exhibir un cierto grado de toxicidad, especialmente cuando están recién mezclados, aunque cuando se fraguan la toxicidad tiende a disminuir. En este mismo estudio, menciona la variabilidad de los resultados que presentan los artículos de toxicidad de los distintos cementos de silicato de calcio ya que arrojan ningún efecto citotóxico, similar o incluso mayor en comparación con los cementos convencionales.³³

Por otro lado, Alsubait et al. en el 2018 menciona que la citotoxicidad depende de la dosis y del tiempo de los cementos en contacto con los tejidos, a pesar de eso, los cementos de silicato cálcico condujeron a una mejor proliferación celular y menor toxicidad en comparación con el AH Plus®.²⁹

Respecto al análisis de superficie los cementos con gran tamaño de partícula provocan un poro mayor, los cuales fueron los cementos biocerámicos, AH Plus® Bioceramic Sealer y el Neosealer^{MT} flo, en comparación con el cemento de resina epoxi lo cual se iguala en los resultados del estudio de Zamparini et al. en 2022 donde menciona que el tamaño de porosidad determina la absorción de agua y en consecuencia mayor solubilidad. Sin embargo, una mayor solubilidad del material probada en estudios in vitro, no indica directamente un efecto perjudicial en estudios in vivo, ya que está presente la bioactividad, por la formación de apatita y carbonato, que pueden compensar el comportamiento del cemento sellador biocerámico.¹⁵

8. Conclusión

Todos los cementos en este estudio presentaron algún porcentaje de viabilidad celular, el cual puede ser distinto dependiendo del tiempo en los fibroblastos gingivales humanos, sin embargo, son biotolerables para los tejidos perirradiculares, por esta razón es importante seleccionar el material que sea más compatible y tolerable con las células para evitar su apoptosis celular y así poder promover la reparación de los tejidos periapicales. El cemento AH Plus® en este estudio resultó tener un porcentaje mejor de biocompatibilidad en las primeras 24 hrs, manteniéndose estable a las 48 hrs, sin embargo, los cementos biocerámicos utilizados en el estudio, AH Plus® Bioceramic Sealer tuvo un porcentaje medio de citotoxicidad, posteriormente tuvo buena recuperación en la viabilidad celular a las 48 hr igualando al cemento AH Plus®, por otro lado el cemento Neosealer^{MT} Flo, tuvo el menor porcentaje de lectura de fibroblastos a las 24 hrs, aunque aumentó su viabilidad celular en menor porcentaje a las 48 hrs, este cemento sellador no se igualó a los otros dos cementos estudiados, sin embargo no hubo diferencia estadística significativa, se sugiere mayor investigación para estos cementos a base de silicatos cálcicos.

Los cementos necesitan condiciones adecuadas según la norma ISO 6876/57 ADA como temperatura y presencia de humedad, sin embargo, el tiempo de fraguado de los cementos biocerámicos es superior al mencionado por las casas comerciales, lo cual sería contraproducente ya que podría presentar una solubilidad mayor, además de comprometer el sellado hermético, dando cabida a el crecimiento bacteriano en los espacios formados y por lo tanto el fracaso del tratamiento de conductos, por lo que en el presente estudio, realizado en condiciones in vitro, el fraguado fue superior a 72hrs, se necesita más investigación para la estandarización de los tiempos de fraguado en los cementos biocerámicos.

Las características de las superficies y del análisis de composición, es de suma importancia ya que nos permiten verificar las sustancias con las que las casas comerciales nos mencionan que presentan y el análisis de superficie nos permite observar la homogeneización después del mezclado y el tamaño de partícula de cada cemento sellador.

El manejo de los cementos biocerámicos premezclados, para su dosificación es muy sencilla, ya que no se usan materiales ajenos en el mezclado o para su homogenización, en comparación con los cementos convencionales, esto podría facilitar su aplicación dentro del sistema de conductos en manos con menor experiencia, sin embargo el costo beneficio no es significativo con respecto al número de aplicaciones ya que los cementos de óxido de zinc y eugenol, resina epoxi, hidróxido de calcio, entre otros; son más económicos y permiten número elevado de aplicaciones en comparación de los cementos selladores biocerámicos premezclados.

9. Referencias Bibliográficas

1. Souza LC de, Neves GST, Kirkpatrick T, Letra A, Silva R. Physicochemical and Biological Properties of AH Plus Bioceramic. *J Endod.* 2023 Jan 1;49(1):69–76.
2. García R, Briseño B. Endodoncia I Fundamentos y Clínica. Primera edición. Editorial Dirección General de Publicaciones y Fomento, Vol. I. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2016. 293–307 p.
3. Aminoshariae A, Primus C, Kulild JC. Tricalcium silicate cement sealers: Do the potential benefits of bioactivity justify the drawbacks? Vol. 153, *J Am Dent Assoc.* 2022. p. 750–60.
4. Al-Haddad A, Aziz ZACA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. Vol. 2016, *Int J of Biomater.* Hindawi Limited; 2016.
5. Canalda, Sahli. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 3 ed. editorial ELSEVIER. Barcelona; 2014.
6. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Vol. 39, *Dent Mater J.* Japanese Society for Dental Materials and Devices; 2020. p. 703–20.
7. Lim M, Jung C, Shin DH, Cho Y bum, Song M. Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restor Dent Endod.* 2020;45(3).

8. Mente Johannes. Agregado trióxido mineral Indicaciones y descripción de la aplicación clínica práctica por medio de ejemplos clínicos. Quintessence, Elsevier. 2010 Oct;366–77.
9. Camilleri J. Classification of Hydraulic Cements Used in Dentistry. *Front. in Dent Med.* 2020 Sep 8;1.
10. Primus CM, Tay FR, Niu L na. Bioactive tri/dicalcium silicate cements for treatment of pulpal and periapical tissues. Vol. 96, *Acta Biomater.* Acta Materialia Inc; 2019. p. 35–54.
11. Camilleri J, Atmeh A, Li X, Meschi N. Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. Vol. 55, *Int. Endod J.* John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 710–77.
12. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Antimicrobial and antibiofilm properties of bioceramic materials in endodontics. Vol. 14, *Materials.* MDPI; 2021.
13. Dong X, Xu X. Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering.* 2023 Mar 13;10(3):354.
14. Jafari F, Jafari S. Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. Vol. 9, *J Clin. Exp Dent. Medicina Oral S.L.*; 2017. p. e1249–55.
15. Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers. *Int J Mol Sci.* 2022 Nov 1;23(22).
16. NeoSEALER™ Flo Composition & Description [Internet]. Available from: www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines
17. ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren. 1907 [Internet]. [https:// www.dentsplysirona.com/](https://www.dentsplysirona.com/) IFU y SDS de Dentsply Sirona/Instrucciones de uso, hojas de datos sobre seguridad y más México.
18. Kim M, Hayashi M, Yu B, Lee TK, Kim RH, Jo DW. Cytotoxicity and Genotoxicity of Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers before and after Setting Procedures. *Life.* 2022 Jun 1;12(6).
19. Alsubait SA, Al Ajlan R, Mitwalli H, Aburaisi N, Mahmood A, Muthurangan M, et al. Cytotoxicity of different concentrations of three root canal sealers on human mesenchymal stem cells. *Biomolecules.* 2018 Sep 1;8(3).
20. Ashraf H, Mortezapour N, Jabari S, Zadsirjan S, Tabatabai FS. Evaluation of Chemical and Physical Properties of an Experimental Endodontic Sealer in Comparison with AH-26 and AH-Plus. *Iran Endod J.* 2020 Summer;15(3):183-187.
21. Rebolledo S, Alcántara-Dufeu R, Luengo Machuca L, Ferrada L, Sánchez-Sanhueza GA. Real-time evaluation of the biocompatibility of calcium silicate-based endodontic cements: An in vitro study. *Clin Exp Dent Res.* 2023 Apr 1;9(2):322–31.
22. Oh H, Kim E, Lee S, Park S, Chen D, Shin SJ, et al. Comparison of biocompatibility of calcium silicate-based sealers and epoxy resin-based sealer on human periodontal ligament stem cells. *Materials.* 2020 Nov 2;13(22):1–14.

23. Jung S, Libricht V, Sielker S, Hanisch MR, Schäfer E, Dammaschke T. Evaluation of the biocompatibility of root canal sealers on human periodontal ligament cells ex vivo. *Odontology*. 2019 Jan 25;107(1):54–63.
24. Lee JK, Kim S, Lee S, Kim HC, Kim E. In vitro comparison of biocompatibility of calcium silicate-based root canal sealers. *Materials*. 2019 Aug 1;12(15).
25. Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Lozano A, Forner L, et al. Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *Int Endod J*. 2017 Sep 1;50(9):875–84.
26. Szczurko G, Pawińska M, Łuczaj-Cepowicz E, Kierklo A, Marczuk-Kolada G, Hołownia A. Effect of root canal sealers on human periodontal ligament fibroblast viability: ex vivo study. *Odontology*. 2018 Jul 1;106(3):245–56.
27. Vázquez-Vázquez F, Rodríguez-Hidalgo A, Suaste-Olmos F, González-Alva P, Alvarez-Perez M. Biodentine stimulates the migratory and biological responses of human gingival fibroblast. *J Oral Res*. 2022;11(2).
28. Sanz JL, López-García S, Rodríguez-Lozano FJ, Melo M, Lozano A, Llena C, et al. Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An in vitro study. *Int Endod J*. 2022 Oct 1;55(10):1066–80.
29. Özdemir O, Kopac T. Cytotoxicity and biocompatibility of root canal sealers: A review on recent studies. Vol. 20, *J Appl Biomater. Func. Mater*. SAGE Publications Ltd; 2022.
30. Aminoshariae A, Kulild JC. The impact of sealer extrusion on endodontic outcome: A systematic review with meta-analysis. Vol. 46, *Aust Endod J*. Blackwell Publishing; 2020. p. 123–9.
31. Sebastian S, El-Sayed W, Adtani P, Zaarour RF, Nandakumar A, Elemam RF, Eid B, Elsewify T. Evaluation of the antibacterial and cytotoxic properties of TotalFill and NeoSealer flo bioceramic sealers. *J Conserv Dent Endod*. 2024 May;27(5):491-497.
32. Chen JH, Raman V, Kuehne SA, Camilleri J, Hirschfeld J. Chemical, antibacterial and cytotoxic properties of four different endodontic sealer leachates over time. *J Endod*. 2024 Nov;50(11):1612-1621.
33. Fonseca DA, Paula AB, Marto CM, Coelho A, Paulo S, Martinho JP, et al. Biocompatibility of root canal sealers: A systematic review of in vitro and in vivo studies. *Materials*. 2019 Dec 1;12(24):1–34.