

## ACTUALIZACIÓN

# Decálogo de buenas prácticas para el uso y mantenimiento de las Unidades de Fotocurado LEDs

*Decalogue of good practices for the use and maintenance of LED Curing Units*

*Decálogo de boas práticas para uso e manutenção de Unidades de Curado LED*

Andrés García Terra<sup>1</sup>  0000-0001-6733-4484

Elisa de León Cáceres<sup>1</sup>  0000-0002-3780-1034

Romina Tessore<sup>1</sup>  0000-0001-6259-042X

Matías Mederos<sup>1</sup>  0000-0002-1561-2283

Priscila Vázquez<sup>1</sup>  0000-0002-3326-2547

Gonzálo Alonso<sup>1</sup>  0009-0000-8063-2726

Betiana Furtado<sup>1</sup>  0000-0002-9582-9932

Gonzálo Cruz<sup>1</sup>  0000-0001-5718-7759

Daniela D'Angelo<sup>1</sup>  0000-0003-4950-3197

Guillermo Grazioli<sup>1</sup>,  0000-0001-9969-3780

DOI: 10.22592/ode2023n41e326



## Resumen

Actualmente varios biomateriales restauradores resinosos endurecen mediante una reacción de fotopolimerización, para lo cual es necesaria una unidad de polimerización (UP).

El objetivo de este manuscrito es generar una guía basada en la evidencia científica actual para contribuir al correcto uso de las UP.

Se realizó una búsqueda de artículos publicados desde el año 2002 hasta enero del 2022 a través de PubMed y Google Scholar.

Se organizó la información en 10 tópicos de relevancia en forma de decálogo: longitud de onda, intensidad de la luz, diámetro de la punta, tiempo de curado, modo de curado, distancia de curado, uso de barreras, batería y carga, limpieza y desinfección, finalizando con los controles periódicos.

Los profesionales de la salud deben conocer y recordar la importancia de realizar un adecuado uso y mantenimiento de las UP, ya que esto puede influir en el desempeño clínico de los biomateriales.

**Palabras clave:** Fotopolimerización, Unidad de Fotocurado, Irradiancia.

<sup>1</sup> Unidad Académica de Materiales Dentales, Facultad de Odontología, Universidad de la República, Uruguay. ggrazioli@odon.edu.uy

Fecha de recibido: 29/07/2022 - Fecha de aceptado: 15/3/2023

## Abstract

Currently, several resin-based restorative biomaterials harden through a photopolymerization reaction, for which a polymerization unit (UP) is necessary.

The objective of this manuscript is to generate a guide based on current scientific evidence for the correct use of UPs.

A search was made for articles published from 2002 to January 2022 through PubMed and Google Scholar.

The information was organized into 10 relevant topics in the form of a decalogue: wavelength, light intensity, tip diameter, curing time, curing mode, curing distance, use of barriers, battery and charging, cleaning and disinfection, and regular checks.

Health professionals must know and remember the importance of a proper use and maintenance of PUs, since this can influence the clinical performance of the biomaterial.

**Keywords:** Photopolymerization, Light Curing Unit, Irradiance.

## Resumo

Atualmente, diversos biomateriais restauradores resinosos endurecem através de uma reação de fotopolimerização, para a qual é necessária uma unidade de polimerização (UP).

O objetivo deste manuscrito é gerar um guia baseado em evidências científicas atuais para o uso correto de UPs.

Foi feita uma busca por artigos publicados de 2002 a janeiro de 2022 por meio do PubMed e Google Scholar.

As informações foram organizadas em 10 tópicos relevantes na forma de um decálogo: comprimento de onda, intensidade da luz, diâmetro da ponta, tempo de cura, modo de cura, distância de cura, uso de barreiras, bateria e carregamento, limpeza e desinfecção e verificações regulares.

Os profissionais de saúde devem conhecer e lembrar a importância do uso e manutenção adequados das UPs, pois isso pode influenciar no desempenho clínico do biomaterial.

**Palavras-chave:** Fotopolimerização, Unidade de fotoativação, Irradiância.

## Introducción

En la actualidad existe un gran número de biomateriales restauradores resinosos utilizados en la práctica clínica diaria. Éstos, en su gran mayoría, endurecen mediante una reacción de polimerización, la cual se desencadena a través de la aplicación de luz azul, la cual es emitida por unidades de polimerización (UP) LEDs (de su acrónimo en inglés Light Emitting Diode). Estas UP funcionan como semiconductores, es decir, convierten la energía eléctrica en luz visible, fenómeno conocido como electroluminiscencia. <sup>(1)</sup>

Lo que se conoce como partículas de luz, son en realidad fotones, responsables de desencadenar la reacción de polimerización. Dichos fotones viajan a la velocidad de la luz en forma de ondas. Se conoce con el nombre de “longitud de onda” a la distancia que existe entre los picos de esas ondas. A su vez, esta longitud de onda determina el color de luz visible. <sup>(2)</sup>

Las UP LEDs han ido evolucionando al igual que los biomateriales restauradores. A lo largo del tiempo surgieron diferentes generaciones de LEDs, es así que una primera generación de UP LEDs tenían un espectro de emisión estrecho, cercano a los 468 nm, enfocado a activar la canforoquinona (el fotoiniciador más utilizado en

los materiales resinoso) pero no a otros fotoiniciadores.<sup>(3)</sup> Éstas presentaban una intensidad lumínica baja, de 100-280 mW/cm<sup>2</sup>, la cual no era capaz de producir una adecuada fotopolimerización, por tal motivo eran necesarios tiempos de exposición de aproximadamente 60 segundos para polimerizar 2 mm de resina compuesta.<sup>(4)</sup> Esta primera generación LED se desarrolló entre los años 1999 al 2002, registrándose la primera UP LED llamada LEDs UXoMAX (Akedo Dental, Lystrup, Dinamarca) en el año 2000.<sup>(5)</sup>

La segunda generación de UP LEDs surgieron en el año 2002. Presentaban LEDs más potentes, a las cuales se le incorporó chips de 1, 5, 10 y 15 W. Sin embargo, las UP aún poseían un espectro de emisión estrecho que no lograba polimerizar correctamente todos los biomateriales restauradores. Estas UP generalmente eran inalámbricas, las baterías tenían una expectativa de vida limitada y su reposición era costosa. A su vez, presentaban puntas de fibra óptica frágiles y el aumento de los fotones emitidos generaba como resultado un aumento de la temperatura, lo cual disminuía la longevidad de las unidades e impedía su uso clínico continuo en casos donde varias restauraciones debían ser fotopolimerizadas simultáneamente.<sup>(6)</sup> Por tal motivo, se incorporó en algunas unidades ventiladores internos o disipadores del calor generado, lo cual provocaba un ruido adicional.<sup>(2)</sup>

La tercera generación de UP LEDs surge en el año 2003 intentando acompañar el rápido progreso de los biomateriales estéticos. Como avances más significativos podemos destacar la incorporación de nuevos fotoiniciadores como PPD (1-fenilpropano-1,2-diona), Lucerina TPO (óxido de fosfina trimetilbenzoil-difenilo) y la Ivocerina®. Estos fotoiniciadores necesitan de un espectro de luz más amplio para poder activarse, dicha generación de UP presenta múltiples LEDs generando un espectro de luz ampliado, de 385 nm a 515 nm. A su vez, en varios modelos se sustituye la punta de fibra óptica, y los LEDs son colocados directamente

en el extremo de la punta de la unidad, lo cual disminuye la probabilidad de ruptura de la misma.<sup>(7,8)</sup>

A la hora de fotopolimerizar los biomateriales se debe tener presente que existe una serie de factores relacionados con la reacción química de polimerización. Entre ellos se encuentran los relacionados con el biomaterial (matiz, tipo de fotoiniciador presente en la composición y grosor de la capa de biomaterial utilizado)<sup>(9)</sup>, los relacionados con el foco de luz de la UP y sus características (longitud de onda e intensidad) y factores relacionados a la técnica (tiempos, distancia, angulación de la punta de la unidad, etc). La sumatoria de todas estas variables, hacen al resultado de las propiedades finales del biomaterial, y por ende a su desempeño clínico.<sup>(10)</sup>

Es importante destacar que las UP en el marco de una Odontología moderna son una herramienta fundamental y necesaria para llevar adelante un gran número de prestaciones clínicas. Sin ellas sería imposible poder realizar maniobras clínicas entre las cuales podemos destacar: restauraciones de Resinas Compuestas (RC), fijación de restauraciones estéticas indirectas, utilización de Ionómeros de vidrio híbridos, sellantes de fosas y fisuras resinosos, entre otros. Además, al evaluar una UP, es necesario entre otras consideraciones medir la intensidad de luz que emerge desde la punta de la unidad. Para poder realizarlo es necesario utilizar un radiómetro. Es importante considerar que una intensidad >800 mW/cm<sup>2</sup> es considerada alta potencia, una que se encuentre entre 400-800 mW/cm<sup>2</sup> baja potencia y en intensidades <400 mW/cm<sup>2</sup> la potencia es insuficiente para lograr una correcta activación del material resinoso. Por lo tanto, cuando se detectan valores por debajo de 400 mW/cm<sup>2</sup>, es aconsejable prestar atención ya que algún componente de la unidad no se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento.

Recientemente se ha mencionado la falta de consenso sobre el uso de las UP en la práctica

odontológica.<sup>(11)</sup> Por todo lo mencionado anteriormente, este manuscrito propone generar una guía basada en la evidencia científica actual para el correcto uso de las UP LEDs, lo que permitirá a los profesionales de la salud obtener un mejor desempeño de los biomateriales utilizados.

## Materiales y métodos

Para la identificación y obtención de los artículos científicos, se realizó una búsqueda electrónica que abarcó artículos desde el año 2002 hasta enero del 2022, en las bases de datos MEDLINE, accedidos a través de PubMed y Google Scholar.

Se utilizaron las siguientes palabras clave principales: “light curing unit”, “light cure”, “intensity”, “curing mode” y “wavelength”. A su vez, se realizó una búsqueda manual adicional con el fin de verificar los artículos elegibles en las bibliografías de los artículos recuperados inicialmente y además explorar los sitios web de las revistas correspondientes.

Fueron incluidos estudios *in vitro*, estudios clínicos y revisiones de la literatura como complemento. La búsqueda se limitó a los artículos publicados en el idioma inglés.

### Decálogo

#### 1. Longitud de onda de la unidad

odos los materiales fotopolimerizables utilizados en la odontología están conformados básicamente por una fase orgánica (monómeros), foto iniciadores y una fase inorgánica (reellenos). El sistema fotoiniciador es un aspecto a tener en cuenta ya que, cuando un haz de luz con una longitud de onda específica se aplica sobre este sistema, se pasa a un estado de excitación el cual se combina con un agente reductor (generalmente una amina terciaria) y se descompone generando radicales libres, iniciando así la reacción de polimerización. Por lo tanto, la longitud de onda emitida por la UP debe coincidir con el pico de absorción del fotoiniciador

presente en el material polimérico para que el proceso se desarrolle adecuadamente.<sup>(12,13)</sup>

La canforoquinona (CQ) es el fotoiniciador más utilizado en las RC, ésta presenta un pico de absorción entre 468-470 nm. Sin embargo, la CQ presenta un color amarillo lo cual puede dificultar el uso de la misma en resinas de tonalidades más claras y translúcidas. Por esta razón, existen fotoiniciadores alternativos que son menos amarillentos que la CQ y poseen picos de absorción más bajos, siendo más sensibles a la luz ultravioleta o violeta (380-410 nm).<sup>(8)</sup> En la Figura 1 se observan los fotoiniciadores más utilizados y su espectro de absorción.

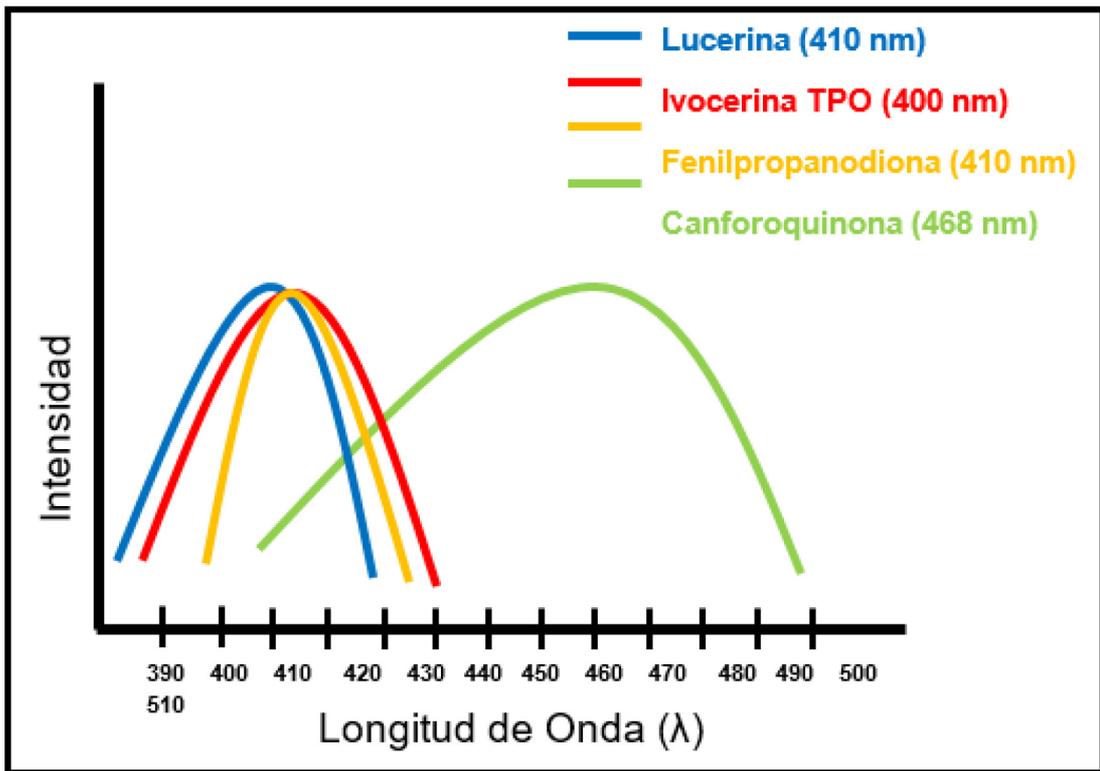
Para lograr una polimerización eficaz lo ideal sería que las UP posean un espectro de longitud de onda que cubra las curvas de absorción de todos los fotoiniciadores comúnmente utilizados. Las UP halógenas emiten un amplio espectro de longitud de onda (390-520 nm), por lo tanto, son capaces de activar todos los fotoiniciadores utilizados en las RC contemporáneas. Sin embargo, las UP LEDs utilizadas actualmente solo pueden producir un rango espectral limitado y emiten muy poca luz por debajo de los 420 nm, siendo poco eficaces sobre los fotoiniciadores que requieren luz violeta. Para activar mejor a los fotoiniciadores alternativos, algunas UP LEDs incluyen emisores LEDs adicionales capaces de producir una longitud de onda en el rango violeta (380 - 410 nm).<sup>(7,14)</sup>

En conclusión, es importante que el operador conozca la composición de la RC a utilizar y específicamente qué fotoiniciadores contiene, a modo de saber si se cuenta con una UP adecuada, evitando una polimerización parcial del material, lo que podría generar una alteración de las propiedades del mismo.<sup>(14)</sup>

#### 2. Intensidad de luz

Para lograr una correcta polimerización además de una luz con longitud de onda compatible con los fotoiniciadores, se requiere lograr una densidad energética adecuada, la cual se obtiene proporcionando una intensidad de luz sufi-

**Figura 1:** Fotoiniciadores más utilizados en los materiales basados en resinas y su espectro de absorción de longitud de onda. Imagen de autoría propia



ciente ( $n^\circ$  de fotones/superficie) y un tiempo de irradiación adecuado.

La intensidad es el parámetro que los fabricantes suelen utilizar para describir su UP y es expresada como la potencia por unidad de área ( $mW/cm^2$ ). Aunque la normativa internacional ISO 10650:2018 para las UP no especifica la intensidad mínima de luz necesaria para fotopolimerizar el material, <sup>(15)</sup> algunos autores sugieren que es necesaria una intensidad mínima de  $600 mW/cm^2$ . <sup>(16)</sup> La importancia de ésta radica en que es uno de los parámetros que determinarán la calidad de la polimerización del biomaterial. En este sentido, cuanto mayor sea la intensidad, mayor será la cantidad de fotones que inciden sobre el biomaterial. A su vez, cuantas más moléculas del fotoiniciador involucrado se exciten, habrá más radicales libres que inicien la reacción de polimerización. <sup>(17)</sup>

La densidad de energía o irradiancia se determina multiplicando la intensidad de luz emitida y el tiempo durante el cual la luz incide sobre el material. Se ha sugerido que cada incremento de 2 mm de espesor de RC debe recibir como mínimo una densidad energética de  $16 J/cm^2$ . Siempre que se alcance esta densidad, la profundidad de curado y el grado de conversión serán suficientes independientemente de la intensidad de la luz emitida. Por lo tanto, es posible reducir el tiempo de exposición a la luz si contamos con UP de alta intensidad. <sup>(10)</sup>

La intensidad de la UP debe ser controlada asiduamente utilizando radiómetros (Figura 2). La misma puede verse alterada con el tiempo, debido al deterioro de algunos de los componentes de la UP, como por ejemplo: fractura de las fibras, restos de resina polimerizada adherida a la fibra, entre otros. <sup>(18,19)</sup> Esto cobra relevancia en caso de presentar alguna alteración, pudien-

do generar una exposición por debajo de la densidad de energía óptima, dando como resultado una polimerización incompleta lo que disminuye la dureza superficial, los valores de adhesión,

las propiedades mecánicas, aceleración del desgaste, deterioro marginal y aumento de la citotoxicidad. <sup>(20,21)</sup>

Figura 2



A) Radiómetro digital Bluephase Meter II. Ivoclar Vivadent. B) Medición de la intensidad de luz emitida por una lámpara LED. La intensidad se representa en el visor digital con su unidad de medida correspondiente. Imagen de autoría propia.

Cabe destacar que la intensidad informada por los fabricantes y la que fue monitoreada con los radiómetros se refiere a la que se emite directamente desde la punta de la UP. Sin embargo, en muchas situaciones clínicas (ej. cajas proximales, cavidades oclusales profundas) es imposible colocar la punta próxima a la RC o al adhesivo a polimerizar. Según la Ley inversa del cuadrado, la intensidad de la luz es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, por lo que

cuanto más lejos se encuentre el biomaterial a polimerizar, menor será la cantidad de fotones que podrán ser absorbidos por los fotoiniciadores presentes en el mismo. <sup>(22)</sup> A partir de esto, se deduce que en cavidades profundas y ocluso proximales, es necesario aumentar el tiempo de exposición del haz de luz. Logrando una densidad de energía adecuada independientemente de la intensidad de nuestra fuente lumínica (Ver punto 7).

### 3. Diámetro de la punta y homogeneidad lumínica.

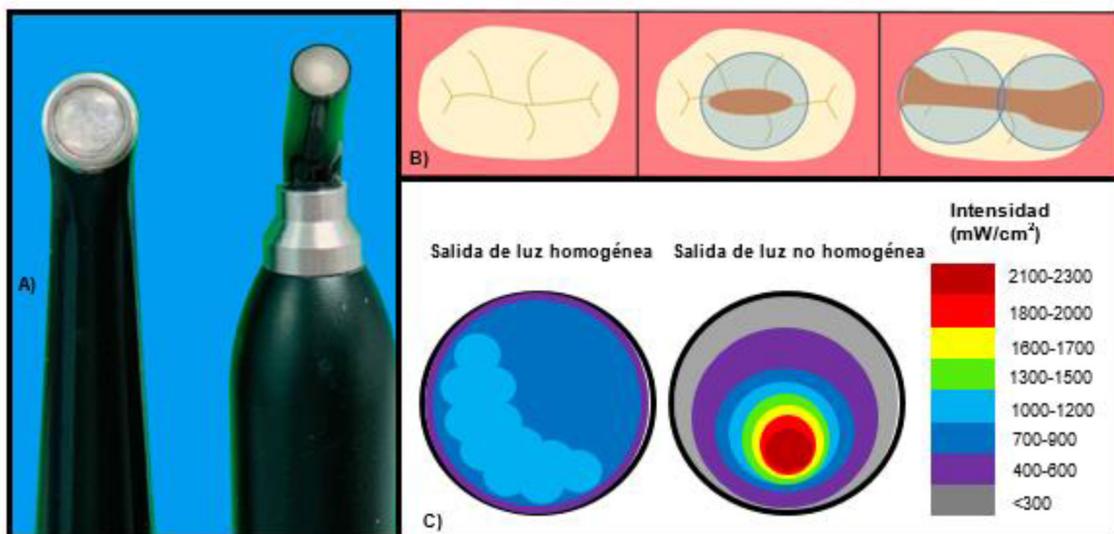
El diámetro de la punta varía según la UP y su marca comercial. Como ejemplo, el diámetro efectivo de la punta de la lámpara Bluephase Style es de 9 mm, mientras que el diámetro de la punta externa es de 9,8 mm. Por otro lado, la unidad Smartlight Focus presenta un diámetro efectivo de 8 mm teniendo un diámetro externo de 12 mm (Fig. 3. A).<sup>(13)</sup>

Estudios recientes demostraron que el área activa del haz de luz puede ser de 10% a 20% menor que el área de la punta de la UP.<sup>(22)</sup> Esto es importante, ya que puede condicionar el correcto curado del biomaterial, necesitando en algunos casos, realizar varias aplicaciones de luz en diferentes áreas de la superficie del biomaterial, a modo de poder cubrir el 100% de la superficie (Figura 3.B). Es sabido, que no es lo mismo ftopolimerizar una cavidad con una superficie de menores dimensiones (ejemplo una cavidad oclusal pequeña), que una cavidad de mayor superficie (mesio-ocluso-distal), en este

último caso puede ser necesario curar hasta 3 veces en distintos lugares para lograr la polimerización completa del biomaterial resinoso.<sup>(22)</sup>

Cuando se refiere a la cantidad de luz por área o superficie que emite la punta de la UP, cabe mencionar otro concepto importante denominado “homogeneidad de la luz”.<sup>(22,23)</sup> Este concepto se refiere al hecho de que no todas las UP utilizan el 100% de la superficie de su punta para emitir la luz. En algunos casos, existen áreas en las que la luz se presenta con menor intensidad que en otras, pudiendo llegar a presentar zonas en que la intensidad es menor a la recomendada. Estos casos son considerados como de no homogeneidad o uniformidad en la salida/intensidad de la luz. Sin embargo, como podemos ver en la Figura 3. C, existen UP que emiten luz de una manera más homogénea en toda la superficie activa de la punta, lo cual sería más adecuado, ya que esto asegura que toda la superficie del biomaterial recibe la misma intensidad de luz, resultando en adecuadas propiedades físicas y mecánicas.<sup>(24,25)</sup>

Figura 3



A) Comparación de unidades con diferentes diámetros de punta. B) Representación esquemática de cavidades de diferentes tamaños y su relación con el diámetro de punta de la unidad; en algunas situaciones es necesario realizar varios curados para alcanzar la polimerización del 100% de la superficie del material. C) En algunas unidades la intensidad de la luz emitida es más homogénea (menor variación), por otro lado, existen unidades donde la parte activa de la misma emite luz con intensidades diferentes, pudiendo inclusive presentar zonas con intensidades insuficientes. Imagen de autoría propia.

La distribución de la intensidad de la luz de salida de una UP, depende del tipo y forma de la fuente de luz y de la óptica del sistema, incluido el filtro óptico y la guía de luz en la unidad. Estudios han demostrado que las unidades LEDs presentan mayor homogeneidad en comparación con otros modelos más antiguos como las halógenas de cuarzo o arco de plasma. <sup>(24)</sup> Es importante resaltar que el método clásico de evaluar la intensidad mediante radiómetros no indica su variación al salir a través de la punta. <sup>(23)</sup>

#### 4. Batería y carga

La batería en este tipo de unidades generalmente se apaga automáticamente después de 3 minutos de inactividad. El tipo de batería es de Litio recargable. Los fabricantes de las unidades aclaran que no es necesario descargar completamente la unidad para volver a cargarla.

Muchas presentan un soporte de descanso con cargador de batería. Se recomienda no exponer la batería a temperaturas inferiores a 5°C o superiores a 30°C, y tampoco exponerla en ambientes con humedad mayor al 80%. <sup>(26)</sup>

Pocos estudios han intentado establecer una relación entre el estado de la batería o el porcentaje de carga con la intensidad de la luz emitida. Existe una disminución de la intensidad cuando las UP se analizan con baja batería, en relación con aquellas UP totalmente cargadas. Otro punto interesante a destacar es el número de irradiaciones o ciclos (segundos por uso) que puede emitir la misma, y al igual que la intensidad, depende del modelo del aparato utilizado. Por esto, es que algunas unidades podrían llegar a emitir la misma intensidad de luz indistintamente del estado de carga, mientras que otras, reducirían más del 50% de la intensidad de luz al estar con la batería descargada. Esto se puede evitar si se mantiene las UP en el soporte de carga regularmente para que presente la batería completamente cargada (Figura 4). <sup>(29)</sup>

Figura 4: Unidad colocada en su base de carga de batería.



Como indica la flecha, la mayoría de las bases de carga cuentan con una luz que indica cuando la batería está completamente cargada. Imagen de autoría propia

## 5. Tiempo de curado

Con el fin de obtener un biomaterial con buenas propiedades es imprescindible alcanzar un alto grado de polimerización, para ello es necesaria una UP que presente una longitud de onda e intensidad adecuada (ver punto 1 y 2) a

su vez, es importante conocer cuál es el tiempo necesario de fotopolimerización.

Un tiempo de aplicación inadecuado de la UP puede comprometer la calidad (Figura 5) y longevidad de las restauraciones. <sup>(28)</sup>

Figura 5: Posibles consecuencias de realizar un curado menor/mayor al indicado por el fabricante

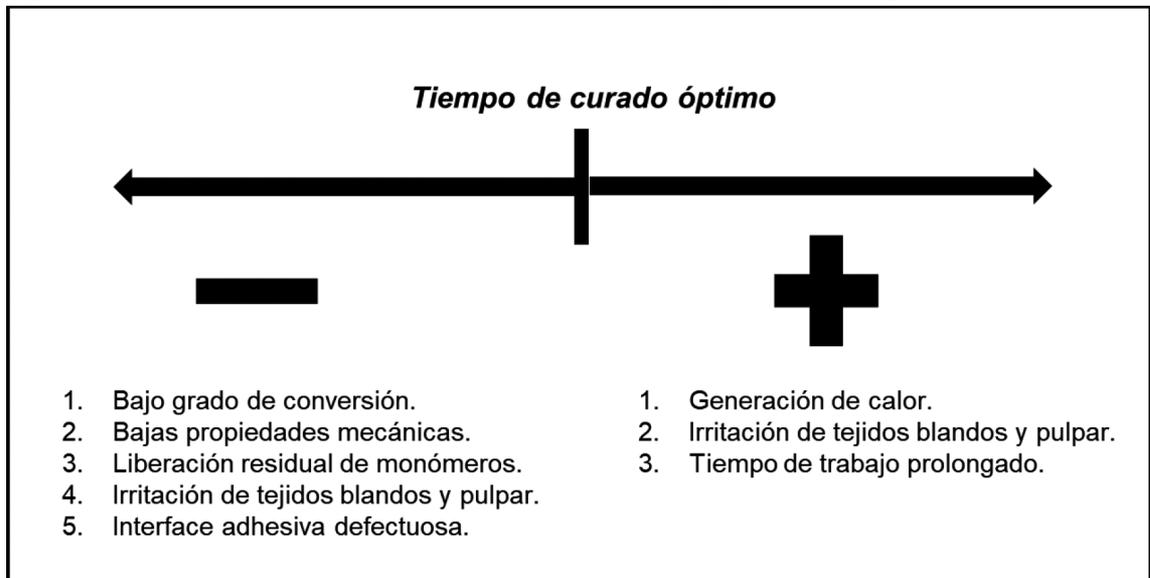


Imagen de autoría propia.

Para un adecuado fotocurado es necesaria una densidad de energía de 16-24 J/cm<sup>2</sup>. Para ello se debe contemplar la intensidad de la luz y el tiempo de exposición, obteniendo una densidad de energía adecuada.

Según la intensidad lumínica de la UP, se pueden clasificar en:

- \* >800 mW/cm<sup>2</sup> ALTA potencia.
- \* 400-800 mW/cm<sup>2</sup> BAJA potencia.
- \* <400 mW/cm<sup>2</sup> potencia INSUFICIENTE.

Para los materiales restauradores directos con resina en su composición los fabricantes sugieren:

- \* 20 segundos – ALTA potencia.
- \* 40 segundos – BAJA potencia.

En el caso de sistemas adhesivos:

- \* 10 segundos - ALTA potencia.
- \* 20 segundos – BAJA potencia.

Es importante leer las instrucciones de uso del biomaterial, ya que existen variaciones entre las distintas marcas comerciales. <sup>(29,30)</sup>

## 6. Modos de curado

El proceso de reacción de polimerización puede ser dividido en dos fases: fase inicial de la polimerización o pre-gel y fase final o post-gel. Estas dos fases son separadas por el punto de polimerización o punto gel. Este último, representa la fase en la que el biomaterial, por haber alcanzado cierta rigidez, se torna incapaz de

escurrirse internamente y las moléculas ya no pueden desplazarse. <sup>(31,32)</sup>

Existen diferentes modos de curado, <sup>(33,34)</sup> que buscan reducir el estrés inicial de contracción retrasando el punto gel. El objetivo es tratar de retardar la velocidad de curado de los polímeros, y permitir que se puedan liberar las tensiones internas.

Estos modos de curado pueden dividirse en (Ver Figura 6):

- \* Boost: la UP emite la potencia más alta que puede generar durante todo el intervalo de encendido.

- \* Step: la UP comienza en baja potencia (150 mW/cm<sup>2</sup> aproximadamente) por diez segundos y luego hace un salto instantáneo de la potencia a un valor mucho mayor por el resto del intervalo de curado.

- \* Ramp: la UP comienza a baja potencia (150 mW/cm<sup>2</sup> aproximadamente) seguido de un incremento constante de la potencia hasta llegar al máximo donde se mantiene hasta el final del curado.

- \* Pulse: la UP enciende intermitentemente, o bien genera ciclos de potencia alta y baja a cada segundo.

Estos modos de curado se han desarrollado en busca de disminuir el estrés de contracción y la temperatura generada durante la polimerización, sin afectar negativamente las propiedades físico-químicas de las RC. <sup>(2,30,35,36)</sup>

El aumento de temperatura puede afectar de forma negativa el tejido pulpar, este fenómeno se puede dar por diferentes procedimientos: uso de instrumentos a alta velocidad, reacción exotérmica de biomateriales o reacción de po-

**Figura 6: Representación esquemática de los diferentes modos de curado y las intensidades emitidas en el tiempo de cada uno de los mismos**

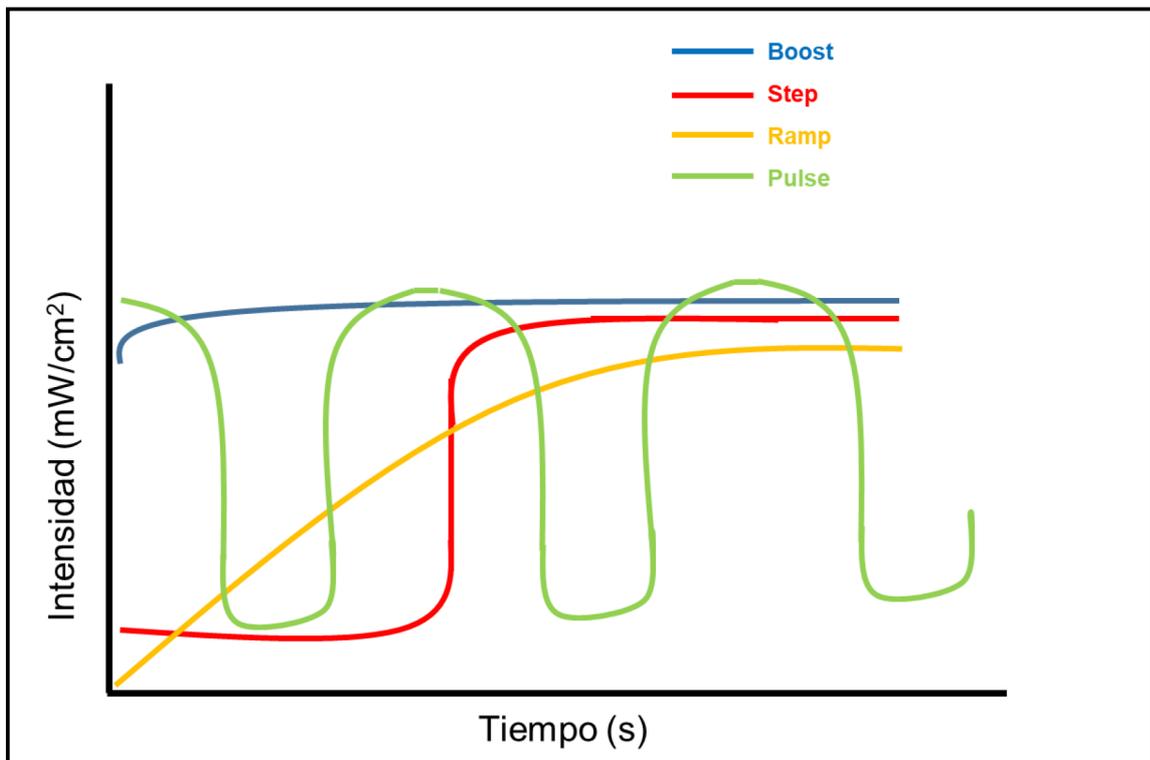


Imagen de autoría propia.

limerización de RC. Esto podría generar sensibilidad postoperatoria, dolor o incluso necrosis pulpar. Durante la fotopolimerización se genera un aumento de temperatura debido a que el proceso de reacción es exotérmico y a la energía de la luz absorbida. <sup>(37,38)</sup> El calor generado depende principalmente del biomaterial, la irradiancia y la velocidad a la que se polimeriza el mismo. Por este motivo, es importante exponer la luz sobre la pieza dentaria de forma gradual disminuyendo así el calor generado y el estrés de contracción, aumentando de esta manera el éxito clínico. <sup>(16,22)</sup>

### 7. Distancia de curado y colimación

Estudios *in vitro* <sup>(39,40)</sup> mencionan que existe una reducción en la irradiancia al alejar la punta la UP de la superficie del biomaterial al mo-

mento de realizar el fotocurado. Por ejemplo, una unidad LED que emite una irradiancia de 1523 mW/cm<sup>2</sup> medido a 0 mm de distancia, pasa a emitir una irradiancia de 734 y hasta 521 mW/cm<sup>2</sup> al medirla a una distancia de 6 y 9 mm. Esto representa una reducción del 52% y 66% respectivamente, esta situación podría suceder clínicamente al polimerizar un biomaterial ubicado en la pared gingival de una cavidad proximal.

Por esto, siempre es recomendable colocar la UP lo más cerca posible de la superficie del biomaterial (sin tocarlo). Algunas unidades presentan luz colimada, esto hace referencia a que la misma no se dispersa (los rayos son paralelos entre sí), y de esta manera, la disminución de la intensidad no es tan marcada en los primeros milímetros del recorrido (Figura 7). <sup>(41)</sup>

**Figura 7: Unidad de polimerización colocada a diferentes distancias de la superficie; se puede apreciar el aumento del área de exposición, la disminución de su intensidad y la pérdida de homogeneidad**



Imágenes de autoría propia.

### 8. Limpieza y desinfección de la unidad

Como fue mencionado anteriormente, lo más adecuado es fotopolimerizar el biomaterial con la punta de la UP lo más cerca posible del mismo. Esto muchas veces lleva a que parte del biomaterial se adhiera a la punta de la UP, lo que podría interferir con la salida de la luz (Figura 8). Para esto, se recomienda el uso de alcohol

70% mediante la ayuda de una gasa y realizarlo frecuentemente. Este procedimiento evita el acúmulo de grandes volúmenes de biomaterial adherido. Es aconsejable no utilizar instrumentos metálicos, filosos o cortantes los cuales podrían dañar irreversiblemente la superficie de la UP.

**Figura 8: Presencia de resina compuesta polimerizada en la superficie de la punta de la unidad**



Imagen de autoría propia

Actualmente, existen 4 métodos para mantener la esterilidad de la punta de luz:

a) Esterilización por calor seco o húmedo: este procedimiento reduce la capacidad de la punta para transmitir la luz hasta un 50% luego de 3 ciclos, según lo mencionado en algunos estudios. <sup>(42)</sup> Una posible solución a este problema, sería pulir nuevamente la punta para restaurar la transmisión de luz. Sin embargo, es un proceso complejo y lento, por lo que no se recomienda realizarlo. <sup>(43)</sup>

b) Uso de puntas descartables: el uso de puntas de plástico preesterilizadas de un solo uso (desechables) se propone como una alternativa viable. <sup>(44)</sup> Sin embargo, no es un método disponible actualmente en nuestro mercado.

c) Uso de un desinfectante después del uso con cada paciente: el glutaraldehído al 2%, ha demostrado la eliminación de todas las bacterias viables cuando la punta se mantuvo envuelta durante 10 minutos en un paño empapado con la solución. Sin embargo, se ha observado que las soluciones a base de glutaraldehído pueden reducir la transmisión de luz al dañar las fibras de la punta de la UP, esto puede ser revertido mediante un pulido externo. <sup>(45)</sup> Por otro lado, el uso de una paño empapado en etanol al 70 % no eliminó todas las bacterias viables. Limpiar con una solución desinfectante es rápido y conveniente, pero se recomienda más de 10 minutos de contacto con la punta de la UP para asegurar su efecto desinfectante. <sup>(46)</sup>

d) Uso de barreras traslúcidas desechables: actualmente son una de las alternativas más viables para mantener la cadena aséptica, lo discutiremos en el próximo capítulo.

### 9. Uso de barreras y protección del operador

Las UP se encuentran en la categoría de instrumentos “semi-críticos”, esto es debido a que entran en contacto con las membranas mucosas y piel (algunas veces laceradas), representando un riesgo para la transmisión de infecciones. Las mismas no pueden ser esterilizadas debido a que sus componentes pueden verse afectados. Por esto, el uso de “barreras” podría ser útil para mantener la cadena aséptica y el control de infecciones cruzadas. <sup>(47)</sup>

En el mercado se encuentran productos específicos para esto, de diferentes composiciones (poliuretano, polietileno y cloruro de polivinilo), los cuales pueden cubrir total o parcialmente (sólo las puntas) la UP. Además, existen alternativas como el film para alimentos, bolsas de nylon, guantes de látex, etc. <sup>(43,48)</sup>

Según la literatura, todas estas barreras disminuyen la intensidad de luz emitida por las UP. Colocadas correctamente, las barreras comerciales y el film disminuyen de un 5% a un 16% la intensidad de la luz. Por otro lado, cuando son colocadas de manera incorrecta, ya sea arrugada, con la costura sobre la punta o con polvo en su interior, esta disminución es aún mayor, de hasta un 28%. Cuanto mayor es el espesor de la barrera, menor será la intensidad de la luz. <sup>(43)</sup> (Figura 9. A, B y C).

Por todo esto, en caso de utilizar barreras, la medición de la intensidad de la luz es fundamental, ya que podría ser necesario aumentar los tiempos de curado o llevar a la inutilización de nuestro aparato por intensidad insuficiente (Ver punto 5).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el uso de anteojos de protección, el mismo se recomienda enfáticamente ya que elimina el

peligro de la luz azul. Todas las UP emiten luz visible en el espectro azul y azul/violeta, la cual puede causar daño ocular, especialmente a 440 nm. <sup>(49)</sup> La exposición a altos niveles de luz azul provoca quemaduras irreversibles en la retina cuando la luz azul es absorbida. Incluso la exposición a largo plazo a niveles bajos de esta luz acelera la degeneración macular. <sup>(50)</sup>

El uso de protección para los ojos que bloquea la luz azul previene tanto las lesiones agudas como la exposición crónica. Un filtro de luz azul adecuado, como las gafas filtrantes, da como resultado una reducción del 99% en la transmisión de luz con longitudes de onda inferior a 500 nm. Cuando se utilizan lentes naranjas (ámbar), el profesional puede mirar el haz de luz en acción, asegurando así la posición, enfoque y dirección correcta de la punta garantizando el procedimiento de fotopolimerización. (Figura 9. D).

A) Representación de la barrera correctamente colocada. B) y C) Representación de la barrera incorrectamente colocada. D) Lentes de protección con filtro para luz azul. Imagen de autoría propia.

### 10. Controles periódicos

No existe un consenso en cuanto a la frecuencia adecuada para realizar un control de las UP. <sup>(51)</sup>

Los valores de irradiancia obtenidos mediante radiómetros pueden ser buenos predictores del estado de funcionamiento de la UP, ya que éstos podrían indicar falencias en algunas de las partes del mismo. Sería adecuado llevar un registro de las intensidades medidas a lo largo del tiempo (Figura 10).

El mantenimiento diario de la higiene, desinfección y carga de batería debería ser realizado con conciencia y precaución, así como disponer de un sitio de almacenamiento adecuado. <sup>(27)</sup>

Los conceptos desarrollados en el presente decálogo y las recomendaciones de uso se sintetizan en la Tabla 1.

Figura 9



Figura 10: Representación de unidades en mal estado, posiblemente debido al incorrecto uso o inadecuado mantenimiento

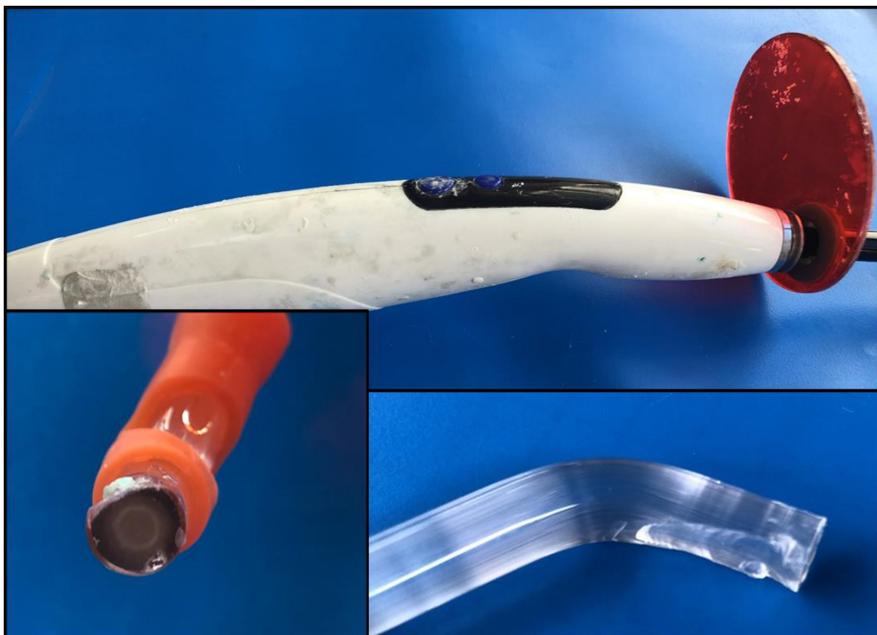


Imagen de autoría propia.

**Tabla 1: Síntesis de los 10 conceptos desarrollados en el decálogo**

| FACTORES                    | CONCEPTO                | RECOMENDACIONES   |
|-----------------------------|-------------------------|---|
| Inherentes a la UNIDAD*     | Longitud de onda        | La misma debe coincidir con el pico de absorción del fotoiniciador del material polimérico. **  |
|                             | Intensidad de la luz    | Se sugiere una intensidad mínima de 400 mW/cm <sup>2</sup> . El uso de un Radiómetro permite la evaluación de la misma.   |
|                             | Diámetro de la punta    | Difiere según la marca comercial. Se deberá tener en cuenta el tamaño de la superficie a polimerizar siendo en algunos casos necesarias varias aplicaciones de luz.                   |
| Inherentes al OPERADOR      | Tiempo de curado        | Para determinar el tiempo de curado se deberá tener en cuenta la intensidad de la UP y el tipo de material a fotopolimerizar. **  |
|                             | Modo de curado          | Los modos de curado permiten retardar la velocidad de curado de los polímeros, disminuyendo el estrés de contracción. Los mismos pueden ser: Convencional, Boost, Step, Ramp o Pulse. |
|                             | Distancia de curado     | Se sugiere colocar la UP lo más cerca posible del material sin tocarlo.   |
|                             | Uso de barreras         | Es recomendable el uso de barreras plásticas en las UP correctamente colocadas, teniendo en cuenta que las mismas pueden disminuir la intensidad de las mismas.                       |
| Inherentes al MANTENIMIENTO | Batería y carga         | Se aconseja mantener las UP en el soporte de carga de forma regular para que la misma se mantenga cargada.  |
|                             | Limpieza y desinfección | Se recomienda el uso de alcohol 70% y gasa, evitando el uso de elementos filosos o cortantes que rayan la UP para eliminar restos de material polimérico adherido.                    |
|                             | Controles periódicos    | La intensidad de la luz deberá controlarse periódicamente mediante el uso de un radiómetro. Es adecuado llevar un registro de la intensidad medida en el tiempo.                      |

\* Estos factores no pueden ser modificados por el operador.

\*\* Es necesario tener en cuenta la información brindada por el fabricante y sus recomendaciones de uso.

## Conclusiones

Los profesionales de la salud deben conocer y recordar la importancia de realizar un adecuado uso y mantenimiento de las UP ya que de acuerdo a todo lo expuesto anteriormente, esto puede influir en el desempeño clínico del biomaterial.

La Facultad de Odontología de la Udelar (Montevideo, Uruguay) ha implementado un

sistema de control anual de la irradiancia de las UP utilizadas en la Institución, lo que ha permitido asegurarse de que la mayoría de los puntos mencionados en el presente informe puedan cumplirse.

Es pertinente la difusión del presente decálogo y en caso de corresponder, su actualización en base surja nueva evidencia científica.

## Referencias

1. Jadhav S, Hegde V, Aher G, Fajandar N. Influence of light curing units on failure of direct composite restorations. *J Conserv Dent*. 2011 Jul;14(3):225–7.
2. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res*. 2017 Aug;31(suppl 1):64–91.
3. Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *J Investig Clin Dent*. 2012;3(1):3–16.
4. Pelissier B, Jacquot B, Palin WM, Shortall AC. Three generations of LED lights and clinical implications for optimizing their use. 1: from past to present. *Dent Update*. 2011;38(10).
5. Topcu FT, Erdemir U, Sahinkesen G, Yildiz E, Usilan I, Acikel C. Evaluation of microhardness, surface roughness, and wear behavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010 Feb;92(2):470–8.
6. American Dental Association. ADA Professional Product Review. Curing Lights. 2009;4(4).
7. Gan JK, Yap AU, Cheong JW, Arista N, Tan CBK. Bulk-Fill Composites: Effectiveness of Cure With Poly- and Monowave Curing Lights and Modes. *Oper Dent*. 2018 Mar 1;43(2):136–43.
8. Kowalska A, Sokolowski J, Gozdek T, Krasowski M, Kopacz K, Bociong K. The Influence of Various Photoinitiators on the Properties of Commercial Dental Composites. *Polymers (Basel)*. 2021 Nov 1;13(22).
9. Salgado VE, Rego GF, Schneider LF, Moraes RR de, Cavalcante LM. Does translucency influence cure efficiency and color stability of resin-based composites? *Dent Mater*. 2018 Jul 1;34(7):957–66.
10. Cuevas-Suárez CE, Pimentel-García B, Rivera-Gonzaga A, Álvarez-Gayosso C, Ancona-Meza AL, Grazioli G, et al. Examining the Effect of Radiant Exposure on Commercial Photopolimerizable Dental Resin Composites. *Dent J*. 2018 Dec 1;6(4).
11. Moraes RR, Cenci MS, Moura JR, Demarco FF, Loomans B, Opdam N. Clinical performance of resin composite restorations. *Curr Oral Heal Reports* 2022. 2022 Feb 17;1–10.
12. Par M, Repusic I, Skenderovic H, Tarle Z. Wavelength-dependent light transmittance in resin composites: practical implications for curing units with different emission spectra. *Clin Oral Investig*. 2019 Dec 1;23(12):4399–409.
13. Shimokawa CAK, Sullivan B, Turbino ML, Soares CJ, Price RB. Influence of Emission Spectrum and Irradiance on Light Curing of Resin-Based Composites. *Oper Dent*. 2017 Sep 1;42(5):537–47.
14. Price RBT, Fahey J, Felix CM. Knoop hardness of five composites cured with single-peak and polywave LED curing lights. *Quintessence Int*. 2010;41(10):e181-91.
15. ISO - ISO 10650:2018 - Dentistry — Powered polymerization activators.
16. Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T, et al. The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dent Mater*. 2019 Jan 1;35(1):e1–22.
17. Daugherty MM, Lien W, Mansell MR, Risk DL, Savett DA, Vandewalle KS. Effect of high-intensity curing lights on the polymerization of bulk-fill composites. *Dent Mater*. 2018 Oct 1;34(10):1531–41.
18. Harlow JE, Sullivan B, Shortall AC, Labrie D, Price RB. Characterizing the output settings of dental curing lights. *J Dent*. 2016 Jan 1;44:20–6.
19. Nassar HM, Ajaj R, Hasanain F. Efficiency of light curing units in a government dental school. *J Oral Sci*. 2018;60(1):142–6.
20. Flury S, Lussi A, Hickel R, Ilie N. Light curing through glass ceramics with a second- and a third-generation LED curing unit: effect of curing mode on the degree of conversion of dual-curing resin cements. *Clin Oral Investig*. 2013 Dec;17(9):2127–37.
21. Siagian JS, Dennis D, Ikhsan T, Abidin T. Effect of Different LED Light-curing Units on Degree of Conversion and Microhardness of Bulk-fill Composite Resin. *J Contemp Dent Pract*. 2020 Jun 1;21(6):615–20.
22. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. *J Dent Res*. 2015 Sep 24;94(9):1179–86.

23. Michaud PL, Price RBT, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. *J Dent.* 2014 Feb;42(2):129–39.
24. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of inhomogeneity of light from light curing units on the surface hardness of composite resin. *Dent Mater J.* 2008;27(1):21–8.
25. Price RBT, Rueggeberg FA, Labrie D, Felix CM. Irradiance uniformity and distribution from dental light curing units. *J Esthet Restor Dent.* 2010 Apr;22(2):86–101.
26. Pereira AG, Raposo LHA, Teixeira DNR, Gonzaga RCQ, Cardoso IO, Soares CJ, et al. Influence of Battery Level of a Cordless LED Unit on the Properties of a Nanofilled Composite Resin. *Oper Dent.* 2016 Jul 1;41(4):409–16.
27. Tongtaksin A, Leevailoj C. Battery Charge Affects the Stability of Light Intensity from Light-emitting Diode Light-curing Units. *Oper Dent.* 2017 Sep 1;42(5):497–504.
28. Al-Zain AO, Platt JA. Effect of light-curing distance and curing time on composite microflexural strength. *Dent Mater J.* 2021;40(1):202–8.
29. Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent.* 2008 Jun;21(3):135–42.
30. Price RB, Ferracane JL, Hickel R, Sullivan B. The light-curing unit: An essential piece of dental equipment. *Int Dent J.* 2020 Dec 1;70(6):407–17.
31. Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Rodrigues M de P, Fernandes Vilela AB, Pfeifer CS, Tantbirojn D, et al. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements - What do we need to know? *Braz Oral Res.* 2017 Aug 1;31(suppl 1):49–63.
32. Taylor R, Fuentealba R, Brackett WW, Roberts HW. 24 hour polymerization shrinkage of resin composite core materials. *J Esthet Restor Dent.* 2021 Jul 1;33(5):775–85.
33. Lührs AK, Pongprueksa P, De Munck J, Geurtsen W, Van Meerbeek B. Curing mode affects bond strength of adhesively luted composite CAD/CAM restorations to dentin. *Dent Mater.* 2014 Mar;30(3):281–91.
34. Shim JS, Kang JK, Jha N, Ryu JJ. Polymerization Mode of Self-Adhesive, Dual-Cured Dental Resin Cements Light Cured Through Various Restorative Materials. *J Esthet Restor Dent.* 2017 May 1;29(3):209–14.
35. Malhotra N, Kundabala M, Shashirashmi A. Strategies to overcome polymerization shrinkage--materials and techniques. A review. *Dent Update.* 2010;37(2).
36. Pereira SG, Fulgêncio R, Nunes TG, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Effect of curing protocol on the polymerization of dual-cured resin cements. *Dent Mater.* 2010;26(7):710–8.
37. Schneider LF, Consani S, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA. Halogen and LED light curing of composite: temperature increase and Knoop hardness. *Clin Oral Investig.* 2006 Mar;10(1):66–71.
38. Armellin E, Bovesecchi G, Coppa P, Pasquantonio G, Cerroni L. LED Curing Lights and Temperature Changes in Different Tooth Sites. *Biomed Res Int.* 2016;2016:1894672. doi: 10.1155/2016/1894672. Epub 2016 Apr 18. PMID: 27195282; PMCID: PMC4852368.
39. Zhu S, Platt J. Curing efficiency of three different curing modes at different distances for four composites. *Oper Dent.* 2011 Jul;36(4):362–71.
40. Faria-e-Silva AL, Fanger C, Nguyen L, Howerton D, Pfeifer CS. Impact of Material Shade and Distance from Light Curing Unit Tip on the Depth of Polymerization of Composites. *Braz Dent J.* 2017 Sep 1;28(5):632–7.
41. Catelan A, De Araújo LSN, Da Silveira BCM, Kawano Y, Ambrosano GMB, Marchi GM, et al. Impact of the distance of light curing on the degree of conversion and microhardness of a composite resin. *Acta Odontol Scand.* 2015 May 1;73(4):298–301.
42. Rueggeberg FA, Caughman WF, Comer RW. The effect of autoclaving on energy transmission through light-curing tips. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(8):1183–7.
43. Soares CJ, Braga SSL, Ribeiro MTH, Price RB. Effect of infection control barriers on the light output from a multi-peak light curing unit. *J Dent.* 2020 Dec 1;103.

44. Rueggeberg FA, Caughman WF. Factors affecting light transmission of single-use, plastic light-curing tips. *Oper Dent* 1998;23:179-84.
45. Dugan WT, Hartleb JH. Influence of a glutaraldehyde disinfecting solution on curing light effectiveness. *Gen Dent* 1989; 37(1):40-3.
46. Caughman GB, Caughman WF, Napier N, Schuster GS. Disinfection of visible-light-curing devices. *Oper Dent* 1989; 14(1):2-7.
47. Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malvitz DM. Guidelines for infection control in dental health-care settings - 2003. *MMWR Recomm Rep.* 2003;52:1-61.
48. Pollington S, Kahakachchi N, Van Noort R. The influence of plastic light cure sheaths on the hardness of resin composite. *Oper Dent.* 2009 Nov;34(6):741-5.
49. Hasanain FA, Nassar HM. Utilizing Light Cure Units: A Concise Narrative Review. *Polymers (Basel).* 2021 May 1;13(10).
50. Fluent MT, Ferracane JL, Mace JG, Shah AR, Price RB. Shedding light on a potential hazard: Dental light-curing units. *J Am Dent Assoc.* 2019 Dec 1;150(12):1051-8.
51. Shortall AC, Price RB, Mackenzie L, Burke FJT. Guidelines for the selection, use, and maintenance of LED light-curing units - Part II. *Br Dent J.* 2016 Nov 4;221(9):551-4.

#### **Conflicto de interés:**

Los autores declaran no poseer ningún conflicto de interés en la información científica brindada.

#### **Nota contribución de autoría:**

1. Concepción y diseño del estudio
2. Adquisición de datos
3. Análisis de datos
4. Discusión de los resultados
5. Redacción del manuscrito
6. Aprobación de la versión final del manuscrito

ED, MM, RT, PV, GA, BF, GC, DD contribuyeron en 1, 2, 4 y 5.

AG y GG contribuyeron en 1, 3, 4 y 6.

#### **Nota de aceptación:**

Este artículo fue aprobado por la editora de la revista Mag. Dra. Vanesa Pereira-Prado.