

## ARTÍCULO ORIGINAL

# Estudio de las propiedades físico-químicas y mecánicas de nuevas formulaciones de sellantes dentales

## Study of the Physicochemical and Mechanical Properties of New Dental Sealant Formulations

Damaris Laffita Jorriñ<sup>1</sup> , Oridayma Tarano Artigas<sup>1</sup> , Amisel Almirall La Serna<sup>2</sup> , Eduardo Peón Avés<sup>2</sup> ,  
Yaymarilis Veranes Pantoja<sup>1</sup>  

### RESUMEN

**Introducción:** Los sellantes dentales se emplean como una barrera protectora en las superficies oclusales de los dientes posteriores para la prevención de la caries dental.

**Objetivo:** Evaluar las propiedades físico-químicas y mecánicas de nuevas formulaciones de sellantes dentales auto-curados.

**Métodos:** Se prepararon cuatro formulaciones de sellantes dentales experimentales autocurados, para lo que se utilizaron dos matrices monoméricas compuestas por Bis-GMA, 2,2[p - (2-hidroxi 3-metacriloxipropoxi) fenil] propano/dimetacrilato de tetraetilenglicol (BT) y Bis-GMA/dimetacrilato de tetraetilenglicol / ©-metacriloxipropiltrimetoxisilano (BTM) y con la adición de 1 % de aerosil OX-50 (BTR1 y BTMR1). El sistema iniciador fue el par peróxido de benzoilo / N,N-dimetil-p-toluidina al 1 %. Se observó la morfología del relleno mediante la microscopia electrónica de barrido y se caracterizó la nueva matriz monomérica por espectroscopia infrarroja. Los sellantes experimentales se caracterizaron a través de la determinación de los tiempos de trabajo y fraguado, la absorción y solubilidad en agua y la resistencia a la compresión.

**Resultados:** El aerosil OX-50 está formado por nanopartículas esféricas de dióxido de silicio y forman aglomerados entre 50-100 nm. El espectro infrarrojo de la matriz mostró las principales bandas de absorción de los monómeros, que se corresponden con las vibraciones de los enlaces O-H, C=O y C=C. Los sellantes experimentales presentaron tiempos de trabajo y fraguado adecuados para estos materiales. Los sellantes con 1 % en peso de relleno mostraron absorción y solubilidad en agua dentro de los límites de la norma ISO 4049:2019 y resistencia a la compresión entre 64 y 91 MPa.

**Conclusiones:** El sellante experimental que contiene el agente de acoplamiento en la matriz y 1 % aerosil OX-50 presentó los mejores valores de las propiedades estudiadas, lo que evidencia la influencia positiva de la adición del silano y el relleno en la matriz.

**Palabras clave:** sellador dental; absorción; solubilidad; compresión.

### ABSTRACT

**Introduction:** Dental sealants are used as a protective barrier on the occlusal surfaces of posterior teeth for the prevention of dental caries.

**Aim:** To evaluate the physicochemical and mechanical properties of new formulations of self-cured dental sealants.

**Methods:** Four experimental self-cured dental sealant formulations were prepared using two monomeric matrices composed of Bis-GMA, 2, 2[p - (2-hydroxy 3-methacryloyloxypropoxy) phenyl] propane/ tetraethylene glycol dimethacrylate (BT) and Bis-GMA/ tetraethylene glycol dimethacrylate / ©-methacryloyloxypropyltrimethoxysilane (BTM) and with the addition of 1 % aerosil OX-50 (BTR1 and BTMR1). The initiator system was the 1 % benzoyl peroxide/N,N-dimethyl-p-toluidine pair. The morphology of the filler was observed by scanning electron microscopy and the new monomeric matrix was characterized by infrared spectroscopy. The experimental sealants were characterized through the determination of working and setting times, water absorption and solubility, and compressive strength.

**Results:** Aerosil OX-50 is formed by spherical nanoparticles of silicon dioxide and form agglomerates between 50-100 nm. The infrared spectrum of the matrix showed the main absorption bands of the monomers, which correspond to the vibrations of the O-H, C=O and C=C bonds. The experimental sealants showed adequate working and setting times for these materials. Sealants with 1 wt.% filler showed absorption and water solubility within the limits of ISO 4049:2019 and compressive strength between 64 and 91 MPa.

**Conclusions:** The experimental sealant containing the coupling agent in the matrix and 1 % aerosil OX-50 presented the best values of the properties studied, which evidences the positive influence of the addition of silane and filler in the matrix.

**Keywords:** dental sealant; absorption; solubility; compression.

## INTRODUCCIÓN

En Cuba la caries dental es la enfermedad bucal de mayor incidencia, pues afecta a más del 90 % de la población; de ellos, el 40 % son niños.<sup>(1)</sup> Las superficies oclusales de los dientes posteriores presentan fosas y fisuras que son difíciles de limpiar por la morfología del molar y, como resultado, se convierten en las más susceptibles para la aparición de caries.<sup>(2,3)</sup> Por esta razón, la principal estrategia para su prevención es el uso de sellantes.<sup>(4)</sup>

Los sellantes dentales se unen al diente; proporcionan una barrera física entre el esmalte y el ambiente bucal; y reducen más del 60 % de la caries oclusal. Estos se clasifican en tres grupos: sellantes a base de resina, de ionómeros de vidrio y de resina modificados con poliácidos.<sup>(1,4)</sup> Los sellantes a base de resina son los más utilizados;<sup>(5)</sup> están compuestos por una mezcla de monómeros (matriz orgánica), como el 2,2[p-(2-hidroxi 3-metacriloxipropoxi) fenil] propano (Bis-GMA), el dimetacrilato de uretano (UDMA), el dimetacrilato de tetraetilenglicol (TEGDMA), el dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) y algunos derivados del Bis-GMA, entre los que se encuentra el dimetacrilato de bisfenol A etoxilado (Bis-EMA). Además, varios contienen partículas de relleno inorgánico, agente de acoplamiento para unir las partículas de relleno a la matriz, iniciadores de la polimerización (autocurados y fotocurado), inhibidores y otros aditivos.<sup>(6)</sup>

Los sellantes dentales sin relleno presentan baja resistencia al desgaste y la abrasión, que puede acabar en fracturas, pérdida o desgaste del material. Estos inconvenientes se han mejorado con la incorporación de relleno inorgánico a la matriz que le aporta superiores propiedades físico-químicas y mecánicas al material.<sup>(7)</sup> Los rellenos inorgánicos más empleados en sellantes comerciales son: silicato de bario, sílice amorfa, silicatos de estroncio o partículas de silicato de circonio.<sup>(6)</sup>

El aerosil OX-50 es una sílice amorfa que también se emplea, por presentar en su superficie grupos silanoles, que permiten su unión a la matriz polimérica, mediante un agente de acoplamiento o silano. El  $\gamma$ -metacriloxipropiltrimetoxisilano (MPS) es el silano más utilizado en materiales dentales, debido a su alta reactividad con rellenos, como el sílice y vidrios de silicato, lo que permite una mejor compatibilidad con la matriz polimérica.<sup>(8,9)</sup> Su incorporación a la matriz orgánica cumpliría dos funciones: contribuir a la silanización del relleno en el proceso de preparación del sellante y como monómero diluyente.<sup>(10)</sup>

La función del sellante dental se basa en la capacidad del material para rellenar por completo las fosas y fisuras; y permanecer completamente intacto y adherido a la superficie del esmalte. Los sellantes a base de resina presentan desventajas como la degradación en el medio bucal, fracturas, pérdida o desgaste del material. Por tanto, se necesita que este material preventivo sea estable y resistente en un medio acuoso como la boca.

A finales de los años 80, el Centro de Biomateriales de La Universidad de La Habana (BIOMAT) produjo el sellante de fosas y fisuras cubano CUBRIDEM, que formó parte de su cartera de productos comerciales, ampliamente caracterizado<sup>(11,12,13)</sup> y aplicado clínicamente en molares de niños entre 6-7 y 11-12 años, en los que se redujo significativamente la incidencia de las caries. A partir de estos resultados, se obtuvo el Registro Médico No. 47.172.92, otorgado por el Centro de Control Estatal de Equipos Médicos (CCEEM), actualmente Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED).

Teniendo en cuenta que el CUBRIDEM no contenía relleno en su formulación, y la mejora que aporta su adición<sup>(6,7)</sup> a estos materiales, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físico-químicas y mecánicas de nuevas formulaciones de sellantes dentales autocurados, preparados con la adición de 1 % de aerosil OX-50, como relleno a una matriz monomérica, que incorpora el  $\gamma$ -metacriloxipropiltrimetoxisilano a modo de diluyente del Bis GMA; y, a su vez, como agente de acoplamiento matriz-relleno, lo que constituye la novedad de las formulaciones estudiadas.

## MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana, que se dedica al diseño, el desarrollo y la producción de biomateriales; y los materiales dentales constituyen una de sus líneas de investigación. Se realizó un estudio experimental, que comprendió el desarrollo y evaluación química-física y mecánica de sellantes dentales, realizado entre julio de 2022 y septiembre de 2023. En esta sección se presentan los diferentes reactivos utilizados en su preparación y los métodos empleados para la caracterización; se subdivide en: materiales, preparación de los sellantes dentales experimentales y la caracterización del relleno aerosil OX-50 y de los sellantes.

### Materiales

Para preparar los sellantes dentales se utilizó como monómero base 2,2[p-(2-hidroxi 3-metacriloxipropoxi) fenil] propano (Bis-GMA, Aldrich, EEUU, 98 % de pureza) y el monómero diluyente dimetacrilato de tetraetilenglicol (TEGDMA, Fluka, Suiza, 98 % de pureza). Se empleó, como agente de acoplamiento, el  $\gamma$ -metacri-



loxipiltrimetoxisilano (MPS, Aldrich, EEUU, 98 % de pureza); se añadió peróxido de benzoilo (PBO, Aldrich, EEUU, 98 % de pureza) y N,N-dimetil-p-toluidina (DMPT, Merck, Alemania, 98 % de pureza). Se incorporó como relleno inorgánico el aerosil OX-50 (Degussa, Alemania, 99.8 % de pureza).

### Preparación de los sellantes dentales experimentales

En la tabla 1 se muestra la composición de los sellantes dentales preparados; cada uno consta de dos partes, una contiene el peróxido de benzoilo (iniciador) y otra, la N,N- dimetil-p-toluidina (acelerador); ambos en 1 % de peso. Para preparar los sellantes con relleno se añadió 1 % en peso de aerosil OX-50 a cada mezcla monomérica; se mezcló manualmente, poco a poco, para evitar la aglomeración de las partículas. Las formulaciones se guardaron en frascos ámbar y almacenaron en refrigeración. Para su polimerización, se mezclaron cantidades equivalentes de las partes y se dejaron por 5 min, que es el tiempo de fraguado clínico recomendado para estos materiales.

Tabla 1 - Composición de los sellantes dentales

Sellantes experimentales	Matriz orgánica	Composición matriz orgánica (%)	Relleno inorgánico
BT	Bis-GMA/TEEGDMA	60/40	-
BTM	Bis-GMA/TEEGDMA/MPS	60/30/10	-
BT <sub>R1</sub>	Bis-GMA/TEEGDMA	60/40	Aerosil OX-50 (1 %)
BTM <sub>R1</sub>	Bis-GMA/TEEGDMA/MPS	60/30/10	Aerosil OX-50 (1 %)

### Caracterización de los sellantes dentales

El análisis espectroscópico de la nueva mezcla monomérica Bis-GMA/TEEGDMA/MPS se realizó en un espectrómetro Shimadzu Prestige-21, con cámara de reflectancia total atenuada Spacac-Golden-Gate-Single-Refraction (ATR-GS10500). El espectro se obtuvo en un intervalo de 4500-500 cm<sup>-1</sup>, con resolución de 4 cm<sup>-1</sup> y un promedio de 64 barridos.

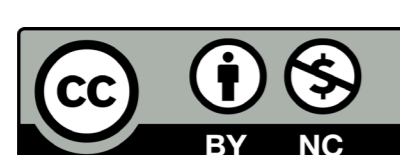
Los tiempos de trabajo (TT) y fraguado (TF) se determinaron por un método de observación visual que simula la manipulación realizada por el estomatólogo en el momento de aplicar el sellante.<sup>(13)</sup> Para realizar el ensayo, se añadió una gota de la mezcla con iniciador en un pozuelo de aplicación. El cronómetro se puso en marcha, al añadir una segunda gota de la mezcla que contenía el acelerador. Se homogenizó la mezcla durante 10 segundos y, posteriormente, se introdujo la punta de un explorador dental a pequeños intervalos hasta que, al retirarlo, apareció un hilo fino de resina entre este y la mezcla. Este momento se tomó como TT. Para la determinación del TF, se utilizó un explorador de punta fina, que se introdujo suavemente en la mezcla a cortos intervalos; cuando la dureza del material impidió la penetración del explorador se tomó el TF. Se realizaron tres mediciones de los TT y TF en el caso de los sellantes a una temperatura de 27° C.

Para el ensayo de absorción y solubilidad en agua se prepararon cinco probetas en moldes de teflón de 15 mm (± 0,1 mm) de diámetro y 1 mm (± 0,1 mm) de altura, según la norma ISO 4049:2019.<sup>(14)</sup> La absorción (A) y solubilidad (S) en agua se calcularon de acuerdo con las ecuaciones 1 y 2, respectivamente.

$$A = \frac{m_2 - m_3}{V} \quad (1) \quad S = \frac{m_1 - m_3}{V} \quad (2)$$

Donde m1 es la masa de la probeta acondicionada en desecadora, m2, la masa de la probeta después de la inmersión en agua destilada a 37 ± 1 °C durante 7 días, m3 es la masa de la probeta reacondicionada en desecadora y V es el volumen de la probeta.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se prepararon cinco probetas en moldes de teflón de 8 mm (± 0,1 mm) de altura y 4 mm (± 0,1 mm) de diámetro. Las probetas se almacenaron en agua destilada a 37°C durante siete días. El ensayo se realizó en una máquina de pruebas universales TESTCOM-5 a 25° C, con célula de carga de 5 kN y velocidad de 1 mm/min. El final del ensayo se estableció en el momento en que se fracturó la probeta.



El cálculo de la resistencia a la compresión se realizó mediante la ecuación 3.

$$\sigma = \frac{4F}{\pi D^2} \quad (3)$$

Donde  $\sigma$  es la resistencia a la compresión,  $F$  es la carga máxima aplicada y  $D$  es el diámetro de la probeta.

### Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se empleó el programa de cómputo OriginPro. Los resultados de los ensayos de absorción y solubilidad en agua y resistencia a la compresión se analizaron por el método de ANOVA unidireccional, seguida de la prueba estadística de Fisher ( $p < 0,05$ ). Para medir el tamaño de partícula del relleno se analizaron las imágenes de microscopía electrónica de barrido con el programa computacional ImageJ. Los datos que apoyan esta investigación están disponibles en el repositorio Zenodo (<https://doi.org/10.5281/zenodo.11186969>)

## RESULTADOS

La figura 1 muestra las micrografías obtenidas del aerosil OX-50 que está formado por partículas nanométricas de morfología esférica y establecen aglomerados, cuyos tamaños se encuentran entre 50 y 100 nm.

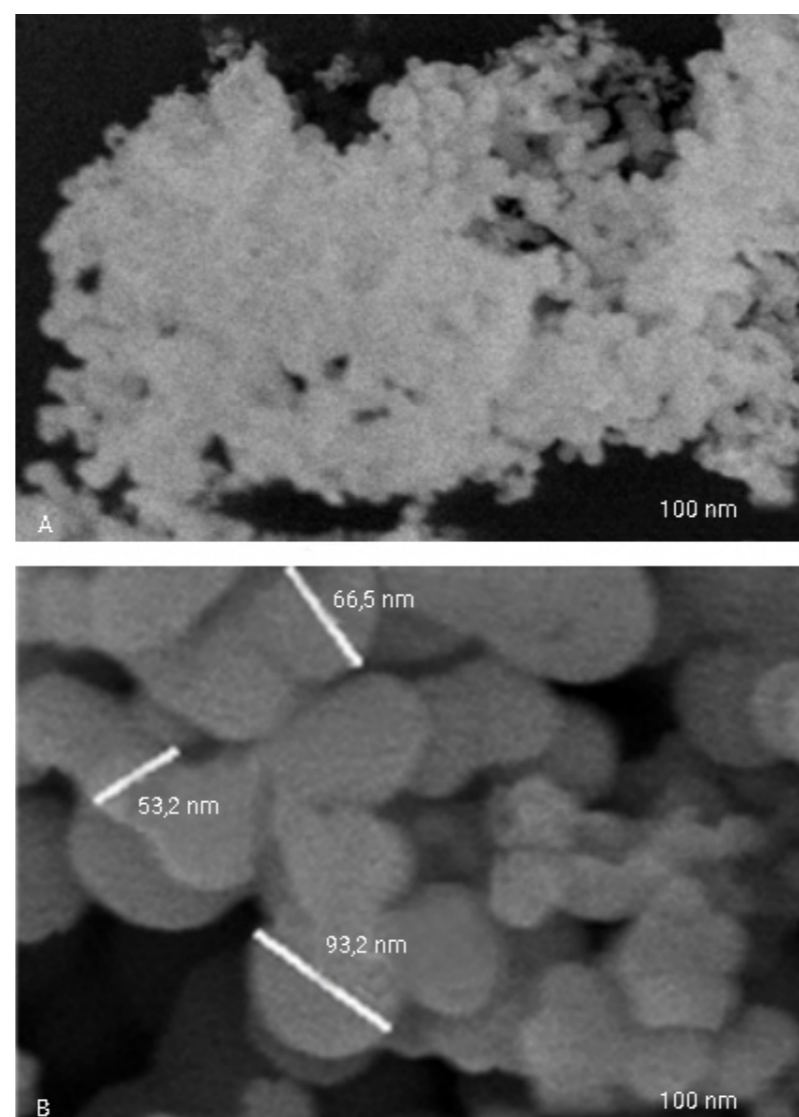


Fig. 1 - Imágenes del aerosil OX-50, (A): 50 000 aumentos y (B): 250 000 aumentos.

La figura 2 muestra el espectro FTIR de la mezcla monomérica Bis-GMA/TEGDMA/MPS (BTM); se observan e identifican las principales bandas de absorción de los monómeros que forman la matriz orgánica.

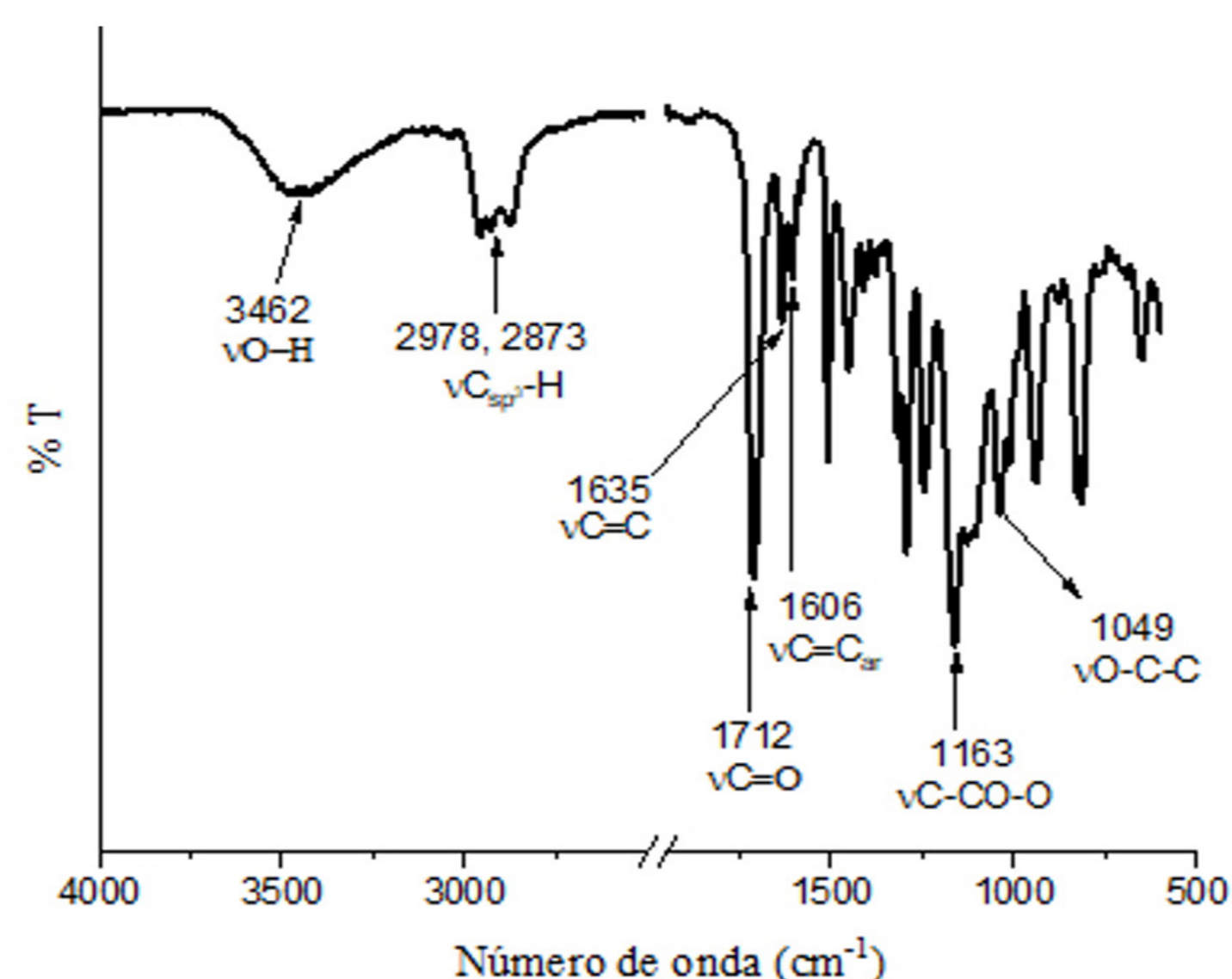


Fig. 2 - Espectro FTIR de la mezcla monomérica Bis-GMA/TEGDMA/MPS (BTM).

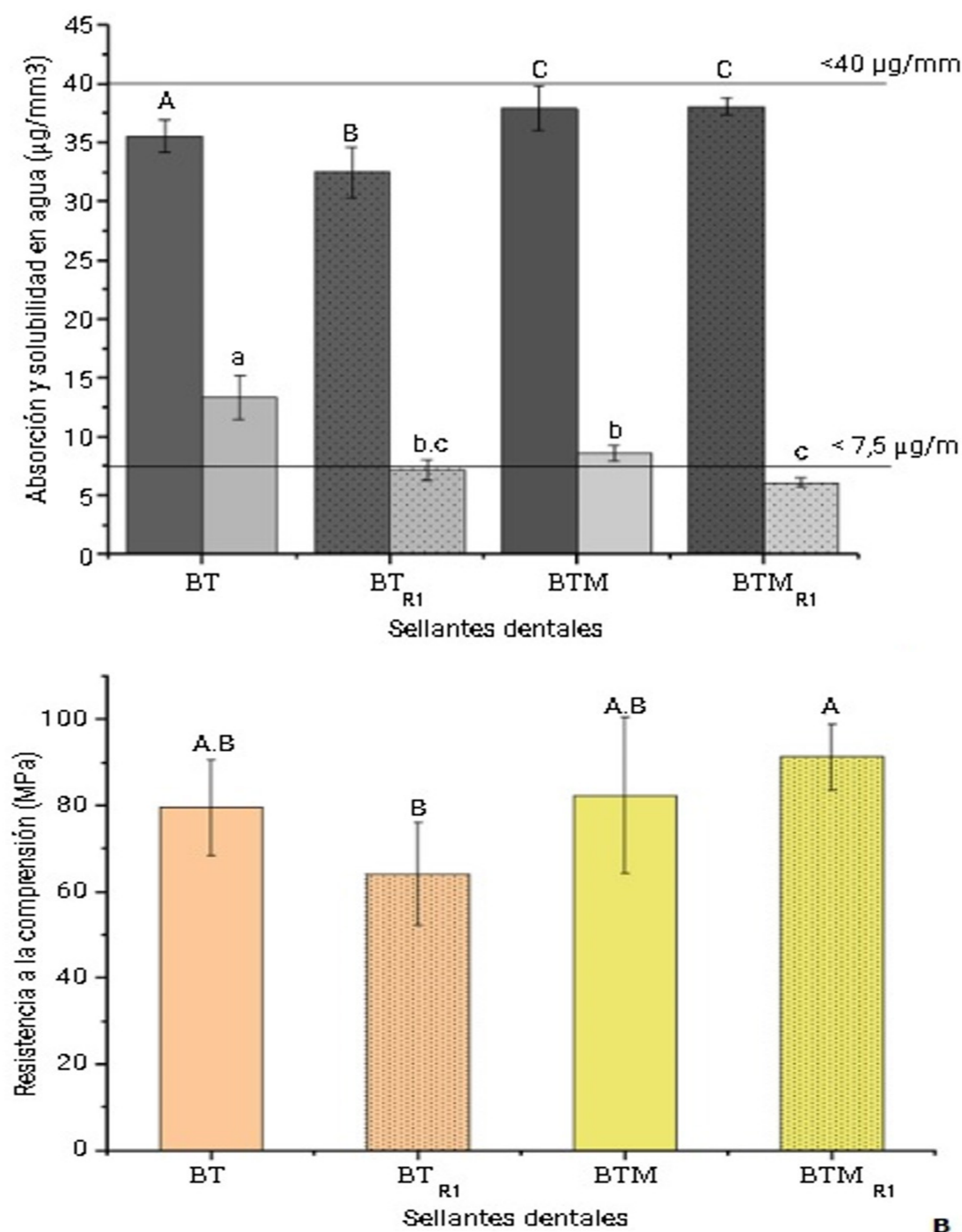
Los resultados de los tiempos de trabajo y fraguado de los sellantes se muestran en la tabla 2. Los valores promedios de los tiempos de trabajo estuvieron entre 44 y 49 s y los tiempos de fraguado, entre 252 y 277 s.

Tabla 2 - Resultados de los tiempos de trabajo y fraguado

Sellantes experimentales	TT (s)	TF (s)
BT	46 ± 3	277 ± 11
BTM	47 ± 3	271 ± 17
BT <sub>R1</sub>	44 ± 3	252 ± 4
BTM <sub>R1</sub>	49 ± 3	254 ± 7

Los resultados de la absorción y solubilidad en agua de los sellantes experimentales se muestran en la figura 3A; todos presentaron valores de absorción en agua por debajo de 40  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ . En cuanto a la solubilidad, las formulaciones BT y BTM mostraron valores de solubilidad de  $13 \pm 2 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  y  $9 \pm 1 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ , respectivamente; y el sellante BTMR1 presentó solubilidad inferior a  $7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ .

Los resultados de la resistencia a la compresión para los sellantes experimentales se muestran en la figura 3B; los valores promedios estuvieron entre  $64 \pm 12$  y  $91 \pm 8$  MPa.



Leyenda: Iguales superíndices de letras (A-C y a-c) indican que no existen diferencias significativas en la propiedad analizada.

Fig. 3 - Evaluación de las propiedades de los sellantes dentales experimentales. A: Absorción y solubilidad en agua y B: Resistencia a la compresión.

## DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la morfología y el tamaño del relleno permitieron comprobar que las partículas del aerosil OX-50 son esféricas y de tamaños nanométricos; lo que resulta favorable, ya que puede proporcionarles mayor resistencia y mejor pulido a estos materiales.<sup>(15)</sup> Además, al minimizar los espacios entre partículas, es posible aumentar el contenido en peso del relleno y, en general, optimizar el comportamiento mecánico del material. Por otra parte, la forma esférica del aerosil OX-50 también tiene ventajas, pues mejora la resistencia al desgaste y a la fractura del material; ya que las tensiones mecánicas tienden a concentrarse en los ángulos y protuberancias de las partículas, lo que contribuye a reducir la fricción durante el uso.<sup>(16,17,18)</sup>

El espectro FTIR de la nueva mezcla monomérica Bis-GMA/TEGDMA/MPS sin polimerizar (fig. 2) presentó las principales bandas de absorción de los monómeros; las cuales se deben a las vibraciones de los enlaces O-H (grupo hidroxilo), C=O (grupo carbonilo) y C=C (grupos metacrilatos). Debe destacarse que las bandas en 1635 y 1606 cm<sup>-1</sup> son fundamentales para determinar el grado de conversión de los sellantes.

Los tiempos de trabajo (TT) y fraguado (TF) son de suma importancia en estos materiales; ya que el estomatólogo necesita de tiempo suficiente para manipular el material antes de que aumente considerablemente su viscosidad; y, por otro lado, el sellante debe fraguar en tiempo clínico. La norma ISO 6874:2015 establece que el tiempo de trabajo para los sellantes dentales autocurados no debe ser inferior a 40 s y el tiempo de fraguado no debe superar los 5 min.<sup>(19)</sup> El análisis de los resultados mostró que los TT de los cuatro sellantes evaluados fueron superiores a los 40 s y los valores promedios de los TF oscilaron entre los 4-5 min; los que resultan adecuados para este tipo de material y son ligeramente superiores a los obtenidos en el caso del CU-BRIDEM.<sup>(13)</sup> Teniendo en cuenta los valores de los tiempos de fraguado obtenidos en los sellantes, las probetas, para los ensayos de absorción y solubilidad en agua y resistencia a la compresión, se dejaron polimerizar por 5 min.

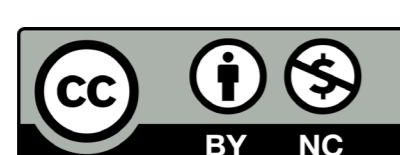
La absorción y solubilidad en agua son parámetros que se controlan en los materiales dentales. Constituyen una medida de la estabilidad química de estos en un ambiente húmedo, como el medio bucal.<sup>(20,21,22)</sup> Según la norma ISO 4049:2019,<sup>(14)</sup> los valores adecuados de absorción y solubilidad en agua para estos materiales son:  $\leq 40$   $\mu\text{g}/\text{mm}^3$  y  $\leq 7,5$   $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ , respectivamente. Como se muestra en la figura 3<sup>a</sup>, todas las formulaciones presentaron valores de absorción en agua por debajo de lo establecido en la norma. La absorción de estos materiales provoca la plastificación e hinchamiento del sellante, lo que conduce a que, con el tiempo, disminuya su retención.<sup>(21)</sup> Se observó que los sellantes con la nueva matriz Bis-GMA/TEGDMA/MPS presentaron mayor absorción que aquellos con la matriz sin MPS; ya que esta formulación tiene más probabilidad de atraer el agua, debido a la presencia de monómeros con grupos polares.

La alta solubilidad del sellante BT, con respecto al resto de los sellantes estudiados, puede ser atribuida a varios factores: la composición de su matriz; menor grado de polimerización, al quedar una cantidad considerable de monómero residual sin reaccionar que pudo migrar hacia el medio; problemas en la manipulación, asociados a su mayor fluidez; y la forma de preparación de los sistemas autocurados, que contiene dos partes. La presencia de relleno inorgánico en los sellantes BTR1 y BTMR1 incidió favorablemente en la disminución de la absorción y solubilidad en el agua. El sellante BTMR1 mostró los menores valores de solubilidad y cumplió con el requisito de la norma.

Los resultados de absorción y solubilidad de los sellantes experimentales se compararon con los reportados en la literatura<sup>(23,24,25,26,27,28)</sup> para materiales de composición similar; y se encontraron valores de absorción y solubilidad similares o ligeramente superiores a los del estudio.

La resistencia a la compresión es una de las propiedades mecánicas evaluadas en estos materiales, pues, al colocarse en zonas oclusales posteriores de forma superficial, es importante asegurarse de que el material sea lo suficientemente resistente para soportar las fuerzas de masticación, que son de tipo compresiva en esta zona de la cavidad bucal.<sup>(23)</sup> La resistencia a la compresión, para los sellantes a base de resina sin relleno, puede variar entre 55-72 MPa; por otro lado, los sellantes que contienen  $\geq 10$  % en peso de relleno la resistencia a la compresión puede alcanzar valores entre 179-225 MPa.<sup>(6)</sup> Los sellantes experimentales (fig. 3b) tienen valores adecuados de la propiedad, según su composición y los datos que aportan las diferentes bibliografías consultadas.<sup>(28,29)</sup> No se observaron diferencias significativas entre los sellantes BT y BTM ni entre los sellantes de cada matriz con su relleno. El sellante BTMR1 presentó el mayor valor promedio de resistencia a la compresión. Este hecho constituye una evidencia de la influencia del silano sobre la interacción del relleno con la matriz.

El agente de acoplamiento o silano tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión; actúa en la transferencia de tensiones del polímero al relleno inorgánico; refuerza el material y mejora la distribución del relleno a través de la matriz polimérica.<sup>(30)</sup> Debido que estos materiales se colocan en las zonas oclusales posteriores, deben presentar resistencia a la compresión cercana a la del esmalte.<sup>(31)</sup> De acuerdo con los resultados de esta propiedad, los sellantes BTM y BTMR1 serían los candidatos más adecuados para su empleo. En los sellantes estudiados se utilizó solamente 1 % de relleno inorgánico, porcentaje que se podría incrementar en la búsqueda de una mejora en las propiedades mecánicas, con cierto compromiso para no afectar la fluidez



del material y su penetración en las fosas y fisuras del molar.

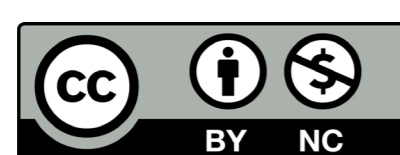
Como conclusión, las cuatro formulaciones de sellantes dentales experimentales cumplen con los requerimientos exigidos en los tiempos de trabajo y fraguado, absorción en agua y resistencia a la compresión. En el caso de la solubilidad en agua, solo cumplen con esta propiedad los sellantes que contienen relleno. El sellante experimental preparado con la matriz que incorpora el agente de acoplamiento y 1 % aerosil OX-50 presentó los mejores valores de las propiedades estudiadas; lo que evidencia la influencia positiva de la adición del silano y del relleno en la matriz para la preparación de estos materiales, tan necesarios en el manejo tanto preventivo y terapéutico de la caries dental.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Lucien Velera del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) en Unidad Mérida, México, por la caracterización del aerosil OX-50. Al Tec. Ahmed Valdés del Departamento Nanomateriales del Centro de Estudios Avanzados de Cuba (CEA) por la caracterización infrarroja de la matriz monomérica. También a los trabajadores del Departamento de Ensayos Mecánicos del Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED), por su apoyo en la realización del ensayo de resistencia a la compresión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lam PPY, Sardana D, Ekambaram M, Lee GHM, Yiu CKY. Effectiveness of Pit and Fissure Sealants for Preventing and Arresting Occlusal Caries in Primary Molars: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2020;20(2):101404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2020.101404>
- Naaman R, El-Housseiny AA, Alamoudi N. The Use of Pit and Fissure Sealants-A Literature Review. *Dent J (Basel).* 2017;5(4):34. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj5040034>
- Al-Jobair A, Al-Hammad N, Alsadhan S, Salama F. Retention and caries-preventive effect of glass ionomer and resin-based sealants: An 18-month-randomized clinical trial. *Dent Mater J.* 2017;36(5):654-61. DOI: <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-225>
- Vildósola-Grez P, Fernández E, Cury-Saad J, Palma-Fluxá P, Chapple-Gil A, Acuña-Zepeda N, et al. Decrease in *Streptococcus mutans* after applying sealants to the occlusal surfaces of permanent teeth in adults. *Rev Cubana Estomatol.* 2019 [acceso 22/03/2022];56(4):1-12. Disponible en: <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/2121>
- Cvikl B, Moritz A, Bekes K. Pit and Fissure Sealants-A Comprehensive Review. *Dent J (Basel).* 2018;6(2):18. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj6020018>
- Faria M, Guedes A, Rompante P, Carvalho O, Silva F, Henriques B, et al. Wear Pathways of Tooth Occlusal Fissure Sealants: An Integrative Review. *Biotribology.* 2021;27:100190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotri.2021.100190>
- Prabakar J, Barma MD. A literature review on moisture resistant pit and fissure sealants. *Journal of Population Therapeutics & Clinical Pharmacology.* 2023;30(6):46-51. DOI: <https://doi.org/10.47750/jptcp.2023.30.06.007>
- Nakanishi L, Kaizer MR, Brandeburski S, Cava SS, Della Bona A, Zhang Y, et al. Non-silicate nanoparticles for improved nanohybrid resin composites. *Dental Materials.* 2020;36(10):1314-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.07.001>
- Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials.* 2018;34(1):13-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>
- Pérez-Mondragón AA, Cuevas-Suárez CE, González-López JA, Trejo-Carbajal N, Meléndez-Rodríguez M, Herrera-González AM. Preparation and evaluation of a BisGMA-free dental composite resin based on a novel trimethacrylate monomer. *Dental Materials.* 2020;36(4):542-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.02.005>
- Ríos M, Cepero J, Krael R, Davidenko N, González A. Estudio in vitro de la actividad citotóxica de resinas dentales tipo BIS-GMA. *Biomecánica.* 2003;11:3-9. DOI: <https://doi.org/10.5821/sibb.v11i1.1689>
- Ríos M, Cepero J, Krael R, González A, Perez K, Bello JL. Evaluación de algunos aspectos de la biocompatibilidad de biomateriales in vitro. *Biomecánica.* 2000;8:79-83. DOI: <https://doi.org/10.5821/sibb.v8i1.1652>
- Mishina A, Mayelín R, Durán I, Sabatier JD. Estabilidad y funcionalidad de sellantes dentales en altas temperaturas ambientales. *Biomecánica.* 2000;8(1):74-8. DOI: <https://doi.org/10.5821/sibb.v8i1.1651>
- Dentistry – Polymer-based restorative materials, ISO 4049; 2019 [acceso 22/03/2022]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/67596.html>
- Bekes K. Pit and fissure sealants; 2018 [acceso 22/03/2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-71979-5>
- Faria M, Rompante P, Henriques B, Silva FS, Özcan M, Souza JCM. Degradation of Tooth Occlusal Fissure and Pit Sealants by Wear and Corrosion Pathways: A Short Review. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion.* 2021;7(3):111. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40735-021-00547-y>
- Mutar MA, Ghazi IF, Mahdi MS. Preparation and characterization of Novel Bis-GMA Dental Nanocomposite and their application as dental material: Mechanical Properties and Water Sorption/volumetric shrinkage. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2020;870:012051. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/870/1/012051>
- Beun S, Bailly C, Devaux J, Leloup G. Physical, mechanical and rheological characterization of resin-based pit and fissure sealants compared to flowable resin composites. *Dental Materials.* 2012;28(4):349-59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.11.001>
- Dentistry-Polymer-based pit and fissure sealants, ISO 6874; 2015 [acceso 22/03/2022]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/67595.html>
- Muntean A, Sava S, Sarosi C, Moldovan M, Pacurar M, Delean AG. Assessment of Water Sorption, Solubility and Interface Properties for Two Different Pit and Fissure Sealants. *Materiale Plastice.* 2020;57(3):81-8. DOI: <https://doi.org/10.37358/MP.20.3.5382>
- He J, Kopperud HM. Preparation and characterization of Bis-GMA-free dental composites with dimethacrylate monomer derived from 9,9-Bis[4-(2-hydroxyethoxy)phenyl]fluorene. *Dental Materials.* 2018;34(7):1003-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.007>
- Rahim TNAT, Mohamad D, Md Akil H, Ab Rahman I. Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. *Dental Materials.* 2012;28(6):e63-e70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.03.011>
- Podgórski M. Structure - property relationship in new photo-cured dimethacrylate-based dental resins. *Dental Materials.* 2012;28(4):398-409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.11.013>



24. Martins ARM, Machado-Santos L, Grassia RCF, Jr., Vitti RP, Sinhoreti MAC, Brandt WC. *Physical and Mechanical Properties of Resins Blends Containing a Monomethacrylate with Low-polymerization Shrinkage*. *Eur J Dent*. 2021;15(1):96-100. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1716985>

25. Díaz-Rodríguez SDLC, Tarano-Artigas O, Herrera-Kao W, Cauich-Rodríguez JV, Cervantes-Uc JM, Rosa-Sainz A, et al. *Effect of the Silanization of Aerosil OX50 in the Properties of Light-Cured Dental Composites*. *Appl. Sci*. 2024;14:2453. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14062453>

26. Encalada-Alayola YJJ, Veranes-Pantoja JA, Uribe-Calderón JV, Cauich-Rodríguez, Cervantes-Uc JM. *Effect of Type and Concentration of Nanoclay on the Mechanical and Physicochemical Properties of Bis-GMA/TTEGDMA Dental Resins Polymer*. 2020;12:601. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym12030601>

27. Lee MJ, Kim JY, Seo JY, Mangal U, Cha JY, Kwon JS, et al. *Resin-Based Sealant with Bioactive Glass and Zwitterionic Material for Remineralisation and Multi-Species Biofilm Inhibition*. *Nanomaterials*. 2020;10(8):1581. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano10081581>

28. Nikolaidis A, Vouzara T, Koulaouzidou E. *Pit and fissure nanocomposite sealants reinforced with organically modified montmorillonite: A study of their mechanical properties, surface roughness and color stability*. *Dent Mater J*. 2020;39(5):773-83. DOI: <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-214>

29. Kondo Y, Ito S, Uehara O, Kurashige Y, Fujita Y, Saito, et al. *Chemical and biological properties of new sealant-use cement materials*. *Dental Materials* 2019;35(5):673-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.02.014>

30. Shahswar R, Saleem S. *Compressive strength of three types of pit and fissure sealants (an in-vitro comparative study)*. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2018;30(6):107-17. DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.30.6.10>

31. Aydınoğlu A, Yoruç ABH. *Effects of silane-modified fillers on properties of dental composite resin*. *Materials Science and Engineering: C*. 2017;79:38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.04.151>

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Yaymarilis Veranes Pantoja, Oridayma Tarano Artigas y Damaris Laffita Jorrin.

Curación de datos: Damaris Laffita Jorrin.

Análisis formal: Damaris Laffita Jorrin, Yaymarilis Veranes Pantoja y Oridayma Tarano Artigas.

Investigación: Damaris Laffita Jorrin, Yaymarilis Veranes Pantoja, Oridayma Tarano, Eduardo Peón Avés y Amisel Almirall La Serna.

Metodología: Damaris Laffita Jorrin, Yaymarilis Veranes Pantoja, Oridayma Tarano, Eduardo Peón Avés y Amisel Almirall La Serna.

Administración del proyecto: Yaymarilis Veranes Pantoja.

Supervisión: Yaymarilis Veranes Pantoja y Oridayma Tarano Artigas.

Redacción-borrador original: Damaris Laffita Jorrin.

Redacción-revisión y edición: Yaymarilis Veranes Pantoja, Oridayma Tarano Artigas, Amisel Almirall La Serna y Eduardo Peón Avés.

