

Comparación de las propiedades mecánicas y profundidad de curado de resinas compuestas *bulk-fill* y bioactivas*

Comparison of the mechanical properties and depth of cure of *bulk-fill* and bioactive composite resins

Comparação das propriedades mecânicas e da profundidade de cura de resinas compostas bioativas e de *bulk-fill*

 Carlos Manuel Ríos-Angulo^{1, a},

 Marco Cesar Ríos-Caro^{2, b},

 Teresa Etelevina Ríos-Caro^{3, c}

¹ Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Posgrado. Trujillo, Perú.

² Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Medicina. Trujillo, Perú.

³ Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Estomatología. Trujillo, Perú.

^a Maestro en Estomatología.

^b Doctor en Medicina.

^c Doctora en Estomatología.

RESUMEN

Objetivo: Comparar *in vitro* las propiedades mecánicas y la profundidad de curado de resinas bioactivas *bulk-fill* frente a resinas compuestas *bulk-fill*. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio experimental *in vitro* con 48 bloques de tres tipos de resina. Cada bloque recibió una carga de 500 g durante 30 segundos, y se fotopolimerizó con una unidad VALO® Cordless-Ultradent (1500 mW/cm²) durante 4 segundos. La microdureza se evaluó mediante la prueba de dureza de Vickers, utilizando un durómetro calibrado LG® HV-1000. Para el análisis estadístico se aplicó la prueba t de Student y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, considerando significación estadística si $p < 0,05$. **Resultados:** La resina bioactiva Beautifil® Bulk (BB) registró la mayor microdureza, alcanzando un valor medio de 55,1 VH ($p < 0,01$), seguido de las resinas Tetric® N-Ceram Bulk Fill (TNCBF), con 44,9 VH, y Tetric® N-Flow Bulk Fill (TNFBF), con 28,8 VH. La resina *bulk-fill* fluida TNFBF mostró la mayor resistencia a la compresión, con una media de 222,4 MPa ($p < 0,01$), frente a 173,5 MPa de la resina moldeable TNCBF y de 129,7 MPa de la resina fluida BB. Las tres resinas evaluadas alcanzaron una profundidad de curado media homogénea de 4,0 mm ($p > 0,05$). **Conclusiones:** La resina bioactiva BB demostró mayor microdureza en comparación con las resinas *bulk-fill* moldeable y fluida, mientras que la resina *bulk-fill* fluida TNFBF presentó la mayor resistencia a la compresión. Las tres resinas tuvieron valores similares en cuanto a la profundidad de curado.

Palabras clave: dureza; polimerización; resinas compuestas.

Recibido: 15-01-2025

Aceptado: 14-03-2025

En línea: 31-03-2025



Artículo de acceso abierto

© Los autores

© Revista Estomatológica Herediana

Citar como:

Ríos-Angulo CM, Ríos-Caro MC, Ríos-Caro TE. Comparación de las propiedades mecánicas y profundidad de curado de resinas compuestas *bulk-fill* y bioactivas. Rev Estomatol Herediana. 2025; 35(1): 47-55. DOI: 10.20453/reh.v35i1.6247

* El presente artículo fue elaborado a partir de la tesis de Carlos Manuel Ríos-Angulo para obtener el grado de doctor en Estomatología por la Universidad Nacional de Trujillo.

ABSTRACT

Objective: To compare *in vitro* the mechanical properties and depth of cure of bioactive bulk-fill resins versus bulk-fill composite resins. **Materials and methods:** An *in vitro* experimental study was conducted with 48 blocks of three types of resin. Each block received a load of 500 g for 30 seconds and was photopolymerized with a VALO® Cordless-Ultradent unit (1500 mW/cm²) for 4 seconds. Microhardness was evaluated using the Vickers hardness test, employing a calibrated LG® HV-1000 hardness tester. For statistical analysis, the Student's t-test and the non-parametric Kruskal-Wallis test were applied, considering statistical significance if $p < 0.05$. **Results:** The bioactive resin Beautifil® Bulk (BB) showed the highest microhardness, reaching a mean value of 55.1 VH ($p < 0.01$), followed by the resins Tetric® N-Ceram Bulk Fill (TNCBF) with 44.9 VH and Tetric® N-Flow Bulk Fill (TNFBF) with 28.8 VH. The TNFBF bulk-fill resin showed the highest compressive strength, with a mean of 222.4 MPa ($p < 0.01$), compared to 173.5 MPa for the TNCBF moldable resin and 129.7 MPa for the flowable BB resin. All three resins achieved a homogeneous mean curing depth of 4.0 mm ($p > 0.05$). **Conclusions:** The BB bioactive resin showed greater microhardness compared to moldable and flowable bulk-fill resins, while the TNFBF flowable bulk-fill resin showed the highest compressive strength. All three resins had similar values in terms of curing depth.

Keywords: hardness; polymerization; composite resins.

RESUMO

Objetivo: Comparar as propriedades mecânicas *in vitro* e a profundidade de cura das resinas bioativas *bulk-fill* com as resinas compostas *bulk-fill*. **Materiais e Métodos:** foi realizado um estudo experimental *in vitro* com 48 blocos de três tipos de resina. Cada bloco foi carregado com 500 g por 30 segundos e fotopolimerizado com uma unidade VALO® Cordless-Ultradent (1500 mW/cm²) por 4 segundos. A microdureza foi avaliada pelo teste de dureza Vickers, usando um testador de dureza LG® HV-1000 calibrado. Para a análise estatística, foram aplicados o teste t de Student e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, considerando a significância estatística se $p < 0,05$. **Resultados:** A resina bioativa Beautifil® Bulk (BB) apresentou a maior microdureza, com um valor médio de 55,1 VH ($p < 0,01$), seguida pelas resinas Tetric® N-Ceram Bulk Fill (TNCBF) com 44,9 VH e Tetric® N-Flow Bulk Fill (TNFBF) com 28,8 VH. A resina *bulk-fill* fluida TNFBF apresentou a maior resistência à compressão, com uma média de 222,4 MPa ($p < 0,01$), em comparação com 173,5 MPa para a resina fundível TNCBF e 129,7 MPa para a resina fluida BB. Todas as três resinas avaliadas atingiram uma profundidade de cura média homogênea de 4,0 mm ($p > 0,05$). **Conclusões:** A resina BB bioativa demonstrou maior microdureza em comparação com as resinas *bulk-fill* moldáveis e fluidas, enquanto a resina *bulk-fill* fluida TNFBF apresentou a maior resistência à compressão. Todas as três resinas apresentaram valores semelhantes para a profundidade de cura.

Palavras-chave: dureza; polimerização; resinas compostas.

INTRODUCCIÓN

Las principales desventajas de las resinas compuestas utilizadas para restauraciones en dientes posteriores afectados por caries dental, traumatismos y otras afecciones incluyen la contracción y el estrés generados durante la polimerización, así como la limitada profundidad de curado, factores que pueden favorecer la aparición de caries secundarias. Además, el procedimiento requiere una técnica meticulosa y un tiempo de trabajo preciso para garantizar resultados óptimos en un entorno clínico donde la eficiencia es crucial. El desarrollo de las resinas

compuestas se remonta a la década de 1960 con la introducción del monómero híbrido BIS-GMA, una innovación que revolucionó el campo al proporcionar una polimerización más rápida y una menor contracción en comparación con el metacrilato de metilo (1). No obstante, la contracción del material puede comprometer la interfaz adhesiva y varía según la composición y el volumen de la resina utilizada (2).

A lo largo del tiempo, se han incorporado diversos componentes a las resinas compuestas, además de optimizar la intensidad de la luz de fotopolimerización

y aplicar la técnica de estratificación en incrementos de 2 mm, con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas; sin embargo, estos esfuerzos no han logrado plenamente este propósito (3). Para optimizar el tiempo de restauración, se introdujeron las resinas *bulk-fill*, diseñadas para aplicarse en una sola capa de 4 a 5 mm, lo que reduce la formación de burbujas, especialmente en restauraciones posteriores profundas (4). Aunque se ha observado una mejora en la microdureza y en la eficiencia del procedimiento, aún se espera que nuevas formulaciones optimicen su desempeño tanto en la clínica como en el laboratorio (5). Diversos estudios han evaluado las limitaciones de las resinas compuestas y *bulk-fill*, lo que ha llevado al desarrollo de nuevos materiales restauradores con propiedades remineralizantes y bactericidas (6). Paralelamente, han surgido innovadoras unidades de fotopolimerización con programas específicos adaptados a las características de las restauraciones y las técnicas empleadas (7). No obstante, uno de los principales factores que pueden comprometer la eficacia de las resinas *bulk-fill* y bioactivas sigue siendo la profundidad de curado.

Además de las resinas compuestas, los cementos de ionómero de vidrio (GIC) han sido utilizados en restauraciones en zonas de bajo estrés debido a su efecto anticariogénico. Sin embargo, presentan limitaciones en cuanto a propiedades físicas y estéticas en comparación con los *composites* (8). Para superar estas deficiencias, se han desarrollado modificaciones, como el ionómero de vidrio modificado con resina (RMGI), Equia®, Giomer® y Ormocer®, entre otros. Aunque estas innovaciones han mostrado mejoras parciales, aún no han sido lo suficientemente significativas para igualar el rendimiento de los *composites* convencionales. Las resinas compuestas comerciales actualmente disponibles presentan poca o ninguna acción antibacteriana. De hecho, se ha planteado la hipótesis de que la liberación de dimetacrilato de etilenglicol y dimetacrilato de trietilenglicol puede favorecer el desarrollo de bacterias cariogénicas. En el caso de los compómeros, diseñados para liberar flúor, la cantidad que liberan es mínima, y su acción antibacteriana disminuye considerablemente después de las primeras 24 horas (9).

La introducción de los nanomateriales en odontología tuvo como objetivo principal mejorar la prevención y el control de la caries. La incorporación de partículas de nanorrelleno en las resinas compuestas, con tamaños entre 5 nm y 100 nm, no solo ha modificado su estética mediante la optimización del color, sino que también ha incrementado su resistencia (10). Uno de los principales propósitos del uso de nanomateriales ha sido mejorar las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia al desgaste, la microdureza y la reducción de la contracción por polimerización, lo que ha contribuido a una

mayor durabilidad de las restauraciones (11). En la actualidad, las resinas compuestas deben estar diseñadas para minimizar la contracción de polimerización, ya que este fenómeno genera microfiltración y favorece la recidiva de caries. Para abordar esta limitación, se ha investigado materiales restauradores estéticos con la incorporación de nanopartículas con propiedades antibacterianas, como clorhexidina, quitosano, partículas metálicas y ciprofloxacino, entre otros (12).

Con el propósito de reducir la tensión en la interfaz diente-restauración, minimizar la microfiltración y prevenir la recidiva de caries, se han desarrollado materiales bioactivos, como los cementos de ionómero de vidrio y los ionómeros de vidrio modificados con resina (13). Estos últimos presentan la ventaja de adherirse químicamente a la estructura dental, liberar fluoruro y ejercer una acción antibacteriana (14). Los materiales bioactivos han sido diseñados para conferir propiedades adicionales a las resinas compuestas, mejorando su funcionalidad clínica. Entre estos, destaca ACTIVA™ BioACTIVE, un material de revestimiento bioactivo que incorpora una matriz bioactiva capaz de liberar y recargar fluoruro, calcio y fosfatos. Su mecanismo de acción responde a los cambios de pH, y sus propiedades físicas y mecánicas son comparables a las del tejido dental natural (15). Asimismo, se ha introducido Beautifil® Bulk, una resina compuesta nanohíbrida de giomero con partículas de relleno de superficie de vidrio prerreaccionado (S-PRG), que combina los beneficios de las resinas *bulk-fill* con las propiedades bioactivas del ionómero de vidrio (16). Dado que la evidencia científica sobre resinas bioactivas aún es limitada, el presente estudio tuvo como objetivo comparar *in vitro* las propiedades mecánicas y la profundidad de curado de resinas compuestas *bulk-fill* frente a una resina bioactiva. La hipótesis nula estableció que no existen diferencias significativas entre ambos materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio experimental *in vitro*, aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Estomatología de la Universidad Nacional de Trujillo (PIB EST-014-2024). Se conformaron tres grupos de estudio, cada uno integrado por 16 cilindros de resina, seleccionados según criterios preestablecidos (tabla 1):

- Grupo 1: resina bioactiva Beautifil® Bulk (BB) – Shofu® Inc.
- Grupo 2: resina compuesta moldeable Tetric® N-Ceram Bulk Fill (TNCBF) – Ivoclar Vivadent®
- Grupo 3: resina compuesta fluida Tetric® N-Flow Bulk Fill (TNFBF) – Ivoclar Vivadent®

Tabla 1. Resinas utilizadas en este estudio.

Resina (código, tono, lote)	Tipo	Relleno	Monómero	Fotoiniciador
Beautiful® Bulk (C125A, A2, 042368)	Nanohíbrida bioactiva	Micropartículas de vidrio bioactivo prerreactado Surface Pre-Reacted Glass-Ionomer (S-PRG)	Bis-GMA TEGDMA	CQ
Tetric® N-Ceram Bulk Fill (0123, AIV, Z051PT)	Nanohíbrida <i>bulk-fill</i>	Partículas inorgánicas (vidrio de bario, vidrio de estroncio, óxido de aluminio prepolimerizado y óxido de silicio)	Bis-GMA UDMA	Ivocerina, CQ
Tetric® N-Flow Bulk Fill (0123, AIV, Z051YY)	Nanohíbrida <i>bulk-fill</i>	Partículas inorgánicas (vidrio de bario, vidrio de estroncio, óxido de aluminio prepolimerizado y óxido de silicio)	TEGDMA UDMA	Ivocerina, CQ

Bis-GMA: bisfenol A-glicidil metacrilato; TEGDMA: trietanolamina-dimetacrilato; CQ: canforquinona; UDMA: uretano dimetacrilato.

Se incluyeron en el estudio cilindros de resina con dimensiones estándar de 6×4 mm, excluyéndose aquellos que presentaron cualquier tipo de defecto o avería antes de la medición. El tamaño muestral de cada grupo se determinó mediante la fórmula correspondiente al muestreo aleatorio probabilístico, adecuada para la comparación de dos o más grupos en una variable cuantitativa, con un nivel de confianza del 95 % y una potencia estadística del 80 %.

Preparación de las muestras

Se utilizaron moldes de silicona pesada por condensación con orificios centrales de 6 mm de diámetro para la preparación de las muestras con un espesor de 4 mm (17). Estos moldes fueron montados sobre un portaobjetos y una tira de celuloide, luego se llenaron con cada una de las tres resinas en estudio. Para evitar la inhibición por oxígeno, se cubrió la superficie superior del molde con una segunda tira de celuloide. Para garantizar una adecuada compactación del bloque de resina, se aplicó una carga de 500 g durante 30 segundos. A continuación, las muestras, previamente organizadas en sus respectivos grupos, fueron fotopolimerizadas desde la superficie superior utilizando una unidad de fotocurado de alta potencia (VALO™ Cordless-Ultradent) a 1500 mW/cm² durante 4 segundos. La lente de la unidad LED se posicionó en el centro de la muestra, en contacto directo con la segunda tira de celuloide. La intensidad de la lámpara utilizada fue verificada mediante un radiómetro LED.

Medición de la microdureza

La microdureza superficial se evaluó mediante la prueba de dureza de Vickers, utilizando un durómetro LG®, modelo HV-1000, previamente calibrado y certificado.

El ensayo consistió en realizar tres indentaciones en la superficie superior e inferior de cada espécimen, aplicando una carga de 500 g durante 15 segundos. Los valores de microdureza fueron expresados en unidades Vickers (VH).

Medición de resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se determinó en megapascuales (MPa) utilizando una máquina digital de ensayos universales (LG®, modelo CMT-5L), previamente calibrada y certificada. Cada muestra fue posicionada verticalmente en la base del dispositivo, aplicándose una carga constante de 100 kN a una velocidad de 1 mm/min hasta alcanzar el punto de fractura.

Evaluación de la profundidad de curado

La profundidad de curado se evaluó siguiendo la Norma ISO 4049 para materiales de obturación y cementación a base de resina. La altura de los cilindros fue medida en milímetros (mm), utilizando un calibrador Vernier digital con una precisión de 0,01 mm. Cada muestra fue etiquetada con tinta indeleble y almacenada en una incubadora a 37 °C, en completa oscuridad, durante 24 horas para evitar cualquier polimerización adicional inducida por la exposición a la luz ambiental posterior al fotocurado.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados mediante un patrón de tabulación automatizado utilizando el paquete estadístico SPSS-26 (IBM® SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Posteriormente, los resultados se presentaron en tablas estadísticas conforme a los objetivos del estudio. Para

comparar los efectos medios, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, considerando evidencia estadísticamente significativa cuando la probabilidad de error fue menor al 5 % ($p < 0,05$). Como análisis complementario, se utilizó la prueba de Mann-Whitney con ajuste de Bonferroni, manteniendo el mismo criterio de significación estadística.

RESULTADOS

La resina bioactiva BB presentó los valores más altos de microdureza Vickers (55,1 VH). La prueba de Kruskal-Wallis indicó una diferencia estadística altamente significativa en comparación con las resinas TNCBF (moldeable) y TNFBF (fluida), siendo esta última la que registró los valores más bajos de microdureza Vickers. El análisis complementario confirmó que existen diferencias en la microdureza media entre los tipos de resina cuando se comparan por pares (tabla 2).

Tabla 2. Microdureza *in vitro* de resina *bulk-fill* fluida, resina *bulk-fill* moldeable y resinas bioactivas.

Indicador (VH)	Tipo de resina			Prueba Kruskal-Wallis
	Bioactiva bulk (A)	Bulk-fill moldeable (B)	Bulk-fill fluida(C)	
Media	55,1	44,9	28,8	K-W = 49,8
Mediana	54,3	44,8	29,1	p = 0,000
Cuartil 1	53,5	43,5	27,1	
Cuartil 3	56,2	46,0	30,4	
Prueba <i>post hoc</i> ¹				
A vs. B		p = 0,004**		
A vs. C		p = 0,000**		
B vs. C		p = 0,004**		

¹ Prueba de Mann-Whitney con ajuste de Bonferroni.

**p < 0,01

Al analizar la resistencia media a la compresión entre los tres tipos de resinas, se identificaron diferencias notables en los valores promedio. La prueba de Kruskal-Wallis encontró evidencia suficiente para declarar una diferencia estadística altamente significativa. La resina nanohíbrida TNFBF mostró la mayor resistencia a la

compresión (222,4 MPa) en comparación con la resina TNCBF y la resina bioactiva BB, que presentó el valor más bajo. El análisis complementario indicó que existen diferencias en la resistencia a la compresión entre los tipos de resina cuando se comparan por pares (tabla 3).

Tabla 3. Resistencia a la compresión *in vitro* de resinas bioactivas, resina *bulk-fill* moldeable y resina *bulk-fill* fluida.

Indicador (MPa)	Tipo de resina			Prueba Kruskal-Wallis
	Bioactivas	<i>Bulk-fill</i> moldeable	<i>Bulk-fill</i> fluida	
Media	129,7	173,5	222,4	K-W = 29,5
Mediana	115,3	181,9	218,6	p = 0,000
Cuartil 1	106,6	158,2	207,4	
Cuartil 3	158,8	191,1	232,9	
Prueba <i>post hoc</i> ¹				
A vs. B		p = 0,010**		
A vs. C		p = 0,000**		
B vs. C		p = 0,039*		

¹ Prueba de Mann-Whitney con ajuste de Bonferroni.

**p < 0,0; *p < 0,05

En cuanto a la profundidad de curado, las tres resinas evaluadas (BB, TNCBF y TNFBF) alcanzaron valores

homogéneos, sin diferencias estadísticamente significativas (p > 0,05) (tabla 4).

Tabla 4. Profundidad de curado *in vitro* de resinas bioactivas, resina *bulk-fill* moldeable y *bulk-fill* fluida.

Indicador	Tipo de resina			Prueba Kruskal-Wallis
	Bioactivas (A)	<i>Bulk-fill</i> moldeable (B)	<i>Bulk-fill</i> fluida (C)	
Media	4,0	4,0	4,0	K-W = 2,00
Mediana	4,0	4,0	4,0	p = 0,367
Cuartil 1	4,0	4,0	4,0	
Cuartil 3	4,0	4,0	4,0	
Prueba <i>post hoc</i> ¹				
No aplica. No hay diferencia estadística significativa.				

¹ Prueba de Mann-Whitney con ajuste de Bonferroni.

p > 0,05

DISCUSIÓN

Las resinas compuestas han ganado popularidad en odontología; sin embargo, persisten controversias sobre sus propiedades mecánicas y su capacidad para alcanzar una polimerización completa. Para abordar estos desafíos, se han desarrollado resinas compuestas *bulk-fill*, diseñadas para restauraciones extensas que prometen lograr una polimerización eficiente y propiedades óptimas en grosores superiores a 2 mm. En el presente estudio, se compararon *in vitro* las propiedades mecánicas y la profundidad de curado entre una resina bioactiva, una resina *bulk-fill* moldeable y una

resina *bulk-fill* fluida, todas de marcas reconocidas en el mercado nacional (Shofu® e Ivoclar Vivadent®). La elección del material restaurador debe considerar sus propiedades mecánicas para maximizar la durabilidad clínica. En este contexto, la evaluación *in vitro* de estas propiedades es fundamental, ya que permite simular su resistencia al desgaste y a la fractura (5).

En la evaluación de la microdureza *in vitro*, se observó que la resina bioactiva BB obtuvo el mayor valor (55,1 VH) en comparación con las resinas TNCBF (moldeable) y TNFBF (fluida). La prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias estadísticamente significativas entre los

grupos, lo que podría atribuirse al tipo y tamaño de las partículas de relleno de la resina bioactiva, así como a la presencia de iones de calcio, fosfato y flúor, los cuales fortalecen el esmalte y favorecen la formación de hidroxiapatita. Estos hallazgos coinciden en parte con el estudio de Samuel et al. (18), quienes reportaron que las resinas *bulk-fill* reforzadas con fibra presentaron una mayor microdureza, seguidas por las resinas *bulk-fill* bioactivas y *bulk-fill* convencionales, lo que sugiere que la composición del material influye en su rendimiento clínico. Por otro lado, Musavinasab y Norouzi (19) señalaron que, aunque las resinas *bulk-fill* y bioactivas permiten una aplicación en incrementos grandes, ninguna de ellas alcanza su máxima dureza en restauraciones profundas. En la misma línea, Saati et al. (20) destacaron que las diferencias en composición afectan significativamente la microdureza de estos materiales.

La resistencia a la compresión es un factor clave en restauraciones posteriores, ya que garantiza la estabilidad estructural frente a las fuerzas masticatorias. En este estudio, se encontró que la resina *bulk-fill* fluida TNFBF presentó la mayor resistencia a la compresión (222,4 MPa), seguida por la resina *bulk-fill* moldeable TNCBF (173,5 MPa) y, finalmente, la resina bioactiva BB (129,7 MPa). La prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias estadísticas altamente significativas, evidenciando que al menos una de las resinas posee una resistencia a la compresión significativamente diferente respecto a las demás. Estas diferencias podrían explicarse por variaciones en el tamaño, forma y porcentaje de partículas de relleno, factores que influyen directamente en la resistencia mecánica del material. En contraste con nuestros hallazgos, Leprince et al. (3) concluyeron que las resinas *bulk-fill* presentan, en su mayoría, propiedades mecánicas inferiores en comparación con resinas convencionales de alta y baja viscosidad, por lo que no serían recomendadas para restauraciones con alta carga oclusal. De acuerdo con Strini et al. (5), la variabilidad en la composición de las resinas *bulk-fill* puede generar diferencias en sus propiedades mecánicas cuando se analizan *in vitro*, lo que resalta la necesidad de estudios clínicos a largo plazo para evaluar su comportamiento real en la cavidad oral.

La introducción de las resinas *bulk-fill* responde a la necesidad de reducir los tiempos de restauración, permitiendo su aplicación en incrementos de 4 a 5 mm. Sin

embargo, persisten dudas sobre la eficacia de su polimerización en las capas más profundas, una problemática compartida con las resinas bioactivas, que también se aplican en bloque. Está demostrado que un mayor espesor del material, junto con la reducción de la intensidad de la luz por reflexión, dispersión y absorción, puede disminuir la velocidad de polimerización, afectando sus propiedades físicas, mecánicas y biológicas. En este estudio, se encontró que las tres resinas evaluadas (BB, TNCBF y TNFBF) alcanzaron profundidades de curado similares, sin diferencias estadísticamente significativas. Resultados similares fueron reportados por Parasher et al. (21), quienes compararon la profundidad de curado de tres resinas *bulk-fill* comerciales (X-tra Fil®, Tetric EvoCeram® Bulk Fill y Beautifil® Bulk Restorative) y encontraron diferencias no significativas entre ellas; sin embargo, al analizar los valores individuales, la resina bioactiva Beautifil® Bulk Restorative mostró una menor profundidad de curado, atribuida a diferencias en su composición, especialmente al tipo de activador lumínico utilizado.

Una limitación de este estudio es que, al ser *in vitro*, aunque proporciona información valiosa sobre la calidad de los materiales, no refleja completamente su comportamiento en la cavidad oral, donde factores como humedad, temperatura, fuerzas masticatorias, presencia de saliva y bacterias pueden influir en el desempeño y la durabilidad. Se requieren estudios clínicos a largo plazo para evaluar el rendimiento de estas resinas en condiciones reales y profundizar en aspectos como protocolos de fotopolimerización, resistencia mecánica y bioactividad. Además, futuras investigaciones deben priorizar el estudio de sensibilidad postoperatoria, durabilidad y nuevas formulaciones que optimicen la resistencia y la bioactividad de estos materiales restauradores.

CONCLUSIONES

Las resinas compuestas bioactivas presentan una microdureza superior en comparación con las resinas compuestas moldeables y fluidas de relleno masivo, mientras que las resinas fluidas ofrecen la mayor resistencia a la compresión. Todos los materiales cumplieron con la profundidad de curado requerida para restauraciones de relleno masivo.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento:

Autofinanciado.

Aprobación de ética:

Cuenta con la autorización del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología de la Universidad Nacional de Trujillo, con Constancia n.º P.I.B. EST.- 014-2024.

Contribución de autoría:

CMRA: conceptualización, metodología, investigación, redacción de borrador original.

MCRC: análisis formal, validación, redacción (revisión y edición).

TERC: conceptualización, metodología, supervisión, redacción (revisión y edición).

Correspondencia:

Teresa Etlvina Ríos-Caro

✉ trios@unitru.edu.pe

REFERENCIAS

- Pereira RA, Araujo PA, Castañeda-Espinosa JC, Mondelli RF. Comparative analysis of the shrinkage stress of composite resins. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2008; 16(1): 30-34. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s1678-77572008000100007>
- Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater* [Internet]. 2008; 24(11): 1501-1505. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.03.013>
- Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* [Internet]. 2014; 42(8): 993-1000. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.009>
- Vianna-de-Pinho MG, Rego GF, Vidal ML, Alonso RC, Schneider LF, Cavalcante LM. Clinical time required and internal adaptation in cavities restored with bulk-fill composites. *J Contemp Dent Pract* [Internet]. 2017; 18(12): 1107-1111. Disponible en: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2184>
- Strini BS, Marques JF, Pereira R, Sobral-Souza DF, Pecorari VG, Liporoni PC, et al. Comparative evaluation of bulk-fill composite resins: knoop microhardness, diametral tensile strength and degree of conversion. *Clin Cosmet Investig Dent* [Internet]. 2022; 14: 225-233. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/ccide.s376195>
- Abuljadayel R, Mushayt A, Al Mutairi T, Sajini S. Evaluation of bioactive restorative materials' color stability: effect of immersion media and thermocycling. *Cureus* [Internet]. 2023; 15(8): e43038. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.43038>
- Tongtaksin A, Leevailoj C. Battery charge affects the stability of light intensity from light-emitting diode light-curing units. *Oper Dent* [Internet]. 2017; 42(5): 497-504. Disponible en: <https://doi.org/10.2341/15-294-1>
- Spajić J, Prskalo K, Šariri K, Par M, Pandurić V, Demoli N. Dimensional changes of glass ionomers and a giomer during the setting time. *Acta Stomatol Croat* [Internet]. 2018; 52(4): 298-306. Disponible en: <https://doi.org/10.15644/asc52/4/3>
- Colak H, Ercan E, Hamidi MM. Shear bond strength of bulk-fill and nano-restorative materials to dentin. *Eur J Dent* [Internet]. 2016; 10(1): 40-45. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/1305-7456.175697>
- Mandhalkar R, Paul P, Reche A. Application of nanomaterials in restorative dentistry. *Cureus* [Internet]. 2023; 15(1): e33779. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.33779>
- Besinis A, De Peralta T, Tredwin CJ, Handy RD. Review of nanomaterials in dentistry: interactions with the oral microenvironment, clinical applications, hazards, and benefits. *ACS Nano* [Internet]. 2015; 9(3): 2255-2289. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/nn505015e>
- Arif W, Rana NF, Saleem I, Tanweer T, Khan MJ, Alshareef SA, et al. Antibacterial activity of dental composite with ciprofloxacin loaded silver nanoparticles. *Molecules* [Internet]. 2022; 27(21): 7182. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules27217182>
- Ahmed B, Hamama HH, Mahmoud SH. Microshear bond strength of bioactive materials to dentin and resin composite. *Eur J Dent* [Internet]. 2023; 17(3): 917-923. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0042-1756692>
- Sauro S, Makeeva I, Faus-Matoses V, Foschi F, Giovarruscio M, Pires PM, et al. Effects of ions-releasing restorative materials on the dentine bonding longevity of modern universal adhesives after

- load-cycle and prolonged artificial saliva aging. *Materials* [Internet]. 2019; 12(5): 722. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma12050722>
15. Ebaya MM, Ali AI, Mahmoud SH. Evaluation of marginal adaptation and microleakage of three glass ionomer-based class V restorations: *in vitro* study. *Eur J Dent* [Internet]. 2019; 13(4): 599-606. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0039-3401435>
 16. Sajini SI, Alshawi BA, Alharbi LM. Assessment of remineralisation potentials of bioactive dental composite using an *in-vitro* demineralised dentine model. *J Taibah Univ Med Sci* [Internet]. 2022; 17(4): 640-647. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2021.12.004>
 17. Nagi SM, Moharam LM, Zaazou MH. Effect of resin thickness, and curing time on the micro-hardness of bulk-fill resin composites. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2015; 7(5): e600-e604. Disponible en: <https://doi.org/10.4317/jced.52536>
 18. Samuel A, Raju R, Sreejith KB, Kalathil BM, Nenavath D, Chaitra VS. Comparative evaluation of the surface hardness of different esthetic restorative materials: an *in vitro* study. *J Pharm Bioallied Sci* [Internet]. 2020; 12(Suppl 1): S124-S128. Disponible en: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_40_20
 19. Musavinasab SM, Norouzi Z. Hardness and depth of cure of conventional and bulk-fill composite resins in class II restorations with transparent and metal matrix strips. *Front Dent* [Internet]. 2023; 20: 20. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10493112/>
 20. Saati K, Khansari S, Mahdisiar F, Valizadeh S. Evaluation of microhardness of two bulk-fill composite resins compared to a conventional composite resin on surface and in different depths. *J Dent* [Internet]. 2022; 23(1): 58-64. Disponible en: <https://doi.org/10.30476/dentjods.2021.87669.1278>
 21. Parasher A, Ginpalli K, Somayaji K, Kabbinala P. Comparative evaluation of the depth of cure and surface roughness of bulk-fill composites: an *in vitro* study. *Dent Med Probl* [Internet]. 2020; 57(1): 39-44. Disponible en: <https://doi.org/10.17219/dmp/113003>