

Comparación de las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 selladores endodónticos biocerámicos premezclados. Una revisión sistemática.

Daniel Felipe García Cuadrado – dgarcia08@uan.edu.co

Luisa María Campeón Recio – lcampeon98@uan.edu.co

Valeria Zuluaga Solarte – vzuluaga91@uan.edu.co

Ana Carolina Reyes Gallego – anacaroreyes@uan.edu.co

Docente - Universidad Antonio Nariño

Especialista en Endodoncia - Universidad Militar Nueva Granada (CIEO).

Magister en Salud Pública – Universidad Autónoma de Manizales



Universidad Antonio Nariño

Odontología

Armenia, Quindío

2020

Copyright © AÑO 2020 por Daniel Felipe García Cuadrado, Luisa María Campeón Recio, Valeria Zuluaga Solarte y Ana Carolina Reyes Gallego “**Comparación de las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 cementos selladores biocerámicos premezclados. Una revisión sistemática**”. Todos los derechos reservados.

Dedicatoria

El presente trabajo de grado va dedicado en primera instancia a Dios quien es el centro de nuestras vidas y nos ha guiado a través de este camino, dándonos sabiduría y fortaleza para culminarlo de la mejor manera. A nuestras familias, en especial a nuestros padres quienes, con su apoyo incondicional y esfuerzo, nos han proporcionado los cimientos para la construcción de un futuro mejor. A ellos gracias porque a lo largo de nuestras vidas nos han inculcado valores y principios que nos han formado como personas y nos han llevado a donde hoy nos encontramos, gracias por siempre creer en nuestras capacidades y ser nuestra fuente de motivación e inspiración para superarnos día a día. Gracias a ellos podemos decir que hoy, hemos culminado una de nuestras etapas más importantes.

Agradecimientos

Queremos agradecer de manera muy especial y con profundo afecto a nuestra asesora la Doctora ANA CAROLINA REYES GALLEGO, quien nos apoyó en cada etapa de la realización de este trabajo de grado. El camino no fue sencillo, pero gracias a su excelencia, conocimiento, compromiso y dedicación logramos ejecutar con éxito nuestro proyecto. Agradecemos también a los doctores de la universidad quienes nos apoyaron, en especial al Doctor NESTOR IVÁN CARDONA PEREZ, quien fue nuestro asesor metodológico. Indudablemente nos debemos a muchas personas involucradas en este fructífero proceso, sin su colaboración este proyecto no hubiera sido posible.

Resumen

Antecedentes: El tratamiento endodóntico está compuesto por diferentes etapas secuenciales, entre ellas la etapa de sellado del conducto, la cual comprende de un conjunto de procedimientos realizados en una secuencia ordenada, que implican el uso de conos de gutapercha y un sellador endodóntico, los cuales deben ser materiales inertes, bacteriostáticos, insolubles en fluidos tisulares, radiopacos, biocompatibles, que promuevan un selle hermético, tridimensional y estable. Se encuentran gran variedad de selladores endodónticos, los cuales se clasifican según su composición química, uno de estos son los selladores biocerámicos, los cuales a su vez se subdividen en biocerámicos premezclados que vienen almacenados en jeringas herméticas, son nuevas formulaciones que buscan solventar problemas de manipulación, colocación intraconducto, tiempo de trabajo, baja biocompatibilidad y bioactividad que presentan otros selladores, con esto mejorar el éxito del tratamientos endodóntico.

Objetivo: Evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 cementos selladores biocerámicos premezclados: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

Metodología: Se utilizaron cuatro bases de datos electrónicas PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar; se realizó la búsqueda según criterios PICO. Los selladores de interés fueron TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA y las propiedades: composición química, pH, radiopacidad, fraguado, solubilidad, bioactividad y biocompatibilidad. Se encontraron 940 artículos y fueron seleccionados un total de 63 artículos para esta revisión sistemática

Resultados: Los selladores premezclados biocerámicos mostraron una composición química adecuado, la radiopacidad, el tiempo de fraguado, exceptuando la solubilidad cumplieron los

requisitos ISO 6876: 2012. Los selladores evidenciaron ser alcalinos, presentaron bioactividad y biocompatibilidad favorables.

Conclusión: Los selladores biocerámicos premezclados mostraron propiedades fisicoquímicas adecuadas como pH, tiempo de fraguado y radiopacidad, además ser materiales con potencial de bioactividad y biocompatibilidad. Sin embargo, múltiples estudios apuntan que los selladores TotalFill BC, Iroot SP, Bio-C y Sealer Plus BC muestran valores de solubilidad superiores a los requeridos por la norma ISO 6876/2012 especificación número 57 ANSI/ADA. Sin desconocer que la literatura reporta diversas limitaciones en cuanto a las metodologías para evaluar la solubilidad de estos materiales.

Palabras claves: Selladores biocerámicos premezclados, TotalFill BC Sealer, EndoSequence BC Sealer, IRoot SP, Bio-C Sealer, Sealer Plus BC, Endoseal MTA, propiedades fisicoquímicas, bioactividad, biocompatibilidad.

Abstract

Background: The endodontic treatment is composed of different sequential stages, among them the duct sealing stage, which comprises a set of procedures performed in an orderly sequence, involving the use of gutta-percha cones and an endodontic sealant, which must be inert, bacteriostatic, and insoluble in tissue fluids, radio-opaque, biocompatible materials that promote a hermetic, three-dimensional and stable seal. There is a great variety of endodontic sealants, which are classified according to their chemical composition, one of these is the bioceramic sealants, which in turn are subdivided into premixed bioceramics that are stored in hermetic syringes, they are new formulations that seek to solve problems of handling, intra-conduct placement, working time, low biocompatibility and bioactivity that other sealants have, thus improving the success of endodontic treatments.

Objective: To evaluate the physicochemical and biological properties of 6 premixed bioceramic sealant cements: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® and Endoseal® MTA.

Methodology: Four electronic databases were used: PubMed, Scopus, Web of Science and Google Scholar; the search was made according to PICO criteria. The sealers of interest were TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® and Endoseal® MTA and the properties: chemical composition, pH, radiopacity, setting, solubility, bioactivity and biocompatibility. 940 articles were found and a total of 63 articles were selected for this systematic review

Results: The bioceramic premixed sealants showed an appropriate chemical composition, radiopacity, setting time, except for solubility, and met the requirements of ISO 6876: 2012. The sealants proved to be alkaline, exhibiting favorable bioactivity and biocompatibility.

Conclusion: The premixed bioceramic sealants showed adequate physicochemical properties such as pH, setting time and radiopacity, besides being materials with bioactivity and biocompatibility potential. However, multiple studies point out that TotalFill BC, Iroot SP, Bio-C and Sealer Plus BC sealers show solubility values higher than those required by ISO 6876/2012 specification number 57 ANSI/ADA. Notwithstanding, the literature reports several limitations in terms of methodologies to evaluate the solubility of these materials.

Key words: Premixed bioceramic sealants, TotalFill BC Sealer, EndoSequence BC Sealer, IRoot SP, Bio-C Sealer, Sealer Plus BC, Endoseal MTA, physicochemical properties, bioactivity, biocompatibility.

Tabla de Contenidos

1. Introducción	12
1.1 Marco teórico	13
1.2 Estado del arte	19
2. Planteamiento del problema	23
3. Justificación	25
4. Objetivos	26
4.1 General	26
4.2 Específicos	26
5. Metodología	27
5.1 Tipo de estudio	27
5.2 Descripción del procedimiento	27
5.3 Aspectos Éticos de la Investigación:	31
6. Resultados	32
6.1 Composición Química	32
6.2 pH	32
6.3 Radiopacidad	34
6.4 Fraguado	36
6.5 Solubilidad	37
6.6 Bioactividad	39
6.7 Biocompatibilidad	41
6.7.1 Evaluación de la viabilidad celular	41
6.7.2 Potencial osteogénico, migración celular, proliferación celular y reacción tisular.	45
7. Discusión	48
8. Conclusiones	59
9. Financiación	60
10. Bibliografía	61

Lista de tablas

Tabla 1. Fórmulas utilizadas en cada base de datos.	28
Tabla 2: Composición química de los selladores premezclados seleccionados en el estudio	32
Tabla 3: Comparación del pH evaluado en los estudios seleccionados.	33
Tabla 4: Comparación de la radiopacidad evaluada en los estudios seleccionados.	35
Tabla 5: Comparación de fraguado evaluado en los estudios seleccionados.	36
Tabla 6: Comparación de la solubilidad evaluada en los estudios seleccionados.	38
Tabla 7: Comparación del potencial bioactivo evaluado en los estudios seleccionados.	39
Tabla 8: Comparación de biocompatibilidad evaluada en los estudios seleccionados.	42
Tabla 9: Comparación de la biocompatibilidad evaluada en los estudios seleccionados.	46

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de búsqueda sistemática.

30

1. Introducción

Los selladores de conductos radiculares se utilizan para rellenar el espacio entre la pared de la dentina y la gutapercha, las irregularidades del conducto radicular y los canales laterales y accesorios durante la obturación del conducto radicular. (Chen et al., 2020). Los selladores a base de silicato de calcio normalmente conocidos como selladores biocerámicos (Teixeira Mendes et al., 2019), son nuevas formulaciones y aditivos para mejorar problemas como el tiempo de trabajo y las dificultades de manipulación que presentan otros selladores. Este material provenía originalmente de una combinación de silicato de calcio y fosfato de calcio. El fosfato de calcio mejora las propiedades de fraguado de los selladores biocerámicos dando como resultado una composición química y una estructura cristalina similar a la de los materiales de apatita dental y ósea, mejorando así la unión del sellador a la raíz de la dentina (Teixeira Mendes et al., 2019).

Los selladores a base de silicato de calcio premezclados y listos para usar son nuevos selladores que facilitan la biomineralización, el proceso por el cual un organismo vivo sintetiza una sustancia mineral, la bioactividad que implica la síntesis de depósitos de fosfato de calcio en la superficie de los materiales colocados en un fluido corporal mímico (S. López-García et al., 2020).

Además, los selladores a base de silicato de calcio premezclados presentan su radiopacidad que cumple con la norma ISO 6876:2012, estos selladores promueven un alto pH y permiten la liberación de iones de Ca. Otra ventaja del material es su capacidad, durante el proceso de fraguado, de formar hidroxiapatita y, en última instancia, una unión entre la dentina y el material de obturación (Candeiro et al., 2012). Sin embargo, también se informa de una alta solubilidad para los selladores endodónticos a base de silicato de calcio premezclados (Teixeira Mendes et al., 2019). Así pues, las principales ventajas de los materiales de biocerámica en la aplicación dental están relacionadas con sus propiedades físicas y biológicas. Las biocerámicas son biocompatibles,

no tóxicas, dimensional y químicamente estables dentro del entorno biológico (Candeiro et al., 2012).

La presente investigación surge como consecuencia de la necesidad de analizar las diferencias y similitudes de las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 selladores biocerámicos premezclados teniendo como referencia la norma ISO 6876/2012 y ANSI/ADA especificación número 57.

1.1 Marco teórico

La endodoncia es un neologismo que trata de la práctica sobre la pulpa dental. Es la ciencia y el arte que se dedica a tratar el diente y tejido periapical desde un punto de vista morfológico, estructural, fisiológico y patológico, conjugando el conocimiento para tratar de manera integral al diente y tejidos que lo rodean. Bajo una conceptualización interna la endodoncia requiere los elementos suficientes para el logro de sus objetivos, siendo necesario conocer todos los pequeños detalles que se escapan a la vista, mediante el estudio metódico y prioritario de la anatomía externa e interna logrando conjugar ambas para obtener el conocimiento necesario al tratar las alteraciones pulpares y sus repercusión sobre los tejidos periapicales y de esta forma obtener procedimientos terapéuticos exitosos (Corona Tabares & Barajaz Corte, 2009).

Se deben cumplir una serie de pasos durante el procedimiento endodóntico, siendo uno de ellos la obturación endodóntica, este proceso hace referencia a la última etapa operatoria del tratamiento de conductos radiculares y tiene un valor fundamental en el éxito a mediano y largo plazo, por lo que el objetivo final de la obturación es el sellado tridimensional completo del sistema de conductos radiculares para lograr la preservación del diente como una unidad funcional sana (Octavio Manuel, Luna Lara, Carlos Alberto Alejandro, & María Teresa, 2020).

Para lograr una obturación endodóntica exitosa con un sellado hermético existen diversos materiales de relleno del conducto radicular, haciendo parte de esta gran variedad los cementos selladores de conductos (Al-Haddad & Aziz, 2016). Los selladores de conductos radiculares se clasifican comúnmente según su química (Elyassi, Moinzadeh, & Kleverlaan, 2019): selladores de hidróxido de calcio, selladores de ionómero de vidrio, selladores de eugenol de óxido de zinc, los selladores a base de resina y los selladores biocerámicos de calcio de reciente introducción (Seo, Lee, Kim, Song, & Kim, 2019).

Los selladores a base de biocerámica, los cuales solo han estado disponibles para su uso en endodoncia durante los últimos treinta años, su ascenso a la prominencia corresponde al mayor uso de la tecnología (Al-Haddad y Aziz 2016). Los selladores a base de biocerámica son productos cerámicos diseñados especialmente para aplicaciones médicas y dentales. Estos selladores incluyen alúmina, circonita, vidrio bioactivo, cerámica de vidrio, hidroxiapatita y fosfatos de calcio. Los selladores basados en la biocerámica se clasifican en dos grupos: selladores a base de silicato de calcio (Agregados de trióxido mineral (MTA) y no MTA) y selladores a base de fosfato de calcio. Además, existe otra categorización de selladores basados en biocerámicas en dos grupos de materiales bioactivos y bioinertes debido a su interacción con los tejidos cercanos y vivos. Los materiales bioactivos, como el vidrio y el fosfato de calcio, interactúan con el tejido circundante para fomentar el crecimiento de tejidos más duraderos. Las propiedades fisicoquímicas de los selladores siempre se han tenido en cuenta debido a su importancia biológica y técnica (Jafari & Jafari, 2017).

Entre la gran variedad de selladores biocerámicos, haciendo parte de estos el TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

El TotalFill® BC Sealer, es un material endodóntico biocerámico pre-mezclado de silicato de calcio que ha demostrado buenas propiedades físicas y biológicas y tiene la capacidad de liberar iones de calcio, éste sistema dispone de conos de gutapercha con una capa biocerámica incorporada, de esta manera se logra una unión química entre la pared dentinaria y el material de relleno, como resultado de la hidroxiapatita que es creada durante el fraguado de cemento y en enlace químico que se crea entre el cemento y la cubierta de los conos de gutapercha. De esta manera se estaría logrando realizar endodoncias de una forma más simple, rápida y mejorada. TotalFill® BC Sealer también mejora la proliferación de las células madre del ligamento periodontal y no produce apoptosis de las mismas y según estudios se puede establecer que TotalFill® BC Sealer no presenta citotoxicidad en las células madre del ligamento periodontal (Braun, 2015).

El EndoSequence® BC Sealer es un material de relleno del conducto radicular a base de silicato de calcio con propiedades bioactivas, lo cual le permite tener la capacidad de provocar una respuesta biológica específica en la interfaz del material con su entorno, lo que daría como resultado un enlace estable; este sellador es altamente radiopaco, sin contracción, hidrófilo, formando hidroxiapatita al fraguar, siendo esta reacción de fraguado una reacción de hidratación (Seltenerich, 2015).

El sellador iRoot SP® (Innovative BioCreamix Inc, Vancouver, Canadá) es un RCS (sellador del conducto radicular) biocerámico, inyectable y premezclado. Según el fabricante, iRoot SP® es un material a base de CS, hidrófilo, sin aluminio, compuesto de CP, CH, óxido de circonio y un agente espesante. iRoot SP® tiene una composición similar a la del MTA blanco y tiene excelentes propiedades de sellado y actividad antimicrobiana (Chang, Lee, Kang, Kum, & Kim, 2014).

El Sellador Bio-C® Sealer es un nuevo sellador biocerámico premezclado, compuesto de silicatos de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de circonio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agentes dispersantes. Según el fabricante, su bioactividad se atribuye a la liberación de iones de calcio que estimulan la formación de tejido mineralizado (Sergio López-García, Pecci-lloret, Guerrero-Gironés, & Pecci-lloret, 2020).

El Sealer Plus BC® (SPBC; MK Life, Brasil) es un sellador del conducto radicular biocerámico premezclado, está compuesto de disilicato de calcio, trisilicato de calcio nanoparticulado y óxido de circonio. Este sellador presenta pH alcalino, libera iones de calcio y tiene un tiempo de fraguado y radiopacidad adecuados (F. Silva, Delfino, & Sérgio, 2020).

El Endoseal® MTA como lo menciona su fabricante, es un sellador de conducto radicular de tipo pasta basado en cemento puzolánico que tiene excelentes propiedades físicas y biológicas de MTA. El producto tiene una excelente fluidez y maniobrabilidad, lo que permite llenar completamente el sistema de conducto radicular, incluidos los canales accesorios y laterales. No contiene eugenol y no impedirá la adhesión dentro del conducto radicular. El Endoseal® está desarrollado para el relleno del conducto radicular y la reparación de la perforación de la raíz, evitando de manera efectiva la irritación del tejido periapical y la infección secundaria.

Los materiales endodónticos biocerámicos deben cumplir con una serie de requisitos ideales para obtener resultados óptimos y satisfactorios en el procedimiento de obturación endodóntica. Estos requisitos son (Braun, 2015):

1. Los selladores deben cumplir con un pH acorde, el cual no vaya afectar el resultado de la obturación endodóntica. El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución, el cual indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones (Balceros, 2016). Además, el cambio de pH de los selladores puede estar relacionado con los efectos

antimicrobianos y la deposición de tejido mineralizado, desempeñando así un papel en el proceso de curación. El pH alcalino de los selladores de los conductos radiculares podría neutralizar el ácido láctico de los osteoclastos y evitar la disolución de los componentes mineralizados de los dientes (Poggio, Dagna, et al., 2017).

2. La insolubilidad es una de las propiedades físicas más deseables para los selladores de canales radiculares porque puede tener un gran impacto en la tasa de éxito del tratamiento de conducto. De hecho, la degradación del sellador puede causar lagunas a lo largo de la interfase sellador/dentina o del sellador/gutta-percha que podría proporcionar una vía para los microorganismos y sus productos tóxicos en los tejidos periapicales (Poggio, Dagna, et al., 2017).

3. Deben ser materiales radiopacos, lo cual es una característica que se encuentra en mayor o menor grado en los materiales dentales que permite su identificación en el examen radiográfico, para poder hacer un seguimiento (Braun, 2015). Los materiales también deben presentar una radiopacidad específica para distinguirlos de los tejidos dentales (Reszka, Grocholewicz, Drożdżik, & Lipski, 2019).

4. Tener un tiempo de fraguado adecuado (Braun, 2015). El tiempo de fraguado tiene un impacto en el tiempo de trabajo y en el rendimiento clínico del sellador del canal radicular. Para un tiempo de trabajo suficiente y, por tanto, un procedimiento completo de condensación del conducto radicular, un tiempo de fraguado prolongado es ventajoso. Sin embargo, debe evitarse un tiempo de fraguado prolongado para eliminar el posible efecto citotóxico del sellador del conducto radicular que no se ha puesto en contacto con los tejidos periapicales. Un tiempo de fraguado prolongado puede aumentar la liberación de más elementos que podrían inducir diversos grados de irritación de los tejidos, retrasar o impedir la curación periapical hasta que se produzca

el fraguado. La duración del tiempo de fraguado depende de la composición y la calidad de la reacción de hidratación de los selladores (Abu Zeid, Mokeem Saleh, Khafagi, & Abou Neel, 2018).

5. Deben ser materiales bioactivos (Braun, 2015). Los nuevos selladores, nombraron al calcio como el proceso por el cual un organismo vivo sintetiza una sustancia mineral. Un importante desafío que enfrenta la endodoncia hoy en día es precisamente la correcta formación del tejido mineral duro. Para lograrlo, es esencial que los materiales utilizados en los tratamientos de endodoncia sean bioactivos. La bioactividad implica la síntesis de depósitos de fosfato de calcio en la superficie de los materiales colocados en un fluido corporal mimico, por ejemplo, una solución tampón con una concentración de iones similar a los valores encontrados en el plasma de la sangre humana (S. López-García et al., 2020).

6. Ser un material biocompatible, lo que significa la capacidad de un material para realizar su función deseada con respecto a una terapia médica, sin provocar efectos locales o sistémicos indeseables en el receptor o beneficiario de esa terapia, pero generando el beneficio celular más apropiado o respuesta tisular en esa situación específica, y optimizar el rendimiento clínicamente relevante de esa terapia (Zunic & Peter, 2018).

Desde el punto de vista clínico, la ventaja de la presentación premezclada es evidente, ya que se ahorra tiempo y se obtiene un cemento homogéneo y bien proporcionado en sus componentes, a diferencia de los demás cementos de obturación, cuya preparación está supeditada al manejo del operador. Además, son hidrofílicos, se fraguan sólo ante la exposición a un ambiente húmedo, humedad que es proporcionada por los túbulos dentinarios. De esta manera, si el canal después del secado final queda húmedo, no se vería afectado de manera negativa su capacidad de sellado. El ser hidrofílico, tener un tamaño de partícula pequeño, y adherirse de manera química a la dentina le otorga buenas propiedades hidráulicas. Sin embargo, hasta la fecha, aún faltan estudios que

instruyan más a fondo sobre las propiedades fisicoquímicas y biológicas de dichos materiales (Braun, 2015).

Una referencia para evaluar los materiales utilizados en endodoncia dentro del diente que son utilizados para sellar el espacio del conducto radicular se encuentra en las normas ISO 6876/2012 y ANSI/ADA especificación número 57. Esta especificación es una adopción de ISO 6876: 2001. ADA57-2000 Reafirmado por ANSI: diciembre de 2006.

1.2 Estado del arte

Son diversos los estudios que se han realizado en torno a la caracterización de selladores endodónticos. Como ya se ha puesto en manifiesto, el objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 cementos selladores biocerámicos premezclados de diferentes casas comerciales. Por esto, se hace necesario hacer una revisión sistemática de la literatura en torno a esta temática, de lo cual se encuentra que en el año 2020 (Komabayashi et al., 2020). Realizan un estudio, en el cual hacen una revisión integral de selladores endodónticos. La investigación mencionada mantiene estrecha relación con la que se pretende en este informe, pues en relación, esta analizó selladores endodónticos actuales según su tipo de reacción de fraguado, composición y propiedades. Los autores del estudio, mencionan que el tiempo de fraguado, la solubilidad, la capacidad de sellado, la actividad antimicrobiana, la biocompatibilidad y la citotoxicidad son aspectos clave para el estudio, los autores trabajaron mediante un metanálisis de literatura relevante y concluyeron que el AH Plus, en contraste con los selladores de silicato tricálcico, evidencian que la microfiltración relativa, es la más baja entre todos los selladores que fueron evaluados en este proyecto. Cabe decir que los selladores que prosiguen a los anteriores son los de silicona y otros de resina epoxi que no son AH plus. Además de esto, los selladores de silicato tricálcico exhiben el efecto antimicrobiano de gran potencial y demuestran ser más

favorables en cuanto a biocompatibilidad. Desde esto, se recomienda que los selladores futuros combinen un sello hermético con efectos terapéuticos (Komabayashi et al., 2020).

En la misma línea investigativa los hallazgos reportan que (Singh, Markan, Kaur, & Gupta, 2015) en el año 2015 trabajaron con la terapia de canal radicular, con el objetivo de analizar algunos conceptos actuales en el uso de diferentes selladores en la terapia endodóntica y de esta manera compararlos y hacer inferencias clínicas, concluyendo que la endodoncia tiene un nivel de éxito dependiendo del conocimiento del profesional del área y de la anatomía del conducto radicular; esto sumado a las técnicas que se seleccionen para realizar el procedimiento. En el mismo sentido, muestran que la terapia de endodoncia que se realiza con la restauración y con odontología reconstructiva, junto con el sellado tridimensional del conducto radicular, sirve para prevenir la reinfección del canal y mantener la salud de los tejidos periapicales, asegurando el éxito de la raíz. Así mismo destacan el sello como un material importante para el tratamiento endodóntico y como instrucciones para estos casos plantean el uso de materiales que penetren los túbulos dentinarios permeables para que así se destruyan microorganismos que conllevan a una cementación (Singh et al., 2015). En el mismo sentido (Duarte et al., 2018) realizan una revisión crítica cuyo objetivo es discutir las propiedades físicas, químicas y biológicas del MTA y los avances en los nuevos cementos a base de silicato tricálcico. Con lo anterior se pudo determinar que para las propiedades fisicoquímicas los selladores endodónticos siguen la norma ISO 6876: 2012, con características biológicas favorables, en contraste con otros de tipo convencional. Lo expuesto es muy importante, dado que este resultado expone que los selladores endodónticos, objetos de estudio pueden llegar a ser mejor que los convencionales, lo cual se demuestra de manera *in vitro* e *in vivo* (2018). De la misma manera, otros autores siguen realizando revisiones analistas. Por ejemplo, en 2017, bajo el título de ¿Will Bioceramics be the Future Root Canal

Filling Materials? Se gesta un trabajo investigativo en el cual, (Camilleri, 2017) analiza los métodos clínicos y se pregunta si los materiales más nuevos cambian el tratamiento de endodoncia. De lo anterior, el autor expone que el uso de biocerámicas y materiales relacionados, mejoran el resultado del tratamiento. Con el material ya mencionado, “el tratamiento del ápice inmaduro se ha reducido a una o dos visitas. Los selladores de conductos radiculares de biocerámica han cambiado el concepto de obturación del conducto radicular del concepto de sellado hermético y materiales inertes a la unión y actividad biológica. La introducción de estos materiales ciertamente ha cambiado los resultados clínicos de la obturación de conductos radiculares” (Camilleri, 2017).

Así como los trabajos anteriores, no se han escatimado esfuerzos en cuanto a la revisión sistemática a selladores de endodoncia basados en silicatos de calcio, pues como ya se indicó. (Donnermeyer, Bürklein, Dammaschke, & Schäfer, 2019), realizan un artículo denominado Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review en el cual se consideran estos selladores como excelentes en la capacidad de sellado, alta biocompatibilidad y con un punto de vista biológico sobre la obturación de los conductos radiculares. Desde la misma perspectiva, los selladores a base de silicatos de calcio por su potencial bioactivo, tienen ligera solubilidad, incluso después del fraguado, lo cual puede comprometer la calidad del sellado de un conducto radicular contra el recrecimiento y la reinfección (Donnermeyer et al., 2019). En relación con todo lo mencionado, los trabajos ya mencionados funcionan como base metodológica para la pretensión de esta investigación ya que brindan unos posibles trazos para la guianza en la realización del mismo. Además de esto, las investigaciones que se destacan en este punto, proporcionan un acercamiento teórico al sujeto de estudio y, por lo tanto, es relevante que se tomen en cuenta para el fortalecimiento en el área del conocimiento científico y práctico.

2. Planteamiento del problema

La etapa de sellado del conducto radicular comprende un conjunto de procedimientos operativos realizados en una secuencia ordenada (Vertuan et al., 2018), que implican el uso de conos de gutapercha y un sellador endodóntico (De Almeida et al. 2000). Una gran variedad de selladores endodónticos están disponibles comercialmente (De Almeida et al. 2000), uno de ellos son los selladores a base de resina epóxica que son considerados el estándar de oro por sus propiedades fisicoquímicas. No obstante, la principal limitación de estos es la ausencia de propiedades bioactivas (Zordan-Bronzel et al. 2019).

Por lo tanto, con el fin de solventar esta necesidad, aparecen los materiales biocerámicos a base de silicato de calcio, que son candidatos bioactivos prometedores para la reparación de tejidos duros debido a sus excelentes propiedades fisicoquímicas y biológicas (López-García et al. 2019). Estos selladores biocerámicos se pueden encontrar premezclados contenidos en una jeringa hermética, listos para usar. Esto permite su aplicación directa en los conductos radiculares, con esto se pretende superar la dificultad de colocación del cemento en todo el espacio del conducto radicular (J. A. Kim et al., 2018).

Debido al creciente desarrollo y uso en el ámbito clínico de los selladores biocerámicos premezclados, se hace necesario evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas estos cementos tales como: el pH y su relación con el efecto antibacteriano, potencial osteogénico y la biocompatibilidad, tiempo de fraguado e influencia en los minutos de manipulación de los materiales de relleno y en la citotoxicidad, óptima radiopacidad que permita una correcta visibilidad en las radiografías para diferenciarlos de estructuras adyacentes, la solubilidad ya que al presentar valores elevados puede crear porosidades y lechos para los microorganismo y

finalmente el potencial de mineralización por medio de la bioactividad. Todo esto con el fin de proporcionar un tratamiento endodóntico idóneo.

Sin embargo, al realizar una búsqueda extensa en las diferentes bases de datos, se concluye que no hay revisiones científicas actualizadas que recopilen, analicen y comparen la información sobre las propiedades de los cementos selladores biocerámicos premezclados anteriormente mencionados. Además, no se realiza la distinción entre los biocerámicos premezclados listos para su uso y aquellos que se deben mezclar previamente, obviando la influencia de esta presentación comercial en la alteración de las propiedades durante la mezcla del operador en selladores no premezclados. Las revisiones existentes incluyen datos hasta 2015- 2016 y no abarcan selladores recientemente introducidos al mercado.

A la fecha se han realizado diversos estudios *in vitro* que evalúan las propiedades fisicoquímicas y biológicas de estos cementos. Por tal razón, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué diferencias hay entre las propiedades fisicoquímicas y biológicas tales como composición química, pH, radiopacidad, solubilidad, tiempo de fraguado, bioactividad y biocompatibilidad, de los cementos selladores biocerámicos premezclados TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA?

3. Justificación

El uso de un agente sellador para obturar los conductos radiculares es esencial para el éxito del proceso de obturación. No solo ayuda a lograr el sellado tridimensional, sino que también sirve para rellenar las irregularidades del conducto y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material de obturación.

Debido al creciente desarrollo y uso clínico de los selladores biocerámicos premezclados que favorecen este selle tridimensional hermético, se hace necesario proporcionar un consolidado que permita comparar la información publicada sobre las propiedades físico-químicas y biológicas de 6 selladores endodónticos biocerámicos premezclados, con el fin de comprender mejor su comportamiento clínico y comprobar el beneficio que aportan al tratamiento endodóntico, teniendo en cuenta las normativas que avalan la calidad de dichos cementos como lo son, las normas ISO y la ANSI/ADA.

Por medio de la información aportada por los estudios incluidos en la presente revisión, se pretende esclarecer e identificar con base en la evidencia algunas de las ventajas o desventajas en cuanto a propiedades físicas y biológicas que presentan los selladores biocerámicos premezclados; además cuales selladores cumplen con los estándares de las normativas estipuladas. Esto provee otra alternativa de uso a los selladores endodónticos convencionales y proporciona un amplio panorama sobre los selladores biocerámicos premezclados, siendo beneficioso para el gremio odontológico dado que esto puede orientar la elección del sellador, posibilitando realizar procedimientos con mayor confiabilidad, al reconocer y tener cierto grado de certeza de la composición química, los aspectos biológicos y fisicoquímicos de cada sellador.

4. Objetivos

4.1 General

Evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 cementos selladores biocerámicos premezclados: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

4.2 Específicos

Identificar el tiempo de fraguado, la solubilidad, la radiopacidad y la composición química del TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

Evaluar datos de bioactividad y biocompatibilidad del TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

Evaluar cumplimiento de tiempo de fraguado, solubilidad y radiopacidad del TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA según la norma ISO 6876/2012 y ANSI/ADA especificación número 57.

5. Metodología

5.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio que se empleó fue Revisión Sistemática de la Literatura, se realizó de acuerdo a la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

5.2 Descripción del procedimiento

Se realizó la búsqueda sistematizada en las bases de datos electrónicas PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar; para esto se tuvo en cuenta los criterios descritos en la pregunta P.I.C.O., criterios de inclusión y criterios de exclusión.

P: Obturación endodóntica.

I: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

C: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

O: Propiedades de composición química, pH, radiopacidad, solubilidad, tiempo de fraguado, bioactividad y biocompatibilidad.

Se estableció una estrategia de búsqueda, donde se definió una fórmula según las reglas de búsqueda de cada base de datos (tabla 1), utilizando términos mesh y no mesh. Seleccionando artículos que cumplieran con los criterios de elegibilidad y publicados en el periodo del 2010 hasta julio del 2020.

Tabla 1. Fórmulas utilizadas en cada base de datos.

Base de datos	Fórmula utilizada
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ({TotalFill BC Sealer}) OR TITLE-ABS-KEY ({EndoSequence}) OR TITLE-ABS-KEY ({Iroot SP}) OR TITLE-ABS-KEY ({Bio-C sealer}) OR TITLE-ABS-KEY ({Sealer Plus BC}) OR TITLE-ABS-KEY ({Endoseal MTA}) OR TITLE-ABS-KEY ({premixed bioceramic}) OR TITLE-ABS-KEY ({bioceramic root canal sealers}) AND TITLE-ABS-KEY (solubility) OR TITLE-ABS-KEY (setting) OR TITLE-ABS-KEY (bioactivity) OR TITLE-ABS-KEY (biocompatibility) OR TITLE-ABS-KEY ({chemical composition}) OR TITLE-ABS-KEY (chemistry) OR TITLE-ABS-KEY (radiopacity) OR TITLE-ABS-KEY (ph) OR TITLE-ABS-KEY (radiographic) OR TITLE-ABS-KEY ({biological properties}) OR TITLE-ABS-KEY ({physicochemical properties})) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2010))
Web of Science	TEMA: ("TotalFill BC") OR TEMA: ("Endosequence BC") OR TEMA: ("Iroot SP") OR TEMA: ("Bio-C sealer") OR TEMA: ("Sealer Plus") AND TEMA: ("Endoseal MTA") AND TEMA: ("bioceramic sealer") AND TEMA: ("chemical composition") AND TEMA: ("pH") AND TEMA: (radiopacity) AND TEMA: (solubility) AND TEMA: (setting) AND TEMA: (biocompatibility) AND TEMA: (bioactivity) AND TEMA: ("biological properties") AND TEMA: ("physicochemical properties") Refinado por: IDIOMAS: (ENGLISH) Período de tiempo: 2010-2020. Bases de datos: WOS, KJD, RSCI, SCIELO. Período de tiempo: 2010-2020. Bases de datos: WOS, KJD, RSCI, SCIELO. Idioma de búsqueda=Auto
Pubmed	((((((((((((("TotalFill BC") OR ("Endosequence BC")) OR ("Iroot SP")) OR ("Bio-C sealer")) OR ("Sealer Plus")) OR ("Endoseal MTA")) OR ("bioceramic sealer")) AND (pH)) AND (radiopacity)) AND (radiopacity)) AND (setting)) AND (bioactivity)) AND (biocompatibility)) AND ("bioceramic sealer")) AND ("biological properties")) AND ("physicochemical properties")) AND ("chemical composition")
Google Scholar (limitada entre el año 2010 - 2020)	<p>"chemical composition" OR ph OR radiographic OR radiopacity OR solubility OR setting OR bioactivity OR biocompatibility "EndoSequence BC Sealer" -"root repair"</p> <p>"chemical composition" OR ph OR radiographic OR radiopacity OR solubility OR setting OR bioactivity OR biocompatibility "TOTAL FILL BC"</p> <p>"chemical composition" OR ph OR radiographic OR radiopacity OR solubility OR setting OR bioactivity OR biocompatibility "Bio C sealer" -"root repair"</p> <p>"I ROOT SP" "chemical composition" OR ph OR radiographic OR radiopacity OR solubility OR setting OR bioactivity OR biocompatibility -"root repair"</p> <p>"chemical composition" OR ph OR radiopacity OR radiographic OR solubility OR setting OR bioactivity OR biocompatibility "endoseal MTA" -"root repair"</p> <p>"chemical composition" OR ph OR radiographic OR radiopacity OR solubility OR setting OR bioactivity OR biocompatibility "Sealer plus BC" -"root repair"</p>

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Artículos científicos relacionados con cementos selladores endodónticos biocerámicos premezclados TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.
- Artículos científicos en los cuales se reporte información acerca de las siguientes propiedades: composición química, pH, radiopacidad, solubilidad, tiempo de fraguado, bioactividad y biocompatibilidad, cuyo diseño de dichas publicaciones se asocie con estudios de cohorte, revisión sistemática de la literatura, meta-análisis, estudios cuasi-experimentales o experimentales y estudios *in vitro*.
- Artículos científicos relacionados con el tema, disponibles en inglés.

Criterios de exclusión:

- Artículos científicos con los cementos investigados, en las cuales estos sean utilizados para otros fines diferentes a la obturación endodóntica del conducto radicular.
- Artículos científicos donde su línea de investigación se base en estudios de ensayos clínicos, reportes de casos y revisiones de la literatura o narrativas donde no se describa la metodología de búsqueda sistematizada.
- Artículos científicos que no abarquen el periodo entre el año 2010 y 2020.

A través de las fórmulas de búsquedas se encontró un total de 940 artículos en las cuatro bases de datos. Se realizó exclusión de artículos duplicados n=238 y de artículos cuyo título y resumen no cumplieran con los criterios de elegibilidad n=627. Durante una búsqueda manual los

investigadores encontraron artículos que complementaban su búsqueda sistémica n=2, se procedió a la lectura completa de artículos resultantes n= 77 y finalmente, para evaluar la calidad metodológica de cada artículo se aplicaron las listas de chequeo Consort (Cobos-Carbó y Augustovski 2011), Arrive (Kilkenny et al. 2010) y Amstar (Shea et al. 2017), para artículos experimentales, investigaciones con animales y revisiones sistemáticas respectivamente, donde se descartaron artículos por no cumplir con la calidad metodológica n=6, revisiones narrativas n=5 y falta de información n=3 y para un consolidado total de artículos finales n=63 (figura 1).

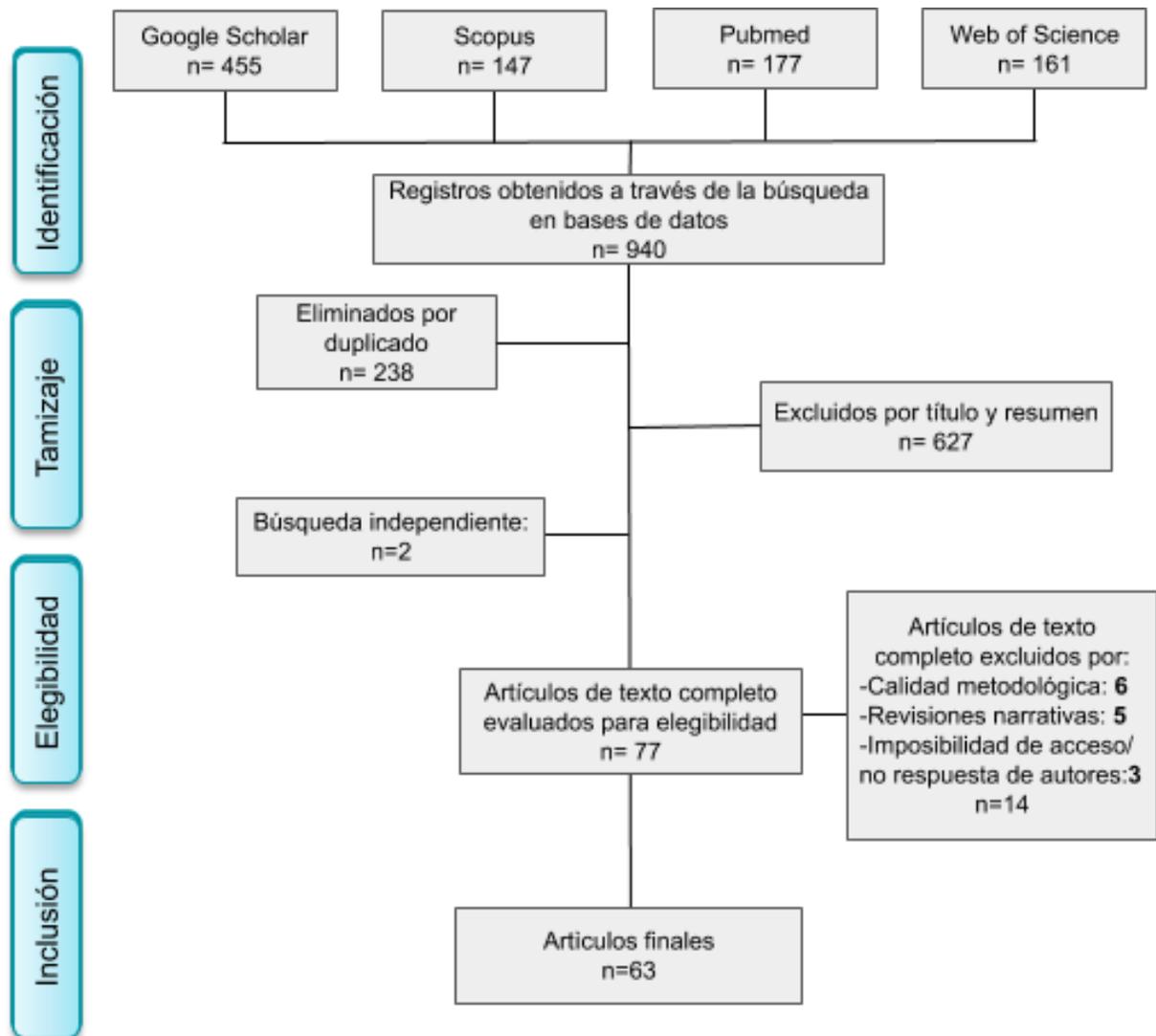


Figura 1. Diagrama de búsqueda sistemática.

Tres investigadores realizaron la extracción de datos de los artículos finales incluidos, información que respondiera al objetivo general y los objetivos específicos de la investigación. Paso siguiente, la información fue recopilada y consolidada en una base de datos en Excel para su posterior análisis, interpretación y discusión.

5.3 Aspectos Éticos de la Investigación:

Respetar derechos de autor bajo el Artículo 27, numeral 2° de la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 que protege el derecho de autor.

6. Resultados

De los 63 artículos finales, los datos se sintetizaron en tablas (Microsoft Excel), una tabla para cada propiedad evaluada, y en ellas se consignó la información respectiva a cada cemento. En cada tabla se incluyó: nombre de los autores, año de publicación, método utilizado en el artículo para evaluar la propiedad y finalmente resultados obtenidos en cada estudio.

6.1 Composición Química

Se evaluaron 6 selladores de canales radiculares: TotalFill BC Sealer®, Endosequence BC Sealer®, iRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA. El nombre de los productos, fabricantes y componentes se enumeran en la tabla 2.

Tabla 2: Composición química de los selladores premezclados seleccionados en el estudio.

CEMENTO	FABRICANTE	COMPOSICIÓN QUÍMICA
TotalFill® BC Sealer	FKG Dentaire SA, La Chaux- de Fonds, Suiza.	Óxido de circonio, silicatos de calcio, fosfato de calcio monobásico, hidróxido de calcio, agentes de relleno y espesantes.
Endosequence® BC Sealer	Brasseler, Savannah, GA, USA.	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato de calcio monobásico, hidróxido de calcio, sílice coloidal y agente espesante sin agua.
iRoot SP®	Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canadá.	Óxido de circonio, silicatos de calcio, fosfato de calcio, hidróxido de calcio, agentes de relleno y espesantes.
Bio-C® Sealer	Ángelus, Rua Waldir Landgraf, Barrio Lindóia, Londrina, Brasil.	Silicatos de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de circonio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agente dispersante.
Sealer Plus BC®	MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil.	Silicato de calcio, óxido de circonio, silicato tricálcico, silicato de calcio e hidróxido de calcio.
Endoseal® MTA	Maruchi, Taejanggungdan-gil, Wonju-si, Gangwon-do, Korea del Sur	Silicatos de calcio, aluminatos de calcio, calcio sulfato, radiopacificante y agente espesante.

6.2 pH

La tabla 3 muestra los resultados encontrados con relación al pH de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 17 artículos que aportan información para esta propiedad,

los cuales se distribuyeron en: TotalFill BC Sealer® 5 artículos, Endosequence BC Sealer® 5 artículos, iRoot SP® 1 artículos, Bio-C® Sealer 2 artículos, Sealer Plus BC® 1 artículo y Endoseal® MTA 3 artículos. Se emplearon dos métodos para la evaluación del pH: Medidor digital de pH y Electrodo digital de pH. Los valores del pH en cada estudio se expresaron evaluando el nivel de alcalinidad, neutralidad o acidez de los selladores en diferentes intervalos de tiempo. Todos los selladores biocerámicos premezclados mostraron un pH alcalino.

Tabla 3: Comparación del pH evaluado en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill BC Sealer®	(Colombo et al., 2018)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 10.06 (± 1.24) 24 hrs: 10.67 (± 1.25)
	(Poggio, Dagna, et al., 2017)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 10,06 (± 1,24) 24 hrs: 10,67 (± 1,25)
	(Christian L Zordan-Bronzel, Ferrari Esteves, Tanomaru Torres, Andrade Chavez, & Martelo, Roberta Bosso Guerreiro Tanomaru, 2018)	Medidor digital de pH.	1d: 10.38 (± 0.17) 7d: 10.23 (± 0.52) 14d: 10.24 (± 0.43) 21d: 9.68 (± 0.89)
	(Tanomaru-Filho et al., 2017)	Medidor digital de pH.	1d:10.37 (± 0.20) 3d:10.61 (± 0.16) 7d:10.29 (± 0.21) 14d:10.53 (± 0.14) 21d: 9.50 (± 0.93) 28d: 9.21 (± 0.86)
	(Zamparini, Siboni, Prati, Taddei, & Gandolfi, 2019)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 11.6 1d: 11.9 3d: 11.7 7d: 11.8 14d: 11.3 28d: 8.9
Endosequence BC Sealer®	(S. López-García et al., 2020)	Medidor digital de pH.	1 hrs: 7.87 (± 0.17) 3 hrs: 8.01 (± 0.20) 24 hrs: 7.79 (± 0.17) 3d: 8.01 (± 0.15) 7d: 8.00 (± 0.13)
	(Candeiro et al., 2012)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 10.31 24 hrs: 10.87 72 hrs: 10.94 168 hrs: 11.21 240 hrs: 11.16
	(Dudeja, Taneja, Kumari, & Singh, 2015)	Electrodo medidor de pH.	1d: 9.01 (± 0.022) 1 semana: 8.75 (± 0.033) 2 semanas: 8.607 (± 0.028) 3 semanas: 8.467 (± 0.029) 4 semanas: 8.253 (± 0.037)

	(Zhou et al., 2013)	Medidor digital de pH.	3 min: 11 20 min: 11.5 60 min: 11.8 120 min: 12 24 hrs: 13
	(J. K. Lee, Kwak, Ha, Lee, & Kim, 2014)	Medidor digital de pH.	pH muestras recién mezcladas: 3min: 11,64 (\pm 0,03) 30 min: 11,60 (\pm 0,02) 60 min: 11,67 (\pm 0,03) 2 hrs: 11,7 (\pm 0,03) 12 hrs: 11,78 (\pm 0,03) 24 hrs: 11,78 (\pm 0,03)
iRoot SP®	(Wei Zhang, Li, & Peng, 2010)	Sin información.	El pH del extracto de iRoot SP se mantuvo estable entre 7,5 a 7,8 a lo largo del período experimental.
Bio-C® sealer	(Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018)	Medidor digital de pH.	1d: 9.65 (\pm 0.17) 7d: 9.74 (\pm 0.53) 14d: 9.90 (\pm 0.95) 21d: 9.18 (\pm 1.01)
	(Sergio López-García, Lozano, et al., 2019)	Medidor digital de pH.	8.40 (\pm 0.05)
Sealer Plus BC®	(Teixeira Mendes et al., 2019)	Medidor digital de pH.	1 hrs: 9.47 (\pm 0.38) 24 hrs: 9.58 (\pm 0.81) 72 hrs: 10.05 (\pm 1.17) 168 hrs: 10.05 (\pm 1.17)
Endoseal® MTA	(S. López-García et al., 2020)	Medidor digital de pH.	1hrs: 9.66 (\pm 0.20) 3hrs: 9.64 (\pm 0.22) 24hrs: 9.39 (\pm 0.32) 3d: 9.68 (\pm 0.64) 7d: 10.18 (\pm 0.77)
	(Lim et al., 2015)	Medidor digital de pH.	Valor de pH entre 10-11 en los periodos de tiempo (1,3,5,7 horas, 1,2,3,7 días)
	(J. K. Lee et al., 2014)	Medidor digital de pH.	pH muestras fraguadas: inicial 5,76 (\pm 0,11) 12h: 10,58 (\pm 0,06) 3d: 10,90 (\pm 0,05) 7d: 11,02 (\pm 0,04) 2sem: 11,26 (\pm 0,04) 4sem: 11,29 (\pm 0,07)

6.3 Radiopacidad

La tabla 4 muestra los resultados encontrados con relación a la radiopacidad de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 12 artículos que aportan información para esta propiedad; los cuales se distribuyen en: TotalFill BC Sealer® 5 artículos, Endosequence BC Sealer® 4 artículos, Bio-C® Sealer 1 artículo, Sealer Plus BC® 1 artículo, Endoseal® MTA 2

artículos, con respecto al sellador iRoot SP® no se encontraron datos con relación a esta propiedad, razón por la cual no se incluyó en el análisis comparativo de la misma. Se utilizaron diferentes metodologías para determinar la radiopacidad del sellador: Radiografías convencionales digitalizadas, Radiografías digitales (sensor de rayos X digital) y Radiografías digitales (sistema de placas PSP). Los valores de radiopacidad en cada estudio fueron expresados en Milímetros de aluminio (mm Al) y todos los selladores cumplieron (utilizando como referencia Normas ISO y Normas ANSI/ADA), mostraron valores >3 mm Al.

Tabla 4: Comparación de la radiopacidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS (mm Al)
TotalFill BC Sealer®	(Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018)	Radiografías convencionales digitalizadas.	6.1 (± 0.7)
	(Reszka et al., 2019)	Radiografías convencionales digitalizadas.	7.93 (± 0.56)
	(Hrab, Chisnoiu, Badea, Moldovan, & Chisnoiu, 2017)	Radiografías digitales (sensor de rayos X digital).	4 (± 0,15)
	(Tanomaru-Filho et al., 2017)	Radiografías convencionales digitalizadas.	6.15 (± 0.39)
	(Zamparini et al., 2019)	Radiografías convencionales digitalizadas.	7.45 (± 0.48)
Endosequence BC Sealer®	(Chen et al., 2020)	Radiografías convencionales digitalizadas.	4.76 (± 0.03)
	(Candeiro et al., 2012)	Radiografías convencionales digitalizadas.	3.834 (± 0.346)
	(Xuereb, Vella, Damidot, Sammut, & Camilleri, 2015)	Radiografías digitales (sistema de placas PSP).	10.8
	(J. K. Lee et al., 2014)	Radiografías convencionales digitalizadas.	6.68 (± 0.99.)
iRoot SP®	-	-	-
Bio-C® Sealer	(Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018)	Radiografías convencionales digitalizadas.	5.5 (± 0.6)
Sealer Plus BC®	(Teixeira Mendes et al., 2019)	Radiografías convencionales digitalizadas.	3.67
Endoseal® MTA	(Lim et al., 2015)	Radiografías convencionales digitalizadas.	9
	(J. K. Lee et al., 2014)	Radiografías digitales (sensor de rayos X digital).	9.50 (± 0.84)

6.4 Fraguado

La tabla 5 presenta los resultados encontrados con relación al fraguado de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 19 artículos que aportan información para esta propiedad, los cuales se distribuyeron en: TotalFill BC Sealer® 4 artículos, Endosequence BC Sealer® 7 artículos, iRoot SP® 2 artículo, Bio-C® Sealer 1 artículo, Sealer Plus BC® 3 artículos y Endoseal® MTA artículos. Se emplearon dos métodos para la evaluación del fraguado: Método Aguja Gillmore y Método Aguja de Vicat; sin embargo, no fue posible determinar en el artículo "Characterization of leachates from 6 root canal sealers" la metodología empleada, dado que no describieron a lo largo de su publicación. Los valores del fraguado en cada estudio se expresaron evaluando en qué intervalo de tiempo el sellador fraguó, en algunos estudios exponen el tiempo de fraguado inicial y final, además proponen diferentes condiciones para evaluar si el sellador logra expresar su propiedad de fraguado. Siguiendo la norma ISO 6876/2012 y ANSI/ADA especificación número 57 los selladores biocerámicos premezclados cumplieron y tienen un tiempo de fraguado <72 hrs.

Tabla 5: Comparación de fraguado evaluado en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill BC Sealer®	(Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018)	Método Aguja Gillmore.	582.2 min (\pm 4.5)
	(Elyassi et al., 2019)	-	Las muestras necesitaron más de 2 meses para fraguar completamente, esto no corresponde al tiempo de fraguado de 4 horas (en condiciones de humedad) notificado por el fabricante.
	(Zamparini et al., 2019)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 23.0 hrs (\pm 0.1) Fraguado final: 52.0 hrs (\pm 0.1)
	(Tanomaru-Filho et al., 2019)	Método Aguja Gillmore.	581.5 min (\pm 27.18)
Endosequence BC Sealer®	(Chen et al., 2020)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 37°C: 4.7 hrs (\pm 0.3) 100°C: 4.3 hrs (\pm 0.3) Fraguado final: 37°C: 72.7 hrs (\pm 0.6) 100°C: 71.3 hrs (\pm 1.1)

	(Xuereb et al., 2015)	Método Aguja de Vicat.	22.3 hrs (\pm 0.9)
	(Abu Zeid et al., 2018)	Método Aguja Gillmore.	Tiempo de fraguado inicial: 37 hrs (\pm 1.15) Tiempo de fraguado final: Hasta 3 meses
	(Zhou et al., 2013)	Método Aguja Gillmore.	2.7 hrs (\pm 0.3)
	(Loushine et al., 2011)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 72 hrs Fraguado final: 240 hrs
	(Zamparini et al., 2019)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 23.0 hrs (\pm 0.1) Fraguado final: 52.0 hrs (\pm 0.1)
iRoot SP®	(Qu, Bai, Liang, & Gao, 2016)	Método Aguja Gillmore.	37°C: 245.8 min (\pm 15.9) 140°C: 14.2 min (\pm 0.6)
	(Abu Zeid et al., 2018)	Método Aguja Vicat.	Fraguado inicial: 32 hrs (\pm 1.42) Fraguado final: Todavía hay 1,5 mm.
Bio-C® Sealer	(Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018)	Método Aguja Gillmore.	220.0 min (\pm 12.7)
Sealer Plus BC®	(Teixeira Mendes et al., 2019)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 50 min. Fraguado final: 3 hrs 13 min.
Endoseal® MTA	(J. K. Lee et al., 2014)	Método Agua de Vicat.	1223.4 min (\pm 156.3)

6.5 Solubilidad

La tabla 6 muestra los resultados encontrados con relación a la solubilidad de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 18 artículos que aportan información para esta propiedad; los cuales se distribuyen en: TotalFill BC Sealer® 7 artículos, Endosequence BC Sealer® 4 artículos, iRoot SP® 2 artículos, Bio-C® Sealer 2 artículos, Sealer Plus BC® 2 artículos, Endoseal® MTA 1 artículo. Se utilizaron diferentes metodologías para evaluar la solubilidad de los materiales: Método según norma ISO 6876 especificación 57 ADA, Método propuesto por Carvalho- Junior, Método según Norma ISO 4049, y Pruebas de solubilidad por diferencias de masa. Se evidencia la existencia de heterogeneidad debido a la variedad metodológica de los artículos. Con respecto a estándares ISO y ANSI/ADA, los resultados muestran que Endosequence BC Sealer® y Endoseal® MTA cumplieron mostrando una solubilidad <3%, TotalFill BC Sealer® no cumplió ya que presentó una solubilidad >3% en todos los estudios. Sin embargo, iRoot SP®,

Bio-C® Sealer y Sealer Plus BC® presentaron resultados contradictorios, en los cuales unos autores afirman que cumplen con los estándares y otros difieren en los resultados.

Tabla 6: Comparación de la solubilidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS % pérdida de masa
TotalFill BC Sealer®	(Colombo et al., 2018)	Método ISO 6876 especificación 57 ADA	24h: 13.12
	(Torres et al., 2020)	Método Carvalho-Junior	7d: Agua destilada: 7.82 (\pm 0.95) PBS: 5.24 (\pm 2.09)
	(Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018)	Método Carvalho-Junior	30 días: 10.6 (\pm 3.2)
	(Elyassi et al., 2019)	Método ISO 6876	24h: 9.4 (\pm 6.3) 1sem: 11.2 (\pm 5.2) 2sem: 12.6 (\pm 4.2) 3sem: 13.3 (\pm 3.7) 4sem: 14.2 (\pm 3.1)
	(Poggio, Dagna, et al., 2017)	Método ISO 6876 especificación 57 ADA	24 h: 13,12 (\pm 1,43)
	(Tanomaru-Filho et al., 2017)	Método Carvalho-Junior	7d: 7.444 (\pm 0.86) 30d: 13.49 (\pm 0.71)
	(Zamparini et al., 2019)	Método ISO 6876	24hrs: 29.3 (\pm 3.1)
Endosequence BC Sealer®	(Chen et al., 2020)	Método ISO 6876	24 hrs: 1.76 (\pm 0.7)
	(Marashdeh, Friedman, Lévesque, & Finer, 2019)	Método ISO 6876	7d: 1.75 (\pm 0.34) 28d: 2.96 (\pm 0.19)
	(Bonde et al., 2019)	Prueba de solubilidad	1d: 0.95 3d: 2.00 7d: 2.45
	(Zhou et al., 2013)	Método ISO 6876	24 hrs: 2.9 (\pm 0.5)
iRoot SP®	(Ersahan & Aydin, 2013)	Método ISO 4049	14h: 0.90 (\pm 0.59)
	(Borges et al., 2012)	Método Carvalho-Junior	7d: 20.64 (\pm 1.42)
Bio-C® Sealer	(Torres et al., 2020)	Método Carvalho-Junior	7d: Agua destilada: 20.53 (\pm 1.91) 7d: PBS: 17.37 (\pm 2.47)
	(Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018)	Método Carvalho-Junior	30d: 17.9 (\pm 2.5)
Sealer Plus BC®	(Torres et al., 2020)	Método Carvalho-Junior	7d: Agua destilada: 6.45 (\pm 1.36) 7d: PBS: 3.51 (\pm 1.12)
	(Teixeira Mendes et al., 2019)	Método ISO 6876	7d: 0,017g
Endoseal® MTA	(Lim et al., 2015)	Método ISO 6876	1d - 28d: > 0.000

6.6 Bioactividad

La tabla 7 muestra los resultados encontrados con relación al potencial bioactivo de los selladores biocerámicos premezclados evaluados, Se incluyeron un total de 10 artículos que aportan información para esta propiedad; los cuales se distribuyen en: Endosequence BC Sealer® fue el sellador donde se encontró más información con 5 artículos, seguido del sellador endodóntico Endoseal® MTA con 2 artículos y finalmente por TotalFill BC Sealer®, iRoot SP® Sealer Plus BC® Y Bio C® Sealer todos estos con 1 artículo. Se utilizaron diferentes metodologías para evaluar la bioactividad: Espectroscopía de rayos X de energía dispersiva, espectrometría de masas de plasma, espectrofotometría de absorción atómica, microscopía electrónica de barrido y método colorimétrico. Los resultados muestran que todos los selladores biocerámicos premezclados tienen liberación de iones.

Tabla 7: Comparación del potencial bioactivo evaluado en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR Y AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill BC Sealer®	(Elyassi et al., 2019)	Espectroscopía de rayos X de energía dispersiva.	microg/g Ca: 24 hrs: 86.2 Si/Zr: 24 hrs: 1.4/4.6 Na/K/Mo: 24hrs: 1.3/1.0/5.4 1 sem: 1.1/2.3 2 sem: 1.8/2.7 3 sem: 2.1/1.7 4 sem: 3.5/2.2 1 sem: 91.4 2 sem: 73.2 3 sem: 89.4 4 sem: 87.9 1 sem: 0.7/0.8/3.3 2 sem: 16.3/0.7/4.5 3 sem: 2.5/0.9/3.0 4 sem: 2.0/1.1/2.8
Endosequence BC Sealer®	(S. López-García et al., 2020)	Espectrometría de masas de plasma.	Conc. (ppm): Al: < 0.000 Si: 25.22 (± 0.00) S: 35.09 (± 0.00) Ca: 170.76 (± 0.02) Zr: 0.10 (± 0.00)
	(Candeiro et al., 2012)	Espectrofotometría de absorción atómica.	mg/L: Ca: 3 hrs: 0.329 24 hrs: 0.204 72 hrs: 0.427

			168 hrs: 1.108 240 hrs: 0.517 Total: 2.58
	(Han & Okiji, 2013)	Espectrofotometría de rayos X de energía dispersiva.	Profundidades de incorporación de Ca y Si en la dentina del conducto radicular humano (lm): Calcio Sílice 24h: 17 (5.7) 24h: 16 (6.5) 7d: 33 (7.6) 7d: 30 (17.7) 30d: 58 (12.0) 30d: 50 (11.7) 90d: 70 (14.6) 90d: 62 (12.0) Concentración Ca liberado (mg / L): 0–5h: 9.3 (0.91) 5–24h: 11.3 (0.12) 24–48h: 11.3 (0.13) 144–168h: 5.0 (0.17)
	(Carvalho et al., 2017)	Microscopía electrónica de barrido / rayos X de dispersión de energía (SEM / EDS) y difracción de rayos X (XRD).	(% masa) Ca: 94.6 Cr: 1.5 P: 1.4% Si: 1.1%
	(Dudeja et al., 2015)	Espectrofotometría de absorción atómica.	Liberación media de iones de calcio y la desviación estándar: 1 día: 1.0408±0.139 1 sem: 4.5014±0.068 2 sem: 2.9618±0.066 3 sem: 2.605±0.046 4 sem: 2.015±0.049
iRoot SP®	(Borges et al., 2012)	Espectrofotometría de absorción atómica.	Media y desviación estándar de liberación de iones (mg L ⁻¹): Ca ²⁺ : 179.60 ± 29.90 Na: 0.99 ± 0.18 K: 0.43± 0.07 Zn ²⁺ : <0.1 Ni ²⁺ : <0.6 Pb ²⁺ : <0.1
Bio-C® Sealer	(Sergio López-García, Lozano, et al., 2019)	Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente.	(mg/L) Si: 42,01 ± 0,01 Sr: 0,3 ± 0,04 Ca: 63,87 ± 0,01 Zr: 0,13 ± 0,01
Sealer Plus BC®	(Teixeira Mendes et al., 2019)	Método colorimétrico utilizando el arsenazo III.	Ca (mg/L) 1 h 196.6 ± 33.4 24 h 379.4 ± 33.8 72 h 392.4 ± 10.2 168 h 340.9 ± 43.8
Endoseal® MTA	(S. López-García et al., 2020)	Espectrometría de masas de plasma.	Concentración ppm Al: 12.18 ± 0.02 Si: 54.48 ± 0.01 S: 14.03 ± 0.00 Ca: 42.20 ± 0.00 Zr: 0.14 ± 0.00

	(Yoo et al., 2016)	Microscopía electrónica de barrido (SEM) después de la inmersión en PBS.	%At P: 11.82 Ca: 22.35 Si:5.82
--	--------------------	--	---

6.7 Biocompatibilidad

6.7.1 Evaluación de la viabilidad celular

La tabla 8 muestra los resultados encontrados con relación a la biocompatibilidad evaluando la viabilidad celular de los selladores biocerámicos premezclados, Se incluyeron un total de 31 artículos que aportan información para la investigación; los cuales se distribuyen en: Endosequence BC Sealer® 13 artículos, iRoot SP® 8 artículos, TotalFill BC Sealer® 5 artículos, Endoseal® MTA 5 artículos, Sealer Plus BC® 2 artículos y Bio C® Sealer 2 artículos. Se utilizaron diferentes metodologías para evaluar la viabilidad celular: Ensayo MTT, densidad óptica del colorante formazán, Kits de ensayos, ensayos de tinción, prueba de citometría de flujo, ensayo XTT, MTS y ensayo WST-1. Además, hubo una diversidad de células utilizadas en los ensayos: hPDLSCs, fibroblastos de humanos y ratones, células MCET3-E1, PdLHF, MG63 y hTGSC. Los resultados muestran que en ningún artículo evaluado los selladores biocerámicos premezclados no fueron citotóxico. Sin embargo, hay una homogeneidad que los artículos muestran es una leve citotoxicidad no estadísticamente significativa con los grupos de control. No obstante, todos los selladores biocerámicos presentaron mejores condiciones de biocompatibilidad en comparación con otros selladores diferentes a los evaluados en este estudio.

Tabla 8: Comparación de biocompatibilidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill BC Sealer®	(C. L. Zordan-Bronzel et al., 2019)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hPDLSCs)	Viabilidad celular (OD = 570 nm): 1d: 0.9 3d: 1.7 7d: 1.1

	(Colombo et al., 2018)	Viabilidad celular: Densidad óptica del colorante formazán leída por lector ELISA (Bio-Rad, Hércules, California, EE.UU.) - Fibroblasto gingival humano inmortalizado.	24 hrs: 90.70 (\pm 12.14) 48 hrs: 62.69871 (\pm 9.70) 72 hrs: 64,33 (\pm 2,66)
	(Rodríguez-Lozano et al., 2017)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLSCs)	Proliferación celular (Abs 570) Dilución 1/2 1/1 24 hrs: 24 hrs: 1/4 0.2 0.2 24 hrs: 0.2 48 hrs: 48 hrs: 48 hrs: 0.5 0.6 0.7 72 hrs: 1.1 72 hrs: 72 hrs: 1.2 1.1
	(Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLSCs)	% Curación de heridas abiertas 1/2 1/4 24 24 hrs: 1/1 hrs:0.45 0.35 24 hrs: <0.4 48 48 48 hrs: 0.45 hrs:0.6 hrs:0.6 72 hrs: 0.6 72 72 hrs:0.9 hrs:0.9
	(Poggio, Riva, Chiesa, Colombo, & Pietrocola, 2017)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblasto gingival humano inmortalizado.	24h: 90,70 A,1 \pm 12,14 48h: 62,69871 A,1 \pm 9,70 72h: 64,33 A,1 \pm 2,66
	(E. J. N. L. da Silva, Zaia, & Peters, 2017)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón Balb / c 3T3 (ATCC®, Manassas, VA, EE. UU.)	% Viabilidad celular: >100
Endosequence BC Sealer®	(B. N. Lee et al., 2019)	Viabilidad celular: Kit de ensayo EZ-Cytox. - Células MC3T3-E1.	Viabilidad celular % grupo control: 1/100: 1.0 1/5: 0.9 1/50: 1.0 1/1: 0.8 1/10: <0.9
	(Chen et al., 2020)	Viabilidad Celular: Kit de Recuento Celular-8 (Enzo Life Sciences Inc, Burlington, Ontario, Canadá) - (hPDLSC)	Viabilidad celular ratio: 1/8 1/16 1/20 1d:0. 1d: 1d: 1/4 9 0.9 0.9 1d: 0.75 2d:0. 2d: 2d: 2d:0.4 8 0.6 0.6 3d:0.2 3d:0. 3d: 3d: 8 0.8 0.85
	(Zoufan et al., 2011)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón L929	3d 1d <3d 300µL: 300µL: 300µL: <1.0 1.0 1.0 600µL: 1.0 600µL: 600µL: 1000µL: 1.0 >1.0 >1.0 1000µL: 1000µL: >1.0 1.0

(Baraba, Pezelj-Ribarić, Roguljić, & Miletić, 2016)	Viabilidad celular: Azul de tripán en la cámara de Neubaer - Fibroblastos de ratón L929.	Número de células viables por ml (mediana) durante cuatro periodos de incubación 1 hr: 100000 6 hrs: >50000 20 hrs: <50000 24 hrs: 0
(E. J. N. L. Silva et al., 2016)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón Balb / c 3T3 (American Tissue Type Collection; ATCC, Manassas, VA, EE. UU.)	Viabilidad celular % grupo de control 2D: 90 3D: 95
(Candeiro et al., 2016)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Células de fibroblastos gingivales humanos inmortalizados (FMM1 linaje celular)	Número de células (OD) 3d: 0.6 5d: 1.1 7d: 2.3
(Souza et al., 2019)	Evaluación de apoptosis/necrosis por el ensayo de doble tinción AnnV/PI de Monocitos y PMN humanos (determinando tipo de muerte celular que inducen)	% de viabilidad celular: 60 % apoptosis de células: <4 % necrosis celular: 4.5
(Nair et al., 2018)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - células de fibroblastos ratones L929.	% viabilidad celular: 71.33
(Seo et al., 2019)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	viabilidad celular relativa (OD): 0 hrs: >0.1 24 hrs: <0.2 48 hrs: 0.4 72 hrs: 0.5 120 hrs: >0.8
(Zhou et al., 2015)	Viabilidad celular: Prueba de citometría de flujo - (PdLHF)	% viabilidad celular en semanas: Diluciones 1/2: 1/8: 1/32: 0: >100 0: 100 0: >100 1: >100 1: >100 1: >100 2:100 2: >100 2: >100 3: <100 3:100 3:100 4: >100 4:>100 4: >100
(Giacomino, Wealleans, Kuhn, & Diogenes, 2019)	Viabilidad celular: Ensayo de luminiscencia basado en la cuantificación de trifosfato de adenosina - osteoblastos de ratones (IDG-SW3)	% viabilidad celular: >100
(Loushine et al., 2011)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Osteoblastos de ratón MC3T3-E1	% viabilidad celular: 1 semana: 15 2 semanas: 30 3 semanas: 32 4 semanas: 34 5 semanas: 45 6 semanas: 75

iRoot SP®	(Mukhtar-Fayyad, 2011)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos humanos MRC-5.	% media viabilidad celular			
			1/2	1/10	1/50	1/100
			24 hrs: <60	24 hrs: <80	24 hrs: <100	24 hrs: 100
			72 hrs: <60	72 hrs: 72	72 hrs: <100	72 hrs: 100
			7d: 70	7d: <80	7d: <100	7d: 100
				<80		
	(Eldeniz, Shehata, Högg, & Reichl, 2016)	Viabilidad celular: Ensayo XTT - Células PDL que utiliza la transferencia de genes lentivirales de la (hTERT).	Viabilidad celular Formación de formazones (%): >100			
	(Wei Zhang et al., 2010)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Células MG63.	% viabilidad celular: Dilución 1/1: <100 Dilución 1/2: > 100 Dilución: 1/4: <100			
(Nair et al., 2018)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos pulmonares de ratones L929	% viabilidad celular: 75.11				
(W. Zhang, Li, & Peng, 2010)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos pulmonares de ratones L929	Actividad relativa (%): <100				
(Pamukçu Güven et al., 2013)	Viabilidad celular: Ensayo de MTS: - (hTGSC)	% viabilidad celular: 1d: >90 3d:<100 7d:>70 14d: >100				
(Chang et al., 2014)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hPDLCS)	% viabilidad celular: 3d: >100 7d: >100 14d: >100				
(Güven et al., 2013)	Ensayo de MTS: - (hTGSC)	% viabilidad celular: 3d: >100 7d: >100				
Bio-C® sealer	(Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLSCs)	1/1 24 hrs: <0.35 48 hrs: <0.5 72 hrs: 0.65	1/2 24 hrs: <0.3 48 hrs: >0.5 72 hrs: <0.8	1/4 24 hrs: 0.35 48 hrs: <0.6 72 hrs: >0.8	
	(Sergio López-García, Lozano, et al., 2019)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLCS)	1/1 24 hrs: >0.2 48 hrs: 0.35 72 hrs: 0.35	1/2 24 hrs: >0.2 48 hrs: >0.4 72 hrs: <0.5	1/4 24 hrs: >0.2 48 hrs: <0.5 72 hrs: 0.5	

Sealer Plus BC®	(Benetti et al., 2019)	Viabilidad celular: Ensayo de reducción de Alamar Blue - fibroblastos L929	1:50: >100 1:100: 100 1200: 100
	(Cintra et al., 2017)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - fibroblasto L929	24 hrs 48 hrs 72 hrs 1/1: >100 1/1:<300 1/1:>50 1/2: <100 1/2:<400 1/2:<100 1/4: >100 1/4:>300 1/4:100
Endoseal® MTA	(E. J. N. L. da Silva et al., 2017)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón Balb / c 3T3 (ATCC®, Manassas, VA, EE. UU.).	% Viabilidad celular: <120
	(Seo et al., 2019)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	Viabilidad celular relativa (OD): 0 hrs: >0.1 24 hrs: 0.2 48 hrs: <0.4 72 hrs: <0.6 120 hrs: >0.8
	(Collado-González et al., 2017)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	Viabilidad celular: 1/1 1/2 1/4 24 hrs: <0.2 24 hrs:0.2 24 hrs:0.5 48 hrs:0 48 hrs:> 0 48 hrs:0.6 72 hrs: 0 72 hrs: >0 72 hrs:0.8
	(J. K. Lee, Kim, Lee, Kim, & Kim, 2019)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	1d: <100 2d: >80 3d: <100 7d: <80
	(Kim & Shin, 2014)	Viabilidad celular: Ensayo WST-1 - células MG-63 y fibroblastos gingivales humanos.	MG-63 Fibroblastos gingivales humanos. 1d: >0 1d: <0.5 3d: 0.7 3d: <1.0 7d: <3 7d: 2.25

6.7.2 Potencial osteogénico, migración celular, proliferación celular y reacción tisular.

La tabla 9 muestra otras formas de evaluar la biocompatibilidad de un material como el potencial osteogénico, migración celular, proliferación celular y reacción tisular, se engloban diferentes las diferentes metodologías utilizadas en los artículos revisados. Se incluyeron 13 artículos los cuales se distribuyen de la siguiente manera: TotalFill BC Sealer® 2 artículos, Endosequence BC® Sealer 5 artículos, iRoot SP® 2 artículos, Bio C® Sealer 1 artículo y finalmente Endoseal® MTA 3 artículos. Sin embargo, del sellador Sealer Plus BC ® no se encontraron artículos que evaluaran estas características. Los resultados encontrados muestran una buena inducción de mineralización por parte de selladores TotalFill BC Sealer®, Endosequence

BC®Sealer, Bio-C® Sealer y Endoseal® MTA, en todos los resultados encontrados los selladores biocerámicos premezclados fueron evaluados a través de la actividad fosfatasa alcalina. La migración celular fue evaluada a través de ensayo de cicatrización de herida, los selladores evaluados mostraron altos porcentajes de migración celular en todos los estudios congruente con los valores exhibidos de cicatrización, sobre la proliferación celular el Endosequence BC Sealer® fue evaluado a través de tinción Azul de Alamar mostrando ser materiales biocompatibles al tener valores mayores de proliferación celular con respecto a otros selladores. Y finalmente, sobre la reacción tisular selladores iRoot SP® y Endoseal® MTA atenuaron la respuesta inflamatoria.

Tabla 9: Comparación de la biocompatibilidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS												
TotalFill BC Sealer®	(C. L. Zordan-Bronzel et al., 2019)	Actividad de la fosfatasa alcalina (ALP): Kit comercial (Labtest, Lagoa Santa, MG, Brasil).	ALP La actividad de la ALP después de la exposición a AHP, EXP, TF a 1:8 dilución y medio de cultivo libre de suero (control negativo): 1d: 125 3d: 75 7d: 100												
	(Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019)	Mineralización: Ensayo de rojo alizarina (AR)	AR: >0.2												
	(Rodríguez-Lozano et al., 2017)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida	<table border="0"> <tr> <td>24 hrs</td> <td>48 hrs</td> </tr> <tr> <td>1/4: 60</td> <td>1/4: 100</td> </tr> <tr> <td>1/1: 50</td> <td>1/1: 100</td> </tr> <tr> <td>1/2: 60</td> <td>1/2: 100</td> </tr> </table>	24 hrs	48 hrs	1/4: 60	1/4: 100	1/1: 50	1/1: 100	1/2: 60	1/2: 100				
24 hrs	48 hrs														
1/4: 60	1/4: 100														
1/1: 50	1/1: 100														
1/2: 60	1/2: 100														
Endosequence BC Sealer	(B. N. Lee et al., 2019)	Potencial osteogénico: Reactivo de tinción ALP.	Mineralización. 0.89												
	(Alsubait et al., 2018)	Proliferación celular y Actividad metabólica: Ensayo Azul de Alamar - (hMSCs)	<table border="0"> <tr> <td>1/2</td> <td>1/8</td> <td>1/32</td> </tr> <tr> <td>1d: 700</td> <td>1d: 1250</td> <td>1d: <2000</td> </tr> <tr> <td>2d: <800</td> <td>2d: <1500</td> <td>2d: <6000</td> </tr> <tr> <td>3d: <800</td> <td>3d: <1500</td> <td>3d: <6000</td> </tr> </table>	1/2	1/8	1/32	1d: 700	1d: 1250	1d: <2000	2d: <800	2d: <1500	2d: <6000	3d: <800	3d: <1500	3d: <6000
	1/2	1/8	1/32												
	1d: 700	1d: 1250	1d: <2000												
2d: <800	2d: <1500	2d: <6000													
3d: <800	3d: <1500	3d: <6000													
(Seo et al., 2019)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida. Mineralización: Ensayo de tinción con rojo de alizarina.	Migración celular: 0 hrs: 0 72 hrs: <100 24 hrs: <40 96 hrs: 100 48 hrs: <80 Mineralización: 15d: >1.2													
(Willershausen, Callaway, Briseño, & Willershausen, 2011)	Proliferación celular: Ensayo Alamar Blue - PdLHF	Unidades de fluorescencia relativa 0 hrs: >0 1 hr: >0 6 hrs: >1000													

			24 hrs: >2000 48 hrs: 5000 72 hrs:>6000 96 hrs: 8000
	(Giacomino et al., 2019)	Potencial osteogénico: Microscopía de fluorescencia con tinción rojo de alizarina.	% prueba de alizarina: 650
IRoot SP	(Bósio et al., 2014)	Evaluación morfología de tejidos: utilizando tinción con hematoxilina-eosina (H&E) y Von Kossa (VK) para la evaluación de estructuras calcificadas en el tejido.	Puntaje de inflamación 7d 15d 30d 90d 0: 0 0: 0 0: 46 0: 18 1: 27 1:18 1: 23 1: 73 2: 45 2: 73 2: 31 2: 9 3:27 3: 9 3: 0 3: 0
	(Wei Zhang & Peng, 2015)	Se tiñó con hematoxilina y eosina para evaluar las reacciones inflamatorias y la formación de hueso nuevo.	Grados de inflamación: 7d 30d 60d 0: 0 0: 0 0: 6 1: 0 1: 8 1: 6 2:12 2: 4 2: 0 3:0 3: 0 3: 0
	(Chang et al., 2014)	Mineralización: Ensayo de tinción con rojo de alizarina	7d: <0.25 14d: 0.25
Bio C Sealer	(Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019)	Mineralización: Ensayo de rojo alizarina (AR) Migración y mineralización.	AR: >0.2
	(Sergio López-García, Lozano, et al., 2019)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida	1/1 1/2 1/4 72 hrs: >90 72 hrs: >80 72 hrs: >60 48 hrs: 80 48 hrs: 50 48 hrs <30 72 hrs: >60 72 hrs: >20 72 hrs:<10
Endoseal MTA	(Seo et al., 2019)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida. Mineralización: Ensayo de tinción con rojo de alizarina	Migración celular Mineralización 0 hrs: 0 15d: >1.0 24 hrs: 30 48 hrs: >60 72 hrs: 90 96 hrs: 100
	(Collado-González et al., 2017)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida.	Migración hPDLSCs 24 hrs: 48 hrs: 1/1: 100 1/1: 100 1/2: >80 1/2: >80 1/4: >60 1/4: 20
	(Rehan, 2019)	Reacción inflamatoria	Media de resultado inflamatorio: 1 mes: 3.55 (± 0.90) 3 meses: 1.50 (± 0.85)

7. Discusión

Esta revisión sistemática evaluó las similitudes y diferencias acerca de las propiedades tales como: composición química, pH, radiopacidad, solubilidad, tiempo de fraguado, bioactividad y biocompatibilidad de los selladores endodónticos biocerámicos premezclados TotalFill®BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, iRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

A medida que el uso de selladores a base de silicato de calcio continúa aumentando, nuevas formulaciones biocerámicas intentan lograr las propiedades físico-químicas, mecánicas y biológicas ideales; para esto las propiedades fisicoquímicas de los selladores de conductos radiculares deben evaluarse mediante metodologías estandarizadas definidas por la norma ADA 57 e ISO 6876 (Teixeira Mendes et al., 2019).

Los selladores endodónticos biocerámicos premezclados evaluados muestran una composición química similar según sus fabricantes. Aunque, Borges et al. (Borges et al., 2012) reportaron que iRoot SP® contenía carbono en sus superficies externas e internas y sugieren la presencia de un componente de polímero que no figura en la ficha de seguridad del material.

Los altos valores de pH adquieren especial importancia para los selladores de conductos radiculares, dado que un pH alcalino puede contribuir a su potencial osteogénico, biocompatibilidad y capacidad antibacteriana. Se ha informado que un pH alcalino podría neutralizar el ácido láctico de los osteoclastos y evitar la disolución de los componentes mineralizados de los dientes, varios estudios han informado que, un pH alcalino alto puede inducir necrosis limitada de células en la superficie de la raíz y abolir la actividad biológica de los lipopolisacáridos. Por lo tanto, los selladores de conductos radiculares pueden contribuir a la formación de tejido duro activando la fosfatasa alcalina (Balceros, 2016).

Todos los selladores incluidos en esta revisión presentan un pH alcalino, con tendencia a reducir el potencial de la alcalinidad en períodos más largos. En el caso del iRoot SP® y TotalFill® BC Sealer, todos los estudios incluidos coinciden en que exhiben un pH adecuado, al estos presentar los valores más altos de alcalinidad en los diferentes intervalos de tiempo evaluados. Del mismo modo, Endoseal® MTA demostró ofrecer la alcalinidad más alta en todos los intervalos de tiempo (Lim et al., 2015)(López-García, Pecci-Iloret, Guerrero-Gironés, & Pecci-Iloret, 2020). Sin embargo, en el estudio de J. K. Lee et al., en el 2014 donde se le compara con el Endosequence BC Sealer® y otros selladores a base de resina epoxi, el Endosequence BC Sealer® mostró mayor alcalinidad en comparación con el Endoseal® MTA, aunque el Endoseal® MTA a lo largo del tiempo experimental fue aumentando su pH. Por el contrario, S. López-García et al., en el año 2020 al evaluar el Endosequence BC Sealer®, reportaron que posee un pH menor al ser comparado con el Endoseal® MTA. Al igual el sellador Bio-C® Sealer y Sealer Plus® BC presentaron un pH alcalino (Teixeira Mendes et al., 2019).

La radiopacidad es una cualidad deseable de los selladores de conductos radiculares, ya que permite estimar la longitud, la anchura y las deficiencias que pueden producirse durante la obturación, además facilita que el sellador sea distinguido de las estructuras anatómicas adyacentes, como el tejido dental o el hueso de los maxilares. La adición de agentes radiopacos a los materiales no debe alterar sus propiedades químicas, ni conllevar al aumento de la citotoxicidad, aunque no se ha detectado ninguna correlación entre estos dos factores (28). Según la norma ISO 6876 y ANSI/ADA especificación n° 57, el espesor de radiopacidad de los selladores del conducto radicular debe ser $\geq 3\text{mmAl}$ (Lee, Kwak, Ha, Lee, & Kim, 2014).

Todos los selladores biocerámicos premezclados incluidos en la presente revisión cumplieron con estos requisitos. TotalFill®BC Sealer y Bio-C® Sealer presentaron una radiopacidad similar

(6,1 y 5,5) respectivamente, cumpliendo con la norma. Sin embargo, los resultados fueron significativamente inferiores a los de AH Plus, probablemente porque los selladores a base de silicato de calcio tienen óxido de circonio en su composición, mientras que AH Plus no sólo contiene óxido de circonio, sino también tungsteno de calcio (Christian L Zordan-Bronzel, Ferrari Esteves, Tanomaru Torres, Andrade Chavez, & Martelo, Roberta Bosso Guerreiro Tanomaru, 2018). Los agentes radiopacificantes tienen el siguiente orden decreciente de radiopacidad: óxido de bismuto, óxido de circonio, tungsteno de calcio, sulfato de bario y óxido de zinc. La cantidad y proporción de cada agente radiopacificante puede interferir en la radiopacidad de los selladores (Tanomaru-Filho et al., 2017). En otro estudio incluido también se evidenció que TotalFill®BC Sealer exhibió una buena radiopacidad (7,93 mmAl); lo que indica que incluso en superposición de estructuras anatómicas gruesas sobre la imagen del conducto radicular, los selladores son claramente visibles en las radiografías (Reszka, Grocholewicz, Drożdżik, & Lipski, 2019). Sealer plus BC® y Endosequence BC Sealer® presentaron una radiopacidad de (3.67 mmAl) (Teixeira Mendes et al., 2019) y 4,74 mmAl (Chen et al., 2020) respectivamente, lo que afirma que al igual que los biocerámicos anteriores estos cumplen con las normas ISO y ANSI/ADA; en ambos artículos se determinó la radiopacidad por medio de radiografías convencionales que posteriormente fueron digitalizadas. En contraste, en otro estudio la radiopacidad del Endosequence BC Sealer® fue mayor (10,8 mmAl), posiblemente debido a la diferencia metodológica, ya que la radiopacidad se evaluó mediante radiografías digitales con un sistema de placas PSP (Xuereb, Vella, Damidot, Sammut, & Camilleri, 2015). Las normas ISO no enfatiza en el uso del método indirecto o directo para evaluar la radiopacidad de los materiales dentales, por lo que se exalta que la ISO debería tenerlo en cuenta en el futuro. Diferentes autores han establecido que la técnica radiográfica influye en los valores de radiopacidad de los materiales de

obtención, aquellos que contienen bario y bismuto pueden tener una radiopacidad diferente cuando se utilizan placas de fósforo. También puede haber diferencias en la aleación de la cuña de paso de aluminio, la velocidad de obturación, la longitud focal, el kVp, los mAs, todo esto influye en las mediciones de la radiopacidad (Hrab, Chisnoiu, Badea, Moldovan, & Chisnoiu, 2017). Finalmente, el sellador Endoseal® MTA exhibió resultados similares entre los artículos incluidos que evaluaron su radiopacidad, aun después de utilizar diferentes técnicas; (9.50 mmAl) por medio de radiografías digitales obtenidas con sensor de rayos x digital (Lee et al., 2014) y (9 mmAl) por medio de radiografías convencionales posteriormente digitalizadas (Lim et al., 2015).

El tiempo de fraguado de los selladores endodónticos debe permitir que haya tiempo suficiente para que el material se coloque en los conductos radiculares presentando una consistencia adecuada. Sin embargo, un tiempo de fraguado prolongado se considera una cuestión crítica en la aplicación clínica. La ADA aconseja que el tiempo de fraguado sea ≤ 72 horas, porque los cementos son más tóxicos en estado fluido que solidificados. Un tiempo de fraguado acelerado puede generar ventajas clínicas potenciales, como una menor posibilidad de contaminación de sangre o suero durante el fraguado (Ha, Bentz, Kahler, & Walsh, 2015).

Los datos incluidos en la presente revisión, revelaron que: en el artículo de C. L. Zordan-Bronzel et al., el TotalFill® BC Sealer presentó un tiempo de fraguado más extenso con respecto al sellador Bio C® (Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018). Del mismo modo, Zamparini et al., siguieron la norma ASTM C266 y compararon el TotalFill BC Sealer® con el sellador Endosequence BC Sealer®, y se determinó que los selladores mostraron tiempos idénticos de fraguado (Zamparini, Siboni, Prati, Taddei, & Gandolfi, 2019). Elyassi et al., exponen que TotalFill BC Sealer® necesitó más de 2 meses para fraguar completamente, lo que no corresponde al tiempo de fraguado de 4 horas (en condiciones de humedad) notificado por el fabricante (Elyassi,

Moinzadeh, & Kleverlaan, 2019). Con respecto al Endosequence BC Sealer®, los resultados fueron variables. Chen et al., manifestaron en su investigación que un estudio realizado previamente exhibió que el sellador mostró un tiempo de fraguado significativamente más corto a una temperatura alta de 140°C que a temperatura ambiente, por lo que se cuestionó la idoneidad de Endosequence para la compactación vertical cálida. Sin embargo, concluyeron en los resultados de su investigación que no se produjo un cambio significativo en el tiempo de fraguado final del material al exponerse a 100°C durante 1 min. Con respecto a la temperatura ambiente, confirmando el cumplimiento del sellador con los requisitos de la norma ISO (Chen et al., 2020). En concordancia, en la investigación de Zhou et al., el tiempo de fraguado cumplió con la norma aunque con valores más bajo al estudio anterior, el autor justificó la discrepancia de resultados debido a los diferentes métodos de prueba que se utilizaron (Zhou et al., 2013); ya que en su estudio se ejecutó un nuevo método para acelerar el proceso de fraguado del sellador Endosequence BC. Xuereb et al. y Lee et al., evaluaron en sus investigaciones el tiempo de fraguado del Endosequence® BC Sealer mostrando tiempos semejantes de fraguado, cumpliendo las normas ISO (Xuereb et al., 2015) (Lee et al., 2014).

Qu et al., evaluaron el tiempo de fraguado del sellador Iroot SP® a diferentes temperaturas; mostrando como resultado que, el tiempo de fraguado de iRoot SP® se redujo de 245.8 min (37°C) a 14,2 minutos (140°C). Se supone que el calor puede acelerar las reacciones de hidratación; en este estudio, a medida que aumentaba la temperatura, el sellador mostró una reducción en el tiempo de fraguado (Qu, Bai, Liang, & Gao, 2016). Por otro lado, Bio-C Sealer tuvo el tiempo de fraguado más corto en el artículo de Christian L Zordan-Bronzel et al (Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018). Sin embargo, los tiempos de fraguado cumplen lo establecido en la norma ISO, al igual que

en el caso del Sealer Plus® en la investigación realizada por Teixeira Mendes et al., (Teixeira Mendes et al., 2019).

Ha et al., analizó los datos del tiempo de fraguado del Endoseal® MTA mediante el método Aguja de Vicat y se realizó siguiendo las normas ISO. En este estudio se evaluaron las partículas de los selladores, donde el calor liberado después de horas es mayor para las muestras con tamaños de partículas más pequeños, lo que ilustra que ha ocurrido una reacción exotérmica mayor dentro de ese período de tiempo, lo que conlleva a un fraguado más rápido. Con respecto al Endoseal® MTA se concluyó que mostró un tipo de partícula pequeña dado que presentó un tiempo de fraguado corto (Ha et al., 2015).

La insolubilidad es una de las propiedades físicas deseables para los selladores de conductos radiculares, ya que tiene gran influencia en el éxito del tratamiento (Colombo et al., 2018). Un sellador endodóntico soluble puede degradar y lixiviar productos químicos con el tiempo, creándose vacíos en el interior del material o en sus interfaces con los tejidos/materiales circundantes. Estos vacíos podrían servir como vías para los microorganismos a lo largo del conducto radicular hacia el periápice, mientras que la lixiviación de los productos químicos puede ser irritante para los tejidos periapicales. Según la especificación N° 57 de la ANSI/ADA y la norma ISO 6876/2012, la solubilidad de un sellador no debe exceder del 3% de la fracción de masa después de la inmersión en agua durante 24 horas (Colombo et al., 2018).

En la presente investigación, los artículos incluidos exhibieron variabilidad en los porcentajes de solubilidad de cada sellador, posiblemente debido a la heterogeneidad metodológica. Los selladores Endosequence® BC y Endoseal® MTA presentaron en todos los estudios una solubilidad <3% en periodos superiores a 24 horas, cumpliendo con la norma. Por el contrario, TotalFill BC Sealer® y Bio-C® Sealer no cumplieron con los estándares en ninguno de los

artículos que evaluaban su solubilidad, ya que esta fue >3%. Colombo et al., manifestaron en su estudio que el porcentaje de solubilidad más alto se registró para el TotalFill® BC Sealer, en este se evaluó la solubilidad tras la inmersión del sellador en agua destilada (Colombo et al., 2018). Sin embargo, Torres et al., mencionan que solubilidad de los materiales de silicato de calcio evaluada en agua destilada no expresa la condición real de los materiales in vivo, ya que estudios anteriores informaron de una reducción de la solubilidad cuando los materiales a base de silicato de calcio se sumergieron en un fluido corporal simulado. No obstante, los hallazgos de la investigación revelaron que incluso después de la inmersión en PBS (solución salina tamponada con fosfato), la solubilidad del TotalFill BC Sealer®, Sealer Plus BC® y Bio-C® Sealer se mantuvieron por encima del nivel mínimo recomendado por la norma ISO 6876 (Torres et al., 2020). Estos valores superiores también pueden explicarse por las partículas hidrófilas nanométricas que componen los selladores, las cuales aumentan su superficie y permiten que más moléculas líquidas entren en contacto con el material. Aunque la alta solubilidad de los selladores a base de silicato de calcio puede considerarse una desventaja, su potencial bioactivo es una consecuencia de la solubilidad de estos materiales, incluso después del fraguado (Teixeira Mendes et al., 2019). Acentuando lo manifestado anteriormente; Christian L Zordan-Bronzel et al., demuestran en su investigación que Bio-C® Sealer exhibió una solubilidad superior a la recomendada por ISO 6876: 2012 (Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018).

Por otro lado, el sellador Iroot SP®, mostró resultados variables de solubilidad posiblemente por las diferentes metodologías utilizadas en los artículos. A pesar de las recomendaciones de la ANSI/ADA, Borges et al., evaluaron la solubilidad de iRoot SP® por medio de una modificación del ensayo de solubilidad propuesta anteriormente en otro estudio (Método de Carvalho-Junior), el cual logró resultados similares con una disminución del volumen de material necesario para la

producción de las muestras. En este artículo iRoot SP® exhibió un valor de solubilidad >3%, siendo confirmado por el análisis SEM que reveló una superficie externa mucho más irregular y con mayor rugosidad después de la prueba, permitiendo un marcado ingreso de agua a lo largo del tiempo y promoviendo una mayor solubilidad (Borges et al., 2012). En contraposición, en el estudio de Ersahan & Aydin, iRoot SP® mostró valores de solubilidad <3% y una absorción de agua de 3,97% este hallazgo puede estar relacionado con la alta hidrofilia del silicato de calcio, que podría haber permitido la entrada de agua; además en situaciones clínicas el iRoot SP® absorbe agua de los túbulos dentinarios para expandirse lateralmente y adoptar la forma del canal. Lo ideal sería que los selladores endodónticos mostraran una baja absorción de agua así como una baja solubilidad (Ersahan & Aydin, 2013). Sin embargo, la mayoría de los estudios que examinan la estabilidad de los selladores se han centrado únicamente en la solubilidad. Estos miden la pérdida de peso de los especímenes de prueba en términos de la disminución de la masa después del almacenamiento en agua, sin tener en cuenta que las partículas de relleno pueden lixiviarse de los especímenes durante la inmersión y que la absorción de agua puede compensar el material disuelto. Por estas razones, las pruebas de absorción y solubilidad en agua realizadas en este estudio siguieron los procedimientos establecidos en la norma ISO 4049E, que es más apropiada que la especificación ANSI/ADA N° 57 de la Asociación Dental Americana y la norma ISO 6876 para evaluar los selladores a base de silicato de calcio (Ersahan & Aydin, 2013).

Es evidente que, aunque se dispone de métodos definidos por la Asociación Dental Americana (ADA) y la Organización Internacional de Normalización (ISO) para evaluar las propiedades fisicoquímicas de los selladores de conductos radiculares. Las metodologías convencionales para evaluar la solubilidad y la estabilidad dimensional presentan diferentes limitaciones (Teixeira Mendes et al., 2019): con demasiada frecuencia los estudios que evalúan la solubilidad de los

selladores calculan la pérdida de peso media de los especímenes antes y después de la inmersión. Sin embargo, esto no se trata de una medida de solubilidad sino de una medida de elución. La medición de las diferencias de peso de los especímenes puede registrar procesos de desintegración que posiblemente no sean el resultado de la disolución, por ejemplo, las partículas de relleno del material pueden lixiviarse durante la inmersión. Otro factor crítico a considerar es la absorción de agua por los especímenes, lo que da lugar a un aumento "artificial" del peso de los mismos y, por lo tanto, a una inexactitud de la prueba. Además, otra limitación encontrada en algunos estudios es el secado de los especímenes, que puede conducir a la evaporación de los componentes volátiles del sellador (Elyassi et al., 2019). Diferentes autores manifiestan que se han desarrollado nuevas metodologías que utilizan imágenes de microtomografía computarizada (micro-TC) para complementar las pruebas realizadas por la ADA y la ISO (Teixeira Mendes et al., 2019). La tomografía microcomputada (micro-CT) proporciona un análisis tridimensional cualitativo o cuantitativo que permite el análisis volumétrico (en mm³) de los materiales, y es capaz de mejorar las pruebas convencionales. Por lo tanto, se ha propuesto la micro-TC para evaluar el cambio volumétrico de los materiales endodónticos, con posible correlación con la solubilidad y el cambio dimensional después de diferentes intervalos de tiempo; por consiguiente esto permite comprender mejor el comportamiento dimensional de los materiales después de períodos más largos y presentar una correlación con el rendimiento clínico (Tanomaru-Filho et al., 2017).

En cuanto a bioactividad, los cementos bioactivos tienen la capacidad de liberar iones y neutralización de ácidos lo que favorece a la curación de los tejidos. Además, es bien sabido que el Ca²⁺ participa activamente en la diferenciación de las células madre mesenquimatosas y la mineralización de los tejidos (López-García et al., 2020).

Todos los selladores biocerámicos premezclados reportaron potencial bioactivo, esto se debe a varias razones reportadas por los autores. Una posible explicación para la alta cantidad de Ca^{2+} liberada por los cementos biocerámicos podría estar asociada con las reacciones de fraguado, incluyendo las reacciones de hidratación de los silicatos de calcio (Candeiro et al., 2012). Además, la reacción de fraguado del sellador BC también implica reacciones de los fosfatos de calcio monobásicos con hidróxido de calcio para producir agua e hidroxiapatita al activar el sellador por el agua (Loushine et al., 2011). Otra explicación es que la liberación de iones OH^- y Ca^{2+} está relacionada con la solubilidad de los biomateriales y sus propiedades antimicrobianas (López-García, Lozano, et al., 2019).

La nueva generación de selladores biocerámicos se ha desarrollado para que presente características deseables similares, tiene el mismo potencial y puede modular el entorno del tejido apical ya sea mediante el contacto directo de estas moléculas con los tejidos apicales como en los casos de extrusión. Tras la eliminación de las bacterias, la curación de la periodontitis apical requiere la remodelación del tejido granulomatoso y la inducción de la proliferación de las células madre de la médula ósea y los precursores de los osteoblastos en osteoblastos maduros, lo que conduce a la remineralización de los tejidos apicales. Los selladores con capacidad para mejorar la osteogénesis tienen el potencial de promover una curación más rápida y predecible de la periodontitis apical (Giacomino, Wealleans, Kuhn, & Diogenes, 2019).

La citotoxicidad se define como la capacidad de un material de impactar en la viabilidad celular. Por lo tanto, las pruebas de citotoxicidad son pruebas primarias de biocompatibilidad que determinan la lisis de las células, la inhibición del crecimiento celular y otros efectos en las células causados por las sustancias de prueba (Collado-González et al., 2017). En la evaluación de la viabilidad celular de los artículos estudiados el TotalFill BC® Sealer no mostró efectos citotóxicos

(Colombo et al., 2018) por lo que resulta ser un material biocompatible (C. L. Zordan-Bronzel et al., 2019). Del mismo modo el iRoot SP® presentó resultados adecuados mostrando una citotoxicidad leve en los artículos estudiados, al igual que el Bio C® Sealer, Sealer Plus BC® (61) y el Endoseal® MTA. Por el contrario, Souza et al., evidenciaron que el Endosequence BC Sealer® presentó una citotoxicidad mayor en células PMN y monocitos (Souza et al., 2019). Al igual que Loushine et al., demostraron que el Endosequence BC Sealer® mostró una citotoxicidad severa a las 24 hrs y hasta la quinta semana no se volvió leve. Loushine et al., explican que los cultivos no poseen un sistema linfático ni defensas periapicales como el polimorfonuclear leucocitos, células plasmáticas y macrófagos para ayudar a eliminar las sustancias tóxicas, lo que se debería haber tenido en cuenta para las interpretaciones de los elevados niveles de citotoxicidad asociada con el sellador EndoSequence BC® (Loushine et al., 2011). Sin embargo, los demás artículos evaluados evidenciaron una buena biocompatibilidad del EndoSequence BC Sealer® en diferentes células con distintos métodos. Esta discrepancia de resultados es probable debido a las diferencias fundamentales de diseño entre los estudios. En el artículo de Giacomino et al., los medios se acondicionaron con los selladores no fijados y se añadieron en una amplia gama de concentraciones a los precursores de los osteoblastos (Giacomino et al., 2019), mientras que el estudio de Loushine et al., permitió que el sellador se fijara completamente en los moldes de teflón a una sola concentración, seguida de su introducción en el cultivo celular (Loushine et al., 2011).

La composición de los selladores endodónticos juega un papel importante en su biocompatibilidad (Collado-González et al., 2017). Todos los selladores presentaron actividad antiinflamatoria y promueven la diferenciación osteogénica, lo que sugiere que estos selladores pueden utilizarse para un tratamiento endodóntico satisfactorio. Aunque se observaron diferencias en los resultados de cada disolución, estas discrepancias se explican por las diferentes

composiciones de los materiales. Por esta razón las concentraciones menos diluidas presentaron menor migración celular (López-García, Lozano, et al., 2019).

En general los selladores biocerámicos premezclados evaluados presentaron propiedades biológicas favorables en comparación con otros selladores de uso en común. Este efecto no citotóxico mejorado de estos selladores puede darse por la elución de los iones de calcio. Además, también podría ser posible que los aditivos patentados del líquido desempeñen un papel relevante en la biocompatibilidad superior de este material (López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019).

8. Conclusiones

Los selladores biocerámicos premezclados mostraron propiedades fisicoquímicas adecuadas como un pH alcalino que contribuye a su capacidad antibacteriana, biocompatibilidad y potencial osteogénico. El tiempo de fraguado y la radiopacidad fueron acordes a las normas ISO 6876/2012 especificación número 57 ANSI/ADA; además demostraron ser materiales con potencial de bioactividad y biocompatibilidad. Sin embargo, múltiples estudios apuntan que los selladores TotalFill BC Sealer, iRoot SP, Bio-C Sealer y Sealer Plus BC muestran valores de solubilidad superiores a los requeridos por la norma ISO 6876/2012 especificación número 57 ANSI/ADA. Sin desconocer que la literatura reporta diversas limitaciones en cuanto a las metodologías para evaluar la solubilidad de los cementos selladores como: resultados inexactos en el peso final de los especímenes debido a razones independientes a la disolución del material, aumento artificial del peso de las muestras debido a absorción de agua, evaporación de los componentes volátiles del sellador durante el proceso de secado y finalmente una incorrecta extrapolación de las condiciones *in vitro* a *in vivo* por parte de las normas ISO y ANSI/ADA.

9. Financiación

La presente investigación se realizó a través de recursos propios de los investigadores.

10. Bibliografía

- Abu Zeid, S. T., Mokeem Saleh, A. A., Khafagi, M. G. E. D., & Abou Neel, E. A. (2018). Setting reaction of new bioceramic root canal sealers. *Spectroscopy Letters*, 51(8), 426-430. <https://doi.org/10.1080/00387010.2018.1485703>
- Al-Haddad, A., & Aziz, Z. A. C. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/9753210>
- Balceros, L. J. S. (2016). *Descripción del ph, liberación de calcio y citotoxicidad de algunos cementos selladores en endodoncia: mta, bioaggregate, iroot y endosequence. Revisión narrativa de la literatura.*
- Baraba, A., Pezelj-Ribarić, S., Roguljić, M., & Miletić, I. (2016). Citotoksičnost dvaju bioaktivnih materijala za punjenje korijenskih kanala. *Acta Stomatologica Croatica*, 50(1), 8-13. <https://doi.org/10.15644/asc50/1/2>
- Becerra Suarez, J. C., & Amado Espinosa, S. (2018). Desarrollo De Un Sistema De Control De Temperatura Y Monitoreo De pH Y Humedad Del Proceso Spin Coating. *Universidad Autónoma De Occidente*, 1-137. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Benetti, F., de Azevedo Queiroz, Í. O., de Oliveira, P. H. C., Conti, L. C., Azuma, M. M., de Oliveira, S. H. P., & Cintra, L. T. A. (2019). Cytotoxicity and biocompatibility of a new bioceramic endodontic sealer containing calcium hydroxide. *Brazilian Oral Research*, 33, 1-9. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2019.VOL33.0042>
- Bonde, K., Beri, L., Bhargava, K., Mulay, S., Mastud, S., & Kumar, T. (2019). Comparative evaluation of the antibacterial and physicochemical properties of bioceramic apexit plus sealer mixed with cationic nanoparticles. - In vitro study. *Pravara Medical Review*, 11(2), 40-44.

- Borges, R. P., Sousa-Neto, M. D., Versiani, M. A., Rached-Júnior, F. A., De-Deus, G., Miranda, C. E. S., & Pécora, J. D. (2012). Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International Endodontic Journal*, 45(5), 419-428. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01992.x>
- Braun, A. Y. (2015). *Revista de la Sociedad de Endodoncia de Chile N° 31 Abril 2015*.
Homenaje Dra. Ada Reti M. Página 32.
- Camilleri, J. (2017). Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials? *Current Oral Health Reports*, 4(3), 228-238. <https://doi.org/10.1007/s40496-017-0147-x>
- Candeiro, G., Moura-Netto, C., D'Almeida-Couto, R. S., Azambuja-Júnior, N., Marques, M. M., Cai, S., & Gavini, G. (2016). Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *International Endodontic Journal*, 49(9), 858-864.
<https://doi.org/10.1111/iej.12523>
- Candeiro, Miranda, G. T. D. C., Campelo, F., Duarte, M. A. H., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 38(6), 842-845.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.029>
- Carvalho, C. N., Grazziotin-Soares, R., De Miranda Candeiro, G. T., Martinez, L. G., De Souza, J. P., Oliveira, P. S., ... Gavini, G. (2017). Micro push-out bond strength and bioactivity analysis of a bioceramic root canal sealer. *Iranian Endodontic Journal*, 12(3), 343-348.
<https://doi.org/10.22037/iej.v12i3.16091>
- Chang, S. W., Lee, S. Y., Kang, S. K., Kum, K. Y., & Kim, E. C. (2014). In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iroot SP root canal sealer. *Journal*

of Endodontics, 40(10), 1642-1648. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.04.006>

Chen, B., Haapasalo, M., Mobuchon, C., Li, X., Ma, J., & Shen, Y. (2020). Cytotoxicity and the Effect of Temperature on Physical Properties and Chemical Composition of a New Calcium Silicate-based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 46(4), 531-538.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.12.009>

Cintra, L. T. A., Benetti, F., de Azevedo Queiroz, Í. O., Ferreira, L. L., Massunari, L., Bueno, C. R. E., ... Gomes-Filho, J. E. (2017). Evaluation of the Cytotoxicity and Biocompatibility of New Resin Epoxy-based Endodontic Sealer Containing Calcium Hydroxide. *Journal of Endodontics*, 43(12), 2088-2092. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.07.016>

Collado-González, M., García-Bernal, D., Oñate-Sánchez, R. E., Ortolani-Seltenerich, P. S., Lozano, A., Forner, L., ... Rodríguez-Lozano, F. J. (2017). Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *International Endodontic Journal*, 50(9), 875-884. <https://doi.org/10.1111/iej.12703>

Colombo, M., Poggio, C., Dagna, A., Meravini, M. V., Riva, P., Trovati, F., & Pietrocola, G. (2018). Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(2), e120-e126. <https://doi.org/10.4317/jced.54548>

Corona Tabares, M., & Barajaz Corte, L. (2009). Manual de Endodoncia basica V6. En *Manual De Endodoncia Basica* (Vol. 1).

da Silva, E. J. N. L., Zaia, A. A., & Peters, O. A. (2017). Cytocompatibility of calcium silicate-based sealers in a three-dimensional cell culture model. *Clinical Oral Investigations*, 21(5), 1531-1536. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1918-9>

Donnermeyer, D., Bürklein, S., Dammaschke, T., & Schäfer, E. (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*, 107(4), 421-436.

<https://doi.org/10.1007/s10266-018-0400-3>

- Duarte, A. H., Marciano, M. A., Vivian, R. R., Juliane, M. T. F., Tanomaru, M. G., & Josette Camilleri, M. (2018). *Critical review Endodontic Therapy Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications*. 32, 111-118. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0070>
- Dudeja, C., Taneja, S., Kumari, M., & Singh, N. (2015). An in vitro comparison of effect on fracture strength, pH and calcium ion diffusion from various biomimetic materials when used for repair of simulated root resorption defects. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(4), 279-283. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.159720>
- Eldeniz, A. U., Shehata, M., Högg, C., & Reichl, F. X. (2016). DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 49(12), 1141-1151. <https://doi.org/10.1111/iej.12577>
- 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>
- Ersahan, S., & Aydin, C. (2013). Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(3-4), 857-862. <https://doi.org/10.3109/00016357.2012.734410>
- Giacomino, C. M., Wealleans, J. A., Kuhn, N., & Diogenes, A. (2019). Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *Journal of Endodontics*, 45(1), 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.007>
- Güven, E. P., Taşlı, P. N., Yalvac, M. E., Sofiev, N., Kayahan, M. B., & Sahin, F. (2013). In

- vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *International Endodontic Journal*, 46(12), 1173-1182. <https://doi.org/10.1111/iej.12115>
- Ha, W. N., Bentz, D. P., Kahler, B., & Walsh, L. J. (2015). D90: The Strongest Contributor to Setting Time in Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1146-1150. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.033>
- Han, L., & Okiji, T. (2013). Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *International Endodontic Journal*, 46(9), 808-814. <https://doi.org/10.1111/iej.12062>
- Hrab, D., Chisnoiu, A. M., Badea, M. E., Moldovan, M., & Chisnoiu, R. M. (2017). Comparative radiographic assessment of a new bioceramic-based root canal sealer. *Clujul Medical*, 90(2), 226-230. <https://doi.org/10.15386/cjmed-714>
- Jafari, F., & Jafari, S. (2017). Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(10), e1249-e1255. <https://doi.org/10.4317/jced.54103>
- Kim, R. J. Y., & Shin, J. H. (2014). Cytotoxicity of a novel mineral trioxide aggregated-based root canal sealer. *Dental Materials Journal*, 33(3), 313-318. <https://doi.org/10.4012/dmj.2013-171>
- Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Materials Journal*. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>
- Lee, B. N., Hong, J. U., Kim, S. M., Jang, J. H., Chang, H. S., Hwang, Y. C., ... Oh, W. M. (2019). Anti-inflammatory and Osteogenic Effects of Calcium Silicate-based Root Canal

- Sealers. *Journal of Endodontics*, 45(1), 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.09.006>
- Lee, J. K., Kim, S., Lee, S., Kim, H. C., & Kim, E. (2019). In vitro comparison of biocompatibility of calcium silicate-based root canal sealers. *Materials*, 12(15), 1-12. <https://doi.org/10.3390/ma12152411>
- Lee, J. K., Kwak, S. W., Ha, J.-H., Lee, W., & Kim, H.-C. (2014). Physicochemical properties of epoxy resin-based root canal sealers. *Dental Materials*, 30(57), e61-e62. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.08.123>
- Lim, E. S., Park, Y. B., Kwon, Y. S., Shon, W. J., Lee, K. W., & Min, K. S. (2015). Physical properties and biocompatibility of an injectable calcium-silicate-based root canal sealer: In vitro and in vivo study. *BMC Oral Health*, 15(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12903-015-0112-9>
- López-García, S., Myong-Hyun, B., Lozano, A., García-Bernal, D., Forner, L., Llena, C., ... Rodríguez-Lozano, F. J. (2020). Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clinical Oral Investigations*, 24(5), 1749-1759. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03036-2>
- López-García, Sergio, Lozano, A., García-Bernal, D., Forner, L., Llena, C., Guerrero-Gironés, J., ... Rodríguez-Lozano, F. J. (2019). Biological Effects of New Hydraulic Materials on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Journal of Clinical Medicine*, 8(8), 1216. <https://doi.org/10.3390/jcm8081216>
- López-García, Sergio, Pecci-lloret, M. R., Guerrero-Gironés, J., & Pecci-lloret, M. P. (2020). *Citocompatibilidad comparativa y potencial de mineralización de Bio-C Sealer y TotalFill BC Sealer*. 12(19), 1-15.
- López-García, Sergio, Pecci-Lloret, M. R., Guerrero-Gironés, J., Pecci-Lloret, M. P., Lozano, A.,

- Llena, C., ... Forner, L. (2019). Comparative cytocompatibility and mineralization potential of Bio-C sealer and totalfill BC sealer. *Materials*, 12(19), 1-12.
<https://doi.org/10.3390/ma12193087>
- Loushine, B. A., Bryan, T. E., Looney, S. W., Gillen, B. M., Loushine, R. J., Weller, R. N., ... Tay, F. R. (2011). Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 37(5), 673-677.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.003>
- Marashdeh, M. Q., Friedman, S., Lévesque, C., & Finer, Y. (2019). Esterases affect the physical properties of materials used to seal the endodontic space. *Dental Materials*, 35(8), 1065-1072. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.04.011>
- Mukhtar-Fayyad, D. (2011). Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 112(6), e137-e142. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.05.042>
- Nair, A. V., Nayak, M., Prasada, L. K., Shetty, V., Kumar, C. N. V., & Nair, R. R. (2018). Comparative evaluation of cytotoxicity and genotoxicity of two bioceramic sealers on fibroblast cell line: An in vitro study. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(6), 656-661. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2315>
- Octavio Manuel, R. C., Luna Lara, Carlos Alberto Alejandro, G., & María Teresa, L. F. (2020). Obturación del sistema de conductos radiculares. Una revisión de la literatura. *Reciamuc*, Vol. 4, pp. 253-266. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(1\).enero.2020.253-266](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(1).enero.2020.253-266)
- Pamukçu Güven, E., Yalvaç, M. E., Kayahan, M. B., Sunay, H., ŞahIn, F., & Bayirli, G. (2013). Human tooth germ stem cell response to calciumsilicate based endodontic cements. *Journal of Applied Oral Science*, 21(4), 351-357. <https://doi.org/10.1590/1679-775720130047>

- Poggio, C., Dagna, A., Ceci, M., Meravini, M. V., Colombo, M., & Pietrocola, G. (2017). Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(10), e1189-e1194. <https://doi.org/10.4317/jced.54040>
- Poggio, C., Riva, P., Chiesa, M., Colombo, M., & Pietrocola, G. (2017). Comparative cytotoxicity evaluation of eight root canal sealers. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(4), e574-e578. <https://doi.org/10.4317/jced.53724>
- Qu, W., Bai, W., Liang, Y. H., & Gao, X. J. (2016). Influence of Warm Vertical Compaction Technique on Physical Properties of Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 42(12), 1829-1833. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.014>
- Reszka, P., Grocholewicz, K., Drożdżik, A., & Lipski, M. (2019). Evaluation of the radiopacity of selected calcium-silicate root canal sealers. *Pomeranian Journal of Life Sciences*, 65(4), 17-24. <https://doi.org/10.21164/pomjlifesci.628>
- Rodríguez-Lozano, F. J., García-Bernal, D., Oñate-Sánchez, R. E., Ortolani-Seltenerich, P. S., Forner, L., & Moraleda, J. M. (2017). Evaluation of cytocompatibility of calcium silicate-based endodontic sealers and their effects on the biological responses of mesenchymal dental stem cells. *International Endodontic Journal*, 50(1), 67-76. <https://doi.org/10.1111/iej.12596>
- Seltenerich, P. S. O. (2015). Evaluación del efecto de los selladores con base de biosilicatos en células madre de origen dental. *Ekp*, 13(3), 1576-1580.
- Seo, D. G., Lee, D., Kim, Y. M., Song, D., & Kim, S. Y. (2019). Biocompatibility and mineralization activity of three calcium silicate-based root canal sealers compared to conventional resin-based sealer in human dental pulp stem cells. *Materials*, 12(15), 1-12.

<https://doi.org/10.3390/ma12152482>

Silva, E. J. N. L., de Carvalho, N. K., Ronconi, C. T., De-Deus, G., Zuolo, M. L., & Zaia, A. A. (2016). Cytotoxicity profile of endodontic sealers provided by 3D cell culture experimental model. *Brazilian Dental Journal*, 27(6), 652-656. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600792>

Silva, F., Delfino, M. M., & Sérgio, P. (2020). Biocompatibility and bioactive potential of new calcium silicate-based endodontic sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *Journal of Endodontics*. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.011>

Singh, H., Markan, S., Kaur, M., & Gupta, G. (2015). “Endodontic Sealers”: Current Concepts and Comparative Analysis. *Dentistry - Open Journal*, 2(1), 32-37. <https://doi.org/10.17140/doj-2-107>

Souza, G. L., Rosatto, C. M. P., Silva, M. J. B., Silva, M. V., Rocha Rodrigues, D. B., & Moura, C. C. G. (2019). Evaluation of apoptosis/necrosis and cytokine release provoked by three root canal sealers in human polymorphonuclears and monocytes. *International Endodontic Journal*, 52(5), 629-638. <https://doi.org/10.1111/iej.13036>

Tanomaru-Filho, M., Prado, M. C., Torres, F. F. E., Viapiana, R., Pivoto-João, M. M. B., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019). Physicochemical properties and bioactive potential of a new epoxy resin-based root canal sealer. *Brazilian Dental Journal*, 30(6), 563-568. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201802861>

Tanomaru-Filho, M., Torres, F. F. E., Chávez-Andrade, G. M., de Almeida, M., Navarro, L. G., Steier, L., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2017). Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 43(12), 2097-2101.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.07.005>

- Teixeira Mendes, A., Barcellos da Silva, P., Barcelos Só, B., Hashizume, L. N., Ricci Vivan, R., Abreu da Rosa, R., ... Reis Só, M. V. (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>
- Torres, F. F. E., Zordan-Bronzel, C. L., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Chávez-Andrade, G. M., Pinto, J. C., & Tanomaru-Filho, M. (2020). Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 53(3), 385-391. <https://doi.org/10.1111/iej.13225>
- Xuereb, M., Vella, P., Damidot, D., Sammut, C. V., & Camilleri, J. (2015). In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. *Journal of Endodontics*, 41(1), 111-124. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.015>
- Yoo, Y. J., Baek, S. H., Kum, K. Y., Shon, W. J., Woo, K. M., & Lee, W. (2016). Dynamic intratubular biomineralization following root canal obturation with pozzolan-based mineral trioxide aggregate sealer cement. *Scanning*, 38(1), 50-56. <https://doi.org/10.1002/sca.21240>
- Zamparini, F., Siboni, F., Prati, C., Taddei, P., & Gandolfi, M. G. (2019). Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide. *Clinical Oral Investigations*, 23(1), 445-457. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2453-7>
- Zhang, W., Li, Z., & Peng, B. (2010). Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate-based canal filling material. *International Endodontic Journal*, 43(9), 769-774. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01733.x>

- Zhang, Wei, Li, Z., & Peng, B. (2010). Effects of iRoot SP on mineralization-related genes expression in MG63 Cells. *Journal of Endodontics*, 36(12), 1978-1982.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.038>
- Zhou, H. M., Du, T. F., Shen, Y., Wang, Z. J., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2015). In Vitro Cytotoxicity of Calcium Silicate-containing Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 41(1), 56-61. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.012>
- Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1281-1286.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>
- Zordan-Bronzel, C. L., Tanomaru-Filho, M., Rodrigues, E. M., Chávez-Andrade, G. M., Faria, G., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019). Cytocompatibility, bioactive potential and antimicrobial activity of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer. *International Endodontic Journal*, 52(7), 979-986. <https://doi.org/10.1111/iej.13086>
- Zordan-Bronzel, Christian L, Ferrari Esteves, F., Tanomaru Torres, M. F., Andrade Chavez, M. G., & Martelo, Roberta Bosso Guerreiro Tanomaru, J. M. (2018). 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>
- Zoufan, K., Jiang, J., Komabayashi, T., Wang, Y. H., Safavi, K. E., & Zhu, Q. (2011). Cytotoxicity evaluation of Gutta Flow and Endo Sequence BC sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 112(5), 657-661.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.03.050>
- Zunic, B., & Peter, S. (2018). *World ' s largest Science , Technology & Medicine Open Access book publisher.* (2016), 267-322. <https://doi.org/10.5772/18475>

Comparación de las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 selladores endodónticos biocerámicos premezclados. Una revisión sistemática.

Comparison of the physicochemical and biological properties of 6 premixed bioceramic endodontic sealers. A systematic review.

Daniel Felipe García Cuadrado *Universidad Antonio Nariño, Armenia, Colombia.

Luisa María Campeón Recio *Universidad Antonio Nariño, Armenia, Colombia.

Valeria Zuluaga Solarte *Universidad Antonio Nariño, Armenia, Colombia.

Ana Carolina Reyes Gallego *Universidad Antonio Nariño, Armenia, Colombia.

Introducción

Resumen

Introducción: El tratamiento endodóntico está compuesto por diferentes etapas secuenciales, entre ellas la etapa de sellado del conducto, la cual comprende de un conjunto de procedimientos realizados en una secuencia ordenada, que implican el uso de un sellador endodóntico con propiedades idóneas que promuevan un selle hermético, tridimensional y estable. Los selladores endodónticos se clasifican según su composición química, uno de estos son los selladores biocerámicos, los cuales a su vez se subdividen en biocerámicos premezclados que vienen almacenados en jeringas herméticas, son nuevas formulaciones que buscan solventar problemas de manipulación, colocación intraconducto, tiempo de trabajo, baja biocompatibilidad y bioactividad que presentan otros selladores, con esto mejorar el éxito del tratamiento endodóntico.

Objetivo: Evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 cementos selladores biocerámicos premezclados: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

Metodología: Se utilizaron cuatro bases de datos electrónicas PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar; se realizó la búsqueda sistematizada según criterios PICO, incluyendo términos mesh y no mesh. Se realizó exclusión por título, resumen y calidad metodológica, para un consolidado de 63 artículos incluidos.

Resultados: Los selladores premezclados biocerámicos mostraron composición química adecuada, la radiopacidad, el tiempo de fraguado cumplieron los requisitos ISO 6876: 2012 a excepción de la solubilidad. Los selladores evidenciaron ser alcalinos, presentaron bioactividad y biocompatibilidad favorables.

Conclusiones: Los selladores biocerámicos premezclados mostraron propiedades fisicoquímicas adecuadas como pH, tiempo de fraguado y radiopacidad. Además, ser materiales con potencial de bioactividad y biocompatibilidad. Sin embargo, múltiples estudios apuntan que los selladores TotalFill BC, Iroot SP, Bio-C y Sealer Plus BC muestran valores de solubilidad superiores a los requeridos por la norma ISO 6876/2012 especificación número 57 ANSI/ADA. Sin desconocer que la literatura reporta diversas limitaciones en cuanto a las metodologías para evaluar la solubilidad de estos materiales.

Palabras clave: Selladores biocerámicos premezclados, TotalFill BC Sealer, EndoSequence BC Sealer, IRoot SP, Bio-C Sealer, Sealer Plus BC, Endoseal MTA, propiedades fisicoquímicas, bioactividad, biocompatibilidad.

Abstract

Introduction: The endodontic treatment is composed of different sequential stages, including the duct sealing stage, which comprises a set of procedures performed in an orderly sequence, involving the use of an endodontic sealant with ideal properties that promote a hermetic, three-dimensional and stable seal. Endodontic sealants are classified according to their chemical composition. One of these is the bioceramic sealant, which in turn is subdivided into premixed bioceramics that are stored in hermetic syringes; these are new formulations that seek to solve problems of manipulation, intra-conduct placement, working time, low biocompatibility and bioactivity that other sealants present, thus improving the success of endodontic treatments.

Objective: To evaluate the physicochemical and biological properties of 6 premixed bioceramic sealing cements: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® and Endoseal® MTA.

Methodology: Four electronic databases were used: PubMed, Scopus, Web of Science and Google Scholar; the search was systematized according to PICO criteria, including mesh and non-mesh terms. Exclusion was made by title, abstract and methodological quality, for a consolidated of 63 articles included.

Results: The bioceramic premixed sealants showed adequate chemical composition, radiopacity, setting time, except for solubility met the requirements of ISO 6876: 2012. The sealants proved to be alkaline, with favorable bioactivity and biocompatibility.

Conclusions: The premixed bioceramic sealants showed adequate physicochemical properties such as pH, setting time and radiopacity, in addition to being materials with bioactivity and biocompatibility potential. However, multiple studies point out that TotalFill BC, Iroot SP, Bio-C and Sealer Plus BC sealers show solubility values higher than those required by ISO 6876/2012 specification number 57 ANSI/ADA. Notwithstanding, the literature reports several limitations in terms of methodologies to evaluate the solubility of these materials.

Keywords: Premixed bioceramic sealers, TotalFill BC Sealer, EndoSequence BC Sealer, IRoot SP, Bio-C Sealer, Sealer Plus BC, Endoseal MTA, physicochemical properties, bioactivity, biocompatibility.

Durante el procedimiento endodóntico se deben cumplir una serie de pasos, siendo uno de ellos la obturación endodóntica, este proceso hace referencia a la última etapa operatoria del tratamiento (1), e implican el uso de materiales como los conos de gutapercha y el sellador endodóntico (2), con el fin de obtener sellado tridimensional completo del sistema de conductos radiculares (1). Los selladores de conductos radiculares se utilizan para rellenar el espacio entre la pared de la dentina y la gutapercha, las irregularidades del conducto radicular y los canales laterales y accesorios (3). Los selladores de conductos radiculares se clasifican comúnmente según su química (4): selladores de hidróxido de calcio, selladores de ionómero de vidrio, selladores de eugenol de óxido de zinc, los selladores a base de resina y los selladores biocerámicos a base de silicato calcio de reciente introducción (5).

Los selladores a base de resina epóxica son considerados el estándar de oro por sus propiedades fisicoquímicas. No obstante, la principal limitación de estos es la ausencia de propiedades bioactivas (6). Además, su preparación está supeditada al manejo del operador, siendo propensos a la alteración de sus propiedades. Con el fin de solventar estas necesidades, aparecen los materiales biocerámicos a base de silicato de calcio, que son candidatos bioactivos prometedores para la reparación de tejidos duros debido a sus excelentes propiedades fisicoquímicas y biológicas (7). Estos selladores biocerámicos se pueden encontrar premezclados contenidos en una jeringa hermética, listos para usar. Esto permite su aplicación directa, haciendo posible el relleno tridimensional de todo el espacio del conducto radicular (8).

Debido al creciente desarrollo y uso en el ámbito clínico de los selladores biocerámicos premezclados, se hace necesario evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de estos cementos tales como: el pH y su relación con el efecto antibacteriano, potencial osteogénico y la biocompatibilidad, tiempo de fraguado e influencia en los minutos de manipulación de los materiales de relleno y en la citotoxicidad, óptima radiopacidad que permita una correcta visibilidad en las radiografías para diferenciarlos de estructuras adyacentes, la solubilidad ya que al presentar valores elevados puede crear porosidades y lechos para los microorganismo y finalmente el potencial de mineralización por medio de la bioactividad. Todo esto tiene un valor fundamental en el éxito a mediano y largo plazo del tratamiento endodóntico.

Con el fin de proporcionar un consolidado que permita comparar la información publicada sobre las propiedades físico-químicas y biológicas de los selladores endodónticos biocerámicos premezclados, y así comprender mejor su comportamiento clínico y comprobar el beneficio que aportan al tratamiento endodóntico, teniendo en cuenta las normativas que avalan la calidad de dichos cementos como lo son, las normas ISO y la ANSI/ADA. El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y biológicas de 6 cementos selladores biocerámicos premezclados: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

Métodos

Diseño del estudio: Revisión sistemática de la literatura; de acuerdo a la guía PRISMA.

Descripción del procedimiento: Se realizó la búsqueda sistematizada en las bases de datos electrónicas PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar; para esto se tuvo en cuenta los criterios descritos en la pregunta P.I.C.O. y criterios de elegibilidad.

P: Obturación endodóntica.

I: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

C: TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

O: Propiedades de composición química, pH, radiopacidad, solubilidad, tiempo de fraguado, bioactividad y biocompatibilidad.

Se estableció una estrategia de búsqueda, donde se definió una fórmula según las reglas de búsqueda de cada base de datos, utilizando términos meSH y no meSH. Seleccionando artículos que cumplieran con los criterios de elegibilidad y publicados en el periodo comprendido desde el año 2010 hasta julio del año 2020.

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Artículos relacionados con cementos selladores endodónticos biocerámicos premezclados TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, IRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.
- Artículos científicos en los cuales se reporte información acerca de fuerza de composición química, pH, radiopacidad, solubilidad, tiempo de fraguado, bioactividad y biocompatibilidad, cuyo diseño de dichas publicaciones se asocie con estudios transversales, estudios de cohorte, revisión de la literatura, meta-análisis, estudios cuasi-experimentales o experimentales y estudios *in vitro*.
- Artículos científicos relacionados con el tema disponible en inglés.

Criterios de exclusión:

- Artículos científicos relacionados con los cementos investigados, en las cuales estos sean utilizados para otros fines diferentes a la obturación endodóntica del conducto radicular.
- Publicaciones y artículos científicos donde su línea de investigación se base en estudios de ensayos clínicos, reportes de casos y revisiones de la literatura o narrativas donde no se describa la metodología de búsqueda sistematizada.
- Artículos científicos que no abarquen el periodo entre el año 2010 y 2020.

A través de las fórmulas de búsquedas se encontró un total de 940 artículos en las cuatro bases de datos. Se realizó exclusión de artículos duplicados n=238 y de artículos cuyo título y resumen no cumplieran con los criterios de elegibilidad n=627. Durante una búsqueda manual los investigadores encontraron artículos que complementaban su búsqueda sistémica n=2, se procedió a la lectura completa de artículos resultantes n= 77 y finalmente, para evaluar la calidad metodológica de cada artículo se aplicaron las listas de chequeo Consord (9), Arrive (10) y Amstar (11), para artículos experimentales, investigaciones con animales y revisiones sistemáticas respectivamente, donde se descartaron artículos por no cumplir con la calidad metodológica n=6, revisiones narrativas n=5 y falta de información n=3 y para un consolidado total de artículos finales n=63 (figura 1).

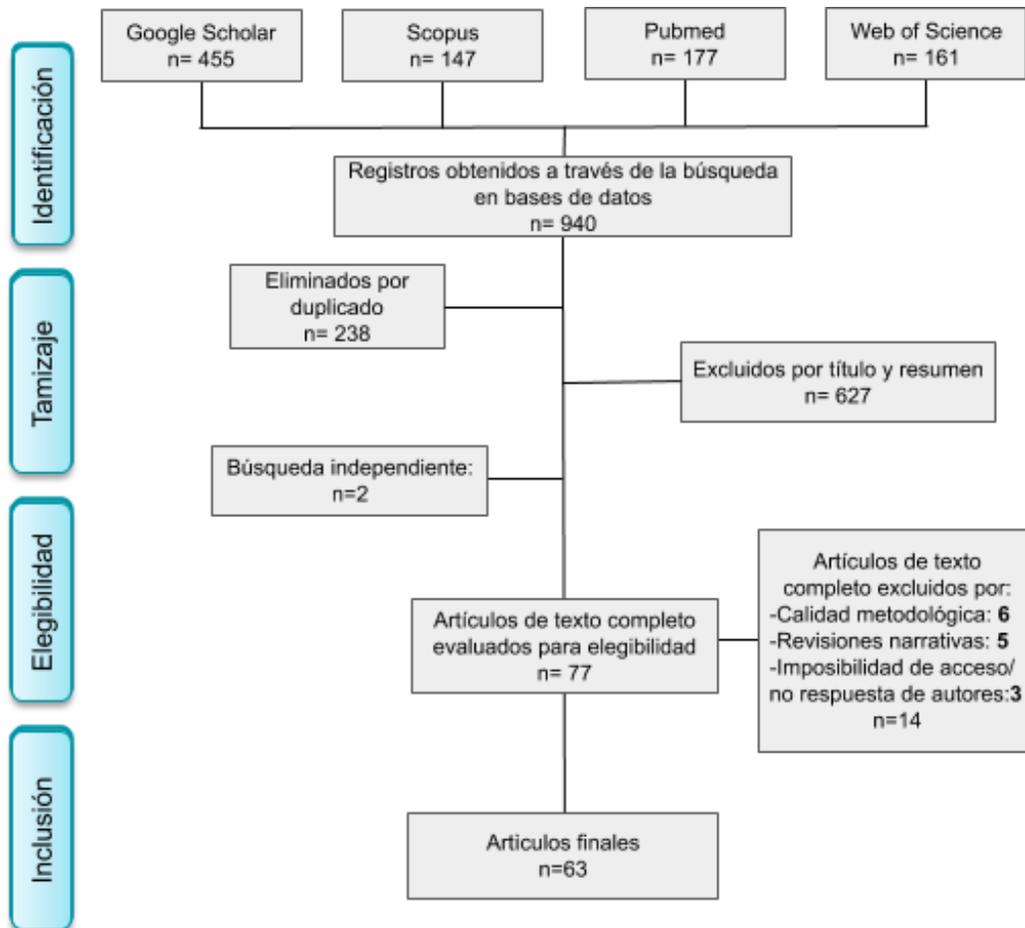


Figura 1. Diagrama de búsqueda sistemática.

Tres investigadores realizaron la extracción de datos de los artículos finales incluidos, información que respondiera al objetivo general y los objetivos específicos de la investigación. Paso siguiente, la información fue recopilada y consolidada en una base de datos en Excel para su posterior análisis, interpretación y discusión.

Resultados

De los 63 artículos finales, los datos se sintetizaron en tablas (Microsoft Excel), una tabla para cada propiedad evaluada, y en ellas se consignó la información respectiva a cada cemento. En cada tabla se incluyó: nombre de los autores, año de publicación, método utilizado en el artículo para evaluar la propiedad y finalmente resultados obtenidos en cada estudio.

Composición Química: Se evaluaron 6 selladores de canales radiculares: TotalFill® BC Sealer, Endosequence BC® sealer, iRoot SP®, Bio-C® sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA. El nombre de los productos, fabricantes y componentes se enumeran en la tabla 1.

Tabla 1: Composición química de los selladores premezclados seleccionados en el estudio.

CEMENTO	FABRICANTE	COMPOSICIÓN QUÍMICA
TotalFill® BC Sealer	FKG Dentaire SA, La Chaux- de Fonds, Suiza.	Óxido de circonio, silicatos de calcio, fosfato de calcio monobásico, hidróxido de calcio, agentes de relleno y espesantes.
Endosequence® BC sealer	Brasseler, Savannah, GA, USA.	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato de calcio monobásico, hidróxido de calcio, sílice coloidal y agente espesante sin agua.
iRoot SP®	Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canadá.	Óxido de circonio, silicatos de calcio, fosfato de calcio, hidróxido de calcio, agentes de relleno y espesantes.
Bio-C® sealer	Ángelus, Rua Waldir Landgraf, Barrio Lindóia, Londrina, Brasil.	Silicatos de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de circonio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agente dispersante.
Sealer Plus BC®	MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil.	Silicato de calcio, óxido de circonio, silicato tricálcico, silicato de calcio e hidróxido de calcio.
Endoseal® MTA	Maruchi, Taejanggungdan-gil, Wonju-si, Gangwon-do, Korea del Sur	Silicatos de calcio, aluminatos de calcio, calcio sulfato, radiopacificante y agente espesante.

pH: La tabla 2 muestra los resultados encontrados con relación al pH de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 17 artículos que aportan información para esta propiedad. Los valores del pH en cada estudio se expresaron evaluando el nivel de alcalinidad, neutralidad o acidez de los selladores en diferentes intervalos de tiempo. Todos los selladores biocerámicos premezclados mostraron un pH alcalino.

Tabla 2: Comparación del pH evaluado en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill® BC Sealer	Colombo et al., 2018 (12)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 10.06 (± 1.24) 24 hrs: 10.67 (± 1.25)
	Poggio, Dagna, et al., 2017 (13)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 10,06 (± 1,24) 24 hrs: 10,67 (± 1,25)
	Christian L Zordan-Bronzel, et al., 2018 (14)	Medidor digital de pH.	1d: 10.38 (± 0.17) 7d: 10.23 (± 0.52) 14d: 10.24 (± 0.43) 21d: 9.68 (± 0.89)
	Tanomaru-Filho, et al., 2017 (15)	Medidor digital de pH.	1d:10.37 (± 0.20) 3d:10.61 (± 0.16) 7d:10.29 (± 0.21) 14d:10.53 (± 0.14) 21d: 9.50 (± 0.93) 28d: 9.23 (± 0.86)
	Zamparini, et al., 2019 (16)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 11.6 1d: 11.9 3d: 11.7 7d: 11.8 14d: 11.3 28d: 8.9

Endosequence® BC Sealer	S. López-García et al., 2020 (17)	Medidor digital de pH.	1 hrs: 7.87 (\pm 0.17) 3 hrs: 8.01 (\pm 0.20) 24 hrs: 7.79 (\pm 0.17) 3d: 8.01 (\pm 0.15) 7d: 8.00 (\pm 0.13)
	Candeiro et al., 2012 (18)	Medidor digital de pH.	3 hrs: 10.31 24 hrs: 10.87 72 hrs: 10.94 168 hrs: 11.21 240 hrs: 11.16
	Dudeja, et al., 2015 (19)	Electrodo medidor de pH.	1d: 9.014 (\pm 0.022) 1 semana: 8.75 (\pm 0.033) 2 semanas: 8.607 (\pm 0.028) 3 semanas: 8.467 (\pm 0.029) 4 semanas: 8.253 (\pm 0.037)
	Zhou et al., 2013 (20)	Medidor digital de pH.	3 min: 11 20 min: 11.5 60 min: 11.8 120 min: 12 24 hrs: 13
	J. K. Lee, et al., 2014 (21)	Medidor digital de pH.	pH muestras recién mezcladas: 3min: 11,64 (\pm 0,03) 30 min: 11,60 (\pm 0,02) 60 min: 11,67 (\pm 0,03) 2 hrs: 11,7 (\pm 0,03) 12 hrs: 11,78 (\pm 0,03) 24 hrs: 11,78 (\pm 0,03)
iRoot SP®	Wei Zhang, et al., 2010 (22)	Sin información.	El pH del extracto de iRoot SP se mantuvo estable entre 7,5 a 7,8 a lo largo del período experimental.
Bio-C® sealer	Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018 (14)	Medidor digital de pH.	1d: 9.65 (\pm 0.17) 7d: 9.74 (\pm 0.53) 14d: 9.90 (\pm 0.95) 21d: 9.18 (\pm 1.01)
	Sergio López-García, et al., 2019 (23)	Medidor digital de pH.	8.40 (\pm 0.05)
Sealer Plus BC®	Teixeira Mendes et al., 2019 (24)	Medidor digital de pH.	1 hrs: 9.47 (\pm 0.38) 24 hrs: 9.58 (\pm 0.81) 72 hrs: 10.05 (\pm 1.17) 168 hrs: 10.05 (\pm 1.17)
Endoseal® MTA	S. López-García et al., 2020 (25)	Medidor digital de pH.	1hrs: 9.66 (\pm 0.20) 3hrs: 9.64 (\pm 0.22) 24hrs: 9.39 (\pm 0.32) 3d: 9.68 (\pm 0.64) 7d: 10.18 (\pm 0.77)
	Lim et al., 2015 (26)	Medidor digital de pH.	Valor de pH entre 10-11 en los periodos de tiempo (1,3,5,7 horas, 1,2,3,7 días)

	J. K. Lee et al., 2014 (21)	Medidor digital de pH.	pH muestras fraguadas: inicial 5,76 (\pm 0,11) 12h: 10,58 (\pm 0,06) 3d: 10,90 (\pm 0,05) 7d: 11,02 (\pm 0,04) 2sem: 11,26 (\pm 0,04) 4sem: 11,29 (\pm 0,07)
--	-----------------------------	------------------------	--

Radiopacidad: La tabla 3 muestra los resultados encontrados con relación a la radiopacidad de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 12 artículos que aportan información para esta propiedad. Los valores de radiopacidad en cada estudio fueron expresados en Milímetros de aluminio (mm Al) y todos los selladores cumplieron con las Normas ISO y Normas ANSI/ADA, mostrando valores >3 mm Al.

Tabla 3: Comparación de la radiopacidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS (mm Al)
TotalFill BC® Sealer	Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018 (14)	Rx convencionales digitalizadas.	6.1 (\pm 0.7)
	Reszka et al., 2019 (27)	Rx convencionales digitalizadas.	7.93 (\pm 0.56)
	Hrab, et al., 2017 (28)	Rx digitales (sensor de rayos X digital).	4 (\pm 0,15)
	Tanomaru-Filho et al., 2017 (15)	Rx convencionales digitalizadas.	6.15 (\pm 0.39)
	Zamparini et al., 2019 (16)	Rx convencionales digitalizadas.	7.45 (\pm 0.48)
Endosequence® BC Sealer	Chen et al., 2020 (3)	Rx convencionales digitalizadas.	4.76 (\pm 0.03)
	Candeiro et al., 2012 (18)	Rx convencionales digitalizadas.	3.834 (\pm 0.346)
	Xuereb, Vella, Damidot, Sammut, & Camilleri, 2015 (29)	Rx digitales (sistema de placas PSP).	10.8
	J. K. Lee et al., 2014 (21)	Rx convencionales digitalizadas.	6.68 (\pm 0.99.)
iRoot SP®	-	-	-
Bio-C® sealer	Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018 (14)	Rx convencionales digitalizadas.	5.5 (\pm 0.6)
Sealer Plus BC®	Teixeira Mendes et al., 2019 (24)	Rx convencionales digitalizadas.	3.67
Endoseal® MTA	Lim et al., 2015 (26)	Rx convencionales digitalizadas.	9
	J. K. Lee et al., 2014 (21)	Rx digitales (sensor de rayos X digital).	9.50 (\pm 0.84)

Fraguado: La tabla 4 presenta los resultados encontrados con relación al fraguado de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 19 artículos que aportan información para esta propiedad. Siguiendo la norma ISO 6876/2012 y ANSI/ADA especificación número 57 los selladores biocerámicos premezclados cumplieron y tienen un tiempo de fraguado <72 hrs.

Tabla 4: Comparación de fraguado evaluado en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill® BC Sealer	Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018 (14)	Método Aguja Gillmore.	582.2 min (± 4.5)
	Elyassi et al., 2019 (4)	-	Discos de TotalFill necesitaron más de 2 meses para fraguar completamente, lo que no corresponde al tiempo de fraguado de 4 horas (en condiciones de humedad) notificado por el fabricante.
	Zamparini et al., 2019 (16)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 23.0 hrs (± 0.1) Fraguado final: 52.0 hrs (± 0.1)
	Tanomaru-Filho et al., 2019 (30)	Método Aguja Gillmore.	581.5 min (± 27.18)
Endosequence® BC Sealer	Chen et al., 2020 (3)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 37°C: 4.7 hrs (± 0.3) 100°C: 4.3 hrs (± 0.3) Fraguado final: 37°C: 72.7 hrs (± 0.6) 100°C: 71.3 hrs (± 1.1)
	Xuereb et al., 2015 (29)	Método Aguja de Vicat.	22.3 hrs (± 0.9)
	Abu Zeid et al., 2018 (31)	Método Aguja Gillmore.	Tiempo de fraguado inicial: 37 hrs (± 1.15) Tiempo de fraguado final: Hasta 3 meses
	Zhou et al., 2013 (20)	Método Aguja Gillmore.	2.7 hrs (± 0.3)
	J. K. Lee et al., 2014 (21)	Método Aguja de Vicat.	EndoSeal MTA no se colocó en condiciones de incubadora húmeda incluso después de un mes. Tuvo el tiempo de fraguado más largo (media: 1223 min)
	Loushine et al., 2011 (32)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 72 hrs Fraguado final: 240 hrs
	Zamparini et al., 2019 (16)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 23.0 hrs (± 0.1) Fraguado final: 52.0 hrs (± 0.1)
iRoot SP®	Qu, et al., 2016 (33)	Método Aguja Gillmore.	37°C: 245.8 min (± 15.9) 140°C: 14.2 min (± 0.6)
	Abu Zeid et al., 2018 (31)	Método Aguja Vicat.	Fraguado inicial: 32 hrs (± 1.42) Fraguado final: Todavía hay 1,5 mm.
Bio-C® sealer	Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018 (14)	Método Aguja Gillmore.	220.0 min (± 12.7)
Sealer Plus BC®	Teixeira Mendes et al., 2019 (24)	Método Aguja Gillmore.	Fraguado inicial: 50 min. Fraguado final: 3 hrs 13 min.
Endoseal® MTA	J. K. Lee et al., 2014 (21)	Método Agua de Vicat.	1223.4 min (± 156.3)

Solubilidad: La tabla 5 muestra los resultados encontrados con relación a la solubilidad de cada sellador biocerámico premezclado. Se incluyeron un total de 18 artículos que aportan información para esta propiedad. Con respecto a estándares ISO y ANSI/ADA, los resultados muestran que Endosequence BC Sealer® y Endoseal® MTA cumplieron mostrando una solubilidad <3%, TotalFill BC Sealer® no cumplió ya que presentó una solubilidad >3% en todos los estudios. Sin embargo, iRoot SP®, Bio-C® Sealer y Sealer

Plus BC® presentaron resultados contradictorios, en los cuales unos autores afirman que cumplen con los estándares y otros difieren en los resultados.

Tabla 5: Comparación de la solubilidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS % pérdida de masa
TotalFill BC® Sealer	Colombo et al., 2018 (12)	Método ISO 6876 especificación 57 ADA	24h: 13.12
	Torres et al., 2020 (35)	Método Carvalho-Junior	7d: Agua destilada: 7.82 (± 0.95) PBS: 5.24 (± 2.09)
	Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018 (14)	Método Carvalho-Junior	30 días: 10.6 (± 3.2)
	Elyassi et al., 2019 (4)	Método ISO 6876	24h: 9.4 (± 6.3) 1sem: 11.2 (± 5.2) 2 sem: 12.6 (± 4.2) 3 sem: 13.3 (± 3.7) 4 sem: 14.2 (± 3.1)
	Poggio, Dagna, et al., 2017 (13)	Método ISO 6876 especificación 57 ADA	24 h: 13,12 (± 1,43)
	Tanomaru-Filho et al., 2017 (15)	Método Carvalho-Junior	7d: 7.444 (± 0.86) 30d: 13.49 (± 0.71)
	Zamparini et al., 2019 (16)	Método ISO 6876	24hrs: 29.3 (± 3.1)
Endosequence® BC Sealer	Chen et al., 2020 (3)	Método ISO 6876	24 hrs: 1.76 (± 0.7)
	Marashdeh et al., 2019 (36)	Método ISO 6876	7d: 1.75 (± 0.34) 28d: 2.96 (± 0.19)
	Bonde et al., 2019 (37)	Prueba de solubilidad	1d: 0.95 3d: 2.00 7d: 2.45
	Zhou et al., 2013 (20)	Método ISO 6876	24 hrs: 2.9 (± 0.5)
iRoot SP®	Ersahan & Aydin, 2013 (38)	Método ISO 4049	14h: 0.90 (± 0.59)
	Borges et al., 2012 (39)	Método Carvalho-Junior	7d: 20.64 (± 1.42)
Bio-C® Sealer	Torres et al., 2020 (35)	Método Carvalho-Junior	7d: Agua destilada: 20.53 (± 1.91) 7d: PBS: 17.37 (± 2.47)
	Christian L Zordan-Bronzel et al., 2018 (14)	Método Carvalho-Junior	30d: 17.9 (± 2.5)
Sealer Plus BC®	Torres et al., 2020 (35)	Método Carvalho-Junior	7d: Agua destilada: 6.45 (± 1.36) 7d: PBS: 3.51 (± 1.12)
	Teixeira Mendes et al., 2019 (24)	Método ISO 6876	7d: 0,017g
Endoseal® MTA	Lim et al., 2015 (26)	Método ISO 6876	1d - 28d: > 0.000

Bioactividad: La tabla 6 muestra los resultados encontrados con relación al potencial bioactivo de los selladores biocerámicos premezclados evaluados, Se incluyeron un total de 10 artículos que aportan

información para esta propiedad. Los resultados muestran que todos los selladores biocerámicos premezclados tienen liberación de iones.

Tabla 6: Comparación del potencial bioactivo evaluado en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR Y AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill® BC Sealer	Elyassi et al., 2019 (4)	Espectroscopía de rayos X de energía dispersiva.	microg/g
			Ca: 24 hrs: 86.2 1 sem: 91.4 2 sem: 73.2 3 sem: 89.4 4 sem: 87.9
Endosequence® BC Sealer	S. López-García et al., 2020 (25)	Espectrometría de masas de plasma.	C onc. (ppm): Al: < 0.000 Si: 25.22 (± 0.00) S: 35.09 (± 0.00) Ca: 170.76 (± 0.02) Zr: 0.10 (± 0.00)
	Candeiro et al., 2012 (18)	Espectrofotometría de absorción atómica.	mg/L: Ca: 3 hrs: 0.329 24 hrs: 0.204 72 hrs: 0.427 168 hrs: 1.108 240 hrs: 0.517 Total: 2.58
	Han & Okiji, 2013 (40)	Espectrofotometría de rayos X de energía dispersiva.	Profundidades de incorporación de Ca y Si en la dentina del conducto radicular humano (lm): Calcio Sílice 24h: 17 (5.7) 24h: 16 (6.5) 7d: 33 (7.6) 7d: 30 (17.7) 30d: 58 (12.0) 30d: 50 (11.7) 90d: 70 (14.6) 90d: 62 (12.0) Concentración Ca liberado de los materiales de prueba (mg / L): 0–5h: 9.3 (0.91) 5–24h: 11.3 (0.12) 24–48h: 11.3 (0.13) 144–168h: 5.0 (0.17)
	Carvalho et al., 2017 (41)	Microscopía electrónica de barrido / rayos X de dispersión de energía (SEM / EDS) y difracción de rayos X (XRD).	(% masa) Ca: 94.6 Cr: 1.5 P: 1.4% Si: 1.1%
	Dudeja et al., 2015 (19)	Espectrofotometría de absorción atómica.	Liberación media de iones de calcio y la desviación estándar: 1 día: 1.0408±0.139 1 sem: 4.5014±0.068 2 sem: 2.9618±0.066 3 sem: 2.605±0.046 4 sem: 2.015±0.049

iRoot SP®	Borges et al., 2012 (39)	Espectrofotometría de absorción atómica.	Media y desviación estándar de liberación de iones (mg L): Ca2: 179.60 ± 29.90 Na: 0.99 ± 0.18 K: 0.43 ± 0.07 Zn2: <0.1 Ni2: <0.6 Pb2: <0.1
Bio-C® sealer	Sergio López-García, Lozano, et al., 2019 (7)	Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente.	(mg/L) Si: 42,01 ± 0,01 Sr: 0,3 ± 0,04 Ca: 63,87 ± 0,01 Zr: 0,13 ± 0,01
Sealer Plus BC®	Teixeira Mendes et al., 2019 (24)	Método colorimétrico utilizando el arsenazo III.	Ca (mg/L) 1 h 196.6 ± 33.4 24 h 379.4 ± 33.8 72 h 392.4 ± 10.2 168 h 340.9 ± 43.8
Endoseal® MTA	S. López-García et al., 2020 (25)	Espectrometría de masas de plasma.	Concentración ppm Al: 12.18 ± 0.02 Si: 54.48 ± 0.01 S: 14.03 ± 0.00 Ca: 42.20 ± 0.00 Zr: 0.14 ± 0.00
	Yoo et al., 2016 (42)	Microscopía electrónica de barrido (SEM) después de la inmersión en PBS.	%At P: 11.82 Ca: 22.35 Si: 5.82

Evaluación de la viabilidad celular: La tabla 7 muestra los resultados encontrados con relación a la biocompatibilidad evaluando la viabilidad celular de los selladores biocerámicos premezclados, Se incluyeron un total de 31 artículos que aportan información para la investigación. Los resultados muestran que en ningún artículo evaluado los selladores biocerámicos premezclados no fueron citotóxico. Sin embargo, hay una homogeneidad que los artículos muestran es una leve citotoxicidad no estadísticamente significativa con los grupos de control. No obstante, todos los selladores biocerámicos presentaron mejores condiciones de biocompatibilidad en comparación con otros selladores diferentes a los evaluados en este estudio.

Tabla 7: Comparación de biocompatibilidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS
TotalFill® BC Sealer	C. L. Zordan-Bronzel et al., 2019 (6)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hPDLSCs)	Viabilidad celular (OD = 570 nm): 1d: 0.9 3d: 1.7 7d: 1.1
	Colombo et al., 2018 (12)	Viabilidad celular: Densidad óptica del colorante formazán leída por el lector ELISA (Bio-Rad, Hércules, California, EE.UU.) - Fibroblasto gingival humano inmortalizado.	24 hrs: 90.70 (± 12.14) 48 hrs: 62.69871 (± 9.70) 72 hrs: 64,33 (± 2,66)

	Rodríguez-Lozano et al., 2017 (43)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLSCs)	Proliferación celular (Abs 570) Dilución: 1/4 1/2 1/1 24 hrs: 0.2 24 hrs: 0.2 24 hrs: 0.2 48 hrs: 0.5 48 hrs: 0.6 48 hrs: 0.7 72 hrs: 1.1 72 hrs: 1.2 72 hrs: 1.1
	Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019 (7)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLSCs)	% Curación de heridas abiertas 1/1 1/2 1/4 24 hrs: <0.4 24 hrs: 0.45 24 hrs: 0.35 48 hrs: 0.45 48 hrs: 0.6 48 hrs: 0.6 72 hrs: 0.6 72 hrs: 0.9 72 hrs: 0.9
	Poggio, Riva, Chiesa, Colombo, & Pietrocola, 2017 (44)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblasto gingival humano inmortalizado.	24h: 90,70 A,1 ± 12,14 48h: 62,69871 A,1 ± 9,70 72h: 64,33 A,1 ± 2,66
Endosequence® BC Sealer	E. J. N. L. da Silva, Zaia, & Peters, 2017 (45)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón Balb / c 3T3 (ATCC®, Manassas, VA, EE. UU.)	% Viabilidad celular: >100
	B. N. Lee et al., 2019 (46)	Viabilidad celular: Kit de ensayo EZ-Cytox. - Células MC3T3-E1.	Viabilidad celular % grupo control: 1/100: 1.0 1/50: 1.0 1/10: <0.9 1/5: 0.9 1/1: 0.8
	Chen et al., 2020 (3)	Viabilidad Celular: Kit de Recuento Celular-8 (Enzo Life Sciences Inc, Burlington, Ontario, Canadá) - (hPDLSC)	Viabilidad celular ratio: 1/4 1/8 1/16 1/20 1d: 0.75 1d:0.9 1d: 0.9 1d:0.9 2d: 0.4 2d: 0.8 2d: 0.6 2d:0.6 3d: 0.2 3d: 0.8 3d: 0.8 3d:0.85
	Zoufan et al., 2011 (47)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón L929	<3d 3d 1d 300µL: <1.0 300µL: <1.0 300µL: 1.0 600µL: 1.0 600µL:1.0 600µL: >1.0 1000µL: >1.0 1000µL: >1.0 1000µL: 1.0
	Baraba, Pezelj-Ribarić, Roguljić, & Miletić, 2016 (48)	Viabilidad celular: Azul de tripán en la cámara de Neubaer - Fibroblastos de ratón L929.	Número de células viables por ml (mediana) durante cuatro períodos de incubación 1 hr: 100000 6 hrs: >50000 20 hrs: <50000 24 hrs: 0
	E. J. N. L. Silva et al., 2016 (49)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón Balb / c 3T3 (American Tissue Type Collection; ATCC, Manassas, VA, EE. UU.)	Viabilidad celular % grupo de control 2D: 90 3D: 95
	Candeiro et al., 2016 (50)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Células de fibroblastos gingivales humanos inmortalizados (FMM1 linaje celular)	Número de células (OD) 3d: 0.6 5d: 1.1 7d: 2.3

	Souza et al., 2019 (51)	Evaluación de la apoptosis/necrosis por el ensayo de doble tinción AnnV/PI de Monocitos y PMN humanos (determinando el tipo de muerte celular que inducen)	% de viabilidad celular: 60 % apoptosis de células: <4 % necrosis celular: 4.5
	Nair et al., 2018 (52)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - células de fibroblastos ratones L929.	% viabilidad celular: 71.33
	Seo et al., 2019 (5)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	viabilidad celular relativa (OD): 0 hrs: >0.1 24 hrs: <0.2 48 hrs: 0.4 72 hrs: 0.5 120 hrs: >0.8
	Zhou et al., 2015 (53)	Viabilidad celular: Prueba de citometría de flujo - (PdLHF)	% viabilidad celular en semanas: Diluciones 1/2: 1/8: 1/32: 1/128 0: >100 0: 100 0: >100 0: <100 1: >100 1: >100 1: >100 1:100 2: 100 2: >100 2:>100 2:100 3: <100 3: 100 3:100 3:100 4: >100 4: >100 4:>100 4:>100
	Giacomino, Wealleans, Kuhn, & Diogenes, 2019 (54)	Viabilidad celular: Ensayo de luminiscencia basado en la cuantificación de trifosfato de adenosina - osteoblastos de ratones (IDG-SW3)	% viabilidad celular: >100
	Loushine et al., 2011 (32)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Osteoblastos de ratón MC3T3-E1	% viabilidad celular: 1 semana: 15 2 semanas: 30 3 semanas: 32 4 semanas: 34 5 semanas: 45 6 semanas: 75
	iRoot SP®	Mukhtar-Fayyad, 2011 (55)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos humanos MRC-5.
Eldeniz, Shehata, Högg, & Reichl, 2016 (56)		Viabilidad celular: Ensayo XTT - Células PDL que utiliza la transferencia de genes lentivirales de la (hTERT).	Viabilidad celular Formación de formazones (%): >100
Wei Zhang et al., 2010 (22)		Viabilidad celular: Ensayo MTT - Células MG63.	% viabilidad celular: Dilución 1/1: <100 Dilución 1/2: > 100 Dilución: 1/4: <100

	Nair et al., 2018 (52)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos pulmonares de ratones L929	% viabilidad celular: 75.11		
	W. Zhang, Li, & Peng, 2010 (22)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos pulmonares de ratones L929	Actividad relativa (%): <100		
	Pamukçu Güven et al., 2013 (57)	Viabilidad celular: Ensayo de MTS: - (hTGSC)	% viabilidad celular: 1d: >90 3d:<100 7d:>70 14d: >100		
	Chang et al., 2014 (58)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hPDLCS)	% viabilidad celular: 3d: >100 7d: >100 14d: >100		
	Güven et al., 2013 (59)	Ensayo de MTS: - (hTGSC)	% viabilidad celular: 3d: >100 7d: >100		
Bio-C® sealer	Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019 (7)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLCS)	1/1 24 hrs: <0.35 48 hrs: <0.5 72 hrs: 0.65	1/2 24 hrs: <0.3 48 hrs: >0.5 72 hrs: <0.8	1/4 24 hrs: 0.35 48 hrs: <0.6 72 hrs: >0.8
	Sergio López-García, Lozano, et al., 2019 (23)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - (hPDLCS)	1/1 24 hrs: >0.2 48 hrs: 0.35 72 hrs: 0.35	1/2 24 hrs: >0.2 48 hrs: >0.4 72 hrs: <0.5	1/4 24 hrs: >0.2 48 hrs: <0.5 72 hrs: 0.5
Sealer Plus BC®	Benetti et al., 2019 (60)	Viabilidad celular: Ensayo de reducción de Alamar Blue - fibroblastos L929	1:50: >100 1:100: 100 1200: 100		
	Cintra et al., 2017 (61)	Viabilidad celular: Ensayo de MTT - fibroblasto L929	24 hrs 1/1: >100 1/2: <100 1/4: >100	48 hrs 1/1: <300 1/2: <400 1/4: >300	72 hrs 1/1: >50 1/2: <100 1/4: 100
Endoseal® MTA	E. J. N. L. da Silva et al., 2017 (45)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - Fibroblastos de ratón Balb / c 3T3 (ATCC®, Manassas, VA, EE. UU.).	% Viabilidad celular: <120		
	Seo et al., 2019 (5)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	Viabilidad celular relativa (OD): 0 hrs: >0.1 24 hrs: 0.2 48 hrs: <0.4 72 hrs: <0.6 120 hrs: >0.8		
	Collado-González et al., 2017 (62)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	1/1 24 hrs: <0.2 48 hrs: 0 72 hrs: 0	1/2 24 hrs: 0.2 48 hrs: > 0 72 hrs: > 0	1/4 24 hrs: 0.5 48 hrs: 0.6 72 hrs: 0.8
	J. K. Lee, Kim, Lee, Kim, & Kim, 2019 (63)	Viabilidad celular: Ensayo MTT - (hDPSCs)	1d: <100 2d: >80 3d: <100 7d: <80		

	R. J. Y. Kim & Shin, 2014 (8)	Viabilidad celular: Ensayo WST-1 - células MG-63 y fibroblastos gingivales humanos.	MG-63 1d: >0 3d: 0.7 7d: <3	Fibroblastos gingivales humanos. 1d: <0.5 3d: <1.0 7d: 2.25
--	-------------------------------	---	--------------------------------------	--

Potencial osteogénico, migración celular, proliferación celular y reacción tisular: La tabla 8 muestra otras formas de evaluar la biocompatibilidad de un material como el potencial osteogénico, migración celular, proliferación celular y reacción tisular, se engloban diferentes las diferentes metodologías utilizadas en los artículos revisados. Se incluyeron 13 artículos los cuales se distribuyen de la siguiente manera: TotalFill BC Sealer® 2 artículos, Endosequence BC® Sealer 5 artículos, iRoot SP® 2 artículos, Bio C® Sealer 1 artículo y finalmente Endoseal® MTA 3 artículos. Sin embargo, del sellador Sealer Plus BC® no se encontraron artículos que evaluaran estas características. Los resultados encontrados muestran una buena inducción de mineralización por parte de selladores TotalFill BC Sealer®, Endosequence BC® Sealer, Bio C® Sealer y Endoseal® MTA, en todos los resultados encontrados los selladores biocerámicos premezclados fueron evaluados a través de la actividad fosfatasa alcalina. La migración celular fue evaluada a través de ensayo de cicatrización de herida, los selladores evaluados mostraron altos porcentajes de migración celular en todos los estudios congruente con los valores exhibidos de cicatrización, sobre la proliferación celular el Endosequence BC Sealer® fue evaluado a través de tinción Azul de Alamar mostrando ser materiales biocompatibles al tener valores mayores de proliferación celular con respecto a otros selladores. Y finalmente, sobre la reacción tisular selladores iRoot SP® y Endoseal® MTA atenuaron la respuesta inflamatoria.

Tabla 8: Comparación de la biocompatibilidad evaluada en los estudios seleccionados.

CEMENTO	AUTOR, AÑO	MÉTODO	RESULTADOS		
TotalFill BC® Sealer	C. L. Zordan-Bronzel et al., 2019 (6)	Actividad de la fosfatasa alcalina (ALP): Kit comercial (Labtest, Lagoa Santa, MG, Brasil).	ALP La actividad de la ALP después de la exposición a AHP, EXP, TF a 1:8 dilución y medio de cultivo libre de suero (control negativo): 1d: 125 3d: 75 7d: 100		
	Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019 (7)	Mineralización: Ensayo de rojo alizarina (AR)	AR: >0.2		
	Rodríguez-Lozano et al., 2017 (43)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida	24 hrs 1/4: 60 1/1: 50 1/2: 60	48 hrs 1/4: 100 1/1: 100 1/2: 100	
Endosequence® BC Sealer	B. N. Lee et al., 2019 (46)	Potencial osteogénico: Reactivo de tinción ALP.	Mineralización. 0.89		
	Alsubait et al., 2018 (64)	Proliferación celular y Actividad metabólica: Ensayo Azul de Alamar - (hMSCs)	1/2 1d: 700 2d: <800 3d: <800	1/8 1d: 1250 2d: <1500 3d: <1500	1/32 1d: <2000 2d: <6000 3d: <6000

	Seo et al., 2019 (5)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida. Mineralización: Ensayo de tinción con rojo de alizarina	Migración celular: 0 hrs: 0 24 hrs: <40 48 hrs: <80 72 hrs: <100 96 hrs: 100 Mineralización: 15d: >1.2
	Willershausen, Callaway, Briseño, & Willershausen, 2011 (65)	Proliferación celular: Ensayo Alamar Blue - PdLHF	Unidades de fluorescencia relativa 0 hrs: >0 1 hr: >0 6 hrs: >1000 24 hrs: >2000 48 hrs: 5000 72 hrs: >6000 96 hrs: 8000
	Giacomino et al., 2019 (54)	Potencial osteogénico: Microscopía de fluorescencia de tinción con rojo de alizarina	% prueba de alizarina: 650
IRoot SP®	Bósio et al., 2014 (66)	Los tejidos se procesaron para evaluación de morfología del tejido utilizando tinción con hematoxilina-eosina (H&E) y Von Kossa (VK) para la evaluación de estructuras calcificadas en el tejido.	Puntaje de inflamación 7d 15d 30d 90d 0: 0 0: 0 0: 46 0: 18 1: 27 1: 18 1: 23 1: 73 2: 45 2: 73 2: 31 2: 9 3: 27 3: 9 3: 0 3: 0
	Wei Zhang & Peng, 2015 (22)	Se tiñó con hematoxilina y eosina para evaluar las reacciones inflamatorias y la formación de hueso nuevo,	Grados de inflamación: 7d 30d 60d 0: 0 0: 0 0: 6 1: 0 1: 8 1: 6 2: 12 2: 4 2: 0 3: 0 3: 0 3: 0
	Chang et al., 2014 (58)	Mineralización: Ensayo de tinción con rojo de alizarina	7d: <0.25 14d: 0.25
Bio C® Sealer	Sergio López-García, Pecci-Lloret, et al., 2019 (7)	Mineralización: Ensayo de rojo alizarina (AR) Migración y mineralización	AR: >0.2
	Sergio López-García, Lozano, et al., 2019 (23)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida	1/1 1/2 1/4 72 hrs: >90 72 hrs: >80 72 hrs: >60 48 hrs: 80 48 hrs: 50 48 hrs: <30 72 hrs: >60 72 hrs: >20 72 hrs: <10
Endoseal MTA	Seo et al., 2019 (5)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida. Mineralización: Ensayo de tinción con rojo de alizarina	Migración celular: 0 hrs: 0 24 hrs: 30 48 hrs: >60 72 hrs: 90 96 hrs: 100 Mineralización: 15d: >1.0

	Collado-González et al., 2017 (62)	Migración celular: Ensayo de cicatrización de herida.	Migración hPDLSCs 24 hrs: 48 hrs: 1/1: 100 1/1: 100 1/2: >80 1/2: >80 1/4: >60 1/4: 20
	Rehan, 2019 (67)	Reacción inflamatoria	Media de resultado inflamatorio: 1 mes: 3.55 (± 0.90) 3 meses: 1.50 (± 0.85)

Discusión

Esta revisión sistemática evaluó las similitudes y diferencias acerca de las propiedades tales como: composición química, pH, radiopacidad, solubilidad, tiempo de fraguado, bioactividad y biocompatibilidad de los selladores endodónticos biocerámicos premezclados TotalFill® BC Sealer, EndoSequence® BC Sealer, iRoot SP®, Bio-C® Sealer, Sealer Plus BC® y Endoseal® MTA.

A medida que el uso de selladores a base de silicato de calcio continúa aumentando, nuevas formulaciones biocerámicas intentan lograr las propiedades físico-químicas, mecánicas y biológicas ideales; para esto las propiedades fisicoquímicas de los selladores de conductos radiculares deben evaluarse mediante metodologías estandarizadas definidas por la norma ADA 57 e ISO 6876 (24).

Los selladores endodónticos biocerámicos premezclados evaluados muestran una composición química similar según sus fabricantes. Aunque, Borges et al. (39) reportaron que iRoot SP® contenía carbono en sus superficies externas e internas y sugieren la presencia de un componente de polímero que no figura en la ficha de seguridad del material. Además, en ese análisis no se encontró aluminio, confirmando la declaración del fabricante de que iRoot SP® es un sellador de silicato de calcio sin aluminio.

Los altos valores de pH adquieren especial importancia para los selladores de conductos radiculares, dado que un pH alcalino puede contribuir a su potencial osteogénico, biocompatibilidad y capacidad antibacteriana. Se ha informado que un pH alcalino podría neutralizar el ácido láctico de los osteoclastos y evitar la disolución de los componentes mineralizados de los dientes, varios estudios han informado que, un pH alcalino alto puede inducir necrosis limitada de células en la superficie de la raíz y abolir la actividad biológica de los lipopolisacáridos. Por lo tanto, los selladores de conductos radiculares pueden contribuir a la formación de tejido duro activando la fosfatasa alcalina (68).

Todos los selladores incluidos en esta revisión presentan un pH alcalino, con tendencia de reducción del potencial de la alcalinidad en períodos más largos. En el caso del iRoot SP® y TotalFill® BC Sealer, todos los estudios incluidos coinciden en que exhiben un pH adecuado, al estos presentar los valores más altos de alcalinidad en los diferentes intervalos de tiempo evaluados. Del mismo modo, Endoseal® MTA demostró ofrecer la alcalinidad más alta en todos los intervalos de tiempo (26) (17). Sin embargo, en el estudio de J. K. Lee et al., en el 2014 donde se le compara con el Endosequence BC Sealer® y otros selladores a base de resina epoxi, el Endosequence BC Sealer® mostró mayor alcalinidad en comparación con el Endoseal® MTA, aunque el Endoseal® MTA a lo largo del tiempo experimental fue aumentando su pH. Por el contrario, S. López-García et al., en el año 2020 al evaluar el Endosequence BC Sealer®, reportaron que posee un pH menor al ser comparado con el Endoseal® MTA. Al igual el sellador Bio-C® Sealer y Sealer Plus® BC presentaron un pH alcalino (24).

La radiopacidad es una cualidad deseable de los selladores de conductos radiculares, ya que permite estimar la longitud, la anchura y las deficiencias que pueden producirse durante la obturación, además facilita que el sellador sea distinguido de las estructuras anatómicas adyacentes, como el tejido dental o el hueso de los maxilares (28). La adición de agentes radiopacos a los materiales no debe alterar sus propiedades químicas, ni conllevar al aumento de la citotoxicidad, aunque no se ha detectado ninguna correlación entre estos dos factores (28). Según la norma ISO 6876 y ANSI/ADA especificación n° 57, el espesor de radiopacidad de los selladores del conducto radicular debe ser $\geq 3\text{mmAl}$ (21).

Todos los selladores biocerámicos premezclados incluidos en la presente revisión cumplieron con estos requisitos. TotalFill®BC Sealer y Bio-C® Sealer presentaron una radiopacidad similar (6,1 y 5,5) respectivamente, cumpliendo con la norma. Sin embargo, los resultados fueron significativamente inferiores a los de AH Plus, probablemente porque los selladores a base de silicato de calcio tienen óxido de circonio en su composición, mientras que AH Plus no sólo contiene óxido de circonio, sino también tungsteno de calcio (14). Los agentes radiopacificantes tienen el siguiente orden decreciente de radiopacidad: óxido de bismuto, óxido de circonio, tungsteno de calcio, sulfato de bario y óxido de zinc. La cantidad y proporción de cada agente radiopacificante puede interferir en la radiopacidad de los cementos (15). En otro estudio analizado también se evidenció que TotalFill®BC Sealer exhibió una buena radiopacidad (7,93 mmAl); lo que indica que incluso en superposición de estructuras anatómicas gruesas sobre la imagen del conducto radicular, los selladores son claramente visibles en las radiografías (27). Sealer plus BC® y Endosequence BC Sealer® presentaron una radiopacidad de (3.67 mmAl) (24) y 4,74 mmAl. (3) respectivamente, lo que afirma que al igual que los biocerámicos anteriores estos cumplen con las normas ISO y ANSI/ADA; en ambos artículos se determinó la radiopacidad por medio de radiografías convencionales que posteriormente fueron digitalizadas. En contraste, en otro estudio la radiopacidad del Endosequence BC Sealer® fue mayor (10,8 mmAl), posiblemente debido a la diferencia metodológica, ya que la radiopacidad se evaluó mediante radiografías digitales con un sistema de placas PSP (29). Las normas ISO no enfatiza en el uso del método indirecto o directo para evaluar la radiopacidad de los materiales dentales, por lo que se exalta que la ISO debería tenerlo en cuenta en el futuro. Diferentes autores han establecido que la técnica radiográfica influye en los valores de radiopacidad de los materiales de obturación, aquellos que contienen bario y bismuto pueden tener una radiopacidad diferente cuando se utilizan placas de fósforo. También puede haber diferencias en la aleación de la cuña de paso de aluminio, la velocidad de obturación, la longitud focal, el kVp, los mAs, todo esto influye en las mediciones de la radiopacidad (28). Finalmente, el sellador Endoseal® MTA exhibió resultados similares entre los artículos incluidos que evaluaron su radiopacidad, aun después de utilizar diferentes técnicas; (9.50 mmAl) por medio de radiografías digitales obtenidas con sensor de rayos x digital (21) y (9 mmAl) por medio de radiografías convencionales posteriormente digitalizadas (26).

El tiempo de fraguado de los selladores endodónticos debe permitir que haya tiempo suficiente para que el material se coloque en los conductos radiculares presentando una consistencia adecuada. Sin embargo, un tiempo de fraguado prolongado se considera una cuestión crítica en la aplicación clínica. La ADA aconseja que el tiempo de fraguado sea ≤ 72 horas, porque los cementos son más tóxicos en estado fluido que solidificados. Un tiempo de fraguado acelerado puede generar ventajas clínicas potenciales, como una menor posibilidad de contaminación de sangre o suero durante el fraguado (34).

Los datos incluidos en la presente revisión, revelaron que: en el artículo de C. L. Zordan-Bronzel et al., el TotalFill® BC Sealer presentó un tiempo de fraguado más extenso con respecto al sellador Bio C® (14). Del mismo modo, Zamparini et al., siguieron la norma ASTM C266 y compararon el TotalFill BC Sealer® con el sellador Endosequence BC Sealer®, y se determinó que los selladores mostraron tiempos idénticos

de fraguado (16). Elyassi et al., exponen que TotalFill BC Sealer® necesitó más de 2 meses para fraguar completamente, lo que no corresponde al tiempo de fraguado de 4 horas (en condiciones de humedad) notificado por el fabricante (4). Con respecto al Endosequence BC Sealer®, los resultados fueron variables. Chen et al., manifestaron en su investigación que un estudio realizado previamente exhibió que el sellador mostró un tiempo de fraguado significativamente más corto a una temperatura alta de 140°C que a temperatura ambiente, por lo que se cuestionó la idoneidad de Endosequence para la compactación vertical cálida. Sin embargo, concluyeron en los resultados de su investigación que no se produjo un cambio significativo en el tiempo de fraguado final del material al exponerse a 100°C durante 1 min. Con respecto a la temperatura ambiente, confirmando el cumplimiento del sellador con los requisitos de la norma ISO (3). En concordancia, en la investigación de Zhou et al., el tiempo de fraguado cumplió con la norma, aunque con valores más bajo al estudio anterior, el autor justificó la discrepancia de resultados debido a los diferentes métodos de prueba que se utilizaron (20); ya que en su estudio se ejecutó un nuevo método para acelerar el proceso de fraguado del sellador Endosequence BC. Xuereb et al. y Lee et al., evaluaron en sus investigaciones el tiempo de fraguado del Endosequence® BC Sealer mostrando tiempos semejantes de fraguado, cumpliendo las normas ISO (29) (21).

En síntesis, el Endosequence® BC Sealer cumplió en la mayoría de los artículos estudiados el tiempo que dicta la norma ISO. Exceptuando en la investigación de Abu Zeid et al., donde explican que el tiempo prolongado de fraguado *in vitro* de los selladores biocerámicos Endosequence BC® Sealer y iRoot SP®, podría explicarse por la ausencia de fluido tisular durante la reacción de fraguado. En situaciones in vivo, la presencia de fluido tisular en el interior de los túbulos dentinarios de los conductos radiculares puede ser la principal fuente de humectación continua durante la reacción de hidratación (31).

Qu et al., evaluaron el tiempo de fraguado del sellador iRoot SP® a diferentes temperaturas; mostrando como resultado que, el tiempo de fraguado de iRoot SP® se redujo de 245.8 min (37°C) a 14,2 minutos (140°C). Se supone que el calor puede acelerar las reacciones de hidratación; en este estudio, a medida que aumentaba la temperatura, el sellador mostró una reducción en el tiempo de fraguado (33). Por otro lado, Bio-C Sealer tuvo el tiempo de fraguado más corto en el artículo de Christian L Zordan-Bronzel et al (14). Sin embargo, los tiempos de fraguado cumplen lo establecido en la norma ISO, al igual que en el caso del Sealer Plus® en la investigación realizada por Teixeira Mendes et al., (24).

Ha et al., analizó los datos del tiempo de fraguado del Endoseal® MTA mediante el método Aguja de Vicat y se realizó siguiendo las normas ISO. En este estudio se evaluaron las partículas de los selladores, donde el calor liberado después de horas es mayor para las muestras con tamaños de partículas más pequeños, lo que ilustra que ha ocurrido una reacción exotérmica mayor dentro de ese período de tiempo, lo que conlleva a un fraguado más rápido. Con respecto al Endoseal® MTA se concluyó que mostró un tipo de partícula pequeña dado que presentó un tiempo de fraguado corto (34).

La insolubilidad es una de las propiedades físicas deseables para los selladores de conductos radiculares, ya que tiene gran influencia en el éxito del tratamiento (12). Un sellador endodóntico soluble puede degradar y lixiviar productos químicos con el tiempo, creándose vacíos en el interior del material o en sus interfaces con los tejidos/materiales circundantes. Estos vacíos podrían servir como vías para los microorganismos a lo largo del conducto radicular hacia el periápice, mientras que la lixiviación de los productos químicos puede ser irritante para los tejidos periapicales. Según la especificación N° 57 de la ANSI/ADA y la norma ISO 6876/2012, la solubilidad de un sellador no debe exceder del 3% de la fracción de masa después de la inmersión en agua durante 24 horas (Colombo et al., 2018).

En la presente investigación, los artículos incluidos exhibieron variabilidad en los porcentajes de solubilidad de cada sellador, posiblemente debido a la heterogeneidad metodológica. Los selladores Endosequence® BC y Endoseal® MTA presentaron en todos los estudios una solubilidad <3% en periodos superiores a 24 horas, cumpliendo con la norma. Por el contrario, TotalFill BC Sealer® y Bio-C® Sealer no cumplieron con los estándares en ninguno de los artículos que evaluaban su solubilidad, ya que esta fue >3%. Colombo et al., manifestaron en su estudio que el porcentaje de solubilidad más alto se registró para el TotalFill® BC Sealer, en este se evaluó la solubilidad tras la inmersión del sellador en agua destilada (12). Sin embargo, Torres et al., mencionan que solubilidad de los materiales de silicato de calcio evaluada en agua destilada no expresa la condición real de los materiales in vivo, ya que estudios anteriores informaron de una reducción de la solubilidad cuando los materiales a base de silicato de calcio se sumergieron en un fluido corporal simulado. No obstante, los hallazgos de la investigación revelaron que incluso después de la inmersión en PBS (solución salina tamponada con fosfato), la solubilidad del TotalFill BC Sealer®, Sealer Plus BC® y Bio-C® Sealer se mantuvieron por encima del nivel mínimo recomendado por la norma ISO 6876 (35). Estos valores superiores también pueden explicarse por las partículas hidrófilas nanométricas que componen los selladores, las cuales aumentan su superficie y permiten que más moléculas líquidas entren en contacto con el material. Aunque la alta solubilidad de los selladores a base de silicato de calcio puede considerarse una desventaja, su potencial bioactivo es una consecuencia de la solubilidad de estos materiales, incluso después del fraguado (24). Acentuando lo manifestado anteriormente; Christian L Zordan-Bronzel et al., demuestran en su investigación que Bio-C® Sealer exhibió una solubilidad superior a la recomendada por ISO 6876: 2012 (14).

Por otro lado, el sellador Iroot SP®, mostró resultados variables de solubilidad posiblemente por las diferentes metodologías utilizadas en los artículos. A pesar de las recomendaciones de la ANSI/ADA, Borges et al., evaluaron la solubilidad de iRoot SP® por medio de una modificación del ensayo de solubilidad propuesta anteriormente en otro estudio (Método de Carvalho-Junior), el cual logró resultados similares con una disminución del volumen de material necesario para la producción de las muestras. En este artículo iRoot SP® exhibió un valor de solubilidad >3%, siendo confirmado por el análisis SEM que reveló una superficie externa mucho más irregular y con mayor rugosidad después de la prueba, permitiendo un marcado ingreso de agua a lo largo del tiempo y promoviendo una mayor solubilidad (39). En contraposición, en el estudio de Ersahan & Aydin, iRoot SP® mostró valores de solubilidad <3% y una absorción de agua de 3,97% este hallazgo puede estar relacionado con la alta hidrofilia del silicato de calcio, que podría haber permitido la entrada de agua; además en situaciones clínicas el iRoot SP® absorbe agua de los túbulos dentinarios para expandirse lateralmente y adoptar la forma del canal. Lo ideal sería que los selladores endodónticos mostraran una baja absorción de agua, así como una baja solubilidad (38). Sin embargo, la mayoría de los estudios que examinan la estabilidad de los selladores se han centrado únicamente en la solubilidad. Estos miden la pérdida de peso de los especímenes de prueba en términos de la disminución de la masa después del almacenamiento en agua, sin tener en cuenta que las partículas de relleno pueden lixiviarse de los especímenes durante la inmersión y que la absorción de agua puede compensar el material disuelto. Por estas razones, las pruebas de absorción y solubilidad en agua realizadas en este estudio siguieron los procedimientos establecidos en la norma ISO 4049E, que es más apropiada que la especificación ANSI/ADA Nº 57 de la Asociación Dental Americana y la norma ISO 6876 para evaluar los selladores a base de silicato de calcio (38).

Es evidente que, aunque se dispone de métodos definidos por la Asociación Dental Americana (ADA) y la Organización Internacional de Normalización (ISO) para evaluar las propiedades fisicoquímicas de los selladores de conductos radiculares. Las metodologías convencionales para evaluar la solubilidad y la estabilidad dimensional presentan diferentes limitaciones (24): con demasiada frecuencia los estudios que evalúan la solubilidad de los selladores calculan la pérdida de peso media de los especímenes antes y

después de la inmersión. Sin embargo, esto no se trata de una medida de solubilidad sino de una medida de elución. La medición de las diferencias de peso de los especímenes puede registrar procesos de desintegración que posiblemente no sean el resultado de la disolución, por ejemplo, las partículas de relleno del material pueden lixiviarse durante la inmersión. Otro factor crítico a considerar es la absorción de agua por los especímenes, lo que da lugar a un aumento "artificial" del peso de los mismos y, por lo tanto, a una inexactitud de la prueba. Además, otra limitación encontrada en algunos estudios es el secado de los especímenes, que puede conducir a la evaporación de los componentes volátiles del sellador (4). Diferentes autores manifiestan que se han desarrollado nuevas metodologías que utilizan imágenes de microtomografía computarizada (micro-TC) para complementar las pruebas realizadas por la ADA y la ISO (24). La tomografía microcomputada (micro-CT) proporciona un análisis tridimensional cualitativo o cuantitativo que permite el análisis volumétrico (en mm^3) de los materiales, y es capaz de mejorar las pruebas convencionales. Por lo tanto, se ha propuesto la micro-TC para evaluar el cambio volumétrico de los materiales endodónticos, con posible correlación con la solubilidad y el cambio dimensional después de diferentes intervalos de tiempo; por consiguiente, esto permite comprender mejor el comportamiento dimensional de los materiales después de períodos más largos y presentar una correlación con el rendimiento clínico (15).

En cuanto a bioactividad, los cementos bioactivos tienen la capacidad de liberar iones y neutralización de ácidos lo que favorece a la curación de los tejidos. Además, es bien sabido que el Ca^{2+} participa activamente en la diferenciación de las células madre mesenquimatosas y la mineralización de los tejidos (17).

Todos los selladores biocerámicos premezclados reportaron potencial bioactivo, esto se debe a varias razones reportadas por los autores. Una posible explicación para la alta cantidad de Ca^{2+} liberada por los cementos biocerámicos podría estar asociada con las reacciones de fraguado, incluyendo las reacciones de hidratación de los silicatos de calcio (18). Además, la reacción de fraguado del sellador BC también implica reacciones de los fosfatos de calcio monobásicos con hidróxido de calcio para producir agua e hidroxiapatita al activar el sellador por el agua (32). Otra explicación es que la liberación de iones OH^- y Ca^{2+} está relacionada con la solubilidad de los biomateriales y sus propiedades antimicrobianas (23).

La nueva generación de selladores biocerámicos se ha desarrollado para que presente características deseables similares, tiene el mismo potencial y puede modular el entorno del tejido apical ya sea mediante el contacto directo de estas moléculas con los tejidos apicales como en los casos de extrusión. Tras la eliminación de las bacterias, la curación de la periodontitis apical requiere la remodelación del tejido granulomatoso y la inducción de la proliferación de las células madre de la médula ósea y los precursores de los osteoblastos en osteoblastos maduros, lo que conduce a la remineralización de los tejidos apicales. Los selladores con capacidad para mejorar la osteogénesis tienen el potencial de promover una curación más rápida y predecible de la periodontitis apical (54).

La citotoxicidad se define como la capacidad de un material de impactar en la viabilidad celular. Por lo tanto, las pruebas de citotoxicidad son pruebas primarias de biocompatibilidad que determinan la lisis de las células, la inhibición del crecimiento celular y otros efectos en las células causados por las sustancias de prueba (62). En la evaluación de la viabilidad celular de los artículos estudiados el TotalFill BC[®] Sealer no mostró efectos citotóxicos (12) por lo que resulta ser un material biocompatible (6). Del mismo modo el iRoot SP[®] presentó resultados adecuados mostrando una citotoxicidad leve en los artículos estudiados, al igual que el Bio C[®] Sealer (7), Sealer Plus BC[®] (61) y el Endoseal[®] MTA (62). Por el contrario, Souza et al., evidenciaron que el Endosequence BC Sealer[®] presentó una citotoxicidad mayor en células PMN y monocitos (51). Al igual que Loushine et al., demostraron que el Endosequence BC Sealer[®] mostró una

citotoxicidad severa a las 24 hrs y hasta la quinta semana no se volvió leve. Loushine et al., explican que los cultivos no poseen un sistema linfático ni defensas periapicales como el polimorfonuclear leucocitos, células plasmáticas y macrófagos para ayudar a eliminar las sustancias tóxicas, lo que se debería haber tenido en cuenta para las interpretaciones de los elevados niveles de citotoxicidad asociada con el sellador EndoSequence BC® (32). Sin embargo, los demás artículos evaluados evidenciaron una buena biocompatibilidad del EndoSequence BC Sealer® en diferentes células con distintos métodos. Esta discrepancia de resultados es probable debido a las diferencias fundamentales de diseño entre los estudios. En el artículo de Giacomino et al., los medios se acondicionaron con los selladores no fijados y se añadieron en una amplia gama de concentraciones a los precursores de los osteoblastos (54), mientras que el estudio de Loushine et al., permitió que el sellador se fijara completamente en los moldes de teflón a una sola concentración, seguida de su introducción en el cultivo celular (32).

La composición de los selladores endodónticos juega un papel importante en su biocompatibilidad (62). Todos los selladores presentaron actividad antiinflamatoria y promueven la diferenciación osteogénica, lo que sugiere que estos selladores pueden utilizarse para un tratamiento endodóntico satisfactorio. Aunque se observaron diferencias en los resultados de cada disolución, estas discrepancias se explican por las diferentes composiciones de los materiales. Por esta razón las concentraciones menos diluidas presentaron menor migración celular (23).

En general los selladores biocerámicos premezclados evaluados presentaron propiedades biológicas favorables en comparación con otros selladores de uso en común. Este efecto no citotóxico mejorado de estos selladores puede darse por la elución de los iones de calcio. Además, también podría ser posible que los aditivos patentados del líquido desempeñen un papel relevante en la biocompatibilidad superior de este material (7).

Conclusiones

Los selladores biocerámicos premezclados mostraron propiedades fisicoquímicas adecuadas como un pH alcalino contribuyendo a la capacidad antibacteriana, biocompatibilidad y potencial osteogénico. El tiempo de fraguado y la radiopacidad fueron acordes a las normas ISO 6876/2012 especificación número 57 ANSI/ADA; además demostraron ser materiales con potencial de bioactividad y biocompatibilidad. Sin embargo, múltiples estudios apuntan que los selladores TotalFill BC Sealer, Iroot SP, Bio-C Sealer y Sealer Plus BC muestran valores de solubilidad superiores a los requeridos por la norma ISO 6876/2012 especificación número 57 ANSI/ADA. Sin desconocer que la literatura reporta diversas limitaciones en cuanto a las metodologías para evaluar la solubilidad de los cementos selladores como: Resultados inexactos en el peso final de los especímenes debido a razones independientes a la disolución del material, aumento artificial del peso de las muestras debido a absorción de agua, evaporación de los componentes volátiles del sellador durante el proceso de secado y finalmente una incorrecta extrapolación de las condiciones *in vitro* a *in vivo* por parte de las normas ISO y ANSI/ADA.

Financiación

La presente investigación se realizó a través de recursos propios de los investigadores.

Referencias bibliográficas

1. Octavio Manuel RC, Luna Lara, Carlos Alberto Alejandro G, María Teresa LF. Obturación del sistema de conductos radiculares. Una revisión de la literatura. Vol. 4, Reciamuc. 2020. p. 253-66.
2. De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LAB. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J.* 2000;33(1):25-7.
3. Chen B, Haapasalo M, Mobuchon C, Li X, Ma J, Shen Y. Cytotoxicity and the Effect of Temperature on Physical Properties and Chemical Composition of a New Calcium Silicate–based Root Canal Sealer. *J Endod [Internet].* 2020;46(4):531-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.12.009>
4. Elyassi Y, Moynadeh AT, Kleverlaan CJ. Characterization of Leachates from 6 Root Canal Sealers. *J Endod [Internet].* 2019;45(5):623-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.011>
5. Seo DG, Lee D, Kim YM, Song D, Kim SY. Biocompatibility and mineralization activity of three calcium silicate-based root canal sealers compared to conventional resin-based sealer in human dental pulp stem cells. *Materials (Basel).* 2019;12(15):1-12.
6. Zordan-Bronzel CL, Tanomaru-Filho M, Rodrigues EM, Chávez-Andrade GM, Faria G, Guerreiro-Tanomaru JM. Cytocompatibility, bioactive potential and antimicrobial activity of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer. *Int Endod J.* 2019;52(7):979-86.
7. López-García S, Pecci-Lloret MR, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Lozano A, Llena C, et al. Comparative cytocompatibility and mineralization potential of Bio-C sealer and totalfill BC sealer. *Materials (Basel).* 2019;12(19):1-12.
8. Kim RJY, Shin JH. Cytotoxicity of a novel mineral trioxide aggregated-based root canal sealer. *Dent Mater J.* 2014;33(3):313-8.
9. Cobos-Carbó A, Augustovski F. Declaración CONSORT 2010: actualización de la lista de comprobación para informar ensayos clínicos aleatorizados de grupos paralelos. *Med Clin (Barc).* 2011;137(5):213-5.
10. Kilkeny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. Improving bioscience research reporting: The arrive guidelines for reporting animal research. *PLoS Biol.* 2010;8(6).
11. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions , or both. 2017;1-9.
12. Colombo M, Poggio C, Dagna A, Meravini MV, Riva P, Trovati F, et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *J Clin Exp Dent.* 2018;10(2):e120-6.
13. 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;9(10): e1189-94.
14. Zordan-Bronzel CL, Ferrari Esteves F, Tanomaru Torres MF, Andrade Chavez MG, Martelo, Roberta Bosso Guerreiro Tanomaru JM. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod.* 2018;45(10):1248-52.
15. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chávez-Andrade GM, de Almeida M, Navarro LG, Steier L, et al. Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate–based Endodontic Sealers. *J Endod.* 2017;43(12):2097-101.
16. Zamparini F, Siboni F, Prati C, Taddei P, Gandolfi MG. Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide. *Clin Oral Investig.* 2019;23(1):445-57.
17. López-García S, Pecci-Lloret MR, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP. Citocompatibilidad comparativa y potencial de mineralización de Bio-C Sealer y TotalFill BC Sealer. 2020;12(19):1-15.
18. Candeiro, Miranda GTDC, Campelo F, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod.* 2012;38(6):842-5.
19. Dudeja C, Taneja S, Kumari M, Singh N. An in vitro comparison of effect on fracture strength, pH and calcium ion diffusion from various biomimetic materials when used for repair of simulated root resorption defects. *J Conserv Dent.* 2015;18(4):279-83.
20. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod [Internet].* 2013;39(10):1281-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>
21. Lee JK, Kwak SW, Ha J-H, Lee W, Kim H-C. Physicochemical properties of epoxy resin-based root canal

sealers. *Dent Mater*. 2014;30(57): e61-2.

22. Zhang W, Li Z, Peng B. Effects of iRoot SP on mineralization-related genes expression in MG63 Cells. *J Endod* [Internet]. 2010;36(12):1978-82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.038>
23. López-García S, Lozano A, García-Bernal D, Forner L, Llena C, Guerrero-Gironés J, et al. Biological Effects of New Hydraulic Materials on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *J Clin Med*. 2019;8(8):1216.
24. Teixeira Mendes A, Barcellos da Silva P, Barcelos Só B, Hashizume LN, Ricci Vivan R, Abreu da Rosa R, et al. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod*. 2019;45(10):1248-52.
25. López-García S, Myong-Hyun B, Lozano A, García-Bernal D, Forner L, Llena C, et al. Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig*. 2020;24(5):1749-59.
26. Lim ES, Park YB, Kwon YS, Shon WJ, Lee KW, Min KS. Physical properties and biocompatibility of an injectable calcium-silicate-based root canal sealer: In vitro and in vivo study. *BMC Oral Health* [Internet]. 2015;15(1):1-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12903-015-0112-9>
27. Reszka P, Grocholewicz K, Drożdżik A, Lipski M. Evaluation of the radiopacity of selected calcium-silicate root canal sealers. *Pomeranian J Life Sci*. 2019;65(4):17-24.
28. Hrab D, Chisnoiu AM, Badea ME, Moldovan M, Chisnoiu RM. Comparative radiographic assessment of a new bioceramic-based root canal sealer. *Clujul Med*. 2017;90(2):226-30.
29. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut C V., Camilleri J. In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. *J Endod* [Internet]. 2015;41(1):111-24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.015>
30. Tanomaru-Filho M, Prado MC, Torres FFE, Viapiana R, Pivoto-João MMB, Guerreiro-Tanomaru JM. Physicochemical properties and bioactive potential of a new epoxy resin-based root canal sealer. *Braz Dent J*. 2019;30(6):563-8.
31. Abu Zeid ST, Mokeem Saleh AA, Khafagi MGED, Abou Neel EA. Setting reaction of new bioceramic root canal sealers. *Spectrosc Lett* [Internet]. 2018;51(8):426-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00387010.2018.1485703>
32. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod* [Internet]. 2011;37(5):673-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.003>
33. Qu W, Bai W, Liang YH, Gao XJ. Influence of Warm Vertical Compaction Technique on Physical Properties of Root Canal Sealers. *J Endod* [Internet]. 2016;42(12):1829-33. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.014>
34. Ha WN, Bentz DP, Kahler B, Walsh LJ. D90: The Strongest Contributor to Setting Time in Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement. *J Endod* [Internet]. 2015;41(7):1146-50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.033>
35. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J*. 2020;53(3):385-91.
36. Marashdeh MQ, Friedman S, Lévesque C, Finer Y. Esterases affect the physical properties of materials used to seal the endodontic space. *Dent Mater* [Internet]. 2019;35(8):1065-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.04.011>
37. Bonde K, Beri L, Bhargava K, Mulay S, Mastud S, Kumar T. Comparative evaluation of the antibacterial and physicochemical properties of bioceramic apexit plus sealer mixed with cationic nanoparticles. - In vitro study. *Pravara Med Rev*. 2019;11(2):40-4.
38. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(3-4):857-62.
39. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CES, et al. 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;45(5):419-28.
40. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J*.

2013;46(9):808-14.

41. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, De Miranda Candeiro GT, Martinez LG, De Souza JP, Oliveira PS, et al. Micro push-out bond strength and bioactivity analysis of a bioceramic root canal sealer. *Iran Endod J.* 2017;12(3):343-8.
42. Yoo YJ, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Woo KM, Lee W. Dynamic intratubular biomineralization following root canal obturation with pozzolan-based mineral trioxide aggregate sealer cement. *Scanning.* 2016;38(1):50-6.
43. Rodríguez-Lozano FJ, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Forner L, Moraleda JM. Evaluation of cytocompatibility of calcium silicate-based endodontic sealers and their effects on the biological responses of mesenchymal dental stem cells. *Int Endod J.* 2017;50(1):67-76.
44. Poggio C, Riva P, Chiesa M, Colombo M, Pietrocola G. Comparative cytotoxicity evaluation of eight root canal sealers. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(4): e574-8.
45. da Silva EJNL, Zaia AA, Peters OA. Cytocompatibility of calcium silicate-based sealers in a three-dimensional cell culture model. *Clin Oral Investig [Internet].* 2017;21(5):1531-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-016-1918-9>
46. Lee BN, Hong JU, Kim SM, Jang JH, Chang HS, Hwang YC, et al. Anti-inflammatory and Osteogenic Effects of Calcium Silicate-based Root Canal Sealers. *J Endod [Internet].* 2019;45(1):73-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.09.006>
47. Zoufan K, Jiang J, Komabayashi T, Wang YH, Safavi KE, Zhu Q. Cytotoxicity evaluation of Gutta Flow and Endo Sequence BC sealers. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology [Internet].* 2011;112(5):657-61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.03.050>
48. Baraba A, Pezelj-Ribarić S, Roguljić M, Miletić I. Citotoksičnost dvaju bioaktivnih materijala za punjenje korijenskih kanala. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50(1):8-13.
49. Silva EJNL, de Carvalho NK, Ronconi CT, De-Deus G, Zuolo ML, Zaia AA. Cytotoxicity profile of endodontic sealers provided by 3D cell culture experimental model. *Braz Dent J.* 2016;27(6):652-6.
50. Candeiro G, Moura-Netto C, D'Almeida-Couto RS, Azambuja-Júnior N, Marques MM, Cai S, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J.* 2016;49(9):858-64.
51. Souza GL, Rosatto CMP, Silva MJB, Silva M V., Rocha Rodrigues DB, Moura CCG. Evaluation of apoptosis/necrosis and cytokine release provoked by three root canal sealers in human polymorphonuclears and monocytes. *Int Endod J.* 2019;52(5):629-38.
52. Nair A V., Nayak M, Prasada LK, Shetty V, Kumar CNV, Nair RR. Comparative evaluation of cytotoxicity and genotoxicity of two bioceramic sealers on fibroblast cell line: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2018;19(6):656-61.
53. Zhou HM, Du TF, Shen Y, Wang ZJ, Zheng YF, Haapasalo M. In Vitro Cytotoxicity of Calcium Silicate-containing Endodontic Sealers. *J Endod [Internet].* 2015;41(1):56-61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.012>
54. Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *J Endod [Internet].* 2019;45(1):51-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.007>
55. Mukhtar-Fayyad D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology [Internet].* 2011;112(6):e137-42. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.05.042>
56. Eldeniz AU, Shehata M, Högg C, Reichl FX. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *Int Endod J.* 2016;49(12):1141-51.
57. Pamukçu Güven E, Yalvaç ME, Kayahan MB, Sunay H, Şahin F, Bayirli G. Human tooth germ stem cell response to calciumsilicate based endodontic cements. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(4):351-7.
58. Chang SW, Lee SY, Kang SK, Kum KY, Kim EC. In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iroot SP root canal sealer. *J Endod [Internet].* 2014;40(10):1642-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.04.006>
59. Güven EP, Taşlı PN, Yalvac ME, Sofiev N, Kayahan MB, Sahin F. In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *Int Endod J.* 2013;46(12):1173-82.

60. Benetti F, de Azevedo Queiroz ÍO, de Oliveira PHC, Conti LC, Azuma MM, de Oliveira SHP, et al. Cytotoxicity and biocompatibility of a new bioceramic endodontic sealer containing calcium hydroxide. *Braz Oral Res.* 2019; 33:1-9.
61. Cintra LTA, Benetti F, de Azevedo Queiroz ÍO, Ferreira LL, Massunari L, Bueno CRE, et al. Evaluation of the Cytotoxicity and Biocompatibility of New Resin Epoxy-based Endodontic Sealer Containing Calcium Hydroxide. *J Endod.* 2017;43(12):2088-92.
62. 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;50(9):875-84.
63. Lee JK, Kim S, Lee S, Kim HC, Kim E. In vitro comparison of biocompatibility of calcium silicate-based root canal sealers. *Materials (Basel).* 2019;12(15):1-12.
64. 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;8(3).
65. Willershausen I, Callaway A, Briseño B, Willershausen B. In vitro analysis of the cytotoxicity and the antimicrobial effect of four endodontic sealers. *Head Face Med.* 2011;7(1):1-9.
66. Bósio CC, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MCS, Felipe WT, Rivero ERC. Subcutaneous connective tissue reactions to iRoot SP, mineral trioxide aggregate (MTA) Fillapex, DiaRoot BioAggregate and MTA. *Int Endod J.* 2014;47(7):667-74.
67. Rehan A. Biocompatibility and osteogenic potential of the new bioceramic endodontic material "EndoSeal MTA". *Egypt Dent J.* 2019;65(2):1577-83.
68. Balceros LJS. Descripción del ph, liberación de calcio y citotoxicidad de algunos cementos selladores en endodoncia: mta, bioaggregate, iroot y endosequence. *Revisión narrativa de la literatura.* 2016;