



Facultad de Ciencias de la Salud

Especialidad en Endodoncia

Tema:

Hidrosolubilidad de 3 cementos biocerámicos usados en endodoncia. Un estudio in vitro

Presentada por:

Michael Ignacio Alcivar Rodriguez

Tutor:

Dra. María Fernanda Benavides Pérez

Quito, diciembre de 2024

Resumen

El presente estudio analiza la hidrosolubilidad de tres cementos biocerámicos utilizados en endodoncia: BioRoot RCS, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo. Se evaluó el porcentaje de pérdida de masa tras la inmersión en agua desionizada en intervalos de 24, 48, 360, 720 y 1440 horas, siguiendo los estándares de la norma ISO 6876:2012. Los resultados evidenciaron que Bio-C Sealer presentó la mayor pérdida de masa (11.56% promedio), significativamente superior al límite de 3% establecido por la norma. Por otro lado, BioRoot RCS y NeoSealer Flo mostraron un mejor desempeño relativo, con pérdidas promedio de 5.81% y 4.97%, respectivamente, aunque también superaron el umbral permitido. Estas diferencias, confirmadas mediante análisis estadísticos (ANOVA, $p < 0.001$), resaltan la necesidad de considerar cuidadosamente las propiedades de los cementos en contextos clínicos, priorizando aquellos con mayor estabilidad y menor hidrosolubilidad.

Palabras clave: Cementos biocerámicos, hidrosolubilidad, Bio-C Sealer, BioRoot RCS, NeoSealer Flo.

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.



Firmado electrónicamente por:
**MICHAEL IGNACIO
ALCIVAR RODRIGUEZ**

MICHAEL IGNACIO ALCIVAR RODRIGUEZ

C.I. 2300419377

Dedicatoria

Luego de 2 años de estudio he conseguido mi objetivo que es ser especialista. Este logro va dedicado a mi familia, a mis padres Patricia y Luis que siempre han sido la base para lograr mis objetivos planteados, siempre siendo un apoyo y diciéndome que, si puedo, que todo lo que me propongo lo puedo lograr. También va dedicado a mi pequeña hija Mia que luego de pregrado me recibió muy feliz pensando que acabe de estudiar y volvía a la ciudad sin pensar que tenía una nueva meta y tendría que viajar constantemente, que luego de tantas veces que me despedía para irme a las clases me decía “papito no te vayas, te voy a extrañar” pero con los días logró entender que esta meta era para ella y por ella, para ser su ejemplo y que en algún momento siga mis pasos y supere a su papá.

Va dedicado a mis hermanos, Roy y José que siempre me han ayudado con cualquier contratiempo que se me ha presentado en el camino. A mi tía Martha, mi segunda mamá, que siempre me ha ayudado en todo, apoyando mis decisiones, guiándome para hacer lo mejor. Quiero agradecer a mis compañeros de posgrado Endos babys, que resultaron ser más que amigos convirtiéndose en mis hermanos, con los que viví cosas muy lindas todo este tiempo.

Y por último agradecer a la Dra. Fernanda Benavides, por la paciencia, el cariño, por ser mi guía, por ser un ejemplo del profesional que quiero llegar a ser en mi vida, ya que siempre he admirado su trabajo, su carisma y su forma de ser.

Índice

Resumen.....	2
Dedicatoria.....	4
Índice.....	5
Índice de tablas	6
Índice de figuras	7
Introducción.....	9
Metodología.....	14
Resultados.....	17
Discusión... ..	25
Conclusiones.....	27
Referencias.. ..	28

Índice de tablas

Tabla 1.	Valores iniciales de peso en las muestras	18
Tabla 2.	Porcentaje de pérdida por hidrosolubilidad después de 1440 horas.	22
Tabla 3.	Comparación entre grupos (ANOVA).....	23
Tabla 4.	Comparaciones múltiples	23

Índice de figuras

Figura 1.	Elaboración de las muestras	15
Figura 2.	Cámara de humedad	15
Figura 3.	Conjunto de muestras	16
Figura 4.	Incubado de las muestras	16
Figura 5.	Comparación de pérdida de hidrosolubilidad a las 24 horas con el estándar ISO 6876:2012.....	19
Figura 6.	Intervalos de medición de hidrosolubilidad de los cementos	21

Tema

Hidrosolubilidad de 3 cementos biocerámicos usados en endodoncia. Un estudio in vitro

Autor: Michael Ignacio Alcivar Rodriguez

Correo electrónico: maykol.alcivarod@gmail.com

Universidad Hemisferios

Facultad de Ciencias de la Salud

Posgrado de Endodoncia

Resumen

El presente estudio analiza la hidrosolubilidad de tres cementos biocerámicos utilizados en endodoncia: BioRoot RCS, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo. Se evaluó el porcentaje de pérdida de masa tras la inmersión en agua desionizada en intervalos de 24, 48, 360, 720 y 1440 horas, siguiendo los estándares de la norma ISO 6876:2012. Los resultados evidenciaron que Bio-C Sealer presentó la mayor pérdida de masa (11.56% promedio), significativamente superior al límite de 3% establecido por la norma. Por otro lado, BioRoot RCS y NeoSealer Flo mostraron un mejor desempeño relativo, con pérdidas promedio de 5.81% y 4.97%, respectivamente, aunque también superaron el límite permitido. Estas diferencias, confirmadas mediante análisis estadísticos (ANOVA, $p < 0.001$), resaltan la necesidad de considerar cuidadosamente las propiedades de los cementos en contextos clínicos, priorizando aquellos con mayor estabilidad y menor hidrosolubilidad.

Palabras clave: Cementos biocerámicos, hidrosolubilidad, Bio-C Sealer, BioRoot RCS, NeoSealer Flo.

Abstract

This study examines the hydrosolubility of three bioceramic sealers used in endodontics: BioRoot RCS, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo. The percentage of mass loss was assessed after immersion in deionized water at intervals of 24, 48, 360, 720, and 1440 hours, following ISO 6876:2012 standards. Results revealed that Bio-C Sealer exhibited the highest mass loss (average 11.56%), significantly exceeding the 3% limit established by the standard. Conversely, BioRoot RCS and NeoSealer Flo showed relatively better performance, with average losses of 5.81% and 4.97%, respectively, although these also exceeded the acceptable threshold. These differences, confirmed through statistical analysis (ANOVA, $p < 0.001$), highlight the importance of carefully evaluating sealer properties in clinical contexts, prioritizing those with greater stability and lower solubility.

Keywords: Bioceramic sealers, hydrosolubility, Bio-C Sealer, BioRoot RCS, NeoSealer Flo.

Introducción

La pulpa dental es un tejido blando de origen mesenquimatoso, con células especializadas. Estas células —los odontoblastos— están dispuestos periféricamente en contacto directo con la matriz de la dentina (Berman & Hargreaves, 2022). La pulpa también posee otras estructuras, como vasos sanguíneos, tejido conectivo laxo, fibras colágenas y células como odontoblastos, fibroblastos y fibras nerviosas. Cuando este tejido se ve afectado, ya sea por caries o trauma dental, se pierden estas estructuras lo que puede llevar a una inflamación o necrosis pulpar y con ello a la necesidad de un tratamiento endodóntico no quirúrgico. Este tratamiento involucra la eliminación de tejido infectado, limpieza y descontaminación del conducto radicular y colocación de un material compatible con los tejidos humanos que selle y promueva la reparación, que suele ser la

gutapercha con un sellador de relleno endodóntico (De Almeida-Junior et al., 2024). Uno de los principales retos para el éxito de la terapia endodóntica es la compleja anatomía pulpar. En ocasiones, esta característica puede afectar el resultado del tratamiento haciendo difícil una obturación tridimensional. La obturación y el sellado de la cavidad pulpar con un material eficiente es crucial para inhibir el crecimiento de bacterias residuales y promover la reparación de los tejidos perirradiculares. (Chen et al., 2024).

Un cemento sellador ideal tiene propiedades físicas, mecánicas y biológicas que buscan reducir la inflamación apical, sellar herméticamente el conducto y disminuir o evitar la proliferación bacteriana, (Ashkar et al., 2024; Chen et al., 2024) Además, se espera que debido a su composición cualquier extrusión del material contribuya positivamente al proceso de cicatrización y reparación sin provocar efectos secundarios que puedan comprometer el mismo. Estas propiedades influyen de manera directa en la calidad y en el resultado final del tratamiento endodóntico (Raman & Camilleri, 2024; Chen et al., 2024; Wang et al., 2023)

Por lo regular el fraguado de los cementos selladores sucede tras una reacción ácido-base, Sin embargo en el caso de los cementos biocerámicos su reacción de fraguado se da gracias a una reacción con la humedad ya que al ser un material hidrofílico sufre un proceso de hidratación formando hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado que se solidifica (Raman & Camilleri, 2024), lo que cambia el paradigma de los cementos en endodoncia ya que comúnmente los cementos convencionales como los resinosos deben estar aislados de la humedad para su correcto funcionamiento (Elyassi et al., 2019).

Una de las clasificaciones de los cementos selladores es por su composición química (Komabayashi et al., 2020). Los selladores a base de resina epóxica son considerados el estándar de oro entre los cementos selladores por sus propiedades

fisicoquímicas (baja solubilidad y buen sellado tridimensional) (Zordan-Bronzel et al., 2019). Sin embargo, estos presentan una gran limitación, la carencia de propiedades bioactivas (particularmente efectos antimicrobianos y el favorecimiento de la reparación periapical) (Raman & Camilleri, 2024; Zordan-Bronzel et al., 2019). Los cementos basados en salicilatos —también conocidos como "cementos de hidróxido de calcio"— son cada vez menos utilizados. Aunque en su composición contienen hidróxido de calcio, y este posee pH elevado y propiedades antimicrobianas, gracias a su alta solubilidad y la inconsistencia de su fraguado no puede ser considerado un cemento sellador ideal (Komabayashi et al., 2020). Por otro lado, los cementos a base de óxido de zinc y eugenol fueron ampliamente utilizados debido a su bajo costo y adecuado tiempo de manipulación. Sin embargo, su composición —que incluye plata— tiende a causar discromía dental, y se ha demostrado que el eugenol es citotóxico (Komabayashi et al., 2020). Los cementos a base de ácidos grasos contienen óxido de zinc y algunos ácidos grasos como el ácido linoleico, ácido isoesteárico o colofonia, que actúan como quelante en vez del eugenol. Los cementos a base de ionómero de vidrio que se fabrican mezclando un polvo fino de vidrio de silicato con ácido poliacrílico. Este tipo de cementos presentan un buen sellado apical y poca irritación de los tejidos perirradiculares pero una alta dificultad para ser retirado del conducto radicular de ser necesario un retratamiento (Komabayashi et al., 2020). Los cementos siliconados usan polimetilvinilsiloxano, un material usado para la toma de impresiones y que en este caso se inyecta en el conducto radicular. Una de las desventajas de su uso es que tiene una tasa de contracción mayor que los otros cementos (Komabayashi et al., 2020). Por último, los cementos a base de silicatos tricálcicos (biocerámicos) son considerados nuevos e innovadores (D'Amico & Muwaquet Rodriguez, 2024). Estos cementos tienen polvos cerámicos presentes en el cemento Portland y están ganando popularidad debido a su fácil manipulación, sus propiedades bioinductoras y una buena

tolerancia con los tejidos periapicales (Abu Zeid & Alnoury, 2024; Huang et al., 2022; Urban et al., 2018; Zordan-Bronzel et al., 2019).

Se ha demostrado que estos selladores tienen pH alto lo que contribuye a la eliminación de microorganismos, presentan una fuerza de unión similar a la del AH Plus y liberan iones Ca que ayudan en los procesos de cicatrización o reparación apical induciendo a la angiogénesis, osteogénesis y estimulando la formación de tejidos mineralizados mostrando una mayor viabilidad celular a nivel del ligamento periodontal (Raman & Camilleri, 2024) (De Almeida-Junior et al., 2024). Además, se ha informado una alta tasa de solubilidad en estos selladores (Zordan-Bronzel et al., 2019). Según la norma ISO 6876:2012, los cementos selladores no deben exceder un 3% de solubilidad con respecto a su masa en un periodo de 24 horas, por ello los cementos selladores a base de resinas y siliconas han sido considerado los mejores, debido a que tienen una solubilidad relativamente baja, en cambio los cementos de silicato de calcio han presentado una solubilidad relativamente alta debido a la liberación de iones de hidróxido de Calcio (OH^- y Ca^{2+}) (Elyassi et al., 2019; Komabayashi et al., 2020).

Actualmente, es un desafío encontrar un material que satisfaga todas las propiedades físicas, químicas y biológicas requeridas en aplicaciones específicas, especialmente en el campo de la endodoncia (De Almeida-Junior et al., 2024). Por lo que, debido a la falta de bioactividad de los cementos resinosos hay una tendencia actual en el empleo de cementos de alta biocompatibilidad y bioactividad (Urban et al., 2018), a esto debe sumarse el hecho de que no existen estudios a largo plazo que evalúen las propiedades y características de estos materiales (Aminoshariae et al., 2022).

Esta investigación se lleva a cabo en respuesta a la creciente tendencia en el uso de este tipo de cementos, que ofrecen múltiples ventajas en comparación con otros materiales.

Entre estas ventajas se destacan su alta biocompatibilidad, bioactividad y facilidad de manejo, la cual se basa en la técnica de compactación hidráulica sincronizada. Este enfoque implica el uso de un solo cono, mientras que el resto del conducto se llena con cemento, lo que permite una mayor rapidez durante el procedimiento (Ashkar et al., 2024). A pesar de las ventajas que ofrecen los cementos biocerámicos, ha surgido una preocupación creciente acerca de su hidrosolubilidad, dado que, según las normas ISO, esta no debe exceder el 3% en las primeras 24 horas. Por lo tanto, es fundamental evaluar el grado de hidrosolubilidad de los cementos Bio-C Sealer, BioRoot RCS y NeoSealer Flo en diferentes períodos de tiempo. Esto permitirá determinar la efectividad de estos materiales en condiciones clínicamente relevantes y asegurarse de que cumplen con los estándares de calidad requeridos para su uso en tratamientos endodónticos (Elyassi et al., 2019).

Es importante señalar que la falta de estudios sobre el éxito o fracaso de estos materiales genera dudas sobre su estabilidad dimensional, especialmente considerando la alta hidrosolubilidad que ha sido reportada. Esta investigación pretende explicar sobre este aspecto crítico, proporcionando datos que puedan ayudar a establecer la confiabilidad de los cementos en aplicaciones clínicas y a orientar futuras decisiones en el uso de estos materiales.

De conseguir resultados a favor de estos cementos los beneficiados serán todos los profesionales del campo de la endodoncia, su uso será favorable para conseguir el éxito que se busca al realizar un tratamiento de conductos.

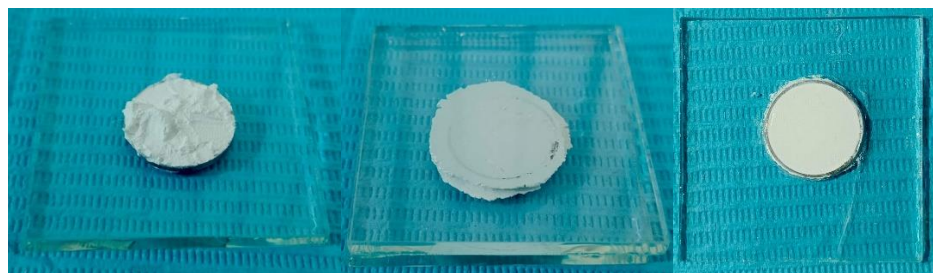
El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar el grado de hidrosolubilidad de tres cementos endodónticos biocerámicos—Bio-C Sealer (Angelus Dental, Brasil), BioRoot RCS (Septodont, Francia) y NeoSealer Flo (Zarc by Avalon

Biomed, Houston, TX, EE. UU)—mediante la determinación de su porcentaje de hidrosolubilidad a intervalos de 24, 48, 360, 720 y 1440 horas utilizando una balanza de precisión. Además, se busca comparar los resultados obtenidos con los estándares ISO 6876:2012 y proporcionar recomendaciones fundamentadas para la práctica clínica, con el fin de mejorar la selección de materiales en tratamientos endodónticos y optimizar los resultados para los pacientes. (ISO, 2012)

Metodología

En este estudio cuasi experimental *in vitro* se propuso evaluar la hidrosolubilidad de tres cementos dentales biocerámicos: Bio-C Sealer (Angelus Dental, Brasil), BioRoot RCS (Septodont, Francia) y NeoSealer Flo (Zarc by Avalon Biomed, Houston, TX, EE. UU). Basados en el artículo de Yasaman Elyassi donde comparan 6 tipos de cementos, 2 muestras por cada cemento, se estableció un tamaño muestral de 12 especímenes para este estudio, distribuidos equitativamente en tres grupos (4 especímenes por grupo), lo que permitió un análisis estadístico significativo, esto debido a que para cumplir con los estándares de reproducibilidad y validez experimental establecidos por la norma ISO 6876:2012, asegurando un diseño estadísticamente robusto.

La preparación de los especímenes siguió un protocolo que comenzó con la fabricación de moldes de acero inoxidable. Estos moldes tenían dimensiones de 20 mm \pm 0.1 mm de diámetro y 1.5 mm \pm 0.1 mm de altura. Antes de su uso, cada molde fue sometido a un lavado en un baño ultrasónico con acetona durante 15 minutos para eliminar cualquier contaminante o residuo que pudiera interferir con los resultados del estudio. Una vez limpios, los moldes fueron pesados individualmente utilizando una balanza de precisión para obtener un peso inicial preciso que serviría de referencia para posteriores mediciones.

Figura 1.*Elaboración de las muestras*

En el siguiente paso, los moldes se colocaron sobre una loseta de vidrio y se llenaron cuidadosamente con un ligero exceso del cemento seleccionado. Luego, para asegurarse de que el material se compactara adecuadamente y se minimizaran los vacíos, se aplicó presión sobre el molde utilizando otra loseta de vidrio. Este proceso fue crucial para garantizar la homogeneidad del material (Figura 1). Una vez completado el llenado y la compactación, los especímenes fueron ubicados en una cámara de humedad controlada, donde se mantuvieron a una temperatura de 37 °C y un 95 % de humedad relativa (Figura 2). Este ambiente favorece un curado óptimo y se mantuvo durante un periodo que fue un 50 % superior al tiempo de fraguado recomendado por el fabricante, asegurando así que los cementos alcanzaran sus propiedades mecánicas máximas.

Figura 2.*Cámara de humedad*

Tras el periodo de curado, se procedió al pesaje de los 12 discos resultantes (Figura 3), registrando sus pesos finales. Para evaluar la hidrosolubilidad de los cementos, se estableció un protocolo de inmersión en agua destilada. Los especímenes fueron sumergidos a intervalos de 24, 48, 360, 720 y 1440 horas (Figura 4). Durante este tiempo, se mantuvieron en condiciones controladas de incubadora, a 37 °C y 99 % de humedad relativa. Al finalizar cada periodo de inmersión, los especímenes se retiraron del agua, se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 15 minutos y se pesaron nuevamente en la balanza de precisión para registrar los pesos finales.

Figura 3.

Conjunto de muestras

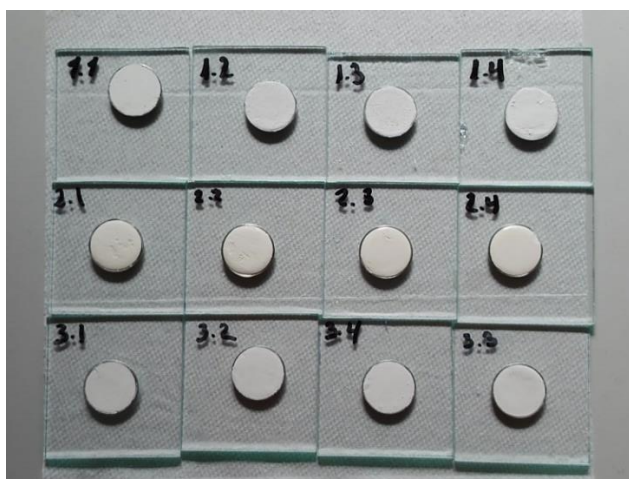


Figura 4.

Incubado de las muestras



Para garantizar un análisis completo, los especímenes fueron enjuagados con agua destilada, recolectando el agua de lavado para un análisis posterior. Tanto el agua de lavado como el agua de ensayo se sometieron a un proceso de evaporación en una estufa mantenida a 110 °C. Este procedimiento facilitó la cuantificación del residuo sólido que había sido eliminado de los cementos a través de la inmersión.

La solubilidad de cada tipo de cemento se calculó midiendo la diferencia entre el peso de cada espécimen antes y después de la inmersión, conforme a las especificaciones establecidas en la norma ISO 6876:2012. Esta metodología permitió obtener datos precisos sobre la masa de solubilidad de los cementos dentales a lo largo de los diferentes tiempos de almacenamiento evaluados (ISO, 2012).

En cuanto al análisis estadístico, se utilizaron herramientas adecuadas para la recopilación y análisis de datos. Se diseñaron tablas específicas para registrar los resultados obtenidos en cada etapa del experimento, y se empleó un registro estandarizado, el cual guió el proceso de análisis y permitió estructurar los datos de manera coherente. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SPSS v.26, donde se aplicó el test de ANOVA para determinar la significancia de las diferencias entre los grupos. Según la naturaleza de los datos recolectados, se aplicaron pruebas para establecer los valores de significancia.

Resultados

La Tabla 1 denota los pesos iniciales de los tres tipos de cementos endodónticos de la muestra. Para el cemento BioRoot RCS, el peso del anillo SM tuvo una media de 0.5246 g y una desviación estándar de 0.0017 g, indicando una alta consistencia entre las muestras. El peso anillo inicial fue de 1.5601 g, con un rango que varió entre 1.5129 g y 1.6158 g, lo que sugiere una homogeneidad en el material. La diferencia inicial promedio

fue de 1.0355 g, con una desviación estándar de 0.0416 g, lo que refuerza la fiabilidad de las mediciones.

En cuanto al Bio-C Sealer, el peso del anillo SM tuvo una media de 0.5554 g y una desviación estándar de 0.017 g, lo que también indica una consistencia estable. El peso anillo inicial promedió 1.8055 g, lo que es notablemente más alto que el de BioRoot RCS y sugiere características diferentes en su manipulación. La diferencia inicial fue de 1.2501 g, con una desviación estándar de 0.0394 g, destacando la estabilidad de este cemento.

Tabla 1.

Valores iniciales de peso en las muestras

	Cemento BioRoot RCS			
	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Peso Anillo SM	0.5246	0.0017	0.5223	0.5264
Peso Anillo Inicial	1.5601	0.0424	1.5129	1.6158
Diferencia Inicial	1.0355	0.0416	0.9906	1.0911
	Cemento Bio-C Sealer			
	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Peso Anillo SM	0.5554	0.017	0.531	0.5702
Peso anillo Inicial	1.8055	0.0485	1.7605	1.849
Diferencia Inicial	1.2501	0.0394	1.2053	1.29
	Cemento NeoSealer Flo			
	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Peso Anillo SM	0.5548	0.0182	0.5392	0.5774
Peso anillo Inicial	1.4421	0.0688	1.3552	1.5006
Diferencia Inicial	0.8874	0.0532	0.816	0.9323

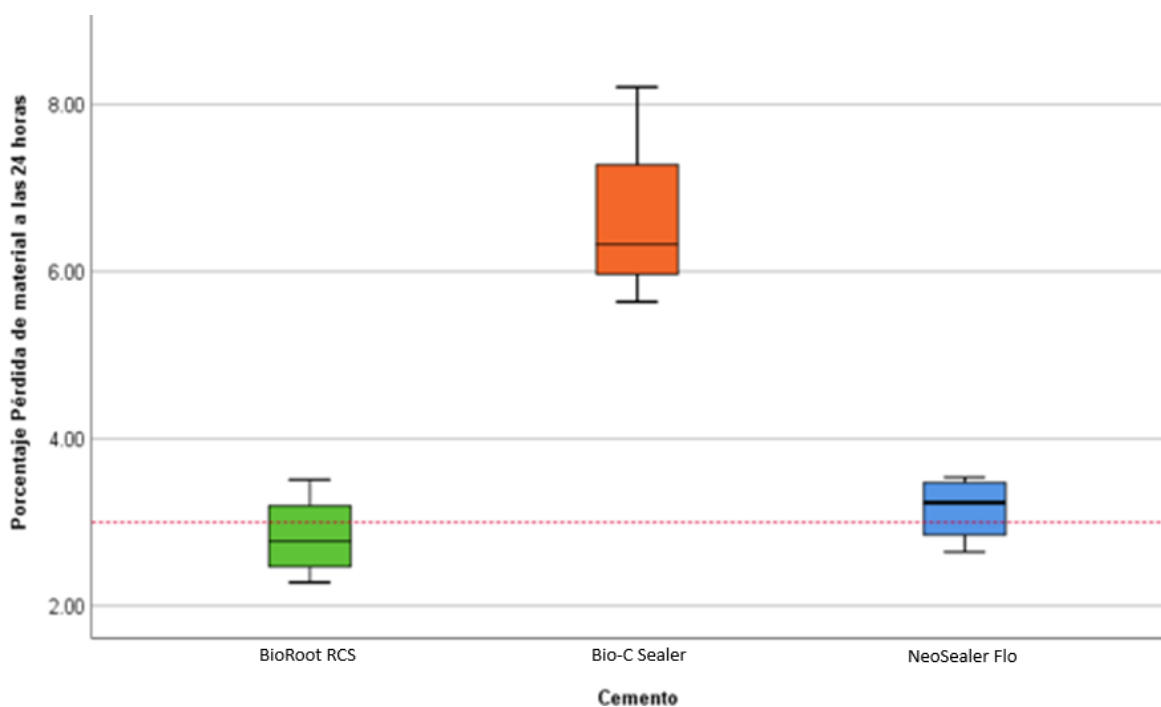
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, NeoSealer Flo mostró un peso del anillo SM de 0.5548 g con una desviación estándar de 0.0182 g, similar a los otros dos cementos. Sin embargo, su peso anillo inicial fue más bajo, con una media de 1.4421 g y una desviación estándar de 0.0688 g, indicando una mayor variabilidad en las muestras. La diferencia inicial promedió 0.8874 g, con una desviación estándar de 0.0532 g, lo que podría sugerir un rendimiento diferente en comparación con los otros cementos.

La Figura 4 muestra la pérdida de material por hidrosolubilidad a las 24 horas. Este parámetro es evaluado conforme a los lineamientos del estándar ISO 6876:2012, el cual establece que la pérdida máxima aceptable no debe exceder el 3%. En primer lugar, el cemento BioRoot RCS presenta un desempeño altamente favorable en términos de hidrosolubilidad. La mediana de la pérdida de material se encuentra claramente por debajo del umbral establecido, con una distribución de datos uniforme y limitada variabilidad. Esto indica una alta consistencia en las propiedades del material frente al medio húmedo. Al cumplir holgadamente con el estándar ISO 6876:2012, este cemento demuestra una excelente estabilidad, lo cual lo posiciona como una opción confiable para procedimientos donde la durabilidad del material es esencial.

Figura 5.

Comparación de pérdida de hidrosolubilidad a las 24 horas con el estándar ISO 6876:2012.



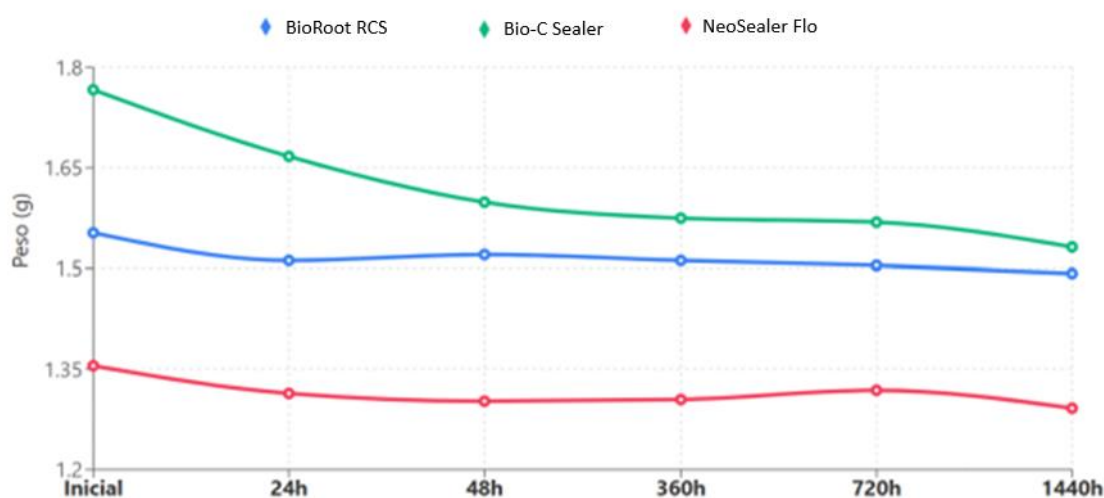
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el comportamiento del cemento Bio-C Sealer evidencia un desempeño deficiente. La mediana de pérdida de material sobrepasa el 3%, alcanzando valores cercanos al 8% en los extremos superiores de su rango. Además, la elevada dispersión de los datos refleja una significativa variabilidad en su comportamiento, lo que puede traducirse en inconsistencias clínicas. Este resultado sugiere que el cemento no cumple con los requisitos de la norma, comprometiendo su viabilidad en aplicaciones que demanden alta resistencia a la disolución en ambientes húmedos. En cuanto al cemento NeoSealer Flo, sus resultados muestran un desempeño intermedio. La mediana de la pérdida de material se sitúa en el límite del 3%, con una variabilidad relativamente baja en comparación con Bio-C Sealer. Si bien este material cumple con el estándar de manera marginal, la proximidad al límite podría plantear dudas respecto a su estabilidad a largo plazo, particularmente en situaciones clínicas donde las condiciones húmedas puedan acentuarse.

La Figura 6 muestra el comportamiento de solubilidad de los tres cementos en el tiempo encontrando que el cemento Bio-C Sealer presenta la mayor pérdida de peso (aproximadamente 0.24g) a lo largo de 1440 horas, indicando una mayor degradación estructural, mientras que BioRoot RCS y NeoSealer Flo muestran una estabilidad notable con variaciones mínimas de peso (alrededor de 0.06g). Esta característica sugiere que el Bio-C Sealer podría ser más reactivo en entornos húmedos, lo cual es crucial en donde la estabilidad dimensional y la integridad estructural son fundamentales para el éxito del tratamiento, mientras que BioRoot RCS y NeoSealer Flo demuestran una mayor resistencia a la degradación, ofreciendo una mejor consistencia y durabilidad a largo plazo.

Figura 6.

Intervalos de medición de hidrosolubilidad de los cementos



Fuente: Elaboración propia

De la misma manera la Tabla 2 permite visualizar el porcentaje de pérdida de material por efecto de la hidrosolubilidad, el cemento BioRoot RCS presenta un promedio de pérdida de 5.81%, con una mediana de 6.18%. Estos valores reflejan un desempeño moderado, ya que se encuentra por encima del límite estándar, pero con una desviación estándar de 1.37% y un rango de 3.17%, lo que sugiere una baja variabilidad en su

comportamiento. Los valores extremos, entre 3.86% y 7.03%, indican una relativa consistencia en su rendimiento frente a la disolución. Desde una perspectiva clínica, BioRoot RCS podría ser aceptable en situaciones donde no se requiera una máxima resistencia a la disolución, aunque su incumplimiento con la norma podría limitar su aplicabilidad en procedimientos que demanden alta estabilidad hidrosoluble.

Tabla 2.

Porcentaje de pérdida por hidrosolubilidad después de 1440 horas.

Cemento	Media (%)	Mediana (%)	Desv. Est. (%)	Rango (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
BioRoot RCS	5.81	6.18	1.37	3.17	3.86	7.03
Bio-C Sealer	11.56	11.15	1.18	2.63	10.66	13.3
NeoSealer Flo	4.97	4.63	1.32	3.1	3.76	6.85

Fuente: Elaboración propia

En contraste, el cemento Bio-C Sealer muestra el peor desempeño entre los tres materiales evaluados, con un promedio de pérdida de 11.56% y una mediana de 11.15%. A pesar de que la desviación estándar (1.18%) y el rango (2.63%) son bajos, los valores observados son consistentemente altos y significativamente superiores. El rango de valores, entre 10.66% y 13.30%, refleja que este cemento no es adecuado para aplicaciones que requieran alta resistencia a la disolución. Su elevado nivel de hidrosolubilidad podría comprometer su funcionalidad y durabilidad en el tiempo, especialmente en ambientes clínicos húmedos.

Por otro lado, el cemento NeoSealer Flo es el que presenta el mejor desempeño relativo, con un promedio de pérdida de 4.97% y una mediana de 4.63%. Aunque estos valores también superan el límite del estándar, se encuentran más próximos al umbral aceptable. La desviación estándar (1.32%) y el rango (3.10%) reflejan una variabilidad

moderada, con valores extremos entre 3.76% y 6.85%. Este cemento tiene un desempeño favorable, y podría considerarse para contextos en los que las condiciones de humedad no sean extremas.

Tabla 3.

Comparación entre grupos (ANOVA)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	103.095	2	51.547	30.776	0.00
Dentro de grupos	15.074	9	1.675		
Total	118.169	11			

Fuente: Estad Elaboración propia

Tabla 4.

Comparaciones múltiples

	(I) Cemento	(J) Cemento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Bonferroni	Cemento BioRoot RCS	Cemento						
		Bio-C Sealer	-5.75009*	0.91513	0,00	-8.4345	-3.0657	
		Cemento NeoSealer Flo	0.84825	0.91513	1,00	-1.8361	3.5326	
	Cemento Bio-C Sealer	Cemento RCS	5.75009*	0.91513	0,00	3.0657	8.4345	
		Cemento NeoSealer Flo	6.59834*	0.91513	0,00	3.914	9.2827	
		Cemento NeoSealer Flo						
T3 Dunnett	Cemento BioRoot RCS	Cemento						
		Bio-C Sealer	-5.75009*	0.90469	0.002	-8.6583	-2.8419	
		Cemento NeoSealer Flo	0.84825	0.95282	0.76	-2.1949	3.8914	
	Cemento Bio-C Sealer	Cemento BioRoot RCS	5.75009*	0.90469	0.002	2.8419	8.6583	
		Cemento BioRoot RCS						
		Cemento Bio-C Sealer						

	Cemento NeoSealer Flo	6.59834*	0.88661	0.001	3.7564	9.4403
	Cemento BioRoot RCS	-0.84825	0.95282	0.76	-3.8914	2.1949
Cemento NeoSealer Flo	Cemento Bio-C Sealer	-6.59834*	0.88661	0.001	-9.4403	-3.7564

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

En términos comparativos, NeoSealer Flo se destaca como el cemento con menor pérdida de material y mejor aproximación al estándar, seguido por BioRoot RCS, que muestra un desempeño aceptable, pero con valores aún elevados. Por su parte, Bio-C Sealer es claramente el más hidrosoluble debido a su alta pérdida promedio y su falta de estabilidad.

La Tabla 4 muestra la comparación de los cementos endodónticos: BioRoot RCS, Bio-C Sealer y NeoSealer Flo, en términos de su porcentaje de pérdida final. El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($F = 30.776$, $p < 0.001$), lo que justificó la realización de comparaciones múltiples post-hoc para identificar específicamente entre qué cementos existían estas diferencias.

Las comparaciones múltiples, que se verifican en la Tabla 4 realizadas mediante los métodos de Bonferroni y T3 de Dunnett, arrojaron resultados consistentes. El Cemento Bio-C Sealer mostró un porcentaje de pérdida significativamente mayor en comparación con los otros dos cementos. Específicamente, Bio-C Sealer tuvo una pérdida 5.75009% mayor que BioRoot RCS ($p < 0.001$ en Bonferroni, $p = 0.002$ en T3 de Dunnett) y 6.59834% mayor que NeoSealer Flo ($p < 0.001$ en Bonferroni, $p = 0.001$ en T3 de Dunnett).

Por otro lado, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre BioRoot RCS y NeoSealer Flo. La diferencia media entre estos dos cementos fue de apenas 0.84825%, con valores p de 1.000 en el método de Bonferroni y 0.760 en el T3 de Dunnett, indicando claramente la falta de significancia estadística.

Estos resultados denotarían que, en términos de estabilidad (entendida como menor pérdida de material), los cementos NeoSealer Flo y BioRoot RCS tienen un rendimiento significativamente superior al Bio-C Sealer. Entre NeoSealer Flo y BioRoot RCS, el rendimiento es similar, sin diferencias estadísticamente significativas.

Discusión

De acuerdo con los hallazgos reportados por Aminoshariae et al. (2022), la pérdida por solubilidad en agua en los selladores de cemento de silicato tricálcico es alta, con una pérdida de masa de hasta 13.5% en 30 días en algunos materiales. Esta característica se observa de forma similar en el Bio-C Sealer evaluado en este estudio, el cual presentó una pérdida promedio del 11.56%, con una mediana de 11.15% después de 1440 horas. Estos valores son significativamente superiores al estándar ISO 6876:2012, que establece un límite máximo de pérdida del 3%. Además, la elevada dispersión de los datos y la inconsistencia en su desempeño clínico lo posicionan como el cemento con peor desempeño en términos de hidrosolubilidad y estabilidad.

Por otro lado, el estudio de Zamparini et al. (2022) mostró que materiales como Ceraseal, AH Plus Bioceramic y NeoSealer Flo tienen solubilidades variables. En particular, el NeoSealer Flo presentó una solubilidad mayor, con valores que oscilan entre 7.10 y 3.5%, lo que coincide parcialmente con los resultados de este estudio, donde el NeoSealer Flow mostró un promedio de pérdida del 4.97% y una mediana de 4.63%. Aunque estas cifras superan el límite aceptable de la norma ISO, el material tuvo una

menor variabilidad en comparación con el Bio-C Sealer y un desempeño intermedio, lo que sugiere que podría ser aceptable en contextos donde no se requiera una máxima resistencia a la disolución.

En cuanto al cemento BioRoot RCS, los datos obtenidos en este estudio muestran que, aunque su pérdida promedio (5.81%) también excede el límite ISO, presenta menor dispersión y mejor estabilidad estructural frente a condiciones húmedas. Este comportamiento es consistente con los resultados de Elyassi et al. (2019) y Prüllage et al. (2016), quienes destacaron que BioRoot RCS tiene una pérdida de peso significativamente menor que otros cementos, como MTA Fillapex, aunque sigue mostrando cierta solubilidad en tiempos prolongados. Además, estudios previos como el de Poggio et al. (2007) señalaron que BioRoot RCS presenta mayor solubilidad en agua destilada en comparación con AH Plus, pero menor que MTA, lo que se refleja también en los datos actuales.

Es importante resaltar que los análisis realizados mediante ANOVA y pruebas post hoc en este estudio confirmaron diferencias estadísticamente significativas entre los cementos evaluados ($F = 30.776$, $p < 0.001$). Las comparaciones múltiples indicaron que Bio-C Sealer mostró una pérdida de material significativamente mayor que BioRoot RCS y NeoSealer Flo, mientras que no se encontraron diferencias significativas entre estos últimos dos cementos. Este hallazgo refuerza la idea de que NeoSealer Flo y BioRoot RCS presentan un mejor desempeño relativo en términos de estabilidad frente a la hidrosolubilidad.

Por último, la evaluación de la pérdida de peso a lo largo del tiempo (Figura 2) confirmó que Bio-C Sealer presenta la mayor degradación estructural, con una pérdida acumulada de aproximadamente 0.24 g, mientras que BioRoot RCS y NeoSealer Flo

mostraron una estabilidad notable, con variaciones mínimas de peso cercanas a 0.06 g. Esto es consistente con estudios como el de Zordan-Bronzel et al. (2019), que señalaron que Bio-C tiene una tasa de solubilidad más alta en comparación con otros cementos evaluados, y que NeoSealer Flo y BioRoot RCS tienen mejores características de estabilidad a largo plazo.

Conclusiones

Los resultados de este estudio concluyen que el Bio-C Sealer presenta una elevada solubilidad, con una pérdida de masa promedio del 11.56%, muy superior al límite máximo del 3% establecido por la norma ISO 6876:2012. Esta alta tasa de disolución sugiere una notable inestabilidad del material frente a condiciones húmedas, lo que compromete su aplicabilidad clínica. Dado que los selladores endodónticos deben garantizar una adecuada estabilidad estructural para preservar el sellado a largo plazo, el desempeño del Bio-C Sealer plantea serias limitaciones en contextos donde la durabilidad es crucial.

Por otro lado, BioRoot RCS y NeoSealer Flo mostraron un desempeño superior en términos de estabilidad frente a la solubilidad, aunque tampoco cumplieron completamente con el estándar ISO. BioRoot RCS presentó una pérdida de masa promedio del 5.81% y NeoSealer Flo del 4.97%, cifras que, aunque menores a las del Bio-C Sealer, aún exceden el límite permitido. Esto indica que ambos materiales tienen una mejor resistencia relativa a la disolución, lo que los hace opciones más viables desde una perspectiva clínica, especialmente en situaciones donde se requiera una mayor estabilidad estructural.

Las diferencias significativas en el comportamiento de los tres materiales evaluados subrayan la variabilidad existente entre los cementos a base de silicato tricálcico. Mientras que Bio-C Sealer mostró el peor desempeño en términos de estabilidad frente a la

humedad, BioRoot RCS y NeoSealer Flo demostraron ser alternativas más consistentes, aunque con limitaciones.

Se recomienda realizar más investigaciones en periodos de tiempo más amplios sobre estos cementos, ya que al ser los más nuevos en el mercado carecen de investigación a largo plazo y su éxito aún no está demostrado.

Referencias

- Abu Zeid, S. T., & Alnoury, A. S. (2024). Impact of Bioactivity on Push-Out Bond Strength of AH Plus Bioceramic versus BC Bioceramic Root Canal Sealers. *Applied Sciences*, *14*(20), 9366. <https://doi.org/10.3390/app14209366>
- Aminoshariae, A., Primus, C., & Kulild, J. C. (2022). Tricalcium silicate cement sealers. *The Journal of the American Dental Association*, *153*(8), 750-760. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2022.01.004>
- Ashkar, I., Sanz, J. L., Forner, L., Ghilotti, J., & Melo, M. (2024). A Literature Review of the Effect of Heat on the Physical-Chemical Properties of Calcium Silicate-Based Sealers. *Journal of Endodontics*, *50*(8), 1044-1058.e5. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.04.017>
- Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2022). *Cohen. Vías de la pulpa*. Elsevier Health Sciences.
- Chen, J.-H., Raman, V., Kuehne, S. A., Camilleri, J., & Hirschfeld, J. (2024). Chemical, Antibacterial, and Cytotoxic Properties of Four Different Endodontic Sealer Leachates Over Time. *Journal of Endodontics*, S0099239924004771. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.08.015>

- D'Amico, G., & Muwaquet Rodriguez, S. (2024). Effectiveness of tricalcium silicate-based cements: Systematic review and meta-analysis. *The Saudi Dental Journal*, 36(2), 208-213. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.10.015>
- De Almeida-Junior, L. A., De Campos Chaves Lamarque, G., Herrera, H., Arnez, M. F. M., Lorencetti-Silva, F., Silva, R. A. B., Silva, L. A. B., & Paula-Silva, F. W. G. (2024). Analysis of the cytotoxicity and bioactivity of CeraSeal, BioRoot™ and AH Plus® sealers in pre-osteoblast lineage cells. *BMC Oral Health*, 24(1), 262. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04021-2>
- Elyassi, Y., Moinzadeh, A. T., & Kleverlaan, C. J. (2019). Characterization of Leachates from 6 Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 45(5), 623-627. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.011>
- Huang, G., Liu, S.-Y., Wu, J.-L., Qiu, D., & Dong, Y.-M. (2022). A novel bioactive glass-based root canal sealer in endodontics. *Journal of Dental Sciences*, 17(1), 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.04.018>
- ISO. (2012). *ISO-6876-2012 Dentistry—Root canal sealing materials* (Versión Third edition).
- Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Materials Journal*, 39(5), 703-720. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>
- Lyu, W.-J., Bai, W., Wang, X.-Y., & Liang, Y.-H. (2022). Physicochemical properties of a novel bioceramic silicone-based root canal sealer. *Journal of Dental Sciences*, 17(2), 831-835. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.09.034>
- Poggio, C., Lombardini, M., Alessandro, C., & Simonetta, R. (2007). Solubility of Root-end-Filling Materials: A Comparative Study. *Journal of Endodontics*, 33(9), 1094-1097. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.05.021>

- Raman, V., & Camilleri, J. (2024). Characterization and Assessment of Physical Properties of 3 Single Syringe Hydraulic Cement–based Sealers. *Journal of Endodontics*, 50(3), 381-388. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.01.001>
- Urban, K., Neuhaus, J., Donnermeyer, D., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2018). Solubility and pH Value of 3 Different Root Canal Sealers: A Long-term Investigation. *Journal of Endodontics*, 44(11), 1736-1740. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.07.026>
- Wang, X., Xiao, Y., Song, W., Ye, L., Yang, C., Xing, Y., & Yuan, Z. (2023). Clinical application of calcium silicate-based bioceramics in endodontics. *Journal of Translational Medicine*, 21(1), 853. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04550-4>
- Zordan-Bronzel, C. L., Esteves Torres, F. F., Tanomaru-Filho, M., Chávez-Andrade, G. M., Bosso-Martelo, R., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–based Sealer, Bio-C Sealer. *Journal of Endodontics*, 45(10), 1248-1252. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.006>