

INFLUENCIA DE LA LUMINOSIDAD DE LAS RESINAS COMPUESTAS DE ALTO VALOR EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO

Influence of the luminosity of high-value composite resins on the cure depth

POR


ALEJANDRO **SÁNCHEZ RANGEL**¹

ROBERT **RAMÍREZ MOLINA**²

1. Odontólogo. Práctica privada. Odontólogo. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. od.alejandrosanchez@gmail.com.

 orcid.org/0009-0008-9978-5747

2. PhD en Biomateriales Dentales. UB, Argentina, Esp. Rehabilitación Bucal. Prof. Departamento de Restauradora y del posgrado de Rehabilitación Bucal. Facultad de Odontología, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. robertaramirez73@gmail.com.

 orcid.org/0000-0002-0994-30780d.

Autor de correspondencia: Alejandro Sánchez Rangel. od.alejandrosanchez@gmail.com. Dirección, Cel: +58 412 6487272

Cómo citar: Sánchez Rangel A, Ramírez Molina R. Influencia de la luminosidad de las resinas compuestas de alto valor en la profundidad de curado. ROLA, 2026; 21(2): 44-59.



Resumen

Actualmente, las resinas compuestas han tenido gran evolución en sus propiedades tanto mecánicas como ópticas, brindando soluciones más fáciles, funcionales y sobre todo altamente estéticas, razón que sustenta su alta demanda en los tratamientos en el sector anterior. Las resinas compuestas más utilizadas para dicho fin son las resinas de alto valor. Cuando se realizan restauraciones directas en el sector anterior, el operador maneja espesores de resina variados, sin tomar en cuenta que estas tienden a reflejar más la luz, viéndose afectada la profundidad de curado de las mismas, conllevando a un posible fracaso. Bajo este contexto, se planteó determinar el grado de correlación entre la profundidad de curado y los diferentes grados de luminosidad de las resinas compuestas. Para ello, la presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y cuasiexperimental; las muestras fueron diferentes tonalidades de resina compuesta de la marca 3M serie Z350 (XWB, WE, CTT, A2E, B1E) y Z250 A2, donde se determinó la profundidad de curado siguiendo el método de la norma ISO 4049. Se tomaron fotografías y se evaluaron en Adobe Photoshop CC y Digital Color Meter, obteniendo el valor de L con el fin de realizar la correlación entre profundidad de curado y la luminosidad. En cuanto a los resultados de profundidad de curado, CTT obtuvo 11,49 mm, XWB 6,72 mm, Z-250 A2 obtuvo 7,37 mm, siendo similar a A2E con 7,72 mm y cercano a B1E con 8,14 mm, mientras que WE alcanzó una profundidad de 9,13 mm. Respecto a la luminosidad, XWB mostró el mayor promedio con 72,10; CTT obtuvo la menor con 30,85; el grupo control obtuvo una luminosidad media con 62,46, seguido por B1E con 63,55, A2E con 60,19 y WE con 57,82. Finalmente, se concluyó confirmando la existencia de una correlación inversamente proporcional con un valor de 93% y un peso de 88%. **PALABRAS CLAVE (DeCS):** profundidad de curado, resinas compuestas, luminosidad.

Abstract

Currently, composite resins have undergone a significant evolution in both their mechanical and optical properties, providing simpler, functional, and, above all, highly aesthetic solutions, which justifies their high demand for treatments in the anterior sector. The composite resins most commonly used for this purpose are high-value resins. When performing direct restorations in the anterior sector, the operator manages varying resin thicknesses without considering that these tend to reflect more light, thereby affecting their depth of cure and leading to a potential failure. Within this context, the aim was to determine the degree of correlation between the depth of cure and the different degrees of luminosity of composite resins. To this end, the present research followed a quantitative approach with a correlational and quasi-experimental scope; the samples consisted of different shades of 3M Z350 series composite resin (XWB, WE, CTT, A2E, B1E) and Z250 A2, where the depth of cure was determined following the ISO 4049 standard method. Photographs were taken and evaluated in Adobe Photoshop CC and Digital Color Meter, obtaining the L value in order to perform the correlation between depth of cure and luminosity. Regarding the depth of cure results, CTT obtained 11,49 mm, XWB 6,72 mm, and Z-250 A2 obtained 7,37 mm, being similar to A2E with 7,72 mm and close to B1E with 8,14 mm, while WE reached a depth of 9,13 mm. Regarding luminosity, XWB showed the highest average with 72,10; CTT obtained the lowest with 30,85; the control group obtained a medium luminosity of 62,46, followed by B1E with 63,55, A2E with 60,19, and WE with 57,82. Finally, it was concluded by confirming the existence of an inversely proportional correlation with a value of 93% and a weight of 88%.

KEYWORDS (MeSH): depth of cure, composite resins, luminosity.

Introducción

De los componentes del color, la cantidad de luz es el componente que más fácil se puede detectar; a esta se le denomina valor o luminosidad y se define como el grado de claridad-oscuridad o la cantidad de gris que posee un determinado color¹. Cuanto mayor es el valor, más opaco o blanquecino será el objeto y reflejará la luz, mientras que, a menor valor, será más translúcido o grisáceo y absorberá la luz. La translucidez y la luminosidad son características que poseen las resinas compuestas que, dependiendo de qué tanto posean una o la otra, ofrecerán a la restauración resultados muy naturales, razón por la cual hoy día son los materiales más utilizados debido a la evolución de sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y ópticas²⁻⁶.

Actualmente, el conocimiento de las propiedades ópticas es imposible de obviar, ya que la tendencia es buscar restauraciones naturales mediante la técnica directa⁷. Por esta razón, actualmente se utilizan las cámaras digitales y software específicos como Photoshop y el sistema de color CIELab, el cual representa una herramienta eficaz en la determinación del color, ya que correlaciona la percepción visual humana con valores numéricos para comunicar y expresar el color de una forma objetiva; para ello, se determinan los valores de L^* , a^* y b^* . El parámetro L corresponde a la luminosidad, mientras que a y b corresponden al tono⁸.

En cuanto a la profundidad de curado, es una medida de la eficiencia de la polimerización, la cual determina que tanto espesor puede poseer un cuerpo de resina fotopolimerizable⁵. Se sabe que está se ve afectada por múltiples factores, siendo uno de ellos el tono de las resinas, ya que el color se logra gracias a modificadores ópticos que corresponden normalmente a óxidos metálicos, estos son agregados en pequeñas cantidades y ajustados para asemejar los tejidos de esmalte o dentina, también se emplean como opacificadores el dióxido de titanio y óxido de aluminio en cantidades muy pequeñas debido a que son altamente eficaces, por lo que se debe considerar que los tonos más oscuros y opacos de resinas de fotocurado, requerirán un mayor tiempo de exposición o de capas más delgadas para lograr una completa polimerización^{6,9}.

Diversos estudios determinaron que los tonos más oscuros fotocuraron menos que los claros. Pero también existen otros estudios donde concluyeron que la luminosidad podría ser un factor más determinante en la profundidad de curado que el tono de las mismas. Al ser las resinas de alto valor las más utilizadas en el sector anterior, el operador debe manejar diversos espesores sin tomar en cuenta que estas tienden a reflejar más la luz que las convencionales, afectando la calidad del curado, ya que la luz de la lámpara sería reflejada y no absorbida por el material, llevando a un posible fracaso de la restauración.

Al respecto, Shortall⁹ describió que las resinas más opacas y de alto valor lumínico presentaron menor nivel de profundidad de curado, determinando que la luminosidad es un factor mucho más predecible que el color.

Por otro lado, Matsumoto *et al.*¹⁰ concluyeron que la translucidez del material es un factor más determinante que la sombra al momento de predecir la profundidad de curado.

Así mismo, Borges *et al.*¹¹ obtuvieron que los materiales más opacos presentaban menor grado de conversión de monómeros y por lo tanto menor profundidad de curado en relación a los más translúcidos.

Esta temática ha sido la protagonista de un sinnúmero de estudios, ya que el éxito de una restauración, dependerá de varios factores, siendo uno de los principales el fotocurado ideal de las resinas, sin embargo, existen discrepancias en lo que determina esta profundidad de curado, existiendo dos corrientes, una afirma que el tono (color) de las resinas será el aspecto más importante a considerar y la otra, toma en cuenta la luminosidad de las resinas compuestas.

Sin embargo, a pesar de que existen múltiples investigaciones, aún en la actualidad se presentan dudas con respecto al dominio de una de las dos corrientes; además, en Venezuela, hasta la fecha no se encontraron estudios que expongan esta temática. Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue determinar el grado de correlación entre la profundidad de curado y los diferentes grados de luminosidad de las resinas compuestas.

Metodología

La presente investigación, tuvo un enfoque cuantitativo, de alcance correlacional-comparativa y transversal con diseño experimental. lumínicas que presentó cada muestra, también, dicho estudio buscó establecer relación entre la luminosidad de las resinas compuestas y la profundidad de curado de las mismas. Se utilizaron diferentes tonalidades de resinas compuestas de la marca 3M serie Z350 como grupo experimental:

CTT (efecto) lot. NE27310 vcto. 2024-02-04, A2 (esmalte) lot. NE37121 vcto. 2024-06-10, B1 (esmalte) lot. NC82916 vcto. 2023-02-30, W (esmalte) lot. NE38014 vcto. 2024-02-04, XW (body) lot. NC15170 vcto. 2023-02-13

Como grupo control se utilizó un tono de resinas compuestas marca 3M serie Z250: A2 lot. NE16241 vcto. 2024-03-02

Los criterios de inclusión fueron: Muestras con diámetro constante de (+/-)2 mm, ya que la profundidad dependerá de la capacidad de la profundidad de curado: muestras fotocuradas con lámpara LED 3M ESPE® Elipar de 1200mW/cm² previamente cargada durante toda la noche. Los criterios de exclusión fueron: muestras sometidas a fuentes de luz externas antes de la medición, muestras que caigan al suelo.

Se consideraron variables independientes, dependientes e intervinientes. Las variables independientes: los diversos tonos de resina compuesta, confeccionadas por la misma marca 3M-Z350®: CTT, A2, B1, W y XWB. La variable dependiente: profundidad de curado medida en milímetros, y la variable interviniente: estado de carga de la unidad de fotopolimerización. Para la técnica de instrumentación y de recolección de datos se utilizó la observación directa asistida técnicamente, mediante el uso de un vernier electrónico con sensibilidad de 0.1 mm, cámara fotográfica Nikon® 5300 y el programa Adobe Photoshop CC®.

Los Materiales, equipos e instrumentos utilizados fueron: Resinas 3M-Z350® (tonos CTT, A2, B1, W, XW), moldes de silicona por condensación de 2 mm de diámetro por 1,5 cm de profundidad, bandas de matriz mylar®, lámpara LED de fotocurado marca 3M espe®, espátula plástica, vernier electrónico con sensibilidad de 0.1 mm, molde de silicona sintética para composite fotopolimerizables marca Smile line® (my shade guide), kit de pulido para resina compuesta, micromotor, cámara fotográfica Nikon 5300, lente macro 100 mm, twin flash, filtro polarizador, computadora con Adobe Photoshop CC, Microsoft Excel y SPSS IBM 2019.

Se crearon 5 grupos de trabajo y un grupo control, cada uno de ellos estuvo conformado de acuerdo al tono o color de cada resina; dispuestas de la siguiente manera:

Muestras de resina: 3M-Z350 tono ATT, 3M-Z350 tono A2E, 3M-Z350 tono B1E, 3M-Z350 tono WE, Muestras de resina 3M-Z350 tono XWB, Muestras de resina 3M-Z250 tono A2 (grupo control)

Cada uno de los grupos de estudio contó con 10 muestras de resina del tono específico, para un total de 50 especímenes. El grupo control contó con 10 muestras.

Para la elaboración de las muestras se siguió el protocolo establecido por la norma ISO 4049, por lo que se procedió a empaquetar las resinas compuestas en moldes de silicona por condensación de 2 mm de diámetro por 1,5 cm de profundidad, luego, se condensaron meticulosamente con el fin de evitar burbujas de aire o imperfecciones en las muestras, se limpió el material excedente y se cubrieron por el extremo superior con bandas de matriz de mylar®. Posteriormente se procedió a fotocurar las muestras con una lámpara LED marca 3M ESPE Elipar 1200mW/cm² por 40 segundos, posicionando la fibra óptica sobre la banda matriz de mylar®, luego se retiraron las muestras de los moldes y se removió el material blando no curado con una espátula de resina.

Luego de retirar el material que no fotocuró, se utilizó el vernier electrónico con sensibilidad de 0,1 mm, y se procedió a la medición de las muestras.

Para determinar el valor, se realizaron 3 muestras por cada tono de resina compuesta, para un total de 18 especímenes. Este procedimiento se llevó a

cabo utilizando el molde de silicona sintética para composite fotopolimerizable (my shade guide) marca Smile Line®, cada muestra se fotopolimerizó por 40s, luego se procedió a pulir cada una de ellas con el kit de pulido para resinas. Posteriormente, con la cámara digital marca Nikon5300, con lente macro de 100 mm, un filtro polarizador y los twin flash y colocada en un trípode a una distancia de 40 cm de la muestra, se tomaron las fotografías de las muestras, colocándolas de forma vertical en una base de cera de utilidad. Seguidamente, se tomaron 3 fotos por cada muestra para un total de 54 fotografías, las cuales, fueron vaciadas en la computadora y se revelaron con Adobe Camera Raw®, luego, cada una se guardó en formato PNG, y luego analizadas con el programa Digital Color Meter con el fin de obtener los valores de L^* representando la luminosidad, siendo 0 el negro y 100 el blanco^{8,13}.

Esta investigación consideró los principios éticos, al dotarla con resultados confiables y replicables de manera tal que, los mismos no fueron alterados a conveniencia del investigador y no se presentaron conflictos de interés.

Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y fueron llevados al paquete estadístico SPSS IBM versión 2019, se utilizó la estadística descriptiva en donde se determinaron las medias y las desviaciones estándar de cada grupo, a través de la estadística inferencial se realizaron análisis de varianza de una vía para las variables profundidad de curado y luminosidad, con el objetivo de determinar las diferencias estadísticamente significativas o aleatorias existentes; además, se realizó una regresión lineal para así obtener el valor de p (probabilidad), el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación y el signo de la correlación. El valor de “p” quedó preestablecido en 0,05.

Resultados

En la **TABLA 1**, se observa la estadística descriptiva, donde la medida de tendencia central, el promedio y la medida de dispersión (desviación estándar) de la profundidad de curado son expresadas en milímetros. Los valores fueron indicados de menor a mayor, donde, la resina XW Body tiene un promedio de profundidad de curado de 6,72 (0,26) mm, le sigue el grupo control A2 Z250 con 7,37 (0,19) mm, luego la resina A2 Esmalte con un promedio de 7,72 (0,26) mm, luego la resina B1 Esmalte con 8,14 (0,29) mm, siguiendo con la resina W Esmalte con un curado de 9,13 (0,22) mm, y por último la muestra CT Translúcido con un promedio de 11,49 (0,59) mm de profundidad de curado.

En la **TABLA 2**, se observa una prueba de hipótesis para comparar los diferentes grupos en relación con la profundidad de curado, expresada en milímetros en función del tono de resina, obteniendo un valor de $p \leq 0,05$; indicando que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio.

TABLA 1. Estadística descriptiva para la variable profundidad de curado (mm) en función del tono de resina compuesta.

Profundidad mm								
	N	Promedio	Desv. Estandar	Error Std.	95% Intervalo de Confianza para el Promedio		Minimo	Maximo
					Limite inf	Limite sup.		
A2E	10	7,7230	,26675	,08435	7,5322	7,9138	7,37	8,16
B1E	10	8,1420	,29446	,09312	7,9314	8,3526	7,71	8,57
WE	10	9,1330	,22316	,07057	8,9734	9,2926	8,82	9,40
CTT	10	11,4970	,59602	,18848	11,0706	11,9234	10,01	12,17
A2_Z250	10	7,3770	,19015	,06013	7,2410	7,5130	6,96	7,55
XWB	10	6,7210	,23072	,07296	6,5560	6,8860	6,42	7,22
Total	60	8,4322	1,59979	,20653	8,0189	8,8454	6,42	12,17

TABLA 2. ANOVA de 1 Vía para profundidad de curado (mm) en función al tono de resina compuesta.

ANOVA					
Profundidad mm					
	Suma de Cuadrados	df	Promedio de Cuadrados	F	Sig.
Entre Grupos	145,130	5	29,026	266,987	,000
Dentro de Grupos	5,871	54	,109		
Total	151,000	59			

En la **TABLA 3** se puede observar una prueba HSD Tukey para determinar entre qué grupos hubo diferencias. Se observó que las muestras se agruparon en 5 columnas en donde la resina XW Body obtuvo la menor profundidad de curado, con un promedio de 6,72 mm, siendo menor y diferente a la muestra A2 Z250 con un valor de 7,37 mm, el cual no tuvo diferencias con la resina A2 Esmalte cuyo valor es de 7,72 mm. La muestra B1 Esmalte, con un promedio de 8,14 mm, no mostró diferencias significativas con el grupo anteriormente mencionado. La resina W esmalte con un valor de 9,13 mm, es menor y diferente a la resina CT Translúcido, la cual obtuvo mayor profundidad de curado con un valor promedio de 11,49 mm.

La **TABLA 4**, muestra la estadística descriptiva de la luminosidad (L), donde, la medida de tendencia central utilizó el promedio y la medida de dispersión (desviación estándar), los valores de L fueron ordenados de menor a mayor, donde la resina CT Translúcido, enseña un delta L de 30,85 (1,9), le sigue la resina WE esmalte, con un promedio de L de 57,82 (1,6), continúa la resina A2 Esmalte con un valor de 60,19 (2,1), la siguiente es la resina A2 Z250 (grupo control), con un valor de L de 62,46 (1,08), posteriormente la muestra B1 Esmalte con 63,55 (1,1), y finalizando con la resina XW Body con un promedio de L de 72,10 (1,5), siendo esta, la muestra más opaca.

En la **TABLA 5** se observa una prueba de hipótesis para determinar la correlación entre las variables profundidad de curado y luminosidad. El valor de $p \leq 0,05$ concluye que hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio.

TABLA 3. Tukey HSD para profundidad de curado en función a tono de resina compuesta expresado en mm.

Profundidad_mm							
	Composite	N	Subconjunto para Alfa = 0.05				
			1	2	3	4	5
Tukey HSD ^a	XWB	10	6,7210				
	A2_Z250	10		7,3770			
	A2E	10		7,7230	7,7230		
	B1E	10			8,1420		
	WE	10				9,1330	
	CTT	10					11,4970
	Sig.			1,000	,194	,066	1,000

TABLA 4. Estadística descriptiva para la variable luminosidad expresada en delta L en función del tono de resina compuesta.

	N	Promedio	Desv. Estandar	Error Est.	95% Intervalo de Confianza para el Promedio		Minimo	Maximo
					Limite inf.	Limite Sup.		
					A2E	10		
B1E	10	63,55289	1,196348	,378319	62,69707	64,40870	61,105	65,179
WE	10	57,82278	1,679313	,531045	56,62147	59,02409	54,926	60,791
CTT	10	30,85011	1,986946	,628328	29,42874	32,27149	28,377	33,275
A2_Z250	10	62,46400	1,089577	,344554	61,68456	63,24344	60,983	63,941
XWB	10	72,10778	1,508615	,477066	71,02858	73,18698	69,211	74,250
Total	60	57,83250	13,058670	1,685867	54,45909	61,20591	28,377	74,250

TABLA 5. ANOVA de 1 vía para la variable luminosidad en función del tono de resina compuesta expresada en delta L.

ANOVA					
	Suma de Cuadrados	df	Promedio de Cuadrados	F	Sig.
Entre Grupos	9915,996	5	1983,199	737,515	,000
Dentro de Grupos	145,208	54	2,689		
Total	10061,203	59			

La **TABLA 6** enseña una prueba HSD Tukey para la variable L. Con la finalidad de determinar entre qué grupos hubo diferencias; las muestras se agruparon en 5 columnas en donde la resina con menor luminosidad fue la CT Translúcido, con un delta L de 30,85, siendo menor y diferente a la resina WE esmalte, con 57,82. El cual también es menor y diferente a la resina A2 Esmalte, con delta L de 60,19. Le sigue la resina A2 Z250 (grupo control), con un valor de L de 62,46, el cual no mostró diferencias con la muestra B1 Esmalte, con un delta L de 63,55, finalizando con la resina XW Body con 72,10, siendo la muestra más luminosa y por ende opaca.

La **TABLA 7** muestra que el coeficiente de correlación R es de 0,939, siendo del 93%; el coeficiente de determinación R² es de 0,88, siendo del 88%, esto quiere decir que la variable profundidad de curado depende en un 88% de la variable L y el valor de p= 0,000 es estadísticamente significativo.

En la **TABLA 8** se observa que la variante determinante (L) tiene signo del pendiente negativo, es decir que la correlación es inversamente proporcional; a mayor luminosidad de la resina compuesta, menor profundidad de curado de esta. Esta relación se observa mejor en la **FIGURA 1**.

TABLA 6. Tukey HSD para la luminosidad en función del tono de resina compuesta expresada en delta L

L							
	Composite	N	Subconjunto para Alfa = 0.05				
			1	2	3	4	5
Tukey HSD ^a	CTT	10	30,85011				
	WE	10		57,82278			
	A2E	10			60,19744		
	A2_Z250	10				62,46400	
	B1E	10				63,55289	
	XWB	10					72,10778
	Sig.			1,000	1,000	1,000	,675

TABLA 7. Regresión lineal para la variable profundidad de curado (mm) en función a la luminosidad (delta L)

Modelo Resumen									
Modelo	R	R Cuadrado	R Cuadrado Ajustado	Error Std. de la Estimación	Change Statistics				
					R Cuadrado Ajustado	F Ajustado	df1	df2	Sig. F Ajustado
1	,939 ^a	,882	,880	,55513	,882	431,998	1	58	,000

a. Predictores: (Constante), L

luminosidad y el valor de p = 0,000 siendo estadísticamente significativo.

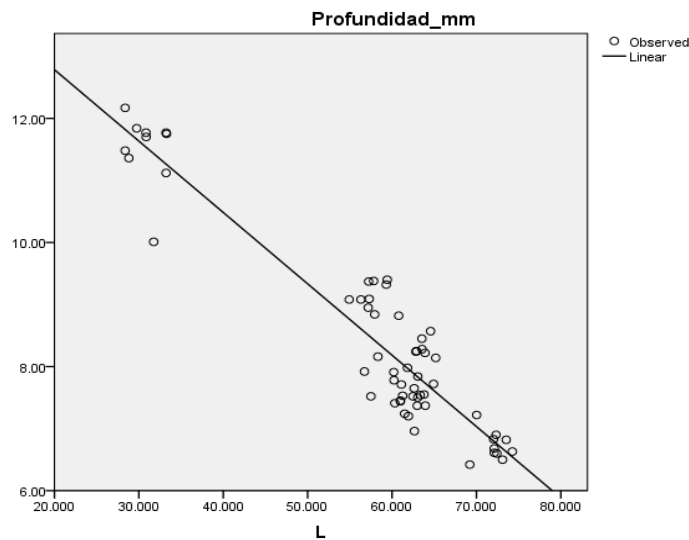
TABLA 8. Función generada por la regresión lineal.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes Estandarizados	t	Sig.
		B	Error Std.	Beta		
1	(Constante)	15,085	,328		45,991	,000
	L	-,115	,006	-,939	-20,785	,000

a. Variable Dependiente: Profundidad_mm

En la **FIGURA 1**, se puede apreciar que la correlación inversamente proporcional.

FIGURA 1. Función de la regresión.



Discusión

La profundidad de curado, es una medida de la eficiencia de la polimerización que determina el espesor que puede tener un cuerpo de resina fotopolimerizable. La profundidad de curado de una resina compuesta, depende de varios factores que involucran tanto a la composición del material, como a la fuente de luz; lo que comprende el tipo, la concentración, la calidad y el tiempo de iluminación de la luz activadora, así como también, la dirección y la distancia de la luz con respecto al composite, el tipo y tamaño de las partículas de relleno, sistema iniciador-activador, el color del composite, los modificadores ópticos y los opacificadores⁶. Algunos autores han informado que los tonos más oscuros de resinas no curan a la misma profundidad que los tonos más claros^{14,15}; sin embargo, otros autores afirman que esto no es un factor relevante en el curado de una resina^{9,10}, lo que conduce a pensar sobre este problema y a analizar otros factores asociados al color y sus dimensiones, dentro de ellos se encuentra la luminosidad, conocida también como valor o brillo, esta es la dimensión acromática del color; es decir, no depende de los pigmentos y se define como la capacidad que tiene una superficie de absorber o reflejar la luz, entonces un objeto con alto valor posee mayor opacidad y luminosidad, lo que se traduce en mayor reflexión de luz. Mientras que un objeto con bajo valor será más translúcido, ya que transmite más luz a través de su estructura^{1,7,16}. Esto afectará la capacidad que tiene la restauración de absorber o reflejar la luz.

Existen varios sistemas disponibles para determinar y evaluar el color de los diferentes materiales restauradores, dentro de los dispositivos más utilizados están los colorímetros, que determinan de forma directa el color, al medir valores triestímulo utilizando tres filtros de colores del campo visible (rojo, verde y azul); por ello, los colorímetros no registran la reflectancia espectral, por lo que no son tan precisos, son fáciles de utilizar y no son costosos. Los espectrofotómetros se encuentran entre los más exactos y útiles para la determinación del color, ellos miden la cantidad de energía reflejada por un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro de luz visible; lamentablemente, son costosos, lo que limita su adquisición. También, están las cámaras digitales junto a programas de edición, ampliamente empleadas como herramientas para la selección de color; la ventaja de este método, es que la cámara graba los tres colores primarios en cada ubicación de píxel, permitiendo obtener el color real de un objeto fotografiado; además, las imágenes producidas a través de ella se analizan utilizando softwares de formación de imágenes, lo que admite la valoración del color de las imágenes analizadas. Este proceso es mucho más económico que el uso de espectrofotómetros o colorímetros; además, es una gran forma de registrar el tratamiento de los pacientes, son equipos de fácil uso, multipropósito, económicos y ampliamente disponibles. Algunos estudios^{17,18}, afirman que el análisis instrumen-

tal del color dental es hasta un 33% más preciso que el empleo del método visual del color, por lo que estas técnicas se posicionan como las principales al momento de determinarlo.

El presente estudio determinó la luminosidad de las muestras empleadas a través del uso de cámara digital y los programas Adobe Photoshop CC®, debido al fácil acceso a los equipos anteriormente mencionados y al dominio de la técnica fotográfica por parte de los operadores, es un método estandarizado y fue empleado por Orrala *et al.*¹⁹, al analizar la efectividad de la fotografía digital en la toma de color dental, mediante un test de selección de color con visualización directa, y otro test utilizando la técnica de fotografía digital y Photoshop CC®, encontrando que la toma de color mediante la fotografía digital da resultados más fiables. Gurrea *et al.*²⁰ evaluaron la variabilidad del color en el tono A entre diferentes tipos de guía vita, usaron una cámara digital Canon EOS 60D® y software Adobe Photoshop CC®, ellos reportaron diferencias significativas entre las guías estudiadas.

La profundidad de curado puede evaluarse directa o indirectamente, los métodos directos evalúan el grado de conversión, como la espectroscopía infrarroja o espectroscopía láser, estos métodos no han sido aceptados para uso rutinario por su complejidad, costo y el tiempo prolongado requeridos²¹. Los métodos indirectos para evaluar la profundidad de curado han incluido raspado y pruebas de dureza superficial, estos generalmente siguen la norma ISO 4049, un protocolo que consta en llevar la resina compuesta a un molde de 2 mm de diámetro y 10 mm o más de profundidad, se procede a fotopolimerizar, luego se retira el compuesto del molde, se elimina entonces el material sin polimerizar y se mide la profundidad obtenida con un micrómetro electrónico con una sensibilidad de 0,01 mm⁶. Esto es aceptado como el método de elección al momento de definir la profundidad de curado en resinas compuestas, por ello se empleó en el presente experimento, al igual que lo observado en el estudio de Moore *et al.*²² quienes determinaron la profundidad de curado de tres tonos de resinas diferentes (B1, A3 y D3) en distintas viscosidades siguiendo este protocolo, concluyendo que la profundidad de curado está fuertemente ligada a la opacidad del material, pues las resinas B1 tuvieron el mayor curado, seguidas por las D3 y finalmente las A3. Asimismo, la investigación de Flury *et al.*²³ evaluó la profundidad de curado determinada por el método ISO 4049 y los perfiles de microdureza Vickers en materiales bulk fill, las resinas Quixfill® obtuvieron un mayor curado y las Filtek Silorane® reflejaron menor profundidad, los autores observaron diferencias entre ambos métodos, encontrando que la norma ISO 4049 proyectó una mayor profundidad de curado que los perfiles de Vickers.

En la presente investigación, se realizaron estudios en resinas 3M Z350 de las tonalidades XW Body, W esmalte, B1 esmalte, A2 esmalte, CT Translúcido,

y Z250 tono A2 como grupo control, esto con el fin de incluir los tonos predominantemente utilizados por odontólogos al realizar restauraciones en el sector anterior. Con fines didácticos, en esta investigación se clasificaron las resinas en cuatro grupos: baja luminosidad (CT), neutras o de luminosidad media (A2E-B1E), alta luminosidad (WE) y extra luminosas (XWB), normalmente, las neutras suelen poseer pigmento, es decir, son cromáticas y las de baja, alta y extra-luminosidad, son acromáticas.

Los resultados encontrados con respecto a la profundidad de curado de estos especímenes, indican que el grupo con menor curado fue el de resinas XWB, esto se debe a que en su estructura interna poseen partículas de relleno con conglomerados más grandes que los de tonos de esmalte; además de los óxidos metálicos usados para opacar el material, dificulta el paso de luz originando una resina más luminosa, el grupo que alcanzó mayor profundidad fue el CTT, pues normalmente las resinas de baja luminosidad son acromáticas y con una menor cantidad de relleno en volumen y mayor dispersión de partículas no asociadas a conglomerados, lo que permite un mayor paso de luz. El grupo control se ubicó en un punto medio, mostrando resultados similares a los vistos en B1E y A2E, puede llamar la atención que una resina universal tenga un comportamiento parecido a B1E, lo que quizás se deba a que las partículas de relleno son de mayor tamaño, con una distribución un poco más desordenada y con pigmentos. Asimismo, resaltó el grupo WE por no tener el comportamiento esperado, se pensó que estaría ubicado entre las más luminosas, pero los resultados fueron similares a B1E, puede deberse a que este último posee algo de croma y WE es acromático, lo que pudo facilitar el paso de luz a través de sí mismo, tal vez con un espesor aumentado subiría su luminosidad. Estos resultados fueron similares a los observados en el estudio de Wilson *et al.*²⁴, quienes analizaron algunas resinas de diferentes marcas comerciales en los tonos A2, A3.5, C2 y sus variantes (esmalte y dentina). Las resinas de esmalte mostraron la mayor profundidad de curado en el orden A2-A3.5-C2, mientras que las resinas de dentina obtuvieron la menor profundidad de curado, también en el orden mencionado; por lo que los autores concluyeron que existió una menor profundidad de curado en las resinas que poseían mayor opacidad.

La prueba de hipótesis para la variable profundidad de curado, indicó que existen diferencias entre los grupos de estudios, tal cual lo evidenciaron Moore *et al.*²², en donde los distintos especímenes tuvieron diferencia en la profundidad de curado.

En los resultados de comparaciones múltiples para la variable de profundidad de curado, el grupo de resinas XWB se ubicó en el extremo con menor profundidad de curado, mientras que las muestras de CTT se posicionaron en el extremo de mayor profundidad, los demás especímenes tuvieron un

comportamiento similar al del grupo Z-250 A2, por lo que se podría presumir que la variable luminosidad está involucrada, como lo observado por Harrington *et al.*²⁴ quienes evaluaron la profundidad de curado de materiales compuestos universales y la influencia del tono y la opacidad en la profundidad de curado, concluyendo que existe un vínculo estrecho entre el curado y la opacidad de las resinas compuestas.

En este estudio, los resultados observados con respecto a la luminosidad, indican que el grupo con mayor luminosidad fue el de resinas XWB, el grupo de menor luminosidad fue CTT, lo que está en relación a lo explicado anteriormente, pues la luminosidad es mayor en las resinas más opacas y disminuye en las más translúcidas, lo que va en concordancia a los datos observados en los estudios de Mejía y Mena²⁵, quienes determinaron el grado de opacidad y traslucidez de un gran grupo de resinas de diferentes marcas comerciales, entre ellas 3M Z350; tonos XWB, XWE, A3D, C2B, encontrando a la XWB como la más opaca, siguiendo con A2D, XWE, C2B y TA. Confirmando así el comportamiento opaco de las dentinas.

Por otra parte, en la prueba de hipótesis para la variable luminosidad, se encontraron diferencias entre todos los grupos examinados, al igual que los resultados de Mejía y Mena²⁵, quienes analizaron diversos grupos de resinas, reportando diferentes grados de luminosidad.

Con respecto a las comparaciones múltiples de luminosidad, la resina menos luminosa fue la CTT, seguida de la resina WE, la resina A2 Z250 obtuvo una luminosidad media y no mostró diferencias con B1E, por último, la XWB fue la muestra más opaca. Esta distribución en las comparaciones múltiples de profundidad de curado y luminosidad muestra una relación entre ambos factores, siendo CTT la menos luminosa y la de mayor profundidad de curado, a su vez, XWB fue la más luminosa y la de menor profundidad de curado.

El presente estudio determinó que hubo correlación entre las variables, siendo esta inversamente proporcional; es decir, a mayor profundidad de curado menor luminosidad, esta relación mostró que la profundidad alcanzada dependerá en un 88% de la luminosidad que tengan las resinas, ya que un objeto de alto valor es opaco y reflejará la luz, mientras que uno de bajo valor será translúcido y permitirá el paso de luz a través de su estructura. Lo que observó Shortall *et al.*⁹, quienes encontraron que la traslucidez mostró ser un factor predictivo mucho más influyente en la profundidad de curado que cualquier cambio de color o tono en el material, por lo que afirmaron que la profundidad de curado está fuertemente vinculada a la luminosidad del material y no al color. Asimismo, Matsumoto *et al.*¹⁰ sugirieron que la traslucidez es un factor más determinante que el tono del material al momento de predecir la profundidad de curado; al igual que, Ferracane *et al.*²⁶, quienes determinaron la profundidad de curado de resinas compuestas fotopolimeri-

zables utilizando diferentes tonos y grados translucidez a través de la dureza, encontraron que la profundidad de curado de las resinas activadas por luz puede depender menos del tono que de la translucidez del material. Finalmente, Wilson *et al.*²⁴ mostraron resultados similares a la presente investigación, que, mediante el análisis de la profundidad de curado y la influencia de la opacidad en materiales compuestos universales, se ha encontrado que existe una relación entre el curado y la opacidad de las resinas compuestas.

Conclusiones

En cuanto a la profundidad de curado, el grupo que mostró mayores cifras fue el CTT con 11,49 mm y el que alcanzó menor profundidad de curado fue XWB con 6,72 mm. Además, Z-250 A2 obtuvo un promedio de 7,37 mm, siendo similar a A2E con 7,72 mm y cercano a B1E con 8,14 mm. Sorpresivamente, WE alcanzó una profundidad de 9,13 mm.

Entre los grupos de resinas estudiados, XWB mostró la mayor luminosidad, con un promedio de 72,10. Asimismo, CTT obtuvo la menor luminosidad, con 30,85. El grupo control obtuvo una luminosidad media, con 62,46. Seguidamente, encontramos al A2E con 60,19 y al B1E con 63,55. El WE tuvo un comportamiento inesperado, alcanzando 57,82.

Se confirmó la existencia de una correlación inversamente proporcional entre la profundidad de curado y la luminosidad con un valor de 93% y un peso de 88%.

Recomendación

- Realizar el protocolo de este estudio con diferentes marcas comerciales, posiblemente existan variaciones en ellas, por lo cual no pueden estandarizarse resultados.
- Establecer en cada sistema de resinas un protocolo a seguir.

Bibliografía

1. Rica UDC, Masís L, Alfaro R, Rica UDC, Ferreto DI, Andrea D. Diferencias de iluminación en diferentes tipos de resinas compuestas de nanopartícula. *Odvotos - Int J Dent Sci* [Internet]. 2010; (12): 53-7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499550296007>
2. TURBINO ML, SANTOS LA, MATSON E. Microdureza de resina composta fotopolimerizável: a cor da matriz experimental pode alterar os resultados dos testes? *Pesqui Odontológica Bras*. 2000; 14(3): 232-6.
3. Gabriela A, Bravo G, Edison R, Terán C. Comparación in vitro de la profundidad de curado de una resina nanohíbrida fotoactivada con luz halógena versus luz led. *Rev Nac Odontol* [Internet]. 2018; 13(26).
4. RODRÍGUEZ G D, PEREIRA S N, Rodríguez García R, Pereira S. N. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontológica Venez*. 2008; 46(3): 381-92.
5. Carrillo C. Materiales de resinas compuestas y su polimerización Parte I. *Rev la Asoc Dent Mex* [Internet]. 2009; 66(4): 36-44. Disponible en: *Materiales de resinas compuestas y su polimerización Parte I*

6. Caro Cohen M. Estudio comparativo in vitro de la profundidad de polimerización de resinas compuestas fluidas polimerizadas por luz LED versus luz halógena, a través de. *Univ Chile - Fac Odontol* [Internet]. 2012; 4-58. Disponible en: <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=luz+led&btnG=&lr=#1>
7. Higashi C, Giovana M, Eugenio G, Osnara M, Joao G. Color y características ópticas para restauraciones estéticas de dientes anteriores. 2011; 49(4): 1-11.
8. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater* [Internet]. 2018;34(8):1168-74. Joan R, Carlos C. Influencia del espesor de tres resinas compuestas translúcidas de diferente tonalidad sobre la luminosidad. 2014; 1-51. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/28362/>
9. Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil*. 2005; 32(12): 906-11.
10. Matsumoto H, J G, V M, T O, J F, G H. depth of cure of visible light-cured resin: clinical simulation. *J Prosthet Dent* [Internet]. 1986; 55(5). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002239138690034X>
11. Borges BCD, Bezerra GVG, Mesquita J de A, Pereira MR, Aguiar FHB, dos Santos AJS. Effect of irradiation times on the polymerization depth of contemporary fissure sealants with different opacities. *Braz Oral Res* [Internet]. 2011; 25(2): 135-42. Disponible en: Effect of irradiation times on the polymerization depth of contemporary fissure sealants with different opacitiesHernández Roberto, Carlos F, Pilar B. Metodología de la Investigación. 2010. 656 p.
12. Hernández Roberto, Carlos F, Pilar B. Metodología de la Investigación. 2010. 656 p.
13. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent*. 1998; 80(6): 642-8.
14. Swartz ML, Phillips RW, Rhodes B. Visible light-activated resins-depth of cure. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 1983; 106(5): 634-7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002817783650231>
15. Queiroz RS, Paulo J, Lima M De, Alexandre D, Pedrosa M. Changes on Transmittance Mode of Different Composite Resins Figuras - *Materials e Figuras Materials*. Changes. 2009; 12(2): 127-32.
16. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater* [Internet]. 2018; 34(8): 1168-74. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.001>
17. Stephen J. Chu a, Richard D. Trushkowsky B. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *journal of dentistry*. 2016; 36: e76-e81.
18. Joan R, Carlos C. Influencia del espesor de tres resinas compuestas translúcidas de diferente tonalidad sobre la luminosidad. 2014: 1-51. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/28362/>
19. Orrala O. Reyes D. Simplificación de la toma de color dental mediante fotografía digital. Universidad de Guayaquil, Facultad de Odontología. Ecuador. [Trabajo de grado previo a la obtención del título de Odontólogo]. 2018.
20. Gurrea J, Bruguera A, Sampaio C, Janal M, Bonfante E, Coelho P y Hirata R. Evaluation of dental shade guide variability using cross-polarized photography. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*.
21. Kina S, Bruguera A, Celestino M, Kano P. Luz y color. En: Kina S, Bruguera A. Invisible. Restauraciones estéticas cerámicas. Dental Press Editora. 2008: p 81-124
22. Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu TMG, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent*. 2008; 33(4): 408-12.
23. Hyun HK, Christoferson CK, Pfeifer CS, Felix C, Ferracane JL. Effect of shade, opacity and layer thickness on light transmission through a nano-hybrid dental composite during curing [Internet]. Vol. 29, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2017. p. 362-7. Disponible en: Effect of shade, opacity and layer thickness on light transmission through a nano-hybrid dental composite during curing

24. Wilson H, Shortall A, Harrington E. Depth of cure of radiation-activated composite restoratives - Influence of shade and opacity. *Journal of Oral Rehabilitation* 1995; 22: 337-342.
25. Mejía K, Mena D. Opacidad y translucidez de diferentes resinas de acuerdo a su tamaño de partícula y su aplicación clínica. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Odontología. [Trabajo de grado para optar por el título de Rehabilitador Oral]. 2012
26. Ferracane JL, Aday P, Matsumoto H, Marker VA. Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins. *Dent Mater* [Internet]. 1986; 2(2): 80-4. Disponible en: Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins.