

IMPORTANCIA DE LA FOTOPOLIMERIZACION EN LA PREVISIBILIDAD Y LONGEVIDAD DE LAS RESINAS COMPUESTAS ADHERIDAS

1

IMPORTANCE OF PHOTOPOLYMERIZATION IN THE PREDICTABILITY AND LONGEVITY OF ADHERED COMPOSITE RESINS

Dra. Marcela Exeni Baracatt

Maestría en Rehabilitación Oral y Estética.

Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho". Tarija-Bolivia

Correo Electrónico: maexeni@hotmail.com

RESUMEN

Ante el fracaso de una restauración de resina compuesta adherida lo primero que se nos viene en mente es que se hayan producido fallas en la técnica adhesiva o alteraciones inherentes al material restaurador o al sustrato dentario.

No cabe duda que podemos encontrar respuesta en lo anteriormente citado, pero lo mas probable es que la causa del fracaso sea una deficiente fotopolimerización del material restaurador.

En el presente artículo se exponen los resultados de investigaciones recientes sobre este tema y de la experiencia en la práctica clínica privada, las mismas que demuestran la necesidad de conocer los procedimientos para un correcto fotocurado y así liberar el potencial de una técnica que está transformando la odontología.

ABSTRACT

Faced with the failure of an adhered composite resin restoration, the first thing that comes to mind is that there were flaws in the adhesive technique or alterations inherent to the restorative material or to the tooth substrate.

There is no doubt that we can find an answer in the

aforementioned, but it is more probable that the real cause of the failure is a poor photopolymerization of the restorative material.

This article presents the results of recent research on this topic and private practical clinical experience, which demonstrates the need to know the procedures for a correct light curing and thus unleash the potential of a technique that is transforming dentistry.

Palabras Claves

Fotopolimerización, Resinas Compuestas, fotoiniciadores, lámparas de fotocurado.

Key Words

Photopolymerization, Composite Resins, photo initiators, light curing lamps.

INTRODUCCION

Sin lugar a dudas, las presiones crecientes desde el mercado, que demandan soluciones cada vez más rápidas, menos invasivas y de larga duración, han estresado al límite las posibilidades tecnológicas disponibles, hasta el punto de que el cumplimiento de las exigencias estéticas (y de tiempo) del paciente, muchas veces se encuentra reñido con la ética, el va-

lor y la necesaria preservación de una estructura no renovable como es la dentaria.

Una de las más importantes, de estas tecnologías emergentes, es la fotopolimerización, la misma que actúa sobre las resinas compuestas adheridas fotopolimerizables posibilitando un tratamiento eficiente, mínimamente invasivo y con resultados estéticos.

Sin embargo, a pesar de los avances en la ingeniería de materiales, en lo relativo a los polímeros —del griego: πολυς [polys] «mucho» y μέρος [meros] «parte» o «segmento»—, una inadecuada técnica o manejo de la resina o un defectuoso procedimiento para su polimerización puede alterar el tamaño de esas largas cadenas moleculares formadas por la asociación mediante enlaces covalentes de las unidades estructurales del material utilizado y consiguientemente afectar su masa molecular, dureza, adhesión, longevidad, etc.

Esto es particularmente evidente en la técnica de la fotopolimerización, más aún tomando en cuenta su aplicación odontológica en un área por demás expuesta a presiones y tensiones masticatorias y que, además, deben cumplir con las exigencias de percepción que tiene el paciente.

De manera que debemos, los odontólogos, comprender mejor esta tecnología, si deseamos resultados predecibles y duraderos en nuestras intervenciones, tanto en lo estético como en lo funcional.

CONSIDERACIONES GENERALES

En un pasado cercano, la amalgama de plata tenía la enorme ventaja de su facilidad de aplicación y durabilidad. Una gran desventaja era la necesidad de realizar cavidades extensas destruyendo tejido sano, un tejido que es incomparablemente superior a las resinas actuales o cualquier otro material conocido para ser usado en odontología.

El fotocurado o la aplicación de resinas fotopolimerizables, al contrario, tiene la desventaja de que se trata de una técnica sensible pero, al mismo tiempo, implica la remoción de un mínimo de tejido sano, lo

que hoy denominamos mínima invasión o mínima intervención en odontología restauradora.

Estas dificultades, por lo general, derivan con facilidad en fotocurados deficientes, cuyas consecuencias, como ser las fracturas imprevistas y pérdidas de brillo, afectan el tratamiento negativamente. En palabras del Dr. Rafael Beolchi:

*“La pérdida de brillo, las microinfiltraciones, las fracturas y las deslaminaciones se relacionan, en general, con deficiencias en la fotopolimerización. El problema es que clínicamente, la diferencia entre una restauración bien fotocurada y una mal fotocurada es imperceptible.”*¹

*“La polimerización insuficiente se relaciona con fallas como la microfiltración, decoloración, incremento de la abrasión e incluso sensibilidad pulpar.”*²

Esta claro, entonces, que las bajas intensidades acompañadas de tiempos cortos de polimerización, generan una inadecuada polimerización de la resina y con ello problemas adicionales como ser: baja biocompatibilidad, mayor citotoxicidad, sensibilidad posoperatoria, cambio de color, aumento en la solubilidad y absorción acuosa y bajas propiedades mecánicas.

Lo anteriormente citado, queda evidenciado en las imágenes siguientes (Fig. 1 y Fig. 2).



Fig. 1.- Resina compuesta subcurada



Fig. 2.- Resina compuesta correctamente polimerizada

Existe un amplio y creciente consenso entre los odontólogos, por lo tanto, de que el conocimiento técnico detallado del material y del proceso de su polimerización, es imprescindible. No se puede seguir culpando al material por los malos resultados obtenidos sino, en todo caso, se deben realizar esfuerzos por conocer sus características y acercarnos en lo posible, con los recursos a nuestra disposición, a un proceso óptimo que satisfaga las exigencias del material, aproveche sus ventajas y minimice sus fragilidades.

Presentado así el tema, debemos entonces pasar a la consideración, estudio y comprensión cabal de conceptos como la intensidad de la luz, los fotoiniciadores utilizados en la resina compuesta, la colimación, la distancia y ángulo desde la punta de la lámpara a la zona de la restauración, el espesor del material a polimerizar y otras consideraciones requeridas para polimerizar correctamente una resina compuesta.

El presente artículo no tiene como objetivo el evaluar y caracterizar los diferentes tipos de lámparas disponibles en el mercado para la práctica odontológica. Mas bien se concentra en describir el proceso de fotocurado y sus factores de éxito.

INTENSIDAD DE LA LUZ

En la física, la potencia es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. De la misma manera, la densidad de potencia puede expresarse como la potencia aplicada por unidad de área. Este valor,

medido en mW/cm^2 (mili Watts por centímetro cuadrado), en el caso de las lámparas de fotopolimerización, también se llama intensidad de la luz.

La energía se define como la capacidad para realizar un trabajo. De manera que, el concepto de energía no es otro que la multiplicación de la potencia por el tiempo o periodo de aplicación de la misma. En este sentido, resulta claro que la fotopolimerización depende de la energía absorbida por la resina y puede ser resumida como el producto de la intensidad de la luz multiplicada por el tiempo de exposición.

Energía total = Intensidad de la luz x Tiempo de exposición

Ejemplo:

Intensidad de luz de la lámpara: $800 \text{ mW}/\text{cm}^2$

Tiempo de exposición: 30 segundos

Energía total: $800 \times 30 = 24,000 \text{ mWs}/\text{cm}^2 = 24 \text{ J}/\text{cm}^2$
($\text{J} = \text{Joule} = 1000 \text{ mWs}$)

Cuál es la cantidad de energía necesaria para una adecuada polimerización de las resinas compuestas? No parece existir un consenso en los ámbitos científicos sobre el tema. Beolchi, por ejemplo, sostiene:

“La literatura científica disiente sobre la cantidad de energía necesaria para una polimerización adecuada de las resinas compuestas. Algunos estudios declaran que la dosis mínima requerida para proporcionar buenas propiedades mecánicas debe ser de al menos $24 \text{ J}/\text{cm}^2$. Sin embargo, este no es un valor absoluto y varía de resina a resina, dependiendo principalmente del tipo, color, translucidez, y qué fotoiniciadores están presentes. Hoy en día se acepta que un valor de $16 \text{ J}/\text{cm}^2$ es la dosis necesaria para polimerizar totalmente un incremento de composite de 2mm, aún cuando ese valor pueda ser menor en algunos casos.”²

Entonces, si consideramos que se requiere un intervalo de intensidad de luz entre 16 a $24 \text{ J}/\text{cm}^2$, una pregunta pertinente es: ¿Estamos, en nuestra práctica clínica, trabajando en este rango de energía para polimerizar correctamente nuestras restauraciones?

Para identificar las causas de los problemas detectados en las restauraciones, la comunidad científica ha realizado varias investigaciones.

En un estudio realizado en la Universidad de Dal-

housie 3, se estableció la energía total promedio utilizada por los estudiantes en las restauraciones Clase I. Estudiantes de tercer año fotocuraron una preparación Clase I en la pieza 27 de la cabeza de un maniquí. Un fotodetector localizado en las bases de la cavidad pudo medir la cantidad de luz a ser recibida en la restauración.

Cada estudiante procedió al fotocurado de la restauración simulada por 20 segundos, usando una lámpara de cuarzo-tungsteno-halogeno (optilux 401) (Fig 3).



Fig.3. Optilux 401

La energía esperada, calculada por los parámetros y especificaciones de la lámpara, era de 13.9 J/cm².

La intensidad recibida (mW/cm²) fue registrada en tiempo real y calculada la energía total utilizada.

Luego, los mismos estudiantes recibieron instrucciones detalladas sobre como usar efectivamente la luz de curado y se repitió el experimento.

En conclusión, aunque las instrucciones mejoraron el resultado de la foto polimerización, la energía promedio utilizada fue mucho menor:

- Energía utilizada antes de la instrucción: 7.9 J/cm²
- Energía utilizada luego de la capacitación: 10.0 J/cm²
- Energía esperada: 13.9 J/cm²

Valores evidentemente alejados del intervalo de 16 a 24 J/cm² señalado como óptimo en el párrafo anterior.

Esto valida la afirmación de que los odontólogos, generalmente, estandarizan los tiempos de fotopolimerización de las resinas, sin tomar en cuenta las características de la potencia e intensidad de la luz en las lámparas usadas y, por tanto, sin conocer la energía total entregada a la polimerización de la resina, para lo cual, es imperativo el uso frecuente de radiómetros (Fig. 4) para control y validación de las lámparas.



Fig.4. Radiómetro Demetron (Kerr).

¿Cómo corregir este déficit evidente? Los investigadores sugieren, para maximizar la energía entregada, que los operadores utilicen protección ocular, que observen con detenimiento lo que están haciendo y que sujeten la lámpara lo mas cerca posible de la resina y en forma perpendicular a la superficie restaurada.

Las conclusiones de este experimento han generado por lo menos dos cambios de actitud importantes: la consciencia sobre la necesidad de capacitación del odontólogo en el conocimiento de la física y la química de los polímeros y, en segundo lugar, la obligada observación directa y constante de los efectos que está causando la luz en las resinas de la restauración, dado que no es posible confiar simplemente en las fórmulas basadas en los datos de los fabricantes de lámparas.

FOTOINICIADORES

Los fotoiniciadores son compuestos arílicos aromá-

ticos no saturados mucho más sensibles a la energía radiante que los monómeros y oligómeros.

En comparación con los monómeros y oligómeros, los fotoiniciadores representan un pequeño porcentaje de un revestimiento, tinta o adhesivo.

Las moléculas del fotoiniciador se descomponen al recibir energía radiante generando las condiciones para que la energía entregada por la lámpara no se disipe o refleje y mas bien se logre la absorción de ésta por la resina en la cantidad suficiente para iniciar la polimerización.

En este proceso, se formarán radicales libres o cationes como fragmentos. Por lo tanto, los fotoiniciadores cumplen una función crítica en iniciar la polimerización por radicales libres o catiónica en los materiales.

En las resinas compuestas activadas por luz visible, el componente iniciador son las dicetonas, tal como la canforoquinona (CQ), que esta presente en una

cantidad entre 0.1% al 0.6% y son utilizadas en combinación con una amina orgánica terciaria no aromática, presente en cantidades de 0.1% o menor. 4

La dicetona absorbe la luz en un rango de 420 a 470 nm, que es la longitud de onda que produce un estado de activación y que, al combinarse con la amina orgánica terciaria, produce los radicales libres que inician la polimerización.

Es preciso aclarar que no todos los fotoiniciadores se comportan igual frente a la longitud de onda de la luz aplicada; algunos requieren energía de otro rango al de la canforoquinona, como es el caso de las lucerinas y la fenilpropandiona.

De aquí viene la importancia que tiene el contar con lámparas que puedan emitir haces de luz colimada con diferentes rangos de longitud de onda, de manera que se sobrepongan a los requerimientos de cada tipo de iniciador o de un conjunto de ellos presentes en la resina.

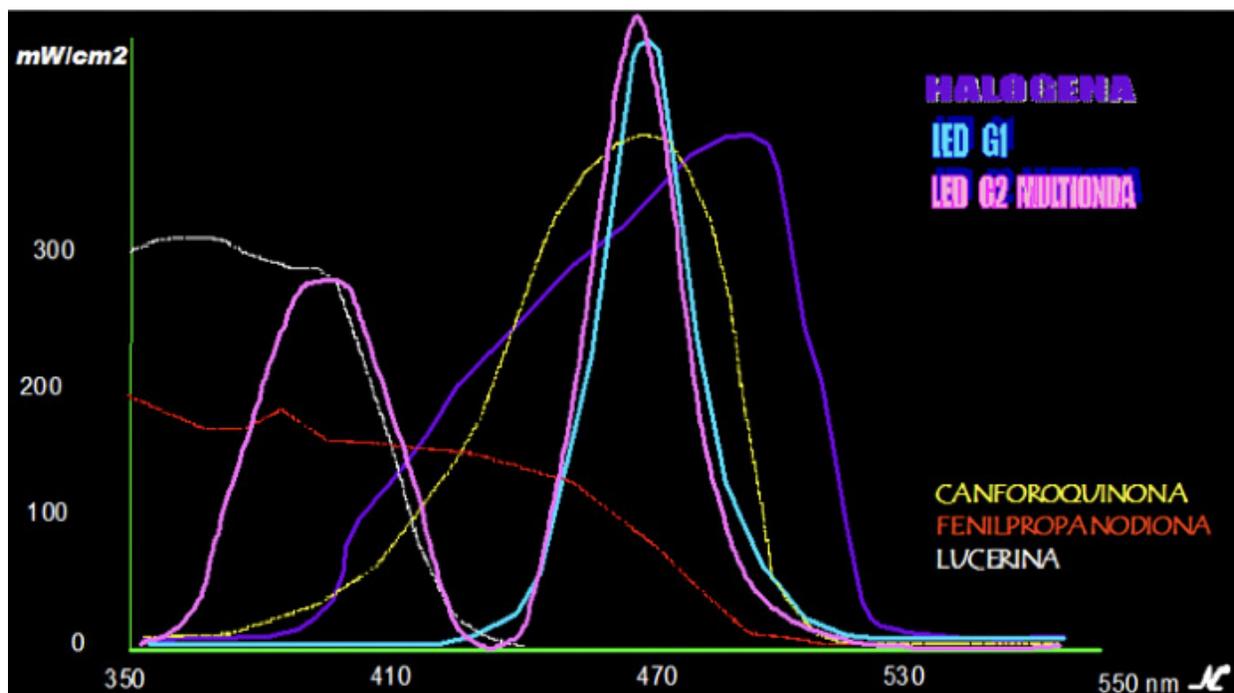


Fig. 5.- Esquema de los rangos de longitud de onda emitida por unidades halógenas, LED convencionales y LED G2, superpuestos con las longitudes de onda y picos de los tres fotoiniciadores más empleados actualmente. 5

COLIMACION DE LA LUZ

Colimar significa dar una dirección única a un haz de luz. La palabra colimación se relaciona con colineal: implica que la luz no se dispersa con la distancia o que lo hace de forma mínima.

Entre las técnicas de colimación destacan el uso de lentes, de espejos y también de aberturas. (Fig. 6).

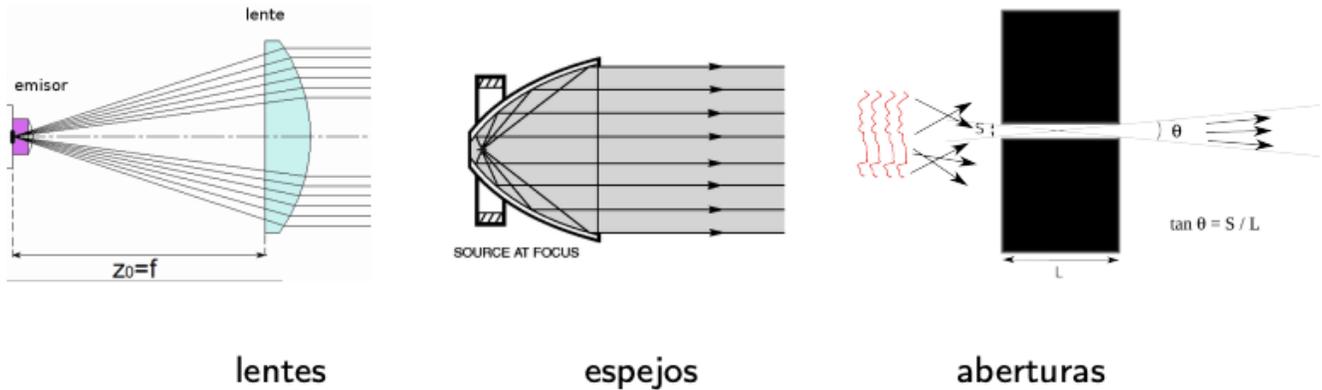


Fig. 6.- Diferentes métodos para lograr la colimación de la luz.

Existen muchos tipos de lámparas de fotopolimerización en el mercado, sin embargo, la colimación del haz de luz varía enormemente entre ellas. Los lentes utilizados no siempre están diseñados adecuadamente para crear un haz que esté prácticamente paralelo a la preparación, de manera que permita una polimerización completa y uniforme en las restauraciones.

DISTANCIA Y ANGULO DE APLICACIÓN

La distancia del extremo de la lámpara al material restaurador debe ser mínima, evitando siempre el contacto con la resina para no alterar mecánicamente su estructura. La distancia recomendada es de 1 milímetro. Esto maximiza la energía total entregada cuando, además, el ángulo de aplicación debe ser perpendicular a la superficie tratada. (Fig. 7).



Fig. 7.- Aplicación correcta de la lámpara.

Por otro lado, si alejamos la fuente emisora, se incrementa la superficie irradiada y se disminuye la potencia por unidad de superficie o intensidad luminosa. El resultado de esta acción será una resina pobremente polimerizada.

ESPESOR DEL MATERIAL A POLIMERIZAR

Existe consenso general en aceptar la técnica incremental de resina a la cavidad y que por cada exposición, por regla general, el material no debe sobrepasar un espesor de alrededor de 2 mm por cada capa. (Fig. 8).



Fig. 8.- Espesores de resina de 2 mm

El aumento de espesor de la capa hace que la luz aplicada en la superficie de la masa del material sea absorbida rápidamente y pierda la capacidad de conversión del polímero en las capas profundas.

Esto cobra sentido en la aplicación de las resinas compuestas bulk – fill donde el incremento en bloque o en una sola capa de 4-5 mm obliga al operador a contar una LED de intensidad suficiente para lograr la polimerización de la capa en contacto con el piso de la cavidad.

La insuficiente conversión del monómero en el fondo de la preparación cavitaria traerá aparejado una polimerización deficiente pudiendo provocar degradación de la resina compuesta, deficientes propiedades mecánicas y reacciones biológicas adversas debido a la liberación de componentes monoméricos que no han sido polimerizados.⁶

La energía total requerida por el proceso de fotopolimerización no solo depende del espesor de la resina sino también del color de la misma. En aquellos casos en que se utilizan resinas más opacas, se debe prestar especial cuidado en la aplicación de la energía luminosa para garantizar que tenga lugar una polimerización correcta. Se debe tomar en cuenta que los tonos más oscuros requieren mayor tiempo de polimerización.⁷

DISCUSION

A pesar de que los odontólogos conocemos la importancia de preservar la estructura natural de los dientes, es sólo con la aparición de las resinas compuestas fotocurables que podemos, finalmente, practicar restauraciones mínimamente invasivas y predecibles con resultados estéticos.

Lamentablemente, el proceso mismo de fotocurado, del cual depende el resultado, parece haber sido subestimado en la práctica, tal cual lo demuestran varios experimentos científicos. Es por ello que, todavía, la longevidad de otras técnicas menos estéticas, como la amalgama, es superior.

Las indicaciones de los fabricantes de resinas compuestas adheridas, en la mayoría de los casos, ofrecen al odontólogo las especificaciones técnicas y recomendaciones de uso apropiado del material, las que

deben seguirse a cabalidad para obtener resultados predecibles. Sin embargo, no es práctica frecuente que el profesional o el estudiante realice un control periódico de sus lámparas, sean halógenas o LED, de manera que aseguren el rango de intensidad de luz suficiente y necesaria para una polimerización completa del material, en particular de las capas profundas de la restauración.

Como quiera que los resultados de la misma están, entonces, directamente relacionados con las características que debe tener la lámpara para la fotopolimerización de la capa profunda del incremento, antes de comprar la resina el profesional debe tomar en cuenta la potencia real de la lámpara que utiliza, para hacer una intervención que resulte en una restauración predecible y longeva.

Los fabricantes de lámparas, suelen sugerir tiempos de fotocurado que no toman en cuenta importantes características del material compuesto, como ser las clases de fotoiniciadores presentes, su opacidad y su color, factores que afectan la propagación de la luz y su absorción.

Al no existir un consenso científico sobre la energía total necesaria para un fotocurado adecuado, en caso de que la aplicación de los tiempos sugeridos por el fabricante de las resinas no de resultados satisfactorios, se recomienda trabajar en el intervalo entre 16 y 24 J/cm². El tiempo de polimerización, por lo tanto, se puede, en esos casos, calcular como la energía total (medida en J/cm²) dividida entre la intensidad de la luz en mW/cm² multiplicado por 1000.

La regla propuesta en discusión sería, por lo tanto:

- Lámparas en el rango 400 a 800 mW/cm², usamos el límite inferior del intervalo: 16.
 - ☑ Tiempo de irradiación = $(16/400) \times 1000 = 40$ segundos
 - ☑ Tiempo de irradiación = $(16/800) \times 1000 = 20$ segundos
- Para lámparas con potencia superior a 1000 mW/cm².
 - ☑ Tiempo de irradiación = $(24/1000) \times 1000 = 24$ segundos

Estos datos deben ser adecuados a los colores y profundidad incremental de la resina utilizada.

CONCLUSIONES

La tecnología que está detrás del éxito del fotocurado es resultado de la aplicación creativa y adaptación innovadora de desarrollos en la ciencia de los materiales para los tratamientos clínicos, donde se aplican, a su vez, los nuevos conocimientos sobre la físico-química de los polímeros.

El odontólogo no puede seguir atribuyendo sus fracasos clínicos a defectos inherentes al material restaurador. La previsibilidad y longevidad de las restauraciones con resinas compuestas adheridas va a depender fundamentalmente de una comprensión cabal del proceso de fotopolimerización.

Entre los factores de éxito de la fotopolimerización, el más importante es entregar la energía total necesaria a la resina compuesta para que el proceso sea completo. Conociendo la potencia e intensidad luminosa de las lámparas utilizadas, el tiempo de exposición debe garantizar que la superficie resinosa reciba entre 16 y 24 Joules/cm².

La distancia de la fuente emisora de luz a la resina, el ángulo de incidencia, el espesor de la resina, el color de la misma y otros, son factores que deben ser tomados en cuenta para lograr una adecuada fotopolimerización.

La subpolimerización genera microfiltración, decoloración, incremento de la abrasión e incluso sensibilidad pulpar, baja biocompatibilidad, mayor citotoxicidad, sensibilidad posoperatoria, cambio de color, aumento en la solubilidad y absorción acuosa y bajas propiedades mecánicas.

BIBLIOGRAFIA

-  ¹ Rafael Beolchi. ¿Qué ha cambiado en el fotocurado?, Dental Tribune; Junio 2019.
-  ² Rafael Beolchi et al. Los desafíos de la fotopolimerización, Dental Tribune; Marzo 2015.
-  ³ Price, R.B.; McLeod, M. E.; Felix, C. M. Quantifying Light Energy Delivered to a Class I Restoration J Can Dent Assoc 2010; 76:a23.

 ⁴ Dr. Carlos Carrillo Sánchez, MSD. Métodos de activación de la fotopolimerización, Revista ADM, Vol. LXV, No. 5 Septiembre-Octubre 2009.

 ⁵ Dr. Norberto Calvo R. UNIDADES Y PROTOCOLOS DE FOTOCURADO, Boletín Informativo de la Academia Colombiana de Operación Dental Estética y Biomateriales, Nro 2, Julio 2010.

 ⁶ Corral C, Vildósola P, Bersezio C, Alves Dos Campos E, Fernández E. Revisión del estado actual de resinas compuestas Bulk-Fill. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2015; 27(1): 177-196. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v27n1a9>

 ⁷ Fan P L, Curing-Light Intensity And Depth Of Cure Of Resin-Based Composites Tested According To International Standards. J Am Dent Assoc 2002;133:429-434.

 ⁸ Uhl A, Influence of heat from light curing units and dental composite polymerization on cells in vitro J Dent 2006;34:298-306.

 ⁹ Feng Li. Insufficient Cure Under The Condition Of High Irradiance And Short Irradiation Time. Dental Materials 2009; 25: 283-289.

 ¹⁰ Gilberto Henostroza. Adhesión en Odontología Restauradora, Cap III, Polimerización y Adhesión, Mayo de 2003.