



Facultad de Odontología

Escuela de Graduados

Programa de Especialidad en Endodoncia

SOLUBILIDAD DE LOS CEMENTOS SELLADORES A BASE DE SILICATO DE CALCIO

**Presentación de caso clínico para optar a título de “Especialista en
Endodoncia Clínica”.**

Nombre: Ariana Hernández Retamal.

Docente guía: Dra. Alicia Caro Molina.

Directora: Dra. Alicia Caro Molina.

28 de diciembre de 2023.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
DESARROLLO DEL CASO CLÍNICO	5
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO ENDODÓNTICO.....	5
CONTROL.....	6
MARCO TEÓRICO	9
GENERALIDADES DE LOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS.	9
BIOMINERALIZACIÓN.....	10
BIOACTIVIDAD.....	10
PH Y ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA.	13
SOLUBILIDAD.....	15
DISCUSIÓN.....	18
CONCLUSIONES.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21

INTRODUCCIÓN

Los cementos selladores empleados en endodoncia se utilizan para rellenar espacios generados entre la pared dentinaria y la gutapercha, favoreciendo el sellado del sistema de conductos radiculares (SCR) durante el procedimiento de obturación.¹ El objetivo de la obturación radicular es evitar la microfiltración bacteriana desde el medio intraoral y/o extrarradicular hacia el interior del diente, así como también, impedir la proliferación de bacterias que hayan quedado incluidas en los túbulos dentinarios presentes en la dentina radicular o al interior del SCR.² Dentro de los requisitos que debe cumplir un cemento sellador es ser insoluble al entrar en contacto con los fluidos tisulares. La degradación del cemento puede causar un impacto negativo en la tasa de éxito del tratamiento endodóntico, ya que conducirá a la formación de espacios entre la interfaz dentina/cemento sellador, o bien, gutapercha/cemento sellador, propiciando una vía para que los microorganismos y sus toxinas invadan los tejidos periapicales^{3,4} y, además, una posible liberación de compuestos químicos que pueden desencadenar cambios inflamatorios en el tejido periapical.^{5,6}

El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) en conjunto con la Asociación Dental Americana (ADA) de acuerdo a la norma ISO 6876, establecen como requisito de un cemento sellador de conductos radiculares que la solubilidad no debe exceder el 3% de la fracción en masa después de una inmersión en agua durante 24 horas a 37°C.⁷

Los cementos selladores biocerámicos surgen a partir de los resultados positivos de estudios clínicos y/o experimentales evidenciados por el MTA, sin embargo, este presenta algunas propiedades físicas cuya consistencia y fluidez lo hacen inadecuado para ser utilizado como cemento sellador de conductos radiculares, por lo que, con el tiempo se desarrollaron los cementos a base de silicato de calcio, los cuales combinan las propiedades biológicas óptimas del MTA tales como la biocompatibilidad y bioactividad sumado a las propiedades fisicoquímicas de un cemento sellador convencional.^{8,9} Si bien, estos nuevos cementos exhiben propiedades que se aproximan a las características ideales de un cemento sellador

endodóntico, la solubilidad que han evidenciado en estudios publicados, es motivo de preocupación ya que compromete la estabilidad del sellado siendo aún objeto de investigación.^{7,10-13}

El presente trabajo, tiene por objetivo reportar un caso de solubilidad de cemento sellador a base de silicato de calcio en jeringa premezclada de consistencia fluida (BioRoot Flow, Septodont, Francia) y analizar los diversos estudios publicados a la fecha respecto a la bioactividad, pH, actividad antimicrobiana y solubilidad de los cementos selladores biocerámicos.

DESARROLLO DEL CASO CLÍNICO

En junio de 2023 acude a la clínica de la Especialidad de Endodoncia de la Universidad de Valparaíso una paciente de sexo femenino de 49 años de edad, ASA I, cuyo motivo de consulta se relaciona con la presencia de un tracto fistuloso que aparecía de forma ocasional en relación al diente 2.2. Al examen clínico se observa una obturación de resina compuesta en la superficie vestibulo-distal y palato-mesial y tracto fistuloso inactivo a nivel vestibular. En diente presenta una respuesta negativa al test de sensibilidad pulpar con Endo Ice® (Coltene, Whaledent, Suiza). Los test de percusión vertical (++) y palpación (+) dieron resultados positivos. Al evaluar la radiografía periapical (figura 1), se observa una cámara pulpar de tamaño normal, con un conducto aparentemente recto evidenciándose conductos radiculares laterales mesiales a nivel de tercio apical de la raíz y una extensa lesión radiolúcida para-radicular de bordes definidos de aproximadamente 5 x 5mm. Luego del examen clínico complementado con el examen radiográfico se establece el diagnóstico de Necrosis Pulpar y Absceso Apical Crónico.

En vista de la presencia de conductos laterales, se opta por realizar el tratamiento endodóntico en una sesión con el objetivo de evitar taponamiento de los conductos accesorios con hidróxido de calcio, apelando a la capacidad bioactiva y antimicrobiana del cemento sellador a base de silicato de calcio seleccionado para este caso (BioRoot Flow®, Septodont, Francia).

Descripción del procedimiento endodóntico.

Se realiza técnica anestésica mediante la infiltración de Articaína al 4%, 1 tubo (Septanest® Septodont, Francia). Luego de llevar a cabo la cavidad de acceso endodóntico, se realiza el acceso radicular mediante el uso de lima Protaper Gold SX® (Dentsply, Alemania). Se determina la longitud de trabajo mediante el uso de localizador electrónico de foramen Root ZX® (Morita, Japón) y posterior confirmación radiográfica (figura 2). Se realiza Glide Path mecanizado con Wave One Gold Glider® (Dentsply, Alemania) y preparación biomecánica con lima

reciprocante R-Motion 25[®] (FKG, Suiza). Se emplea como solución irrigante, 3 mL de hipoclorito de sodio al 5% (Laboratorios Hertz[®]) activado mediante ultrasonido con punta Helse E1 Irrisonic[®] (Helse, Brasil).

Se realiza protocolo de irrigación final que contempla la activación del hipoclorito de sodio al 5% durante 1 minuto, renovando la solución cada 20 segundos. Luego se lava el conducto con 3 mL de suero fisiológico y se irriga con 1 mL de EDTA al 18% (IndiSpence[®], Ultradent, USA) durante un minuto activado con ultrasonido. Se realiza el enjuague final con 3 mL de suero fisiológico y se seca el conducto radicular con conos de papel estériles. Previa obturación, se toma radiografía de conometría (figura 3). Para la obturación del conducto se selecciona técnica de cono único de gutapercha 35/4% (Hygienic[®] Coltene, Whaledent, Suiza) combinado con cemento sellador premezclado a base de silicato de calcio (BioRoot Flow[®], Septodont, Francia). Luego se realiza el control radiográfico inmediato de obturación radicular donde se observa un extenso puff apico-lateral de cemento sellador que fluye hacia la zona de la lesión. Se aprecia además obturación completa de los conductos radiculares laterales (figura 4).

Control.

A los 3 meses de control, se evalúa a la paciente clínica y radiográficamente, observándose ausencia de sintomatología clínica (palpación y percusión vertical /horizontal negativos) y reducción del tamaño de la lesión apico-lateral. También se evidencia ausencia de cemento sellador a nivel de los conductos radiculares laterales y aparente reabsorción de puff de cemento a nivel apical (figura 5).

A los 5 meses de control, la lesión continúa en proceso de cicatrización manifestado por reducción del tamaño con ausencia de sintomatología clínica (figura 6).



Figura 1: Radiografía inicial.
Se observa la presencia de conductos laterales a nivel del tercio apical radicular y una lesión radiolúcida extensa apicolateral.



Figura 2: Radiografía de control de longitud de trabajo.

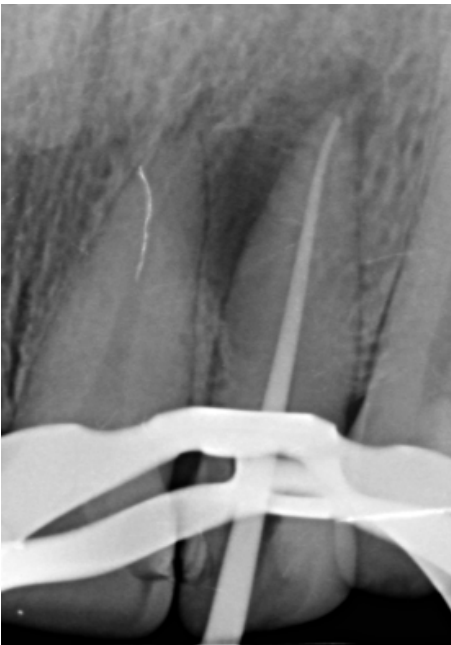


Figura 3: Radiografía de control de preobtención (conometría).



Figura 4: Radiografía de control de obturación final inmediata. Se observa obturación de los conductos laterales y una extensa extrusión de cemento a través del ápice hacia la zona de la lesión.



Figura 5: Radiografía de control a los 3 meses de obturación de conducto radicular. Se evidencia ausencia de cemento en los conductos laterales y aparente reabsorción parcial del cemento a nivel del tercio apical y disminución del tamaño de la lesión.



Figura 6: Radiografía de control a los 5 meses de obturación de conducto radicular. Se observa reducción del tamaño de la lesión comparado con las radiografías iniciales (ver figura 2 y 3) que demuestra cicatrización ósea en evolución.

MARCO TEÓRICO

Generalidades de los cementos biocerámicos.

Los cementos biocerámicos se introdujeron en el campo de la endodoncia en la década de los noventa a partir del MTA. Corresponden a materiales cerámicos u óxidos metálicos biocompatibles que incluyen alúmina, zirconio, vidrio bioactivo, vitrocerámica, hidroxiapatita, silicato de calcio y fosfato de calcio reabsorbible.¹⁴

Se clasifican como materiales bioinertes (capaces de rellenar tejidos y ser tolerados por el organismo), bioactivos (capacidad osteoconductiva, estableciendo una fuerte unión con el tejido óseo gracias a la formación de hidroxiapatita) y biodegradables (capacidad de ser degradados en un ambiente biológico y ser reemplazados por tejido duro).¹⁵ Actualmente, en el campo de la endodoncia, los cementos biocerámicos a base de silicato de calcio son los mayormente utilizados, debido a las propiedades de biocompatibilidad y bioactividad que estos presentan. Se denominan también como cementos hidráulicos, ya que la reacción de fraguado se genera al entrar en contacto con fluidos provenientes del medio con el cual interactúan, produciéndose una expansión entre un 0.2% a un 6%, lo cual contribuye de manera importante a la capacidad de sellado del cemento, aumentando la retención microquímica a lo largo de las paredes internas del conducto radicular.^{16,17}

Hoy en día, en lugar de aspirar a un sellado hermético del sistema de conductos radiculares, se está adoptando un enfoque más biológico en el que los cementos selladores interactúen con la dentina radicular, dando como resultado la biomineralización,⁸ la cual puede influir positivamente aumentando la retención mecánica del cemento. Los cementos selladores a base de silicato de calcio y/o fosfato de calcio, atrajeron considerablemente la atención de los clínicos debido a sus propiedades biológicas y físicas, tales como pH alcalino, unión quimiomecánica al sustrato dentinario, biocompatibilidad, bioactividad, expansión al fraguado, entre otras, características que se asemejan a las de un cemento sellador ideal, sin embargo, recientemente han salido a la luz, estudios publicados que evidencian que

estos cementos podrían presentar una mayor solubilidad al estar en contacto de manera prolongada con fluidos tisulares, lo cual puede ir en desmedro del sellado del SCR y del éxito del tratamiento endodóntico.

Biomineralización.

Las reacciones iniciales son desencadenadas por la hidratación del silicato di y tricálcico, lo cual favorece la disolución de los iones anhídrido y formación de hidrato de silicato de calcio e hidróxido de calcio. A partir de esta disociación, se liberan de forma continua iones de calcio e hidroxilo, lo cual proporciona un ambiente alcalino propicio para la formación de tejido mineralizado y además proporciona un ambiente desfavorable para el crecimiento bacteriano.¹⁶ Esta alcalinidad promueve un daño tisular moderado a través de la desnaturalización de las proteínas (degradación de las fibras colágenas de la dentina) denominándose “Zona de infiltración mineral”, activando así la fosfatasa alcalina, una enzima que estimula la liberación de iones de fosfato inorgánico del diente. Los iones de calcio liberados por el cemento, reaccionan con los iones de fosfato libres, dando como resultado la formación de fosfato de calcio, el componente principal de la hidroxiapatita. Estas estructuras cristalinas de fosfato de calcio funcionan como matriz inicial para la biomineralización, lo que conduce a la adhesión del cemento en la superficie del diente.^{18,19}

Bioactividad.

La bioactividad fue definida en la norma ISO 23317 del año 2014 como la capacidad que tiene un material para formar apatita carbonatada en su superficie luego de la inmersión en un fluido corporal simulado (SBF).²⁰ El hidróxido de calcio ha sido reconocido durante mucho tiempo como material bioactivo utilizado ampliamente en el campo endodóntico. Sus propiedades impulsaron el desarrollo de los cementos selladores a base de silicato de calcio.¹³ Los selladores a base de silicato de calcio, al entrar en contacto con los fluidos tisulares y durante la fase de hidratación, liberan hidróxido de calcio, lo cual crea un pH altamente alcalino (>10 pH). El elevado pH

sumado a la liberación de iones fosfato, precipitan la apatita carbonatada en la superficie de los cementos durante su fase de fraguado.^{21,22} Esta propiedad de biomineralización le otorga al cemento la capacidad para adherirse a las paredes dentinarias del conducto radicular, minimizando de esta manera la microfiltración bacteriana.¹³ La capacidad de sellado de los cementos selladores hidráulicos a base de silicato de calcio es comparable a la de los cementos selladores a base de resina epoxi.²³⁻²⁵

Camps et al., 2015²⁶ determinó en un estudio in vitro, que BioRoot RCS (Septodont, Francia) tiene menos efectos tóxicos sobre las células del ligamento periodontal humano e indujo una mayor secreción de factores de crecimiento angiogénicos (VEGF y FGF-2) y osteogénicos (BMP-2) comparado con Pulp Canal Sealer (SybronEndo, USA).

Oh et al., 2020²⁷ en un estudio experimental in vitro, evaluaron la biocompatibilidad de dos cementos selladores a base de silicato tricálcico: CeraSeal (Meta Biomed, Korea) y EndoSeal TCS (Maruchi, Korea) en términos de viabilidad celular, respuesta inflamatoria, expresión de fenotipo mesenquimático, potencial osteogénico, unión celular y morfología de las células madres del ligamento periodontal, comparando sus resultados con un sellador a base de resina epoxi (AH Plus (Dentsply, Alemania). Frente al material recién mezclado y sin fraguar, en la viabilidad de las células del ligamento periodontal, tanto CeraSeal como EndoSeal TCS indujeron inicialmente una viabilidad celular similar a la del grupo control al día 1 y 3, sin embargo, en el día 7 la viabilidad celular aumentó significativamente comparado con el grupo control y EndoSeal TCS. AH-Plus evidenció una viabilidad celular más baja en todos los periodos experimentales cuando estaba recién mezclado. Para el material fraguado, todos los cementos selladores indujeron viabilidad celular sin evidenciar diferencias significativas entre si durante los distintos periodos de prueba.

En cuanto a la respuesta inflamatoria en base a la expresión de niveles de citocinas proinflamatorias (IL-6 e IL-8) en los cementos recién mezclados y posteriormente fraguados, AH Plus evidenció una mayor secreción de citoquinas proinflamatorias comparado con CeraSeal y EndoSeal los cuales exhibieron una menor síntesis de

las mismas al estar recién mezclados. En los 3 cementos se evidenció una mayor síntesis de TGF- β (factor de crecimiento antiinflamatorio) luego de haber fraguado, lo que confirma la biocompatibilidad de estos selladores con las células del ligamento periodontal.

Respecto a la diferenciación osteogénica, tanto CeraSeal como EndoSeal TCS evidenciaron niveles más altos de ALP y ARS, lo que sugiere el potencial de mineralización de ambos cementos selladores.

En cuanto a la adhesión celular a la superficie del cemento, en el cemento AH Plus, no se observó adhesión celular, sino más bien, células muertas y sus restos. Por otra parte, tanto CeraSeal y EndoSeal evidenciaron células del ligamento periodontal bien adheridas con producción de matriz extracelular y un alto grado de proliferación celular.

Rebolledo et al., 2023²⁸ en un estudio experimental in vitro evaluó la biocompatibilidad en tiempo real de distintos cementos en la proliferación, viabilidad y morfología de las células de ligamento periodontal humano. Tanto ProRoot MTA (Dentsply, Alemania) y Biodentine (Septodont, Francia) produjeron un aumento en la proliferación celular, por el contrario, TubliSeal (Kerr, USA) y TotalFill BC Sealer (FKG, Suiza) inhibieron el crecimiento celular, aumentando significativamente la muerte celular. Respecto a la morfología celular, las células del ligamento periodontal exhibieron forma de huso característica de los fibroblastos cultivados in vitro, en todos los cementos estudiados excepto en TubliSeal (Kerr, USA) y TotalFill BC Sealer (FKG, Suiza) donde se observaron células más pequeñas y redondeadas, característico de muerte celular.

Sanz et al., 2021²⁹ en una revisión sistemática de estudios in vitro respecto a la interacción biológica (citotoxicidad, citocompatibilidad, plasticidad celular o potencial de diferenciación y propiedades bioactivas) entre los cementos selladores y/o reparadores en base a silicato de calcio y las células madre del ligamento periodontal, concluyeron que ambos grupos exhiben una citocompatibilidad adecuada y favorecen la diferenciación osteocementogénica y el potencial de mineralización de las células madre del ligamento periodontal. Los cementos selladores estudiados fueron Bio – C Sealer (Angelus, Brasil), Bio – C Sealer Ion +

(Angelus, Brasil), BioRoot RCS (Septodont, Francia), C-Root SP (Beijing Dental Medical Devices, China), CeraSeal (Meta Biomed, Korea), EndoSeal MTA (Maruchi, Korea), EndoSeal TCS (Maruchi, Korea), Endosequence BC Sealer (Brasseler, USA), Endosequence BC Sealer HiFlow (Brasseler, USA), GuttaFlow BioSeal (Coltene, Whaledent, Suiza), iRoot SP (Innovative Bioceramix, Canadá), Nano – Ceramic Sealer (B&L Biotech, USA), TotalFill BC Sealer (FKG, Suiza) y WellRoot ST (Vericom, Korea).

Los cementos reparadores estudiados fueron Bio – C Repair (Angelus, Brasil), Biodentine (Septodont, Francia), EndoCem MTA (Maruchi, Korea), iRoot Fast Set (Innovative Bioceramix, Canadá), MTA Repair HP (Angelus, Brasil), MTA (Angelus, Brasil), Neo MTA – Plus (Avalon Biomed, USA), ProRoot ES (Dentsply, Alemania) y ProRoot MTA (Dentsply, Alemania).

pH y actividad antimicrobiana.

La actividad antimicrobiana de los cementos endodónticos puede tener un efecto directo sobre las bacterias, o bien, un efecto indirecto sobre estas, al dejar obliterado el espacio donde se encuentran (al interior del conducto radicular y dentro de los túbulos dentinarios de la dentina radicular), impidiendo de esta manera el aporte de oxígeno y nutrientes esenciales para su supervivencia, sin embargo, las bacterias residuales presentes en el ápice radicular no pueden ser sepultadas y son eliminadas directamente por el efecto antibacteriano del cemento endodóntico.³⁰

Los cementos selladores hidráulicos durante el proceso de hidratación, pueden liberar iones de calcio e hidroxilo. Las condiciones alcalinas y altas en calcio pueden favorecer y fomentar la biomineralización cuando se exponen al entorno fisiológico circundante lo cual puede mejorar el sellado.¹³ Por otra parte, esta condición de alcalinidad puede actuar en contra de los microorganismos residuales que sobrevivieron a la preparación quimiomecánica.¹⁹ El pH elevado de los cementos a base de silicato de calcio también puede neutralizar el ácido láctico producido por los osteoclastos para evitar una mayor degradación de los componentes mineralizados.³¹

Alsubait et al., 2019³² en un estudio experimental in vitro, comparó la actividad antibacteriana de BioRoot RCS (Septodont, Francia) con los cementos TotalFill BC Sealer (FKG, Suiza) y AH Plus (Dentsply, Alemania) contra las biopelículas de *Enterococcus faecalis* en túbulos dentinarios mediante microscopía láser confocal. Se concluyó que los cementos selladores a base de silicato de calcio ejercieron efectos antimicrobianos contra el biofilm de *E. faecalis*. La actividad antibacteriana de BioRoot RCS fue significativamente mayor que la de los selladores TotalFill BC Sealer y AH Plus después de 30 días de exposición.

Bosaid et al., 2022,³³ en un estudio in vitro, investigaron la actividad antibacteriana de los cementos selladores a base de silicato de calcio contra el biofilm de *Enterococcus faecalis* en condiciones neutras o ácidas. Concluyeron que en condiciones de pH neutro, todos los cementos (BioRoot RCS, Septodont – Francia; EndoSequence BC Sealer, Brasseler – USA y NeoMTA Plus, Avalon Biomed – USA) disminuyeron significativamente las unidades formadoras de colonias, mientras que en condiciones de pH ácido, los cementos EndoSequence BC Sealer y NeoMTA Plus tuvieron una menor reducción en las unidades formadoras de colonias comparado con BioRoot RCS. Por lo tanto, la actividad antibacteriana de los cementos a base de silicato de calcio fue similar cuando se sometieron a condiciones de pH neutro, mientras que en medio ácido, BioRoot RCS demostró un mayor efecto antibacteriano. En condiciones neutras, el pH de los cementos osciló entre 8.2 a 8.8, mientras que en condiciones ácidas los valores de pH disminuyeron, observándose en BioRoot un pH de 7.8; EndoSequence BC Sealer un pH de 6 y para NeoMTA un pH de 5.8.

Jerez-Olate et al., 2022³⁴ en un estudio experimental in vitro, evaluaron la actividad antibacteriana de cementos selladores y reparadores a base de silicato de calcio en diferentes días (a 1, 3 y 7 días de fraguado) frente a un modelo aeróbico planctónico y la capacidad para inhibir la formación del biofilm anaeróbico multiespecie (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus Mutans*, *Porphyromona gingivalis* y *Prevotella melaninogenica*). Se concluyó que la actividad antibacteriana de BioRoot RCS y Biodentine (Septodont, Francia) fue mayor y más rápida en una muestra fresca (al primer día de fraguado). Se observó que Biodentine no perdió su acción

antibacteriana, a pesar de tener mayor tiempo de fraguado. Tanto Biodentine como ProRoot MTA (Dentsply, Alemania) fueron capaces de inhibir la formación de biofilm, manteniendo su acción antibacteriana que minimizaba la viabilidad de las bacterias.

Solubilidad.

Uno de los objetivos de la obturación radicular es generar un sellado estable del SCR evitando la microfiltración bacteriana desde el medio intraoral y/o extrarradicular hacia el interior del diente, así como también, impedir la proliferación de bacterias que hayan quedado incluidas en los túbulos dentinarios presentes en la dentina radicular o al interior del SCR.² Dentro de los requisitos que debe cumplir un cemento sellador es ser insoluble al entrar en contacto con los fluidos tisulares. La degradación del cemento puede causar un impacto negativo en la tasa de éxito del tratamiento endodóntico, ya que conducirá a la formación de espacios entre la interfaz dentina/cemento sellador, o bien, gutapercha/cemento sellador, propiciando una vía para que los microorganismos y sus toxinas invadan los tejidos periapicales^{3,4} y, además, una posible liberación de compuestos químicos que pueden desencadenar cambios inflamatorios en el tejido periapical.^{5,6}

La baja solubilidad de los cementos selladores endodónticos se introdujo en el año 2000 como requisito en la especificación ANSI/ADA N° 57 y en el año 2001, como requisito en la norma 6876 de la Organización Internacional de Estándares (ISO) para materiales de sellado de conductos radiculares. Según dichas normas, la solubilidad no debe exceder el 3% de la fracción en masa después de una inmersión en agua durante 24 horas a 37°C.⁷

Los cementos selladores a base de silicato de calcio se utilizan principalmente en combinación con un cono único de gutapercha, apelando al potencial bioactivo de estos materiales y, por otra parte, a la simplificación de la técnica comparado con la compactación lateral. Otro parámetro que lleva al clínico a escoger la técnica de cono único y uso de cemento sellador biocerámico, es la biocompatibilidad elevada ampliamente demostrada en estudios clínicos.^{19,26-29} Considerando que los cementos selladores de conductos radiculares tienen contacto directo con los

tejidos periapicales, la biocompatibilidad es un parámetro importante en la elección del cemento a utilizar al momento de la obturación endodóntica. Los cementos a base de silicato de calcio han evidenciado ser biocompatibles con los tejidos periapicales, promoviendo la cicatrización de las lesiones a nivel óseo,^{16,35} sin embargo, estudios recientes también han demostrado que presentan una alta solubilidad.

Los cementos selladores hidráulicos a base de silicato de calcio se comercializan bajo dos formas de presentación: polvo/líquido o jeringas premezcladas listas para usar. La principal diferencia entre estas presentaciones es cómo el material obtiene el agua necesaria para que se produzca la reacción de hidratación y fraguado. En los selladores cuya presentación es polvo/líquido, la hidratación se inicia al momento de mezclar ambos componentes, es decir, antes de ser llevado al interior del conducto radicular, por otra parte, los cementos disponibles en jeringa, la humedad residual del conducto radicular junto con la humedad proveniente de las fibras colágenas de la dentina radicular, proporciona la hidratación necesaria para su reacción de fraguado y biomineralización.³⁶

La elevada solubilidad de los cementos a base de silicato de calcio se puede explicar por la presencia de partículas hidrofílicas nanométricas, que aumentan su área de superficie para permitir que más moléculas líquidas entren en contacto con el cemento sellador.³⁷

Los estudios respecto a la solubilidad de los biocerámicos deben interpretarse con cautela, ya que sumergir los cementos en soluciones podría no ser el mejor modelo para simular las condiciones observadas a nivel intraconducto. La variación de las soluciones en que se sumergen las muestras puede afectar drásticamente los resultados de solubilidad.¹⁹

Antunes et al., 2021³⁶ evidenció en un estudio in vitro, que los cementos EndoSequence BC Sealer HiFlow (Brasseler, USA) y Bio-C Sealer (Angelus, Brasil) luego de una inmersión de 30 días en agua destilada, la solubilidad se redujo al calentar las muestras a 37°C y 100°C, sin embargo, BioRoot RCS (Septodont, Francia) mantuvo una solubilidad superior al 5% en ambas temperaturas

experimentales. El cemento AH Plus tuvo una solubilidad inferior al 1% independiente de la temperatura.

Poggio et al., 2017⁷ en un estudio comparativo in vitro demostró que los cementos TotalFill BC Sealer (FKG, Suiza) y BioRoot RCS (Septodont, Francia), exhibieron 13.12% y 11.05% de solubilidad respectivamente, mientras que EasySeal (Komet Brasseler, Alemania), MTA Fillapex (Angelus, Brasil), Pulp Canal Sealer (Kerr, USA), AH Plus (Dentsply, Alemania) y N2 (Ghimas, Italia) exhibieron una solubilidad inferior al 3% sugerido por la ANSI/ADA.

Kardemir et al., 2023³⁸ en un estudio in vitro comparativo evidenció que los cementos selladores AH Plus BC (Dentsply, Alemania), TotalFill BC (FKG, Suiza), AH Plus y AH Plus Jet (Dentsply, Alemania) cumplieron con los estándares propuestos por la ANSI/ADA, alcanzando una solubilidad inferior al 3%. No hubo diferencias significativas entre los grupos AH Plus BC y TotalFill BC y los grupos AH Plus y AH Plus Jet.

Silva et al., 2021¹¹ en una revisión sistemática y meta-análisis respecto a la solubilidad de cementos selladores biocerámicos comparados con el cemento AH Plus, concluyó que MTA Fillapex presenta una mayor solubilidad comparado con AH Plus. Por otra parte, este estudio evidenció una mayor solubilidad de los cementos a base de silicato de calcio premezclados, tales como, TotalFill BC sealer (FKG, Suiza), Sealer Plus BC (MK Life, Brasil), Bio-C Sealer (Angelus, Brasil) y en presentación polvo/líquido, BioRoot RCS (Septodont, Francia) fue el que presentó mayor solubilidad.

Janini et al., 2023³⁹ en un estudio experimental en ratas Wistar evaluaron la biocompatibilidad y las propiedades físicas y químicas de cementos selladores premezclados: Bio – C Sealer Ion+ (Angelus, Brasil), Bio – C Sealer (Angelus, Brasil), Endosequence BC Sealer (Brasseler, USA) y AH Plus Jet (Dentsply, Alemania). Tras la implantación subcutánea de las muestras, se observó que la respuesta inflamatoria en los tejidos disminuyó de 7 a 30 días. Los cementos de silicato de calcio evidenciaron una solubilidad superior al 8%.

Los resultados publicados respecto a la solubilidad deben interpretarse con cautela ya que las discrepancias podrían atribuirse a las variaciones en las condiciones de prueba y diseños experimentales a los que fueron sometidos para evaluarlos.¹⁹

DISCUSIÓN.

Respecto al cemento sellador premezclado, BioRoot Flow (Septodont, Francia) seleccionado para el caso clínico antes detallado, fue lanzado al mercado el año 2021. En Estados Unidos se comercializó a partir de marzo de 2022 mientras que en Chile lo hizo en noviembre del mismo año. Dentro de las características técnicas del producto especificadas por la empresa Septodont - Francia, podemos mencionar que presenta un tiempo de trabajo mayor a 60 minutos con un tiempo de fraguado de 5 a 6 horas; una fuerza extrusiva de 30N. Los valores de pH varían entre 8.5 a 11.5. Presenta una elevada liberación de iones de calcio. La radiopacidad es de 6.3mm de aluminio. Al fluir, logra un espesor de película de 20.8 μm . De acuerdo a lo registrado por la empresa que lo fabrica, su solubilidad es de 1.5% siendo indicado como sellador endodóntico en técnica de compactación vertical tanto fría como caliente.

La gran mayoría de los estudios publicados a la fecha evidencian una gran variabilidad en los resultados respecto a la solubilidad de los cementos selladores biocerámicos, lo cual puede deberse a los distintos tipos de diseños experimentales y a las condiciones de prueba a las que fueron sometidos los cementos. En el presente reporte de caso, se evidenció a través del control radiográfico a los 3 meses de seguimiento la ausencia del material (cemento Bio Root Flow - Septodont, Francia) a nivel de los conductos laterales que al momento de la obturación si se encontraba presente formando parte de la obturación del SCR. Probablemente esta degradación del cemento se relacione con la extensa lesión ósea apicolateral que presentaba el diente y por consiguiente con el exudado inflamatorio que emanaba a través de esta lesión.

Los estudios reportados respecto a la solubilidad de los cementos hidráulicos a base de silicato de calcio son comparados con el cemento a base de resina epoxi AH Plus (Dentsply, Alemania), que evidencia una baja solubilidad, lo cual se explica principalmente por su composición. Durante la manipulación se mezclan compuestos de diepóxido y pasta de poliaminas, donde el grupo de amina reacciona con el grupo epóxido para formar un enlace covalente polimérico, el cual es rígido y resistente. Por otra parte, la presencia de tungstato de calcio (radiopacificador) es insoluble en agua.¹¹ Silva et al., 2016⁴⁰ en un estudio de citotoxicidad a largo plazo, demostraron que el cemento AH Plus evidenciaba efectos citotóxicos cuando estaba recién mezclado, sin embargo, a partir de una semana estos efectos desaparecieron.

Silva et al., 2021¹¹ en una revisión sistemática y meta-análisis respecto a la solubilidad de cementos selladores biocerámicos comparados con el cemento AH Plus, concluyó que MTA Fillapex presenta una mayor solubilidad comparado con AH Plus. MTA Fillapex fue uno de los primeros cementos selladores de conductos radiculares a base de silicato de calcio lanzados al mercado, por lo que existen varios estudios publicados que analizaron sus propiedades y comportamiento. Este cemento está compuesto por MTA (13.2%), resina de salicilato, resina natural, óxido de bismuto y sílice. La mezcla de sus componentes puede interferir con las propiedades del material. La reacción entre el MTA, la resina de salicilato y la hidratación selectiva de los iones de ortosilicato pueden generar un desequilibrio en la velocidad de reacción resina – MTA, interfiriendo en el proceso de hidratación del MTA, lo cual altera el fraguado, aumentando la solubilidad del material. La alta tasa de solubilidad produce la liberación de componentes tóxicos tales como la resina de salicilato, resina diluida y sílice lo cual puede explicar los efectos citotóxicos del cemento MTA Fillapex.⁴¹⁻⁴³ Este mismo estudio reveló además una elevada solubilidad de cementos selladores a base de silicato de calcio en su gran mayoría en formato premezclado (jeringa) tales como, TotalFill BC sealer (FKG, Suiza), Sealer Plus BC (MK Life, Brasil), Bio-C Sealer y en presentación polvo/líquido fue BioRoot RCS (Septodont, Francia). Esta elevada solubilidad puede deberse a que las partículas hidrofílicas de tamaño nanométrico, aumentan su área de superficie

lo cual permite que más moléculas líquidas entren en contacto con el sellador, generando un fraguado poco predecible.⁴⁴ Como ya lo hemos mencionado, los cementos sellados hidráulicos fraguan en presencia de humedad. Las fibras colágenas que se disponen en los túbulos dentinarios de la dentina radicular aportan aproximadamente un 20% de agua. No está claro si esta cantidad de agua es suficiente para generar el fraguado total del cemento sellador. Por otra parte, la presencia de fluidos tisulares puede aumentar la solubilidad del material cuando este aún no ha completado su proceso de fraguado.¹¹

Algunos estudios publicados, demuestran que los cementos selladores a base de silicato de calcio en formato premezclado (jeringas) exhiben una mayor solubilidad comparados con las presentaciones polvo/líquido.^{7,11,39} En vista de la reciente introducción al mercado del cemento BioRoot Flow (Septodont, Francia), en la base de datos de PubMed no se disponen de estudios respecto a su comportamiento, por lo que en el transcurso de los años, esperamos que exista un nivel de evidencia adecuado que respalde la eficacia del producto.

CONCLUSIONES.

Si bien, muchas de las propiedades de los cementos selladores a base de silicato de calcio se asemejan a las de un cemento ideal con el beneficio adicional de la bioactividad, el aumento de la solubilidad reportado durante los últimos años sigue siendo objeto de estudio. Al ser materiales de introducción reciente en el mercado, sumado a la amplia variedad disponible que existe actualmente, se sugieren estudios clínicos de alta calidad que evalúen la estabilidad de los cementos selladores biocerámicos a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Glossary of Endodontic Terms, American Association of Endodontist. Tenth edition, 2020.
2. Torabinejad M, Walton R, Fouad A. Endodontics Principles and Practices. Elsevier. Fifth Edition, 2014.
3. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. Dent Mater. 2001 Nov;17(6):512-9.
4. Silva EJ, Perez R, Valentim RM, Belladonna FG, De-Deus GA, Lima IC, Neves AA. Dissolution, dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. Int Endod J. 2017 Apr;50(4):407-414.
5. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Cintra LT, Nery MJ, Dezan-Júnior E, Queiroz IO, Lodi CS, Basso MD. Effect of MTA-based sealer on the healing of periapical lesions. J Appl Oral Sci. 2013;21(3):235-42.
6. Jeanneau C, Giraud T, Laurent P, About I. BioRoot RCS Extracts Modulate the Early Mechanisms of Periodontal Inflammation and Regeneration. J Endod. 2019 Aug;45(8):1016-1023.
7. Poggio C, Dagna A, Ceci M, Meravini MV, Colombo M, Pietrocola G. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. J Clin Exp Dent. 2017 Oct 1;9(10): e1189-e1194.
8. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. J Endod. 2016 Oct;42(10):1529-35.
9. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Dent Mater J. 2020 Sep 29;39(5):703-720.
10. Kandemir Demirci G, Çöven FO, Güneri P, Karavana SY, Nalbantsoy A, Köse T, Kaval ME. The solubility, pH value, chemical structure, radiopacity, and cytotoxicity of four different root canal sealers: an in vitro study. Clin Oral Investig. 2023 Sep;27(9):5413-5425.

11. Silva EJNL, Cardoso ML, Rodrigues JP, De-Deus G, Fidalgo TKDS. Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. *Aust Endod J.* 2021 Dec;47(3):690-702.
12. Donnermeyer D, Schemkämper P, Bürklein S, Schäfer E. Short and Long-Term Solubility, Alkalizing Effect, and Thermal Persistence of Premixed Calcium Silicate-Based Sealers: AH Plus Bioceramic Sealer vs. Total Fill BC Sealer. *Materials (Basel).* 2022 Oct 19;15(20):7320.
13. Aminoshariae A, Primus C, Kulild JC. Tricalcium silicate cement sealers: Do the potential benefits of bioactivity justify the drawbacks? *J Am Dent Assoc.* 2022 Aug;153(8):750-760.
14. Dong X, Xu X. Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering (Basel).* 2023 Mar 13;10(3):354.
15. Monjes J, Maresca B, Bregni C. Biocerámicos: aspectos farmacotecnológicos y clínicos de uso odontológico. *Rev. Ateneo Argent. Odontol* 2020; 62(1): 31-38.
16. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater.* 2015 Apr;31(4):351-70.
17. Estrela C, Cintra LTA, Duarte MAH, Rossi-Fedele G, Gavini G, Sousa-Neto MD. Mechanism of action of Bioactive Endodontic Materials. *Braz Dent J.* 2023 Jan-Feb;34(1):1-11.
18. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology.* 2019 Oct;107(4):421-436.
19. Camilleri J, Atmeh A, Li X, Meschi N. Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. *Int Endod J.* 2022 May;55 Suppl 3(Suppl 3):710-777. doi: 10.1111/iej.13709. Epub 2022 Mar 17. Erratum in: *Int Endod J.* 2023 Mar;56(3):402.
20. Song W, Sun W, Chen L, Yuan Z. *In vivo* Biocompatibility and Bioactivity of Calcium Silicate-Based Bioceramics in Endodontics. *Front Bioeng Biotechnol.* 2020 Oct 29; 8:580954.

21. Camilleri J. Characterization and hydration kinetics of tricalcium silicate cement for use as a dental biomaterial. *Dent Mater.* 2011 Aug;27(8):836-44.
22. Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2015 Jan-Mar;13(1):43-60.
23. Viapiana R, Moïnzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J.* 2016 Aug;49(8):774-82.
24. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan AI, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *J Appl Oral Sci.* 2018 Jan 15;26: e20160584.
25. Park SM, Yoo YJ, Lee IB, Lee W. Real-time nanoleakage and the flow characteristics of calcium silicate root canal filling materials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020 Dec;112:104111.
26. Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. *J Endod.* 2015 Sep;41(9):1469-73.
27. Oh H, Kim E, Lee S, Park S, Chen D, Shin SJ, Kim E, Kim S. Comparison of Biocompatibility of Calcium Silicate-Based Sealers and Epoxy Resin-Based Sealer on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Materials (Basel).* 2020 Nov 20;13(22):5242.
28. 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;9(2):322-331.
29. Sanz JL, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Pecci-Lloret MR, Melo M. Biological interactions between calcium silicate-based endodontic biomaterials and periodontal ligament stem cells: A systematic review of in vitro studies. *Int Endod J.* 2021 Nov;54(11):2025-2043.

30. Siqueira JF Jr, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod.* 2008 Nov;34(11):1291-1301.e3.
31. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg Chem Appl.* 2017; 2017:2582849.
32. Alsubait S, Albader S, Alajlan N, Alkhunaini N, Niazy A, Almahdy A. Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate- and epoxy resin-based endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms: a confocal laser-scanning microscopy analysis. *Odontology.* 2019 Oct;107(4):513-520.
33. Bosaid F, Aksel H, Azim AA. Influence of acidic pH on antimicrobial activity of different calcium silicate based-endodontic sealers. *Clin Oral Investig.* 2022 Aug;26(8):5369-5376.
34. Jerez-Olate C, Araya N, Alcántara R, Luengo L, Bello-Toledo H, González-Rocha G, Sánchez-Sanhueza G. In vitro antibacterial activity of endodontic bioceramic materials against dual and multispecies aerobic-anaerobic biofilm models. *Aust Endod J.* 2022 Dec;48(3):465-472.
35. AlBakhakh B, Al-Saedi A, Al-Taee R, Nahidh M. Rapid Apical Healing with Simple Obturation Technique in Response to a Calcium Silicate-Based Filling Material. *Int J Dent.* 2022 May 9; 2022:6958135.
36. Antunes TBM, Janini ACP, Pelepenko LE, Abuna GF, Paiva EM, Sinhoreti MAC, Raimundo IM Jr, Gomes BPFA, de-Jesus-Soares A, Marciano MA. Heating stability, physical and chemical analysis of calcium silicate-based endodontic sealers. *Int Endod J.* 2021 Jul;54(7):1175-1188.
37. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016;2016:9753210.
38. Kandemir Demirci G, Çöven FO, Güneri P, Karavana SY, Nalbantsoy A, Köse T, Kaval ME. The solubility, pH value, chemical structure, radiopacity, and cytotoxicity of four different root canal sealers: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2023 Sep;27(9):5413-5425.

39. Janini ACP, Pelepenko LE, Boldieri JM, Dos Santos VAB, da Silva NA, Raimundo IM Jr, Gomes BPFA, Marciano MA. Biocompatibility analysis in subcutaneous tissue and physico-chemical analysis of pre-mixed calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig*. 2023 May;27(5):2221-2234.
40. Silva EJ, Accorsi-Mendonça T, Pedrosa AC, Granjeiro JM, Zaia AA. Long-Term Cytotoxicity, pH and Dissolution Rate of AH Plus and MTA Fillapex. *Braz Dent J*. 2016 Jul-Aug;27(4):419-23. +
41. Almeida MM, Rodrigues CT, Matos AA, Carvalho KK, Silva EJ, Duarte MA, Oliveira RC, Bernardineli N. Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of AH Plus, MTA Fillapex and TotalFill BC Sealer. *J Clin Exp Dent*. 2020 Nov 1;12(11): e1058-e1065.
42. Yoshino P, Nishiyama CK, Modena KC, Santos CF, Sipert CR. In vitro cytotoxicity of white MTA, MTA Fillapex® and Portland cement on human periodontal ligament fibroblasts. *Braz Dent J*. 2013;24(2):111-6.
43. Saygili G, Saygili S, Tuglu I, Davut Capar I. *In Vitro* Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow 2, AH-Plus and MTA Fillapex. *Iran Endod J*. 2017 Summer;12(3):354-359.
44. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CE, Pécora JD. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J*. 2012 May;45(5):419-28.