

Vidrios bioactivos en endodoncia. Revisión narrativa de sus propiedades biológicas

Bioactive glasses in endodontics. A narrative review about their biological properties

Presentado: 20 de diciembre de 2023
Aceptado: 11 de enero de 2024
Publicado: 15 de marzo de 2024

Osvlado Zmener^{ORCID}

Carrera de Especialización en Endodoncia, Escuela de Odontología USAL/AOA, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Los vidrios bioactivos (VBa) son materiales biocerámicos que tienen una extensa aplicación en medicina y odontología. A causa de su contenido de calcio y fosfato son muy similares a la hidroxiapatita del tejido óseo. Su biocompatibilidad y bioactividad los hacen materiales muy útiles para ser aplicados en diferentes áreas de la práctica dental, tales como periodoncia, cirugía, odontología restauradora y endodoncia. En endodoncia los VBa están indicados para realizar protec-

ciones pulpares directas, pulpotomías, desinfecciones y obturaciones del sistema de conductos radiculares. El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión de las propiedades biológicas de los VBa en relación a sus aplicaciones en endodoncia.

Palabras clave: Biocompatibilidad, Bioglass®, hidroxiapatita, vidrio bioactivo.

Abstract

Bioactive glasses (BGs) are bioceramic materials with extensive clinical applications in medicine and dentistry. Because of their phosphate and calcium contents, they are like the hydroxyapatite of bone tissue. Their biocompatibility and bioactivity make them very useful biomaterials in different areas of dental practice, such as periodontics, oral surgery, restorative dentistry, and endodontics. In endodontics, bioac-

tive glasses are indicated for direct pulp capping, pulpotomies, disinfections and fillings of the root canal system. The aim of this work was to carry out a review of the biological properties of BGs in relation to its application in endodontics.

Key words: Bioactive glass, biocompatibility, Bioglass®, hydroxyapatite.

Introducción

Durante los últimos 30 años, la investigación en el área de los materiales dentales se ha extendido considerablemente, especialmente con referencia a los materiales bioactivos (MBa). Los MBa tienen la particularidad de generar una respuesta biológica de los tejidos con los que se ponen en contacto. Algunos materiales de tipo natural (colágeno, fibrina o ácido hialurónico) así como también sintéticos orgánicos (policaprolactona) o inorgánicos (hidroxiapatita o diferentes composiciones de silicatos o fosfatos) han

sido investigados para su aplicación en el área experimental de la ingeniería de los tejidos dentales.¹ La investigación en el campo de los biomateriales se ha enfocado particularmente en la regeneración de tejidos y en ese sentido, los vidrios bioactivos (VBa) son los biomateriales que han despertado más interés en los profesionales del área de la medicina y la odontología.²

La acción de los VBa se basa en la presencia de silicatos estructurados dentro de una red tridimensio-



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

nal de sílice que, en contacto con los fluidos tisulares tiene la capacidad de unirse químicamente tanto con los tejidos blandos como con los tejidos mineralizados mediante la formación de cristales de hidroxiapatita.³⁻⁵ Esto se produce como consecuencia de la liberación de importantes proporciones de iones Ca, P, Si y Na^{6,7} durante su degradación en los tejidos (característica específica del material para iniciar el proceso bioactivo). Con un módulo de elasticidad que puede variar entre 30 y 50 MPa (muy cercano al del tejido óseo natural), los VBa son compatibles, osteogénico y osteoconductor.⁸ Tiene acción antibacteriana, baja solubilidad, y su radiopacidad es superior a 3,0 mm en la escala de aluminio requerida por la norma ISO 6876 para materiales endodónticos.⁹ Presenta un pH cercano a 10,5 y provee un efectivo sellado en la interfaz material-tejido mineralizado, razón por la que ha sido sugerido como material con amplias posibilidades de uso en endodoncia.⁹⁻¹⁴

La introducción de modificaciones en su composición química ha permitido que los VBa puedan ser aplicados en diferentes áreas de la odontología. El Bioglass® (University of Florida, Estados Unidos) es uno de los principales exponentes entre otras variedades aprobadas para su uso experimental y clínico por la *US Food and Drugs Administration* (FDA). El Bioglass® se comercializa en forma de polvo o en partículas (fig.1) y también con el nombre de PerioGlas® o Nova Bone.® Estos dos últimos están especialmente indicados como relleno para defectos periodontales con pérdida ósea o para casos que requieren cirugía periradicular.¹⁵ En cuanto a su contenido de calcio y fosfato, los VBa son similares a la hidroxiapatita ósea y tiene la capacidad de estimular la proliferación y diferenciación de osteoblastos e iniciar la síntesis y aposición de la matriz orgánica ósea.¹⁶ En la presentación polvo/líquido del Bioglass® el polvo está compuesto por dióxido de silicio (45%), óxido de sodio (24,5%), óxido de calcio (24,5%) y pentóxido de fósforo (6%), con el agregado de otros minerales bioactivos como fluorapatita, wallactonita y fosfato tricálcico. El líquido provisto para incorporar al polvo es generalmente buffer fosfato o buffer fosfato con la adición de 1% de gel de alginato de sodio.^{17,18}

Los Vba han demostrado una actividad antibacteriana efectiva frente a diferentes cepas microbianas tales como *Enterococcus faecalis*, *A. actinomyces-temcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Actinomyces naeslundii*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Actinomyces viscosus*, *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella intermedia*, *Lactobacillus casei*

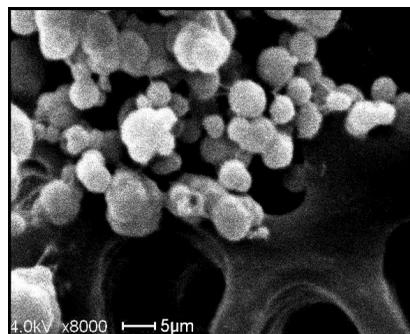


Figura 1. Microfotografía de partículas de Bioglass® sobre la superficie de una muestra *ex vivo* de dentina humana. Microscopía electrónica de barrido (Magnificación original X8000; Barra= 5µm).

y *Escherichia coli*,^{10,11,19-25} especialmente a causa de la alcalinización del medio a partir de la disolución del material, la posible interacción con la dentina y la presión osmótica de las áreas circundantes.

En sus diferentes combinaciones, el Bioglass® es un material biocompatible y bioactivo^{8,11,25-27} y en endodoncia ha sido especialmente indicado para ser utilizado en casos de protecciones pulpares directas,²⁸⁻³³ pulpectomías y pulpotomías, así como también para la desinfección y obturación del sistema de conductos radiculares.^{10,22} El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión de las propiedades biológicas de los VBa en relación a sus aplicaciones en endodoncia.

Desarrollo

Protección pulpar directa

Experiencias en animales

En 1993, Oguntebi *et al.*²⁸ utilizaron por primera vez Bioglass® en protecciones pulpares directas en 48 piezas dentarias sanas de 4 cerdos. Compararon la respuesta de la pulpa con otros materiales tales como muestras de dentina autóloga descalcificada o un material a base de hidróxido de calcio fraguable (Life®; Kerr, Romulus MI, Estados Unidos). Luego de 90 días realizaron micro radiografías y secciones histológicas y comprobaron que la reparación por medio de nuevo tejido calcificado de tipo tubular fue significativamente superior en los casos tratados con Bioglass®, donde incluso no se observaron áreas de necrosis. Dos años más tarde, Oguntebi *et al.*²⁹ realizaron un estudio cuantitativo midiendo el espesor de los puentes dentinarios formados a partir de protecciones pulpares directas en dientes de cerdo con Bioglass®, dentina descalcificada, Life® o Teflón®. Los autores analizaron imágenes computarizadas de micro radiografías. Si bien los casos donde se utilizó Bioglass®

presentaron puentes dentinarios de mayor espesor, también sugirieron que independientemente del tipo de material de protección, parecería ser más importante para el proceso reparativo la acción ejercida por los componentes de la matriz extracelular de la dentina.

Long *et al.*³⁰ realizaron protecciones pulpares directas en molares de ratas y comprobaron que el Bioglass® estimulaba la reparación de la herida pulpar mediante la formación de puentes dentinarios completos y sin interrupciones. Hanada *et al.*³¹ analizaron *in vitro* la capacidad del Bioglass® de inducir la formación de cristales de hidroxiapatita e *in vivo* la formación de dentina reparativa en exposiciones pulpares también realizadas en molares de rata. Para la experiencia *in vitro* utilizaron cultivos de células similares a odontoblastos en contacto con probetas de Bioglass® sobre las que se observó la formación de cristales de hidroxiapatita. En la experiencia *in vivo*, el Bioglass® indujo la formación de dentina reparativa mediada por nuevos odontoblastos cuya identidad fue comprobada mediante la expresión de marcadores específicos de odontoblastos en el área de la exposición pulpar.

En base a los resultados, los autores determinaron que los cementos a base de Bioglass® pueden ser utilizados como material de protección directa de la pulpa expuesta. En un ensayo piloto (Zmerner y Canzobre, 2023; datos no publicados) se llevaron a cabo protecciones pulpares directas en ratas con un cemento experimental que contiene un 37% de Bioglass® en su formulación; y luego de 34 días, los autores observaron la formación de un tejido calcificado (puente dentinario) y la conservación de la pulpa vital (fig.2).

Experiencias clínicas en humanos

Las experiencias clínicas en humanos son escasas. En 2016, Haghgoo y Ahmadvant³² realizaron protecciones pulpares directas con MTA o Bioglass® en 11 caninos primarios que debían ser extraídos por razones ortodóncicas. Luego de 60 días, los dientes fueron extraídos y preparados para su estudio histológico. Se observó la formación de puentes dentinarios completos y normalización del tejido pulpar en todos los casos y no se registraron diferencias significativas en los resultados de las protecciones realizadas con ambos materiales. Dos años más tarde, Haghgoo *et al.*³³ repitieron la experiencia clínica en 20 caninos primarios que también debían ser extraídos por razones ortodóncicas y confirmaron que el Bioglass presenta un excelente comportamiento como material de protección pulpar directa.

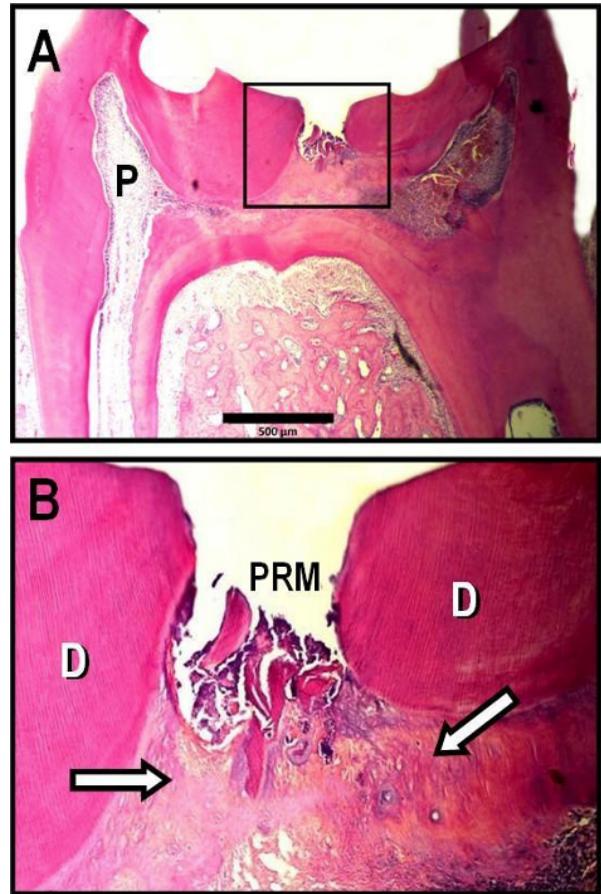


Figura 2. A: Microfotografía de una sección histológica perteneciente a un primer molar inferior de rata, en el que se realizó una exposición pulpar experimental y la protección con un cemento experimental que contiene un 37% de Bioglass®. Se observa un tejido calcificado (puente dentinario) que repara el defecto (P: La pulpa se encuentra vital). Hematoxilina y eosina; magnificación original X20; barra= 500 µm. B: Mayor aumento del área del recuadro en A. Se observa el puente dentinario (indicados con flechas) con algunas inclusiones celulares (PRM: Partículas dentinarias mezcladas con restos del material de protección, D: Dentina). Hematoxilina y eosina; magnificación original X100).

Obtención del sistema de conductos radiculares

En la última década, los VBa han sido investigados sobre su posible uso como material de obturación. Con ese objetivo, se han desarrollado diferentes formulaciones experimentales y comerciales.³⁴ GuttaFlow® bioseal (Coltene/WhaledentGmbH, Langenau, Suiza) es un material que contiene VBa en su composición y cuyas propiedades biológicas han sido exhaustivamente investigadas.³⁵⁻⁴¹ GuttaFlow® 2 (Coltene/Whaledent) es otra versión del material que combina polvo de gutapercha y sellador (dos en uno). Ambos selladores están compuestos por gutapercha,

polydimethylsiloxano (PDS), dióxido de circonio, Bioglass® y un catalizador. De acuerdo a la información provista por el fabricante, GuttaFlow® bioseal presenta un tiempo de trabajo de 5 minutos y polimeriza en un período de 12 a 16 minutos. GuttaFlow® 2 tiene un tiempo de trabajo más extenso (entre 10 y 15 minutos) y polimeriza entre los 25 y los 30 minutos. Ambos materiales presentan una ligera expansión luego de la polimerización, baja solubilidad, liberan adecuadas proporciones de calcio, alcalinizan el medio, tienen capacidad de incorporarse a la dentina, son biocompatibles y permiten obtener obturaciones de gran calidad tal como lo demostraron Zhong *et al.*⁴² en un estudio volumétrico realizado en primeros molares superiores humanos.

Hoikkala *et al.*⁴³ analizaron *in vitro* el comportamiento de diferentes VBa, especialmente el de las variedades 45S5 y S53P4 incorporados a la matriz de PDS de GuttaFlow® bioseal. El material que demostró las mejores condiciones de bioactividad en cuanto a su alcalinidad y la precipitación de óxidos de calcio y fósforo correspondió al compuesto 45S5/PDS.

Accardo *et al.*³⁸ compararon *in vitro* la biocompatibilidad de GuttaFlow® bioseal, GuttaFlow® 2 y AH Plus® Jet (Dentsply, York, PA, Estados Unidos) en contacto con fibroblastos periodontales humanos mediante un ensayo de viabilidad y adhesión celular a los materiales y comprobaron que no hubo diferencias significativas entre las formulaciones de GuttaFlow. Sin embargo, las diferencias fueron significativas con AH Plus® Jet.

Collado-González *et al.*⁴⁰ evaluaron *in vitro* la toxicidad de GuttaFlow® bioseal y GuttaFlow® 2 en comparación con MTA Fillapex y AHPlus en cultivos de células madre periodontales humanas en cuanto a su viabilidad y adhesión a los materiales ensayados. Luego de 24 horas, se observó un índice de viabilidad y de adhesión a GuttaFlow® bioseal y GuttaFlow® 2 significativamente superior a los otros dos materiales.

En un ensayo *in vivo*, Delfino *et al.*³⁷ implantaron muestras de GuttaFlow® bioseal, MTA Fillapex y EndoFill en tejido celular subcutáneo de ratas y analizaron el espesor de la cápsula fibrosa, la inflamación, la presencia de Interleukina 6 (IL-6), el factor de crecimiento endotelial y precipitaciones cálcicas distróficas durante 7, 15, 30 y 60 días. Al finalizar el ensayo, observaron que los índices de concentración de los factores investigados fueron superiores para GuttaFlow® bioseal y MTA Fillapex en comparación con EndoFill.

Bezerra da Silva *et al.*⁴¹ compararon la biocompatibilidad de GuttaFlow® 2, Sealapex Xpress® y AH Plus® mediante implantes de los materiales en el tejido celular subcutáneo de ratones. Luego de 63 días, todos los materiales analizados fueron bien tolerados por los tejidos circundantes. Sin embargo, la biocompatibilidad de GuttaFlow® 2 resultó significativamente superior.

Washio *et al.*⁴⁴ analizaron las características del sellador Nishika Canal Sealer BG (Nippon Shika, Yakuhin Co, Yamaguchi, Japón) e informaron sobre su presentación en forma de dos pastas contenidas en una jeringa que permite dispensar su contenido en proporción 1:1. La pasta A está compuesta por ácidos grasos, subnitrito de bismuto y dióxido de silicio. La pasta B contiene óxido de magnesio, vidrio de silicato de calcio y dióxido de silicio. La reacción de fraguado se produce cuando la mezcla toma contacto con la humedad de la dentina. La biocompatibilidad del material fue analizada en un ensayo clínico en el que se obturaron conductos radiculares con gutapercha y el sellador NRCS en 127 piezas dentarias humanas. El control posoperatorio fue realizado durante un período de 3 años al cabo del cual se observó que el 91% de los dientes persistieron en condiciones de normalidad clínica y radiográfica. El análisis de la evolución de 56 dientes correspondientes al ensayo fue realizado mediante el índice radiográfico periapical (PAI) demostrando un resultado satisfactorio. El 9% de los dientes fueron extraídos por causas no relacionadas al tratamiento endodóntico *per se*. Los autores concluyeron que el sellador investigado presenta condiciones clínicas favorables para la obturación del sistema de conductos radiculares. En otro ensayo clínico, Washio *et al.*⁴⁵ evaluaron el efecto del sellador sobre la incidencia de dolor posoperatorio luego del tratamiento endodóntico. Para ello, 4 endodoncistas y 7 odontólogos con experiencia endodóntica realizaron el tratamiento en 555 conductos radiculares pertenecientes a pacientes de ambos sexos de los cuales 122 fueron biopulpectomías (22%) y 433 fueron tratamientos en conductos con pulpas necróticas e infectadas (78%). Las obturaciones fueron realizadas con gutapercha y el sellador Nishika Canal Sealer BG. La percepción de diferentes grados de dolor se registró en 8 (1,5%) de las piezas dentarias tratadas, pero solamente durante los primeros 7 días posoperatorios. No hubo diferencias significativas respecto a dolor posoperatorio entre los casos de biopulpectomías o tratamiento en conductos infectados.

Elzubair *et al.*⁴⁶ analizaron el polímero termoplástico conocido comercialmente como Resilon

(producto actualmente discontinuado) y comprobaron que contiene VBa en forma de partículas como material de relleno. Por su parte, Marending *et al.*⁴⁷ describieron la formulación de Bio-Gutta, una gutapercha experimental que tiene incorporado Bioglass 45S5, lo que le permite adherirse a las paredes dentinarias y reduce significativamente la contracción que sufre la gutapercha cuando se reduce la temperatura inicial a la que fue termoplastizada. Las nuevas investigaciones que se encuentran actualmente en desarrollo permitirán obtener una mayor comprensión de los procesos de interacción de los VBa con el medio biológico con el que habitualmente se ponen en contacto.

Conclusión

Las investigaciones precedentes permiten sugerir que los excelentes resultados obtenidos con el uso de los VBa en el terreno de la endodoncia los hacen especialmente indicados para ser utilizados como materiales de protección pulpar directa y/o para la obturación del sistema de conductos radiculares. Sin embargo, debe quedar claro que en el presente trabajo sólo se analizaron los resultados de las experiencias que ensayan las propiedades biológicas y la bioactividad de los VBa. Por tal motivo, aún se requiere de una información más exhaustiva con respecto a sus propiedades fisicoquímicas y su influencia en la evolución clínica de los tratamientos.

Declaración de conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses en relación con este artículo científico.

Fuentes de financiamiento

Este estudio fue financiado exclusivamente por el autor.

Identificadores ORCID

OZ  0000-0002-3877-658X

Referencias

1. Fernandes HR, Gaddam A, Rebelo A, Brazete D, Stan GE, Ferreira JMF. Bioactive glasses and glass-ceramics for health care applications in bone regeneration and tissue engineering. *Materials* 2018;11:2530. <https://doi.org/10.3390/ma11122530>.
2. Hench LL. Biomaterials: A forecast for the future. *Biomaterials* 1998;19:1419-23. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(98\)00133-1](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(98)00133-1).
3. Boccaccini AR, Erol M, Stark WJ, Mohn D, Hong Z, Mano JF. Polymer/bioactive glass nano composites for medical applications: a review. *Compos Sci Technol* 2010;70:1764-76. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2010.06.002>.
4. Ali S, Farooq I, Iqbal K. A review of the effect of various ions on the properties and the clinical applications of novel bioactive glasses in medicine and dentistry. *Saudi Dent J* 2014;26:1-5. <https://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2013.12.001>.
5. Xynos ID, Edgar AJ, Bותרry LDK, Hench LL, Polak JM. Gene-expression profiling of human osteoblasts following treatment with the ionic products of Bioglass® 45S5 dissolution. *J Biomed Mat Res* 2001;55:151-7. [https://doi.org/10.1002/1097-4636\(200105\)55:2<151::aid-jbm1001>3.0.co;2-d](https://doi.org/10.1002/1097-4636(200105)55:2<151::aid-jbm1001>3.0.co;2-d)
6. Sepulveda P, Jones J, Hench LL. *In vitro* dissolution of melt-derived 45S5 and sol-gel derived 58S bioactive glasses. *J Biomed Mat Res* 2002;61:301-11. <https://doi.org/10.1002/jbm.10207>.
7. Mena-Álvarez J, Rico-Romano C, Gutierrez-Ortega C, Arias-Sanz P, Castro-Urda J. A comparative study of biocompatibility in rat connective tissue of a new mineral trioxide compound (Theracal) versus MTA and a bioactive G3 glass. *J Clin Med* 2021;10:2536. <https://doi.org/10.3390/jcm10122536>.
8. Skallevoid HE, Rokaya D, Khurshid Z, Zafar MS. Bioactive glass applications in dentistry. *Int Mol Sci* 2019;20:5960. <https://doi.org/10.3390/ijms20235960>
9. ISO International Organization for standardization. 6876. Root canal sealing materials 6876, 2012[citado el 15 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/45117.html>
10. Waltimo T, Brunner M, Vollenweider M, Stark WJ, Zehnder M. Antimicrobial effect of nanometric Bioactive Glass 45S5. *J Dent Res* 2007;86:754-7. <https://doi.org/10.1177/154405910708600813>.
11. Wang Y-Y, Chatsistavrou X, Faulk D, Badylak S, Zhang L, Papagerakis S, *et al.* Biological and bactericidal properties of Ag-doped bioactive glass in a natural extracellular matrix hydro gel with potential application in dentistry. *Eur Cells Mater* 2015;29:342-55. <https://doi.org/10.22203/eCM.v029a26>
12. Allan I, Newman H, Wilson M. Antibacterial activity of particulate Bioglass® against supra-and subgingival bacteria. *Biomaterials* 2001;22:1683-7. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(00\)00330-6](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(00)00330-6)
13. Mohn D, Bruhin C, Luechinger NA, Stark WJ, Imfeld T, Zehnder M. Composites made of flame sprayed bioactive glass 45S5 and polymers: bioactivity and immediate sealing properties. *Int Endod J* 2010;43:1037-46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01772.x>
14. Mohn D, Zehnder M, Imfeld T, Stark WJ. Radio-opaque nanosized bioactive glass for potential root canal application: evaluation of radiopacity, bioactivity and alkaline capacity. *Int Endod J* 2010;43:210-7. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01660.x>
15. Pantchev A, Nohlert E, Tegelberg A. Endodontic surgery with and without inserts of bioactive glass PerioGlas® – a clinical and radiographic follow-up. *Oral Maxillofac Surg* 2009;13:21-6. <https://doi.org/10.1007/s10006-008-0141-5>

16. Odatsu T, Azimaie T, Velten MF, Vu M, Lyles MB, Kim HK, *et al.* Human periosteum cell osteogenic differentiation enhanced by ionic silicon release from porous amorphous silica fibrous scaffolds. *J Biomed Mat Res* 2015;103:2797-806. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.35412>.
17. Gholami S, Labbaf S, Houreh AB, Ting HK, Jones JR, Esfahani MAN. Long term effects of bioactive glass particulates on dental pulp stem cells in vitro. *Biomed Glasses* 2017;3:96-103. <https://doi.org/10.1515/bglass-2017-0009>
18. Singh S, Patil A, Mali S, Jaiswal H. Bioglass: A new era in modern dentistry. *Eur J Gen Dent* 2022;11:1-6. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1742356>.
19. Stoor P, Söderling E, Salonen JI. Antibacterial effects of bioactive glass paste on oral microorganisms. *Acta Odontol Scand* 1998;56:161-5. <https://doi.org/10.1080/000163598422901>.
20. Özer H, Özcan M. Antibacterial effect of bioactive glass incorporated in acrylic resins against *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus acidophilus* activity in biofilm. *Braz Dent Sci* 2022;25:e3317. <https://doi.org/10.4322/bds.2022.e3317>.
21. Allan I, Wilson M, Newman H. Particulate Bioglass® reduces the viability of bacterial biofilms on its surface in an *in vitro* model. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:53-8. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2002.130106.x>.
22. Zehnder M, Soderling E, Salonen J, Waltimo T. Preliminary evaluation of bioactive glass S53P4 as an endodontic medication in vitro. *J Endod* 2004;30:220-4. <https://doi.org/10.1097/00004770-200404000-00009>.
23. Zehnder M, Waltimo T, Sener B, Söderling E. Dentine enhances the effectiveness of bioactive glass S53P4 against a strain of *Enterococcus faecalis*. *O Surg O Med O Pathol O Radiol Endod* 2006;101:530-5. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.03.014>.
24. Prabhakar AR, Kumar SCh. Antibacterial effect of bioactive glass in combination with powdered enamel and dentin. *Indian J Dent Res* 2010;21:30-4. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.62807>
25. Prasad SS, Ratha I, Adarsh T, Anand A, Sinha PK, Diwan P, *et al.* In vitro bioactivity and antibacterial properties of bismuth oxide modified bioactive glasses. *J Mat Res* 2018;33:178-90. <https://doi.org/10.1557/jmr.2017.442>
26. Wilson J, Pigott GH, Schoen FJ, Hench LL. Toxicological and biocompatibility of bioglasses. *J Biomed Res* 1981;15:805-17. <https://doi.org/10.1002/jbm.82150605>
27. Krishnan V, Lakshmi T. Bioglass: A novel biocompatible innovation. *J Adv Pharm Technol Res* 2013[citado el 15 de diciembre de 2023];4:78-83. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3696226/>
28. Oguntebi BR, Clark AE, Wilson J. Pulp capping with Bioglass® and autologous demineralized dentin in miniatures swine. *J Dent Res* 1993;72:484-9. <https://doi.org/10.1177/00220345930720020301>.
29. Oguntebi BR, Heaven T, Clark AE, Pink FE. Quantitative assessment of dentin bridge formation following pulp-capping in miniatures swine. *J Endod* 1995;21:79-82. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81100-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81100-3).
30. Long Y, Liu S, Zhu L, Liang Q, Chen X, Dong Y. Evaluation of pulp response to novel bioactive glass pulp capping materials. *J Endod* 2017;43:1647-50. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.011>.
31. Hanada K, Morotomi T, Washio A, Yada N, Matsuo K, Teshima H. In vitro and in vivo effects of a novel bioactive-glass-based cement used as a direct pulp capping agent. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2019;107:161-8. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34107>.
32. Haghgoo R, Ahmadvant M. Evaluation of pulpal response of deciduous teeth after direct pulp capping with bioactive glass and mineral trioxide aggregate. *Contemp Clin Dent* 2016;7:332-5. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.188552>.
33. Haghgoo R, Asgary S, Montazery R. Histopathological evaluation of primary teeth after pulp capping with calcium-enriched mixture and bioactive glass. *Iranian Endod J* 2018;13:457-60. <https://doi.org/10.22037/iej.v13i4.20970>.
34. Washio A, Morotomi T, Yoshii K, Kitamura Ch. Bioactive glass-based endodontic sealer as a promising root canal filling material without semisolid core materials. *Materials (Basel)* 2019;12:3967. <https://doi.org/10.3390/ma12233967>.
35. Rodríguez-Lozano FJ, Collado-González M, Tomas-Catalá CJ, García-Bernal D, López S, Oñate-Sánchez RE, *et al.* GuttaFlow Bioseal promotes spontaneous differentiation of human periodontal ligament stem cells into cementoblast-like cells. *Dent Mater* 2019;35:114-24. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.003>.
36. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C. Properties of a novel polysiloxane-gutta-percha calcium silicate-bioglass-containing root canal sealer. *Dent Mater* 2016;32:113-26. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.03.001>.
37. Delfino MM, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Sasso-Cerri E, Cerri PS. Immunoinflammatory response and bioactive potential of GuttaFlow Bioseal and MTA Fillapex in the rat subcutaneous tissue. *Sci Rep* 2020;10:7173. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64041-0>.
38. Accardo C, Himel VT, Lallier TE. A novel GuttaFlow sealer supports cell survival and attachment. *J Endod* 2014;40:231-4. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.08.029>
39. 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;7:15. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-7-15>
40. Collado-González M, Tomás-Catalá J, Oñate-Sánchez RE, Moraleda JM, Rodríguez-Lozano J. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AHPlus on human periodontal ligament stem cells. *J Endod* 2017;43:816-22. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.001>.
41. Bezerra da Silva LA, Bertasso AS, Pucinelny CM, Bezerra da Silva RA, de Oliveira KMH, Sousa-Neto MD, *et al.* Novel endodontic sealers induced satisfactory tissue response in mice. *Biomed Pharmacother* 2018;106:1506-12. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.07.065>.
42. Zhong X, Shen Y, Ma J, Chen W-X, Haapasalo M. Quality of root filling after obturation with gutta-percha and 3 different sealers of minimally instrumented root canals in the maxillary first molar. *J Endod* 2019;45:1030-5. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.04.012>.
43. Hoikkala NPJ, Siekkinen M, Hupa L, Vallittu PK. Behaviour of different bioactive glasses incorporated in polydimethylsiloxane endodontic sealer. *Dent Mater* 2021;37:321-7. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.03.011>.

- [tps://doi.org/10.1016/j.dental.2020.11.013](https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.11.013).
44. Washio A, Miura H, Suematsu M, Murata K, Aihara R, Fujimoto M, *et al.* Three-year retrospective follow-up of cases of root canal obturation with a bioactive glass-based root canal sealer. *Oper Dent Endodontology Periodon* 2022;2:16-24. <https://doi.org/10.11471/odep.2022-003>.
45. Washio A, Miura H, Morotomi T, Suematsu MI, Miyahara H, Hanada-Miyahara K, *et al.* Effect of bioactive glass-based root canal sealer on the incidence of postoperative pain after root canal obturation. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:8857. <https://doi.org/10.3390/ijer-ph17238857>.
46. Elzubair A, Elías CN, Suárez JCM, Lopez HP, Vieira MVB. The physical characterization of a thermoplastic polymer for endodontic obturation. *J Dent* 2006;34:784-9. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.03.002>.

47. Marending M, Buberhofer SB, Sener B, De-Deus G. Primary assessment of a self-adhesive gutta-percha material. *Int Endod J* 2013;46:317-22. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02117.x>.

Cómo citar este artículo:

Zmener O. Vidrios bioactivos en endodoncia. Revisión narrativa de sus propiedades biológicas. *Rev Asoc Odontol Argent* 2024;112:e1120451. <https://doi.org/10.52979/raoa.1120451.1248>

Contacto:

OSVALDO ZMENER
osvaldo@zmener.com.ar