



Investigación original

Comparación de la profundidad de curado a tres distancias de luz emitida por diodos (LED) con tres colores de resina compuesta

Jacqueline Adelina Rodríguez-Chávez¹, Abigail Flores-Ledesma²,
Geovany Fierro-Ruelas³, Francisco Vargas-Santana³,
Hugo. M. Flores-Ruiz⁴, Karina Magaña-Curiel⁵,
Ricardo Curiel-González⁵

- ¹. Profesor investigador del Instituto de Investigación en Odontología. Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales. Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara.
- ². Profesor Investigador del Laboratorio de Biomateriales, Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- ³. Egresado de la Especialidad en Prostodoncia. Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales. Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara.
- ⁴. Profesor Investigador. Departamento de Ciencias Naturales y Exactas. Centro Universitario de los Valles. Universidad de Guadalajara.
- ⁵. Profesor de la Especialidad en Prostodoncia. Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales. Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara.

Autor de correspondencia.

Jacqueline Adelina Rodríguez Chávez.

E-mail: jacqueline.rchavez@academicos.udg.mx

Fecha de recibido: agosto 2022

Fecha de aceptado: junio 2023

Citar como:

Rodríguez-Chávez JA, Flores-Ledesma A, Fierro-Ruelas G, Vargas-Santana F, Flores-Ruiz HM, Magaña-Curiel K, Curiel-González R. Comparación de la profundidad de curado a tres distancias de luz emitida por diodos (LED) con tres colores de resina compuesta [Comparison of Depth of Cure at Three LED Light Distances with Three Colors of Composite Resin]. *Rev Odont Mex.* 2023; 27(2): 4-11. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2023.27.2.83577

Resumen

Introducción: Si la resina no recibe un número suficiente de fotones en las longitudes de onda apropiadas, el grado de polimerización será inadecuado. Puede haber mayor desgaste y microfiltración, menor dureza y disminución del módulo elástico, pudiendo causar pigmentación, sensibilidad postoperatoria y reincidencia de caries. **Objetivo:** Comparar la profundidad de curado (PC) de la resina compuesta en tono A1, A2 y A3 a 0 mm, 5mm y 10mm de distancia con luz emitida por diodos (LED). **Materiales y métodos:** 180 muestras en 9 grupos (n=20). Se utilizó resina compuesta Brilliant™ NG, Coltene. A1, A2 y A3 a 0 mm (grupo control), 5mm y 10mm de distancia de fotocurado con lámpara LED (3M Elipar Deep Cure) por 20s de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Siguiendo el método de pruebas de la norma UNE-EN-ISO 4049-2019, el material no polimerizado se retiró con una espátula de plástico. Se obtuvo la PC (mm) con un micrómetro con una precisión de ± 0.1 mm. **Resultados:** La profundidad de curado a una distancia de 0mm de la resina compuesta A1 fue mayor (2.89mm) en comparación con los grupos A2 y A3 con 2.86 y 2.83 mm respectivamente, (ANOVA $p < 0.001$). A una distancia de 5mm, la PC de la resina compuesta A1 fue de 2.77 mm, mientras que con el tono A2 fue de 2.47mm y A3 de 2.37mm (ANOVA $p < 0.001$). A una distancia de 10mm la resina A1 obtuvo una PC de 2.65mm en comparación con 2.37mm en A2 y 2.23mm en A3 (ANOVA $p < 0.001$). **Conclusiones:** Conforme aumenta la distancia entre la fuente de luz y la resina, se ve afectada la PC. Por lo tanto, alejar inadvertidamente la fuente de luz de la resina compuesta afecta negativamente el curado, reduciendo la calidad y duración del material en boca.

Palabras clave: profundidad de curado, resina, distancia de fotocurado, Norma UNE-EN-ISO 4049-2019

INTRODUCCIÓN

La resina compuesta se ha convertido en un material de primera elección para las restauraciones dentales directas debido a sus propiedades mecánicas y estéticas. El éxito clínico de las restauraciones de resina compuesta puede verse afectado por un fotocurado inadecuado del material, por lo que la parte inferior de la resina compuesta recibirá menos cantidad de luz, teniendo un grado de conversión menor (43-75%), dando como resultado menores propiedades mecánicas, mayor sorción y mayor cambio de color¹. Las propiedades ideales que deben poseer las resinas compuestas son porcentaje de contracción reducida, buena manejabilidad que le permita alcanzar todas las áreas de la preparación sin crear huecos².

Es ampliamente conocido que factores como la irradiación emitida por las unidades de fotocurado y el tiempo de exposición suministrado al material, juegan un papel importante en la calidad de fotocurado y el éxito posterior de las restauraciones de resina compuesta. Se ha considerado que 16 J/cm² que tienen entre 700 y 800 mW/cm² es la cantidad adecuada de energía para curar incrementos de hasta 2 mm de resina compuesta y tiempos de exposición de alrededor de 20 s para lograr una profundidad de curado aceptable³. La UNE-EN-ISO 4049-2019 especifica los requisitos de profundidad de curado para los materiales de restauración a base de polímeros tipo 2 (aquellos activados por energía externa) es decir fotocurados a través de luz

azul, no será menor a 2.0 mm para materiales opacos, menor a 1.5 mm para todos los demás colores, o bien no mayor a 0.5 mm por debajo del valor establecido por el fabricante⁴.

La resina compuesta fotocurada se utiliza ampliamente como material de restauración. Sin embargo, un problema persistente es que todas las partes del material deben exponerse a suficiente cantidad de luz, y que la luz sea constante y homogénea para lograr una polimerización completa, la cual puede ser medida por el grado de conversión, que en promedio oscila entre el 43% y el 75%, o bien a través de la profundidad de curado. Por lo tanto, dependen de la intensidad de la luz emitida por la unidad de fotocurado^{5,6}. Durante el proceso de polimerización de la resina compuesta, la mayor parte del monómero debe convertirse en polímeros, a través de la ruptura de doble enlace C=C, convirtiéndose en enlaces sencillos C-C. Sin embargo, esta reacción de polimerización puede verse afectada por factores, unos relacionados directamente con la resina compuesta (como el choque entre cadenas poliméricas, entrecruzamiento de cadenas) y otros relacionados con las características de las lámparas de fotocurado como una irradiancia baja (<800 mW/cm²), bajo tiempo de exposición, activación incorrecta de fotoiniciadores, lo que provoca que no se rompa correctamente el enlace doble carbono-carbono, lo que podría reducir las propiedades mecánicas y producir dolor postoperatorio⁷⁻⁹.

Para poder producir el fenómeno de fotocurado es necesaria una fuente de luz, la cual actúa como activador de los fotoiniciadores presentes en la resina compuesta¹⁰. Dentro de los principales fotoiniciadores utilizados en resinas compuestas se encuentran: la canforquinona, cuyo rango de activación oscila entre los 400-500 nm; 1 fenil-1,2 propanodiona activable entre los 360 a 480nm, y lucerina activable entre los 350 a 430nm¹¹. Por lo tanto, las lámparas de fotocurado que se utilicen deben de estar acordes con el rango de longitud de onda que requiera cada fotoiniciador^{10,12}. El fotocurado de la resina compuesta con tonos más oscuros se verá afectada debido a que los pigmentos presentes en la resina compuesta absorben o impiden el paso de la luz, por lo tanto, afectará la profundidad de curado de dicho material, por lo que se requerirán tiempos de exposición más largos^{13,14}. Por esto el objetivo de este trabajo fue comparar de la profundidad de curado de las resinas compuestas con tonos A1, A2 y A3 a 0 mm, 5 mm y 10 mm de distancia con luz emitida por diodos (LED).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluó la profundidad de curado (pc) de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 4049-2019⁴. Se midió la irradiancia de la lámpara LED (3M Elipar Deep Cure) con un radiómetro digital Bluephase Meter II (Ivoclar vivadent) que fue de 1470 mW/cm². Se prepararon 180 muestras divididas en 9 grupos (20 por cada grupo), el tono A1 corresponde a los grupos G1, G4 y G7, el tono A2 corresponde a los grupos G2, G5 y G8 y el tono A3 corresponde a los grupos G3, G6 y G9 los cuales se sometieron a 3 diferentes distancias de fotocurado para llevar a cabo la prueba de pc.

Siguiendo las especificaciones de la norma UNE-EN-ISO 4049-2019 se utilizó un portaobjetos de 20 mm por 20 mm de 2 mm de grosor, sobre el cual se colocó una cinta transparente y encima el molde de 4 mm de diámetro y 6 mm de longitud (Figura 1), se colocó con un microbrush una capa de separador de aceite de silicón en el molde, se llenó el molde con Resina Brilliant™ NG (Coltene) teniendo cuidado de que no quedaran burbujas de aire. Se sobrellenó ligeramente el molde y se colocó una segunda cinta transparente sobre la parte superior, seguida del segundo portaobjetos; se presionó el molde y las cintas transparentes entre los 2 portaobjetos de vidrio para desplazar el exceso de material, se retiró el portaobjetos y se fotocuró a una distancia de 0 mm en el grupo control y posteriormente a una distancia de 5 y 10 mm.

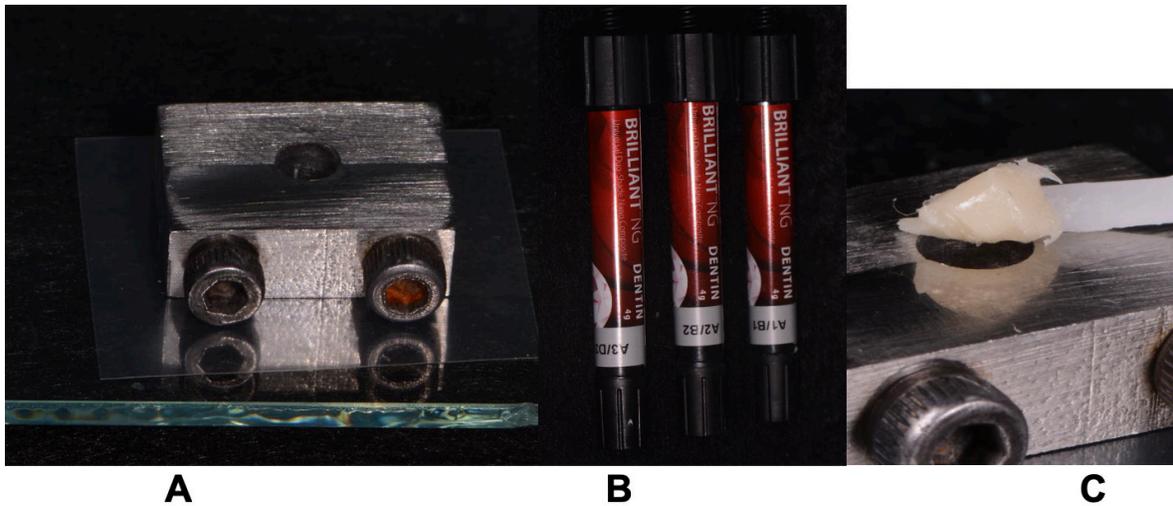


Figura 1. A. Molde sobre el cristal, B. Resina Brilliant™ NG (Coltene).
C. Colocación de la resina sobre el molde.

Para mantener la distancia entre la superficie de la resina y la fuente de luz se utilizó un tubo de vidrio con una longitud de 5 mm (Figura 2.B) y uno de 10 mm, ambos con un diámetro de 6 mm (Figura 2.C). Los grupos G1, G2 y G3 se fotocuraron colocando la lámpara directamente sobre la superficie a una distancia de 0mm (Figura 2.A), siendo considerado el grupo control siguiendo las recomendaciones de fotocurado del fabricante, los grupos G4, G5 y G6 se fotocuraron a una distancia de 5mm controlada colocando la lámpara sobre el tubo de vidrio de 5mm de longitud, y los grupos G7, G8 y G9 se fotocuraron a una distancia de 10mm colocando la lámpara sobre el tubo de vidrio (Figura 2). Cada muestra fue fotocurada durante 20 s siguiendo las instrucciones del fabricante.

Una vez terminado el proceso de fotocurado, cada muestra fue retirada del molde y el material no fotocurado se retiró con una espátula de plástico, se midió la longitud de la muestra con un micrómetro digital con una precisión de ± 0.1 mm y el valor se dividió entre dos y se registró como profundidad de curado (Figura 3).

Los datos obtenidos fueron ingresados en una base de datos en el programa estadístico SPSS v.24, se aplicó la prueba de Shapiro Wilks para determinar la normalidad de datos y posteriormente se utilizó una prueba de ANOVA con prueba Pos-Hoc de comparaciones múltiples mediante la prueba de Bonferroni. Se trabajó a un intervalo de confianza del 95%. La prueba de homogeneidad de varianzas muestra que los datos cumplen con distribución normal (0 mm $p=0.08$, 5 mm $p=0.095$ y 10 mm $p=0.211$).

RESULTADOS

Los resultados se observan en la Tabla 1 y la Gráfica 1. En la profundidad de curado a 0 mm, se observó que la resina compuesta G1=A1 obtuvo el mayor valor de 2.89 mm, en comparación con los grupos G2=A2 y G3=A3, con 2.68 y 2.63 mm respectivamente (ANOVA $p<0.001$, pos hoc Bonferroni $p<0.001$).

Cuando la distancia de fotocurado se aumentó a 5 mm, se observa el mismo comportamiento, en donde la resina compuesta A1 presentó la mayor profundidad de curado (2.77 mm)

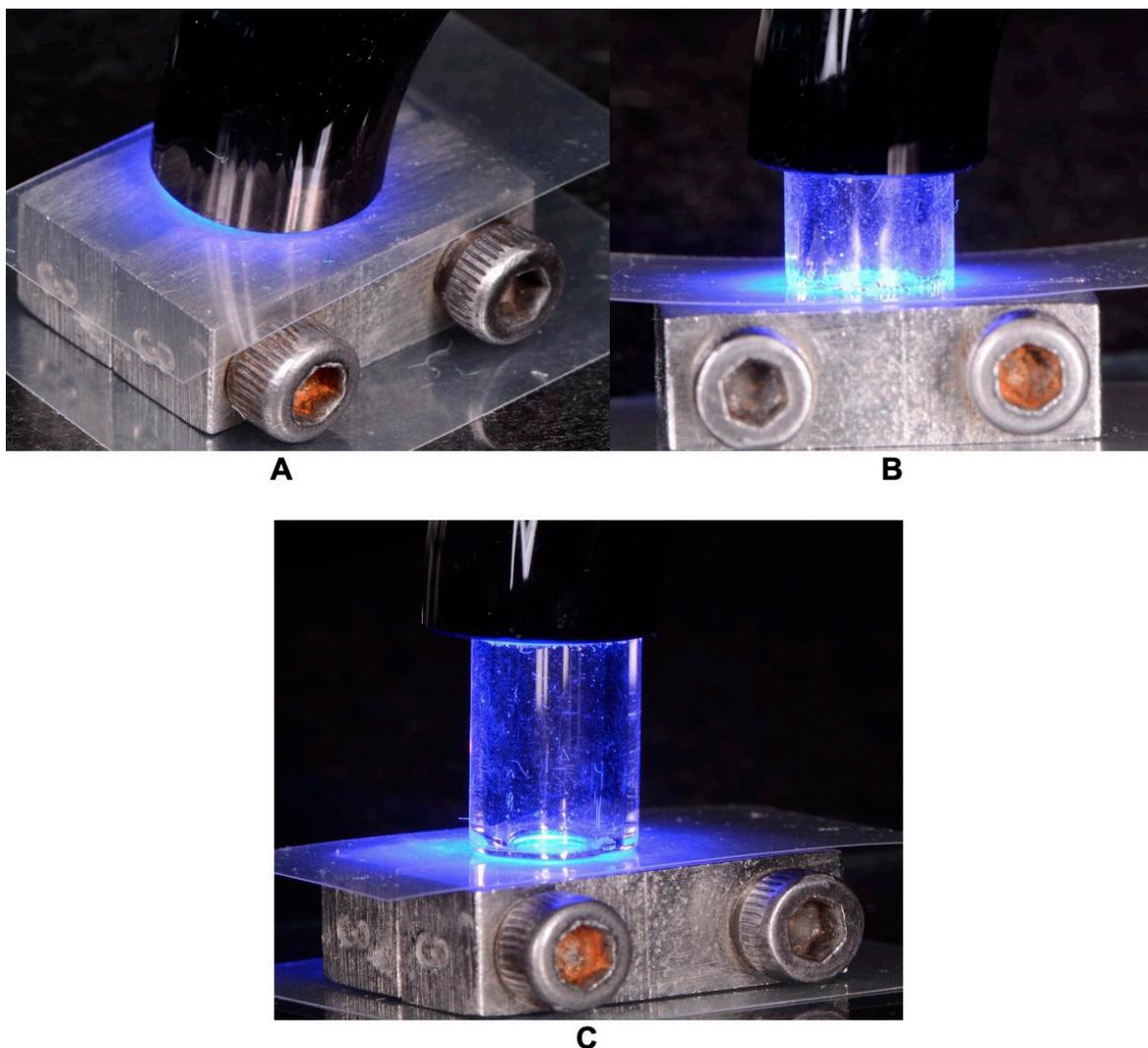


Figura 2. A Fotocurado a una distancia de 0 mm, B. Fotocurado a una distancia de 5 mm. C. Fotocurado a una distancia de 10 mm.

en comparación con los 2.47 y 2.37 mm obtenidos por los grupos G5=A2 y G6=A3 (ANOVA $p < 0.001$, pos hoc Bonferroni $p < 0.001$).

Cuando la resina compuesta aumentó a los 10mm de distancia de fotocurado, nuevamente se observa la misma tendencia. Mientras más oscura sea la tonalidad de la resina compuesta, menor es la profundidad de curado. El tono A1 obtuvo 2.65 mm, mientras que la menor profundidad fue por parte de la G9=A3 con 2.23 mm (ANOVA $p < 0.001$, pos hoc Bonferroni $p < 0.001$).

DISCUSIÓN

En este estudio fue evaluada la profundidad de curado de tres tonos de resina a tres diferentes distancias (0 mm, 5 mm, 10 mm), la prueba de profundidad de curado consistió en preparar especímenes de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE-EN-ISO 4049-2019. Una vez fotocurados se extrajeron del molde y se eliminó el material sin curar con una espátula de

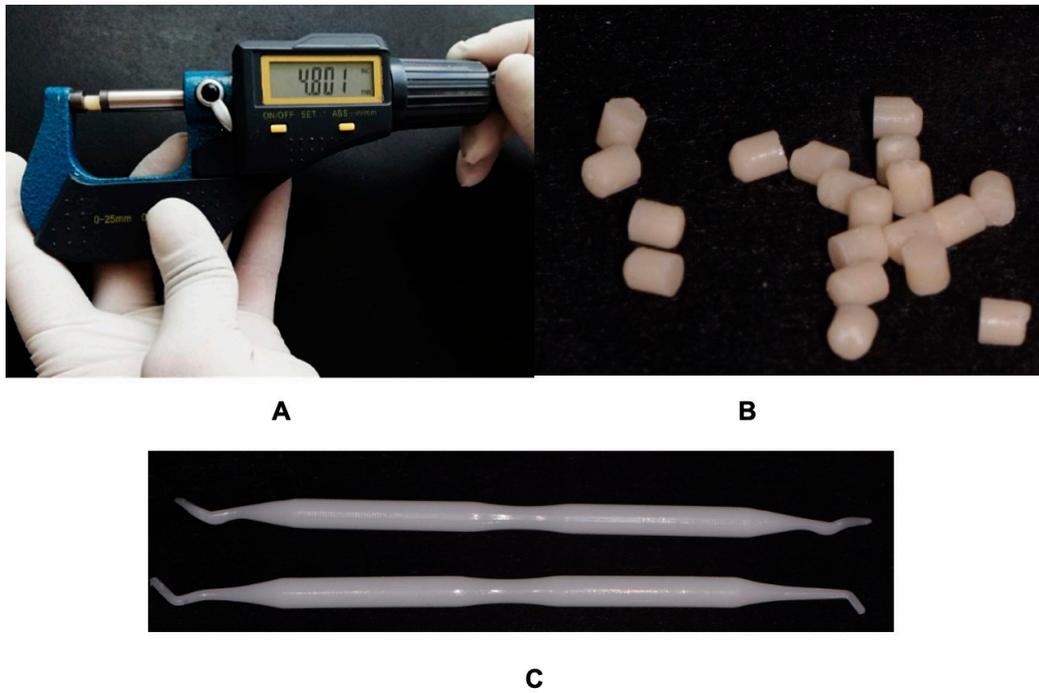


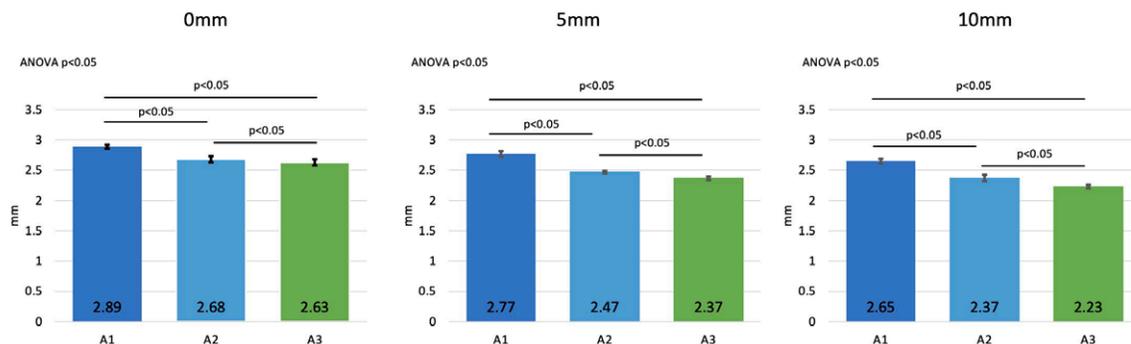
Figura 3. A. Medición de la profundidad de curado. B. Muestras y C. Espátulas de plástico para eliminar la resina no polimerizada.

Tabla 1. Promedio y desviación estándar.

n=20	0 mm		n=20	5 mm		n=20	10 mm	
Grupo/Color	Media	DE	Grupo/Color	Media	DE	Grupo/Color	Media	DE
G1=A1	2.89	0.03	G4=A1	2.77	0.05	G7=A1	2.65	0.04
G2=A2	2.68	0.05	G5=A2	2.47	0.02	G8=A2	2.37	0.05
G3=A3	2.63	0.05	G6=A3	2.37	0.03	G9=A3	2.23	0.03

Pie de tabla: DE: desviación estándar. ANOVA $p < 0.001$, prueba pos hoc Bonferroni $p < 0.01$, se encontraron diferencias estadísticas entre los tres grupos al ser comparados por distancia, $n=20$. Las letras minúsculas iguales indican que no hay diferencias estadísticas.

Gráfica 1. Promedio de la profundidad de curado a una distancia de 0 mm, 5 mm y 10 mm, $n=20$.



Pie de gráfica: ANOVA $p < 0.05$, pos hoc prueba de Bonferroni $p < 0.05$, se observaron diferencias estadísticamente significativas por cada color.

plástico. Con un micrómetro digital se midió la altura del cilindro del material curado y el valor obtenido se dividió en dos, por lo que con base en nuestros resultados reportamos una correlación indirectamente proporcional entre la distancia y la profundidad de curado, es decir: a mayor distancia de la punta de luz respecto de la superficie de la resina, menor profundidad de curado; a menor distancia de la punta de luz a la superficie de la resina mayor profundidad de curado; así mismo se observó una correlación entre la profundidad de curado y el tono de resina, es decir: a mayor pigmentación (A3) menor profundidad de curado, a menor pigmentación (A1) mayor profundidad de curado.

Ferracane *et al.*¹⁵ determinaron la profundidad de curado mediante mediciones de dureza y grado de conversión de resinas compuestas. En su estudio observaron que el tono más claro presentó una mayor profundidad de curado en comparación con los tonos más oscuros. Sin embargo, también sugieren que la profundidad de curado de las resinas compuestas activadas por luz puede depender menos del tono que de otros factores, como la translucidez. Esta investigación concuerda con la nuestra en cómo se ve afectada la profundidad de curado con el tono de la resina. Cabe señalar que la metodología utilizada y los materiales eran diferentes a los utilizados en nuestra investigación.

Shortall¹⁶ menciona que la profundidad de curado se verá directamente influenciada por el tono, la translucidez y la opacidad de la resina, dando la recomendación clínica de que cuanto más pigmentada y opaca sea la resina, mayor tiempo de aplicación de luz será necesaria. Coincidimos en que la profundidad de curado se ve disminuida cuanto más oscuro sea el tono del color de la resina.

AlQahtani *et al.*¹⁷ mencionan que a mayor profundidad existen menor cantidad de fotones capaces de atravesar el material de resina, lo que significa, una menor capacidad de fotocurado, con lo que coincidimos ya que concuerdan con nuestros resultados a pesar de utilizar una metodología diferente.

CONCLUSIÓN

La profundidad de curado disminuye conforme aumenta la distancia entre la fuente de luz y la superficie de la resina compuesta. Por lo tanto, el alejar inadvertidamente la fuente de luz de las resinas compuestas afecta negativamente su curado reduciendo la calidad y duración del material en la boca. Se observó que la profundidad de curado disminuye conforme el tono de la resina compuesta es más oscuro (A3) y aumenta cuando el tono es más claro (A1).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Romano BDC, Soto-Montero J, Rueggeberg FA, Giannini M. Effects of extending duration of exposure to curing light and different measurement methods on depth-of-cure analyses of conventional and bulk-fill composites. *Eur J Oral Sci.* 2020; 128(4): 336-344. DOI: 10.1111/eos.12703
2. Aggarwal N, Jain A, Gupta H, Abrol A, Singh C, Rapgay T. The comparative evaluation of depth of cure of bulk-fill composites - An *in vitro* study. *J Conserv Dent.* 2019; 22(4): 371-375. DOI: 10.4103/JCD.JCD_453_18
3. Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2018; 30(6): 492-501. DOI: 10.1111/jerd.12394

4. UNE-EN-ISO 4049-2019, Odontología. Materiales de restauración de polímeros, Madrid, 2020. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0063600>
5. Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring — a review. *Dent Mater.* 2011; 27(1): 39-52. DOI: 10.1016/j.dental.2010.10.021
6. Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent.* 2008; 21(3): 135-142. <http://www.amjdent.com/Archive/2008/Kraemer-June2008.pdf>
7. Lempel E, Czibulya Z, Kovács B, Szalma J, Tóth Á, Kunsági-Máté S, et al. Degree of conversion and BisGMA, TEGDMA, UDMA elution from flowable bulk fill composites. *Int J Mol Sci.* 2016; 17(5): 732. DOI: 10.3390/ijms17050732
8. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater.* 2013; 29(9): e213-e217. DOI: 10.1016/j.dental.2013.05.011
9. Yap AU, Soh MS. Curing efficacy of a new generation high-power LED lamp. *Oper Dent.* 2005; 30(6): 758-763. PMID: 16382599
10. Tarle Z, Knezevic A, Demoli N, Meniga A, Sutaloa J, Unterbrink G, et al. Comparison of composite curing parameters: effects of light source and curing mode on conversion, temperature rise and polymerization shrinkage. *Oper Dent.* 2006; 31(2): 219-226. DOI: 10.2341/05-15
11. Nomoto R, McCabe JF, Hirano S. Comparison of halogen, plasma and LED curing units. *Oper Dent.* 2004; 29(3): 287-294. PMID: 15195729
12. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res.* 2017; 31(suppl 1): e61. DOI: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0061
13. Imazato S, Torii Y, Takatsuka T, Inoue K, Ebi N, Ebisu S. Bactericidal effect of dentin primer containing antibacterial monomer methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (MDPB) against bacteria in human carious dentin. *J Oral Rehabil.* 2001; 28(4): 314-319. DOI: 10.1046/j.1365-2842.2001.00659.x
14. Price RBT. Light Curing in Dentistry. *Dent Clin North Am.* 2017; 61(4): 751-778. DOI: 10.1016/j.cden.2017.06.008
15. Ferracane JL, Aday P, Matsumoto H, Marker VA. Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins. *Dent Mater.* 1986; 2(2): 80-84. DOI: 10.1016/s0109-5641(86)80057-4
16. Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil.* 2005; 32(12): 906-911. DOI: 10.1111/j.1365-2842.2005.01523.x
17. AlQahtani MQ, Michaud PL, Sullivan B, Labrie D, AlShaafi MM, Price RB. Effect of high irradiance on depth of cure of a conventional and a bulk fill resin-based composite. *Oper Dent.* 2015; 40(6): 662-672. DOI: 10.2341/14-244-L