

Prótesis fija reforzada con fibra de vidrio como opción restaurativa a la prótesis fija convencional

Fixed Prosthesis Reinforced with Fiberglass as a Restorative Option to Conventional Fixed Prosthetics

Recibido: 03/03/2024

Aceptado: 22/05/2024

Publicado: 15/06/2024

Cristian Camilo Morales-Lastre¹,
Midian Clara Castillo-Pedraza² y Jorge Homero Wilches-Visbal³

Resumen

- ¹ Odontólogo de la Universidad del Magdalena. <https://orcid.org/0000-0001-9837-6361>. cristianmoralescl@unimagdalena.edu.co.
- ² Docente de la Universidad del Magdalena. <https://orcid.org/0000-0003-3170-3959>. mcastillo@unimagdalena.edu.co.
- ³ Docente de la Universidad del Magdalena. <https://orcid.org/0000-0003-3649-5079>. jwilches@unimagdalena.edu.co.

DOI: <https://doi.org/10.18041/2390-0512/biociencias.1.12024>

Introducción: Para reemplazar dientes ausentes, las prótesis fijas convencionales son una opción de tratamiento al devolver la función y anatomía dental. Sin embargo, el desgaste generado hacia un diente pilar para cumplir con los principios de preparación ha llevado al surgimiento de otras alternativas para superar este problema. Los compuestos reforzados con fibra de vidrio ofrecen una nueva opción de tratamiento mínimamente invasiva, capaz de rehabilitar la pérdida de un diente. El objetivo de esta revisión es describir las propiedades, ventajas, desventajas y limitaciones de los compuestos reforzados con fibra de vidrio. **Métodos:** Se realizó una búsqueda de bibliografía científica en seis bases de datos durante diciembre de 2023, utilizando los descriptores fiberglass reinforcing composite, fiber-reinforced composite, fixed dental prostheses y properties combinados con los operadores booleanos AND y OR. **Resultados:** Los compuestos reforzados con fibra de vidrio se ofrecen como una alternativa para rehabilitar dientes perdidos. Estos presentan buena fuerza flexible (297-426MPa), fuerza compresiva (965MPa), resistencia a la tracción (18,9-43,4MPa), buen modulo elástico (3-6GPa), rendimiento viscoelástico y una atractiva estética, a través de una biocompatibilidad satisfactoria. **Conclusión:** El interés por el uso de compuestos reforzados con fibra de vidrio en prostodoncia sigue aumentando. Unas de las perspectivas de este trabajo sería realizar nuevas investigaciones relacionadas con las fallas presentadas por estos compuestos y su rendimiento a largo plazo.

Palabras clave: prótesis dentales, fibras de vidrio, polímeros reforzados con fibra de vidrio, adhesivos dentales.

Abstract

Introduction: For the replacement of missing teeth, conventional fixed dentures are a treatment option by restoring dental function and anatomy. However, the wear generated towards an abutment tooth to comply with the principles of preparation has led to the emergence of other alternatives to overcome this problem. Fiberglass-reinforced composites offer a new, minimally invasive treatment option capable of rehabilitating a tooth loss. The aim of this review is to describe the properties, advantages, disadvantages and limitations of glass fibre reinforced composites. **Methods:** A scientific literature search was conducted in 6 databases during December 2023, using the descriptors fiberglass reinforcing composite, fiber-reinforced composite, fixed dental prostheses, properties, combined with the Boolean operators AND and OR. **Results:** Fiberglass reinforced composites are offered as an alternative to rehabilitate missing teeth. These exhibit good flexible strength (297-426MPa), compressive strength (965MPa), tensile strength (18.9-43.4MPa), good elastic modulus (3-6GPa), viscoelastic performance and attractive aesthetics, through satisfactory biocompatibility. **Conclusion:** Interest in the use of fiberglass-reinforced composites in prosthodontics continues to increase. One of the perspectives of this work would be to carry out new research related to the failures presented by these compounds and their long-term performance.

Keywords: Dental prostheses, Fiberglass, Fiberglass-reinforced polymers, Dental adhesives.

Open Access



Introducción

Las prótesis fijas convencionales (PFC) son una herramienta rehabilitadora que se utiliza como opción de tratamiento para pacientes parcialmente edéntulos, devolviéndoles la función y estética dental (1). No obstante, la geometría de la preparación de las PFC elimina el esmalte y, en consecuencia, aumenta la sensibilidad del diente, debido a la pérdida de sellado de los túbulos dentinarios (2, 3). Los principios de preparación de los dientes pilares tienen por objeto transferir correctamente las cargas funcionales al eje longitudinal al diente que recibirá un retenedor, el cual es parte esencial de las PFC que brindan soporte y retención a los pilares que auxiliarán la restauración del diente perdido (póntico), permitiendo una adecuada transferencia de cargas funcionales al órgano dental (3, 4).

En los últimos años se ha introducido el concepto de odontología mínimamente invasiva (OMI), una ciencia que reúne la prevención, la remineralización y la injerencia mínima para la colocación y remplazo de restauraciones. Su objetivo es emplear un enfoque quirúrgico menos invasivo, a través de la eliminación mínima de tejido dentario sano (5). Los sistemas adhesivos actuales ofrecen la posibilidad de restaurar el diente con menor desgaste de tejido sano (esmalte y dentina) y tiempo de trabajo clínico (6, 7, 8). Además, este tipo de sistemas aumentan la longevidad de las restauraciones. Al minimizar el desgaste dental de los dientes pilares no se necesitan preparaciones para macrorretenedores, ni aleaciones en metal para la confección de la prótesis (6, 9). El empleo de materiales restaurativos con sistemas adhesivos, permite realizar preparaciones dentales más conservadoras, si se comparan con las PFC (10).

El uso de compuestos reforzados con fibra de vidrio aparece como una alternativa de tratamiento frente a las PFC (11-14). Estos pueden utilizarse para remplazar uno o dos dientes perdidos, realizando un mínimo desgaste de la estructura dental (7,10,15-17). La fibra de vidrio es un material utilizado como refuerzo en las matrices poliméricas (18). Sus principales componentes químicos son sílice, hierro, calcio, aluminio, entre otros. Las fibras de vidrio no solo absorben las tensiones de la dentina, sino que proporcionan una mejor estética de la restauración (19-21). Adicionalmente, presentan una alta resistencia a la compresión y tracción, alto módulo elástico y menor costo (22). De esta manera, la fibra de vidrio proporciona rigidez y resistencia, mientras que los compuestos soportan el refuerzo y le confieren manejabilidad a la restauración (11, 19, 23).

El objetivo de este artículo es describir las propiedades, ventajas, desventajas y limitaciones de los compuestos reforzados con fibra de vidrio como opción restaurativa frente al uso de PFC.

Metodología

Se hizo una búsqueda de bibliografía científica en las bases de datos Pubmed, ScienceDirect, Web of Science, Semantic Scholar, Scielo y EBSCO en diciembre de 2023 utilizando las siguientes palabras clave (en inglés): fiberglass reinforcing composite, fiber-reinforced composite, fixed dental prostheses, properties. Para la búsqueda se utilizaron los operadores booleanos AND y OR para unir los descriptores mencionados (tabla 1).

Tabla 1. Estrategia de búsqueda de bibliografía científica

Estrategia de búsqueda (inglés)	(fiberglass reinforcing composite OR fiber-reinforced composite) AND (fixed dental prostheses) AND (properties)
--	---

Fuente: elaboración propia.

Se incluyeron artículos originales, revisiones de bibliografía y comunicaciones breves publicadas a partir de 2018 en idioma inglés y de acceso libre relacionadas con los compuestos reforzados con fibra de vidrio. Se excluyeron cartas al editor y publicaciones similares. Con esto se pretende obtener información actualizada que permita resolver el objetivo de la revisión.

Resultados y discusión

Se obtuvieron 243 artículos, de los cuales se seleccionaron 31 por presentar información relacionada con el objetivo de este trabajo. 12 se encontraron en Pubmed, 5 en ScienceDirect, 8 en Semantic Scholar, 1 en EBSCO y 5 en Web of Science. La base de datos Scielo no arrojó resultados pertinentes.

Generalidades de los compuestos reforzados con fibra de vidrio

Desde 1960 se ha estudiado el uso de compuestos reforzados con fibra en la odontología restauradora (7, 19). Estos consisten en una matriz de monómero polimerizado rellena con fibras de vidrio E o S, orientadas en distintas formas: unidireccional y continuas, bidireccional y continuas, de forma aleatoria, tejidas y rellenos de partículas inorgánicas, unidas químicamente mediante agentes de acoplamiento de silano (7, 19, 23-27). La matriz de resina está compuesta por bisfenol-Adiglicidil-dimetacrilato (bis-GMA), dimetacrilato de trietilenglicol y polimetilmetacrilato, constituyendo así una estructura denominada red polimérica semiinterpenetrante (semi-IPN), la cual brinda mejores propiedades de unión y aumenta la dureza de la matriz polimérica (19, 28).

El propósito principal del refuerzo con fibra de vidrio es fortalecer de forma intrínseca al diente estructuralmente comprometido, con el fin de prevenir fracturas (19, 24). El éxito del refuerzo de fibra depende de varios factores, entre ellos: la orientación de las fibras, las resinas utilizadas, la longitud de las fibras, la posición de las fibras, la adhesión de las fibras a la matriz polimérica y la impregnación de las fibras en la resina (28-31).

La orientación de las fibras genera un impacto directo sobre la capacidad de carga, la resistencia al desgaste, el coeficiente de expansión térmica, la contracción de la polimerización y la distribución de tensiones dentro de la restauración (7, 15). En la siguiente tabla (tabla 2) se presentan las características de las distintas orientaciones de fibras reportadas en la bibliografía especializada.

Tabla 2. Características de la orientación de fibras

Orientación de las fibras	Características
Unidireccional	Las fibras están dispuestas en una sola dirección dentro de la matriz de resina (figura 1) (7). Este tipo de orientación ofrece una resistencia mayor a lo largo de un solo eje, distribuyendo eficazmente las fuerzas a través del eje longitudinal del diente, mejorando la capacidad de carga y previniendo fracturas radiculares (30). Son ideales en la confección de postes y muñones de dientes tratados endodóticamente y prótesis dentales fijas, en los que una mejor resistencia a la tracción es vital para la longevidad y la estabilidad (24).
Bidireccional	Las fibras están alineadas en dos direcciones principales, formando un ángulo recto entre sí (figura 1) (7). Este tipo de orientación ofrece resistencia y rigidez mejoradas, optimiza la capacidad de carga y la resistencia a la fractura, asegurando un rendimiento óptimo bajo diversas fuerzas oclusales y funcionales (30). Se utilizan en la confección de prótesis fijas, removibles y férulas dentales (24).
Aleatorias	Las fibras se distribuyen de forma aleatoria dentro de la matriz de resina (figura 1) (7). Este tipo de orientación contribuye a propiedades anisotrópicas, en las que las propiedades mecánicas varían en diferentes direcciones (7, 24, 30). Por tal motivo, no proporcionan una resistencia alta en comparación con las alineadas. Sin embargo, algunos estudios han reportado una baja contracción de polimerización de compuestos reforzados con fibras cortos, orientados aleatoriamente(19). Se utilizan para restauraciones provisionales o temporales, como prótesis dentales fijas provisionales (24).

Orientación de las fibras	Características
Tejidas	Este tipo de orientación consiste en fibras entrelazadas siguiendo un patrón específico como tejido tafetán o de sarga (figura 1) (24). El tejido se impregna en la matriz de resina, resultando en un compuesto con una alineación de fibras bien controlada y distribuida uniformemente, lo cual proporciona mejores propiedades mecánicas (30). Se utilizan para la confección de restauraciones indirectas, incluidas inlays, onlays y carillas (24).

Fuente: elaboración propia.

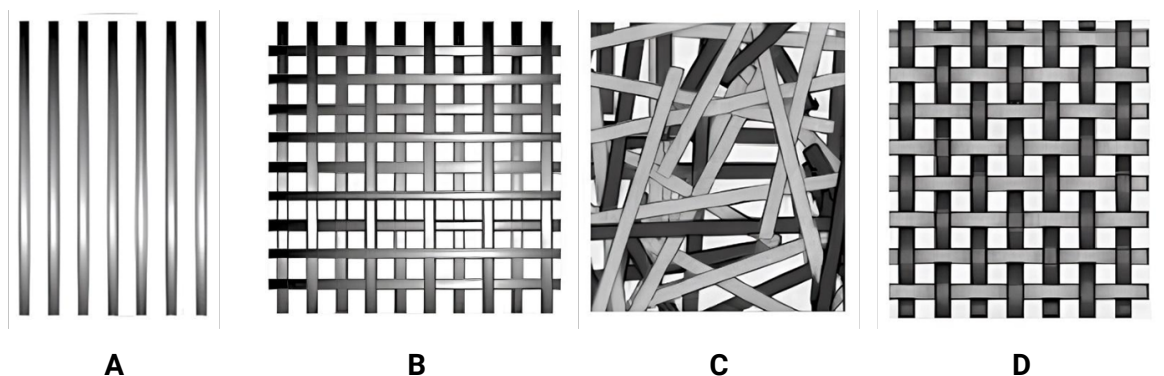


Figura 1. Orientación de las fibras.

A. Unidireccional **B.** Bidireccional **C.** Aleatorias **D.** Tejidas

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la longitud de las fibras, debido a que deben ser preferiblemente largas para transmitir la tensión de forma óptima desde la matriz polimérica y ofrecer una mayor resistencia al desgaste y a la fractura (7, 19, 26). Garoushi et al. (32) y Manhart *et al.* (33) afirman que las fibras de vidrio cortas pueden desprenderse fácilmente de la matriz, lo que provoca un alto desgaste (26). No obstante, fibras de longitud más corta ofrecen mejores ventajas en cuanto a la manipulación y reducen el riesgo de aglomeración de fibras (24). Las longitudes críticas de fibra de vidrio E con matriz de polímero bis-GMA varían entre 0,5 y 1,6 mm (19).

Desde un punto de vista clínico, los compuestos reforzados con fibra de vidrio se emplean en el área de prostodoncia por sus favorables propiedades mecánicas y de biocompatibilidad, como una opción restaurativa en el remplazo de dientes perdidos, a través de prótesis dentales fijas adhesivas de resina, sustituyendo materiales restauradores convencionales como metal, zirconio y disilicato de litio 34-36. También puede utilizarse para confeccionar elementos de refuerzo o pónicos y la construcción directa de postes (7, 23, 25, 34, 37).

Propiedades

Los compuestos reforzados con fibra de vidrio ofrecen distintas propiedades ideales para su aplicación en el ámbito odontológico (24, 28, 38).

Propiedades mecánicas

Están relacionadas directamente con la orientación y la forma e interacción de las fibras en la matriz resinosa (7, 29). Estas incluyen la resistencia, rigidez, tenacidad, estática, impacto y propiedades de fatiga. El refuerzo de fibra de vidrio incrementa la resistencia a la flexión y al impacto, pero disminuye la resistencia a la fatiga del compuesto (24, 26, 29, 31). Las fibras actúan como una estructura de carga, distribuyendo de forma eficaz las fuerzas oclusales y disminuyendo la concentración de tensiones en la matriz de resina (24). Por otra parte, los compuestos reforzados con fibra de vidrio se caracterizan por su alto módulo de elasticidad, el cual es similar al de un diente natural (24), esto permite reducir la concentración de tensiones y optimizar la distribución de cargas, minimizando el riesgo de fracaso del material (24). En la siguiente tabla se muestran los valores medios de las propiedades mecánicas de los compuestos reforzados con fibra de vidrio (tabla 3).

Tabla 3. Valores medios de las propiedades mecánicas de los compuestos reforzados con fibra de vidrio

Propiedad mecánica	Valores medios experimentales
Carga de la fractura estática	195,80 N
Carga de fractura dinámica	190,57 N
Fuerza flexible	297 a 426 MPa (según el grado de conversión de monómero)
Módulo de elasticidad	3 a 6 GPa (según la cantidad de fibra)
Fuerza compresiva	965 MPa
Resistencia a la tracción	18,9 MPa a 43,4 MPa (aumenta con la adición de resina)

Fuente: tomado de Safwat *et al.* (26).

Un estudio realizado por Mangoush *et al.* (39) evaluaron la capacidad de carga y el rendimiento de desgaste de prótesis parciales fijas experimentales de compuesto reforzado con fibras de vidrio cortas y de disilicato de litio convencional fabricadas con CAD/CAM. La mitad de las prótesis parciales fijas se cargaron casi estáticamente hasta la fractura. La otra mitad experimentó envejecimiento por fatiga cíclica (100.000 ciclos, $F_{max} = 500$ N) antes de cargar de forma casi estática hasta la fractura. La prueba de desgaste se realizó utilizando 15.000

ciclos de carga. Tanto el tipo de material como el envejecimiento tuvieron un efecto significativo en la capacidad de carga de las prótesis parciales fijas. El compuesto reforzado con fibra experimental sin envejecimiento por fatiga tuvo significativamente la mayor capacidad de carga (2.096 ± 149 N). El envejecimiento por fatiga cíclica disminuyó la capacidad de carga del grupo del compuesto reforzado con fibra (1.709 ± 188 N), pero la aumentó para el grupo de disilicato de litio (1.546 ± 155 N). Los valores de profundidad de desgaste del compuesto reforzado con fibra ($29,3 \mu\text{m}$) fueron significativamente más bajos en comparación con los de disilicato de litio ($54,2 \mu\text{m}$). El compuesto reforzado con fibra demostró la mayor capacidad de carga antes y después del envejecimiento por fatiga cíclica y un comportamiento de desgaste superior en comparación con el otro material.

Propiedades ópticas y estéticas

El refuerzo de fibra brinda una mejor combinación de colores, translucidez y reflexión de la luz, lo cual es ideal para restauraciones dentales estéticas (28). Las fibras de vidrio empleadas en odontología suelen ser del color del diente o translúcidas, facilitando una combinación de colores similar a la de los dientes naturales (24, 28). La translucidez de las fibras de vidrio permite la transmisión de luz a través del compuesto, debido a que su índice de refracción es similar al de la resina, reproduciendo así la apariencia natural del esmalte dental (7, 26). Esta característica resulta valiosa para las restauraciones en el sector anterior, en el que imitar las propiedades ópticas de los dientes naturales es esencial para lograr un resultado estético atractivo (24, 28).

Un estudio realizado por Freilich *et al.* (40), que comparó la fuerza de unión de la matriz polimérica con polímeros de base para prótesis dentales que contienen carbono, aramida, polietileno tejido o fibras de vidrio, reveló que las fibras de vidrio produjeron la mejor estética y facilidad de unión a la matriz polimérica (26).

Propiedades viscoelásticas y térmicas

Los compuestos reforzados con fibra de vidrio muestran un rendimiento viscoelástico de 15,32 GPa, semejante a los 17 GPa característicos de la dentina (7, 26). La orientación de las fibras de vidrio tiene un impacto en el coeficiente lineal de expansión térmica (7, 25, 26). Las fibras unidireccionales tienen un coeficiente lineal de expansión térmica promedio de $5,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (26). De acuerdo con Safwat *et al.* (26) y Tezvergil *et al.* (41), las fibras reforzadas unidireccionales continúan poseer dos valores de coeficientes de expansión térmica, un valor más bajo en la dirección paralela a las fibras y uno más alto en la dirección perpendicular a las fibras, debido a que la rigidez de las fibras inhibe la expansión de la matriz longitudinalmente y permite la expansión en dirección transversal.

Propiedades de unión

En la odontología restauradora, una unión fuerte entre las fibras de vidrio y la matriz de resina garantiza la integración exitosa de los compuestos reforzados con fibra (7, 26, 28). Esta unión se logra a través de unos mecanismos específicos, cuyo objetivo es mejorar el rendimiento y la longevidad de la futura restauración (24). A continuación, se describen los mecanismos de unión entre las fibras de vidrio y la matriz de resina (tabla 4).

Tabla 4. Mecanismo de unión entre las fibras de vidrio y la matriz resinosa

Mecanismo de unión	Características
Entrelazado mecánico	Consiste en que la matriz de resina se infiltra y rodea los intersticios de las fibras, generando un agarre mecánico. Este mecanismo incrementa la superficie de contacto, mejorando la distribución de la tensión y la transferencia de carga entre la matriz resinosa y las fibras (24).
Enlace químico	Consiste en la formación de enlaces covalentes o iónicos entre los grupos funcionales ubicados en la superficie de la fibra y la matriz resinosa. Estos enlaces mejoran la adhesión entre ambos materiales, lo cual mejora la resistencia del compuesto y la resistencia a la desunión (24).
Acción humectante y capilar	La unión resina-fibra se fundamenta en que la matriz de resina humedezca la superficie de la fibra, afectada por la tensión superficial, características superficiales y viscosidad de la resina. La acción capilar atrae la resina entre las fibras, promoviendo un contacto íntimo que mejora la adhesión. Estas acciones contribuyen a formar una interfaz resina-fibra continua, esencial para la transferencia de carga y distribución de tensiones (24).
Interdifusión	La interdifusión implica la mezcla gradual de moléculas de resina y fibras, generando una zona de transición en la interfaz. Este proceso fortalece la unión al crear un gradiente de propiedades, facilitando una transferencia gradual de tensiones y reduciendo el riesgo de desunión abrupta (24).
Formación de capa híbrida	Esta capa se forma mediante la interpenetración de componentes de resina y fibra, creando una estructura única que fusiona las propiedades de ambos materiales. La capa híbrida mejora la adhesión y proporciona propiedades mecánicas superiores, fortaleciendo aún más la unión entre la fibra y la matriz de resina (24).

Mecanismo de unión	Características
Silanización de fibras	La silanización implica aplicar agentes acopladores de silano en la superficie de la fibra para favorecer la unión química y mejorar la adhesión entre la fibra y la matriz de resina. Este proceso es crucial para potenciar las propiedades mecánicas y el rendimiento a largo plazo de los compuestos de refuerzo de fibras (24).

Fuente: elaboración propia.

Biocompatibilidad

Los compuestos reforzados con fibras de vidrio presentan una menor tendencia a la adhesión microbiana de *Streptococcus mutans*, en comparación con estructuras como la dentina y el esmalte dental (7, 26). Existen estudios que demuestran la biocompatibilidad de las fibras utilizadas, lo cual garantiza reacciones adversas y respuestas tisulares mínimas (24, 26). El estudio de Assif *et al.* (26) sobre la adhesión de *Candida albicans* a los compuestos reforzados con fibra de vidrio evidenció que las resinas hidrófobas impregnadas con fibras de vidrio E reducían la adhesión de los microbios.

Una revisión sistemática de la bibliografía realizada por Wang *et al.* (29), en la cual incluyeron diez estudios, revelaron que las fibras de vidrio, específicamente las fibras de vidrio E, son superiores a las cerámicas y otros tipos de compuestos en términos de adherencia bacteriana, citotoxicidad de fibroblastos y viabilidad celular.

Ventajas y desventajas

A continuación, se compilan las ventajas y desventajas de los compuestos reforzados con fibra de vidrio mencionadas en el desarrollo de este trabajo (tabla 5).

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los compuestos reforzados con fibra de vidrio

Ventajas	Desventajas
Alta resistencia a la tracción	Alta densidad
Alto módulo de elasticidad	Baja resistencia a la fatiga
Mayor resistencia a la flexión	Rigidez deficiente para uso en prótesis fijas dentales de mayores unidades
Mayor tenacidad a la fractura	
Excelente resistencia de unión con la matriz de resina	

Ventajas	Desventajas
Estética y biocompatibilidad	Rigidez deficiente para uso en prótesis fijas dentales de mayores unidades

Fuente: elaboración propia.

Limitaciones

A pesar de que desde hace varias décadas se han estudiado las fibras de vidrio como agentes de refuerzo en polímeros dentales existen pocos ensayos clínicos a largo plazo sobre el uso estos materiales (7, 23, 26, 28). La principal falla se relaciona con la interfaz entre la fibra y la matriz orgánica. Esta interfaz es vulnerable a la hidrólisis y a la degradación intraoral, razón por la cual puede verse afectada y producir fracasos. Este problema podría ser un factor en la carencia de resultados a largo plazo (7, 23).

Los principales motivos de fracaso de los compuestos reforzados con fibra de vidrio están relacionados con fracturas y separación de capas (delaminación); sin embargo, estos eventos pueden solucionarse mediante la aplicación de materiales compuestos de resina (7, 23, 42).

Conclusión

El uso de compuestos reforzados con fibra de vidrio en prostodoncia ha generado un gran interés, en particular por parte de los clínicos, al ofrecer una solución material versátil e innovadora, proporcionando buena resistencia mecánica, dureza y una atractiva estética similar a la de un diente natural, a través de una biocompatibilidad satisfactoria, convirtiéndolos en una opción convincente frente a los materiales tradicionales como los metales y la cerámica. Una de las perspectivas de este trabajo sería realizar nuevas investigaciones relacionadas con la degradación de la interfaz entre la fibra y la matriz orgánica y evaluar el rendimiento de estos compuestos a largo plazo.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Referencias

1. Pedaya SS, Carrasco Sierra M, Reyes Pico GJ. Rehabilitación con prótesis fija. Rev Arbitr Interdiscip Ciencias la Salud Salud y Vida [Internet]. 2019;3(6):690. -713 doi: 10.35381/s.v.v3i6.333.

2. Costa RL, Galán J, Lojo A. Operatoria dental. Nociones para el aprendizaje. En La Plata; 2020. p. 132. Disponible en: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/1498/1480/4817-1>.
3. Ramesh G, Nayar S, Chandrakala S. Principles of Tooth Preparation - Review Article. *Indian J Forensic Med Toxicol* [Internet]. 2020;14(4):1340–6. doi: 10.37506/ijfmt.v14i4.11715.
4. Coffman C, Visser C, Soukup J, Peak M. Crowns and Prosthodontics. En *Wiggs's Veterinary Dentistry* [Internet]. Wiley; 2019. p. 387–410. doi: 10.1002/9781118816219.ch18.
5. Chuqui Domínguez JV, Espinoza Toral EF, Tamariz Ordóñez PE. Odontología mínimamente invasiva en el tratamiento de caries dental: revisión de la literatura. *Res Soc Dev* [Internet]. 2022;11(11):e425111133590. doi: 10.33448/rsd-v11i11.33590.
6. Quintero Devia N, Torres Olivares L. Revisión sistemática de la literatura sobre sistemas adhesivos de quinta generación vs. octava generación y su fuerza de adhesión [Internet]. Universidad Antonio Nariño; 2023. Disponible en http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/8526/6/2023_NohemiQuintero.
7. Alfaer AS, Aljabri YS, Alameer AS, Illah MJA, Thubab HA, Thubab AY, et al. Applications, benefits, and limitations of fiber-reinforced composites in fixed prosthodontics. *Int J Community Med Public Heal* [Internet]. el 31 de octubre de 2023;10(11):4462–7. doi: 10.18203/2394-6040.ijcmph20233495.
8. Brunner K-C, Özcan M. Load bearing capacity and Weibull characteristics of inlay-retained resin-bonded fixed dental prosthesis made of all-ceramic, fiber-reinforced composite and metal-ceramic after cyclic loading. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2020;109:103855. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.103855.
9. Mandri M, Aguirre A, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en odontología restauradora Adhesives systems in Restorative Dentistry. *Odontoestomatol ScieLO* [Internet]. 2015;XVIL(26):50–57. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2012000200011.
10. Dos F, Goyatá R, Antônio P, Vieira A, Ruela FI, Fabiano et al. Prótesis parcial fija adhesiva en resina compuesta con refuerzo de fibra de vidrio: aspectos clínico y laboratorial. *Angelus* [Internet]. 2020;1(1):1–6. Disponible en <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2020/12/CC061-Protesis-Parcial-Fija-Adhesiva-en-Resina-Compuesta-con.pdf>.
11. Muñoz Carcavilla P, Escuin Henar T, Arroyo Bote S. Composites reforzados con fibra de vidrio en la rehabilitación protésica sobre implantes en bruxistas. *Rev Eur Odontoestomatol* [Internet]. 2019;1–16. Disponible en <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/198114/1/703835.pdf>.
12. Romero M, Haddock F, Brackett W. Replacement of a Missing Maxillary Central Incisor Using a Direct Fiber-Reinforced Fixed Dental Prosthesis: A Case Report. *Oper Dent* [Internet]. 2018;43(1):E32–36. doi: 10.2341/16-279-L.

13. Wolff D, Wohlrab T, Saure D, Krisam J, Frese C. Fiber-reinforced composite fixed dental prostheses: A 4-year prospective clinical trial evaluating survival, quality, and effects on surrounding periodontal tissues. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2018;119(1):47–52. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.02.008.
14. Tavangar MS, Aghaei F, Nowrouzi M. Reconstruction of Natural Smile and Splinting with Natural Tooth Pontic Fiber-Reinforced Composite Bridge. Scribante A, editor. *Case Rep Dent* [Internet]. 2022;2022:1–8. doi: 10.1155/2022/9974197.
15. Tacir IH, Dirihan RS, Polat ZS, Salman GÖ, Vallittu P, Lassila L *et al.* Comparison of Load-Bearing Capacities of 3-Unit Fiber-Reinforced Composite Adhesive Bridges with Different Framework Designs. *Med Sci Monit* [Internet]. 2018;24:4440–8. doi: 10.12659/MSM.909271.
16. Heo G, Lee E-H, Kim J-W, Cho K-M, Park S-H. Fiber-reinforced composite resin bridges: an alternative method to treat root-fractured teeth. *Restor Dent Endod* [Internet]. 2020;45(1):1–9. doi: 10.5395/rde.2020.45.e8.
17. Gotfredsen K, Alyass N, Hagen M. A 5-Year Randomized Clinical Trial on 3-Unit Fiber-Reinforced vs 3- or 2-Unit Metal-Ceramic Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses. *Int J Prosthodont*. 2021;34(6):703–711. doi: 10.11607/ijp.7090.
18. Supa Benavente K. Estudio comparativo in vitro de la resistencia a la flexión de 3 postes de fibra de vidrio de distinta marca comercial, Arequipa 2019 [Internet]. Universidad Católica De Santa María; 2019. Disponible en <https://core.ac.uk/reader/233004990>.
19. Garoushi S, Gargoum A, Vallittu PK, Lassila L. Short fiber-reinforced composite restorations: A review of the current literature. *J Investig Clin Dent* [Internet]. 2018;9(3). doi: 10.1111/jicd.12330.
20. Karabekmez D, Aktas G. Single anterior tooth replacement with direct fiber-reinforced composite bridges: A report of three cases. *Niger J Clin Pract* [Internet]. 2020;23(3):434-436. doi: 10.4103/njcp.njcp_286_19.
21. Ang Y, Tan CG, Yahaya N. In-vitro performance of posterior fiber reinforced composite (FRC) bridge with different framework designs. *Dent Mater J* [Internet]. 2021;40(3):584–591. doi: 10.4012/dmj.2020-213.
22. Sunarintyas S, Siswomihardjo W, Tsoi JKH, Matinlinna JP. Biocompatibility and mechanical properties of an experimental E-glass fiber-reinforced composite for dentistry. *Heliyon* [Internet]. 2022;8(6):e09552. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09552.
23. Scribante A, Vallittu PK, Özcan M, Lassila LVJ, Gandini P, Sfondrini MF. Travel beyond Clinical Uses of Fiber Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry: A Review of Past Employments, Present Applications, and Future Perspectives. *Biomed Res Int* [Internet]. 2018;2018:1–8. doi: 10.1155/2018/1498901.

24. Krishna Alla R, Lakshmi Sanka GSSJ, Saridena daya SNG, AV R, MAKV R, Raju Mantena S. Fiber-Reinforced Composites in Dentistry: Enhancing structural integrity and aesthetic appeal. *Int J Dent Mater* [Internet]. 2023;05(03):78–85. doi: 10.37983/IJDM.2023.5303.
25. Scribante A, Vallittu PK, Özcan M. Fiber-Reinforced Composites for Dental Applications. *Biomed Res Int* [Internet]. 2018;2018:1–2. doi: 10.1155/2018/4734986.
26. Safwat EM, Khater AGA, Abd-Elsatar AG, Khater GA. Glass fiber-reinforced composites in dentistry. *Bull Natl Res Cent* [Internet]. 2021;45:190. doi: <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00650-7>.
27. Manivasakan S, Albert JR, Jahnavi F, Gogula SR, Livingstone D, Eshwar A. Evaluation of Load-bearing Capacity of Interim Fixed Partial Dentures Reinforced with Glass Fibers: An In Vitro Study. *J Contemp Dent Pract* [Internet]. 2023;24(6):390–395. doi: 10.5005/jp-journals-10024-3518.
28. Khan AA, Zafar MS, Fareed MA, AlMufareh NA, Alshehri F, AlSunbul H *et al.* Fiber-reinforced composites in dentistry – An insight into adhesion aspects of the material and the restored tooth construct. *Dent Mater* [Internet]. 2023;39(2):141–151. doi: 10.1016/j.dental.2022.12.003.
29. Wang T, Matinlinna JP, Burrow MF, Ahmed KE. The biocompatibility of glass-fibre reinforced composites (GFRCs)–a systematic review. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2021;65(3):JPR_D_20_00031. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_20_00031.
30. Perea-Lowery L, Vallittu PK. Framework design and pontics of fiber-reinforced composite fixed dental prostheses – An overview. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2018;62(3):281–286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2018.03.005>.
31. Lassila L, Keulemans F, Säilynoja E, Vallittu PK, Garoushi S. Mechanical properties and fracture behavior of flowable fiber reinforced composite restorations. *Dent Mater* [Internet]. 2018;34(4):598–606. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.01.002>.
32. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LVJ. Use of short fiber-reinforced composite with semi-interpenetrating polymer network matrix in fixed partial dentures. *J Dent* [Internet]. 2007;35(5):403–408. doi: 10.1016/j.jdent.2006.11.010.
33. Manhart J, Kunzelmann K-H, Chen H, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dent Mater* [Internet]. 2000;16(1):33–40. doi: 10.1016/S0109-5641(99)00082-2.
34. Perrin P, Meyer-Lueckel H, Wierichs RJ. Longevity of immediate rehabilitation with direct fiber reinforced composite fixed partial dentures after up to 9 years. *J Dent* [Internet]. 2020:103438. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103438>.

35. González AM, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Revilla-León M. Fiber-reinforced composite fixed dental prosthesis using an additive manufactured silicone index. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2020;32(7):626–633. doi: 10.1111/jerd.12628.
36. Schoch E, Özcan M. Fatigue strength and Weibull characteristics of fiber-reinforced inlay-retained resin-bonded fixed dental prosthesis: could bulk-fill composites substitute hybrid resin composite? *J Adhes Sci Technol* [Internet]. 2021;35(20):2159–2174. doi: 10.1080/01694243.2021.1877478.
37. Revilla-León M, Fountain J, Piedra-Cascón W, Özcan M, Zandinejad A. Workflow of a fiber-reinforced composite fixed dental prosthesis by using a 4-piece additive manufactured silicone index: A dental technique. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021;125(4):569–575. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.02.030.
38. Goguta LM, Candea A, Lungeanu D, Frandes M, Jivanescu A. Direct Fiber-Reinforced Interim Fixed Partial Dentures: Six-Year Survival Study. *J Prosthodont* [Internet]. 2019;28(2):e604–8. doi: 10.1111/jopr.12751.
39. Mangoush E, Garoushi S, Vallittu P, Lassila L. Load-bearing capacity and wear characteristics of short fiber-reinforced composite and glass ceramic fixed partial dentures. *Eur J Oral Sci*. 2023;131(5–6):1–11. doi: 10.1111/eos.12951.
40. Freilich MA, Karmaker AC, Burstone CJ, Goldberg AJ. Development and clinical applications of a light-polymerized fiber-reinforced composite. *J Prosthet Dent* [Internet]. 1998;80(3):311–318. doi: 10.1016/S0022-3913(98)70131-3.
41. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. The effect of fiber orientation on the thermal expansion coefficients of fiber-reinforced composites. *Dent Mater* [Internet]. 2003;19(6):471–477. doi: 10.1016/S0109-5641(02)00092-1.
42. Thirugnanam S. Fibre Reinforced Fixed Partial Denture for Periodontally Compromised Anterior Teeth. *J Dent Oral Sci* [Internet]. 2021;3(2):1–6. doi: 10.37191/Mapsci-2582-3736-3(2)-077.