



# Materiales de resinas compuestas y su polimerización

## Parte I

**Dr. Carlos Carrillo Sánchez, MSD**

Práctica Privada Toluca, Edo de México

**Sta. A. Montserrat Monroy Pedraza**

Licenciatura de Odontología, Universidad Intercontinental

### Resumen

Una de las principales razones para el índice de fracasos en las restauraciones de resinas compuestas, es la falta de una adecuada polimerización de las resinas fotopolimerizables.

Todos los dentistas deben de entender, no solo la química de la polimerización y la física de la luz, sino todo el proceso de la polimerización por luz para obtener los mejores resultados posibles en las restauraciones de resinas compuestas colocadas.

### Summary

One of the main reasons for the rate of failures in composite resin restorations is the lack of adequate polymerization of the light-cure composites.

Every dentist should understand not only the chemistry of polymerization and the physics of light, but the whole process of light polymerization to obtain the best results possible on the composite resin restorations placed.

### Introducción

**I**

a forma de efectuar restauraciones tanto en dientes anteriores como posteriores, ha evolucionado muy marcadamente en la Odontología con la utilización de materiales dentales restauradores activados por luz.<sup>1</sup>

El uso de estos materiales dentales activados por luz ha aumentado considerablemente en los últimos años, sobretodo como una respuesta a una mayor demanda de materiales estéticos.<sup>1, 2</sup>

Los materiales que son fotoiniciados poseen una singular ventaja sobre los materiales autopolimerizables, porque le permiten al dentista tener suficiente tiempo de trabajo para manipular el material restaurador. Esto ha dado como resultado, una gran variedad de materiales fotopolimerizables, que han afectado y cambiado todas las fases de la Odontología Restauradora.<sup>2, 3</sup>

Antes del desarrollo de los materiales activados por luz, los dos componentes del sistema iniciador para polimerizar una resina compuesta, requerían que dos pastas o polvo y líquido fueran mezclados entre si, y que después de efectuada esta mezcla la restauración fuera colocada dentro del límite de tiempo de trabajo que proporcionaba el material.<sup>4</sup>

El proceso de mezclado, presentaba el potencial de crear una mezcla desigual o inconsistente que pudiera provocar un fracaso prematuro de las restauraciones.

A diferencia de los materiales con una reacción química con autopolimerización, los materiales polimerizables por luz dependen de la energía suficiente en la luz y que ésta llegue a todas las áreas de la restauración para iniciar así, la conversión de monómero - polímero.<sup>1, 4</sup>

La cantidad de luz como agente iniciador de la conversión puede variar por muchos factores: la fuente de luz, la composición del producto, sus partículas de relleno, su coloración y el tiempo de exposición.

Es de suma importancia obtener una adecuada conversión del monómero, ya que esto presenta una gran influencia en la mayoría de las propiedades físicas de la restauración, como puede ser: en la resistencia al desgaste, la resistencia compresiva y traccional, la estabilidad dimensional, la absorción de agua, la estabilidad de color y la biocompatibilidad.<sup>2, 4, 5</sup>

Desde la introducción de los primeros sistemas activados por luz, los protocolos del proceso de activación han variado considerablemente, no solo por las unidades de emisión de luz o de los materiales restauradores, sino en el proceso y manejo para obtener mejores resultados en la restauración final.

El protocolo de fotopolimerización utilizado hace 20 años ya es obsoleto y el protocolo más recomendado hace 10 años puede ser que no sea totalmente válido en nuestros días.

Existen algunas preguntas en relación a la fotopolimerización y su efecto en las resinas compuestas para uso dental, que aún en nuestros días requieren de tener respuestas con una mayor claridad y para la obtención de mejores resultados en las restauraciones con estos materiales, como:

- ¿Todos los materiales absorben luz?
- ¿Todos los materiales exhiben la misma respuesta a la luz?
- ¿Es la luz azul, la mejor para fotopolimerizar?
- ¿La fotoquímica requiere luz?
- ¿La intensidad de la luz y el tiempo de exposición son importantes?
- ¿El grosor del material tiene poco impacto en el curado por luz?
- ¿Cuando la resina compuesta esta dura, significa que ya esta totalmente polimerizada?
- ¿Puede una Resina Compuesta ser polimerizada rápidamente (luz de alta energía)?
- ¿Puede cualquier tipo de lámpara efectuar el polimerizado del material?
- ¿Causa esto, efectos no deseados en el material restaurador o en la estructura dental?

- ¿Causa esto, contracción a la polimerización?
- ¿Se genera mayor cantidad de calor?
- La intensidad alta significa un curado más rápido y más profundo?
- ¿Fue la tecnología LED recientemente descubierta?

### Resinas compuestas y su polimerización

El término de material compuesto, se refiere a una combinación tridimensional de por lo menos dos sustancias diferentes químicamente entre sí con una interfase bien definida que separa y une a la vez a los componentes.<sup>2, 6, 7</sup>

Esta combinación, suministra un material con propiedades que son muy superiores a las que podrían obtenerse en cualquiera de los componentes actuando por separado.

Las resinas compuestas para uso dental, consisten en partículas de relleno inorgánicas inmersas en una matriz orgánica de polímeros en las que las partículas inorgánicas están recubiertas con un compuesto de silano activo que une a las partículas de relleno con la resina, proporcionando como se mencionó, la unión de esta fase inorgánica a la fase orgánica, lo cual dota a la restauración final con mejores propiedades que las que pudiera presentar en forma individual y por si solas cada fase.<sup>2, 8</sup>

Actualmente existe el consenso, sin lugar a dudas, de que las resinas compuestas modernas presentan soluciones más fáciles y más conservadoras para ciertas situaciones clínicas que los materiales ya existentes.

El compuesto Bis GMA ha sido más utilizado que los otros compuestos, porque presenta una estructura aromática que aumenta su rigidez, su fuerza compresiva y disminuye su baja absorción de agua.

Otros compuestos que se han desarrollado y recomendado como matriz orgánica y que se han utilizado más últimamente o en combinación entre sí, son: el Dimetacrilato Tricíclico, TEG-DMA y el Bis GMA modificado, que presentan una mayor dureza, baja viscosidad y más baja absorción de agua.<sup>3, 9, 10</sup>

Todas estas resinas tienen la característica de presentar moléculas grandes, por lo que tienen menor contracción a la polimerización que otros compuestos que tienen moléculas pequeñas. (Figura 1)

Las fases orgánicas de las resinas compuestas presentan otros componentes que se le añaden para mejorar y favorecer sus propiedades:

- **Inhibidores:** Estos, son compuestos incluidos para prevenir la polimerización prematura de la resina. Los componentes más comúnmente utilizados son: 4-metoxifenol (PMP), 2 4 6 Títerciarbutil fenol (BHT) y son generalmente utilizados en cantidades del 0.1%. El inhibidor más utilizado es el BHT, porque puede proporcionar restauraciones con resultados más satisfactorios por tener una estabilidad de color más aceptable.<sup>11, 12, 13</sup>
- **Aceleradores:** En los sistemas de resinas compuestas, es necesario utilizar una amina terciaria aromática que actúe como donador de electrón, tal como la N,N dihidroxietil-p-toluidina para que interactue con el agente iniciador para producir los radicales libres necesarios, con el fin de iniciar la reacción de polimerización de la matriz orgánica. Algunas otras aminas también han sido utilizadas como activadores de la reacción, pero la dimetil-p-toluidina ha demostrado tener la ventaja de producir un compuesto con mayor estabilidad de color.<sup>2, 9, 11</sup>
- **Iniciadores:** El agente iniciador más comúnmente usado en las resinas compuestas, es: el Peróxido de Benzoilo (BP).

El calor, la luz y algunos agentes químicos pueden causar la descomposición o la separación del BP, dando como resultado radicales libres que inician la polimerización. Es por esto, que es muy recomendable que los materiales a base de resina compuesta sean siempre almacenados en un medio ambiente limpio, oscuro y frío.

12

- **Iniciadores fotoquímicos:** La reacción de polimerización puede ser iniciada también por medio de una radiación electromagnética, tal como la luz ultravioleta UV o la luz visible.<sup>11, 13, 14</sup>

Para estos sistemas de activación, se requiere que la resina presente un componente orgánico que pueda generar radicales libres.

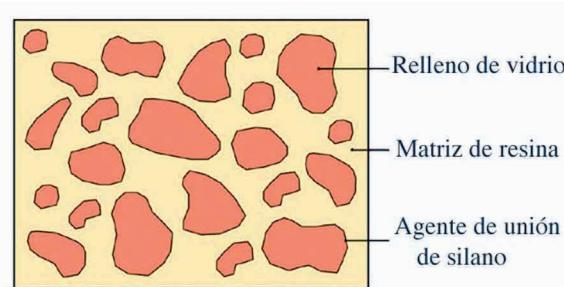


Figura 1. Composición de una resina compuesta.

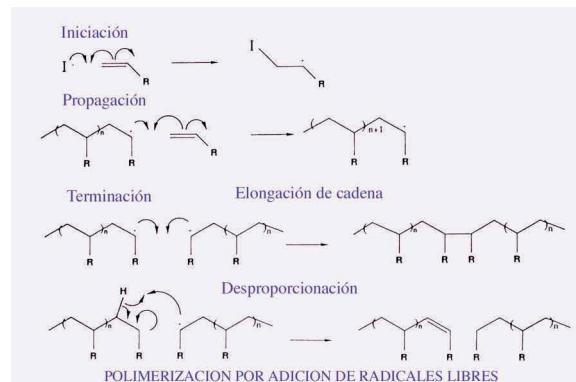


Figura 2. Pasos en la Polimerización por adición de radicales libres.

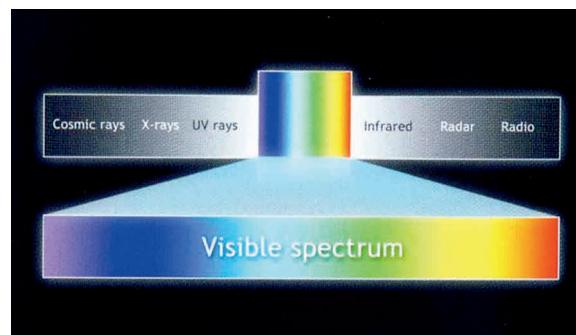


Figura 3. Espectro de la fuente de luz visible.

Para la activación por luz UV, se utilizaba el metil éter-benzoico en cantidades de 0.2%, sin la presencia de aminas terciarias y requiriendo solo de una longitud de onda para su iniciación de 365 nm.

En las resinas compuestas activadas por luz visible, el componente iniciador son las dicetonas, tal como: la Camforquinona (CQ), que esta presente en una cantidad de entre 0.2% al 0.6% y son utilizadas en combinación de una amina orgánica terciaria no aromática, presente en cantidades de 0.1% o menor.

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, produce radicales libres que inician la polimerización.<sup>15, 16</sup>

- Componentes adicionales: Las resinas compuestas de autopolimerización, pueden contener algunos componentes que absorben luz UV durante el manejo clínico y que actúen como estabilizadores de color. Sin embargo, estos componentes no podían ser utilizados en sistemas de curado por luz UV ya que retardaban la polimerización del compuesto, aunque si pueden ser utilizados en los sistemas de curado de luz visible.

También, en algunos sistemas, el iniciador o inhibidor BHT puede ser utilizado como estabilizador de color.

## Polimerización

Los polímeros, son moléculas producto de muchos monómeros en conexión y repetición, pudiendo ser el producto de un solo tipo de monómeros o la mezcla de diferentes monómeros.<sup>5, 6</sup>

En los sistemas de resinas compuestas, todos los monómeros contienen por lo menos un carbón de doble unión y se transforman en polímeros y copolímeros por el uso de sistemas de iniciación.<sup>9,11</sup>

Se entiende como polimerización, a la conversión de oligómeros y monómeros a una matriz de polímeros que puede ser iniciada por diferentes medios para formar radicales libres que la inician.<sup>17</sup>

Cuando dos o más monómeros diferentes son polimerizados juntos, este material es conocido como un copolímero y sus propiedades físicas

no solo estarán relacionadas a los monómeros, sino también a la unión entre ellos.<sup>18, 19</sup>

Todos los sistemas de resinas en su conversión de monómero a polímero, pasan al menos por 4 etapas importantes:

- Activación.
- Iniciación.
- Propagación.
- Terminado.

La iniciación de la reacción, involucra la activación de un agente que se separa para formar un radical libre. Este radical libre es una molécula llevada a un nivel más alto de energía que puede conferirle este mismo estado a otra molécula por colisión.

Cuando un radical libre se une con un carbono de unión doble en el monómero, el radical libre forma un par con uno de los electrones de la unión doble, convirtiendo al otro miembro del par del carbono en un nuevo radical libre que propiciaría que la reacción continúe.<sup>20, 21, 22, 23</sup>

El proceso de iniciación de la polimerización o la generación de radicales libres de una resina compuesta, puede llevarse a cabo en cuatro formas diferentes:<sup>20</sup>

- Calor
- Química (autopolimerización)
- Luz UV
- Por Luz Visible

En los sistemas activados por calor, el peróxido de benzoilo se separa al ser expuesto al calor para formar radicales libres.

En los sistemas activados químicamente, la amina terciaria que actúa como un donador de electrones es utilizada para separar al peróxido benzoico en radicales libres.<sup>18, 19</sup> (Figura 2)

En los sistemas activados por luz UV, la fuente de irradiación a 365 nm irradia al éter metil benzoico que está presente en cantidades de 0.2% y lo transforma en radicales libres sin requerir de la presencia de aminas terciarias.

<sup>17, 23, 24</sup>

En los sistemas activados por luz, una fuente de luz de entre 420 a 470 nm, excita a la Camforquinona que está presente en un 0.03% a 0.1% ó a alguna otra dicetona utilizada como iniciador, a un estadio triple que interactúa con una amina terciaria no aromática (alifática) como la N,N-dimethylaminoethyl methacrylate (0.1% o menos). Cuando la Camforquinona es excitada, ésta reacciona con la amina terciaria y empieza la formación de radicales libres.<sup>1, 23</sup>

En las resinas compuestas autopolimerizables o conocidas también como de activación química, los radicales son creados por la incorporación de una amina acelerador como el N,N-dihydroxyethyl-p-toluidina, a un iniciador como el peróxido de benzoilo. El peróxido es separado en dos, dando como resultado la presencia de dos radicales libres.<sup>17, 20</sup>

En las resinas compuestas activadas por luz visible, no existen iniciadores químicos.

La energía radiante de aproximadamente 470 nm (luz azul) llega a una dicetona como la Camforquinona, provocando un estadio triple de excitación para generar la separación de esta molécula a una amina terciaria alifática, que funciona como un agente reductor, generando como resultado la formación de dos radicales reactivos.<sup>1, 24, 25</sup>

Una vez que los agentes inhibidores se han consumido, los radicales libres están disponibles para reaccionar con las moléculas de los monómeros o de los oligómeros.

Cuando esta reacción sucede, un radical monómero se forma y va a reaccionar en forma continua con otras moléculas de monómeros, formando de esta manera un alargamiento en cadena de polímeros.<sup>18, 19, 26</sup>

Conforme la polimerización continua, las cadenas de polímeros se van formando en diferentes formas estructurales y mientras la habilidad de los radicales libres va perdiendo disponibilidad, las uniones de carbón doble reactivo van disminuyendo progresivamente.<sup>(1, 27, 28)</sup>

Distintas formas de cadenas se forman, dependiendo la habilidad de cada compuesto orgánico; la molécula de Bis GMA, forma cadenas muy rígidas y con limitada movilidad. Los diluentes más flexibles como el TEDMA tiene la posibilidad de doblarse y reaccionar, ya que la mayoría de las moléculas de Bis GMA se han unido.<sup>18, 19, 21</sup>

Los diluentes, reaccionan en forma tardía para propiciar las uniones en la inter e intraunión de los carbonos dobles, y de esta manera se forma una unión cruzada y la densidad de la masa resultante, aumenta.

Por lo tanto la matriz de resina resultante de la polimerización, no es una masa completamente homogénea.<sup>27, 28</sup>

Se le llama terminación de la polimerización, al momento de la unión de dos radicales y es cuando se forma una unión intermolecular, resultando en la combinación de una cadena larga o también que exista la posibilidad de la formación de dos cadenas individuales, una con una unión doble y la otra saturada. La primera es la más deseada que se forme en las resinas compuestas y a la última se le conoce como terminación desproporcionada.<sup>27, 28</sup>

### **Naturaleza de la Luz**

La luz, es una forma de energía radiante que viaja en ondas de diferentes longitudes y se ha comprobado que dichas ondas son transversales y de naturaleza electromagnética, con longitudes de onda entre  $4 \times 10^{-5}$  cm. y  $7 \times 10^{-5}$  cm. Esta energía radiante está localizada en la región de la longitud de onda detectable por el ojo humano.<sup>29, 30</sup>

Aquellas longitudes de onda más largas que la energía visible, incluyen radiaciones infrarrojas, microondas, la televisión, el radio y la energía eléctrica. La electricidad, posee la longitud de onda más larga, que equivale a 5000 Km.<sup>29, 31</sup>

La luz, es generalmente producida por sólidos como podrían ser: metales u óxidos metálicos calentados a temperaturas incandescentes.

La luz, también puede ser producida por medio de energía eléctrica o química, como por el paso de una corriente eléctrica a través de un gas o por la producción química de la misma, en cuyo caso se le denomina luz fluorescente o fosforescente. O por reacciones nucleares, como la luz producida por el sol.<sup>29, 32</sup>

En 1676, Newton desarrolló un experimento con el cual demostró que un simple rayo de luz blanca, puede ser dividido o separado en los colores del espectro cuando se hace pasar a través de un prisma de cristal y que el espectro contiene todos los colores básicos.<sup>29</sup>



Cuando un rayo de luz pasa a través de un prisma de cristal, el rayo de luz se dispersa y emergen bandas ininterrumpidas de colores, que incluyen el violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. (Figura 3)

Los colores son originados por las ondas de luz, que representan un tipo específico de energía electromagnética.

El ojo humano es sensible y solo puede percibir radiaciones de luz de entre 380 nm a 780 nm y es capaz de registrar todos los colores entre el violeta y el rojo.<sup>29, 30, 32</sup>

Es importante mencionar, que cada color del espectro es específico de su longitud de onda y del número de oscilaciones, y que las longitudes de onda no presentan color, el color es creado en nuestros ojos y su comunicación con el cerebro.<sup>29, 30</sup>

La región visible del espectro electromagnético, se extiende desde 400 nm para la luz violeta hasta aproximadamente 700 nm para la luz roja.

Cuando la luz en la región visible al ser dispensada la "luz blanca" a través de un prisma, se pueden observar claramente las longitudes de onda crecientes y los colores del espectro son:

- Violeta (450 nm).
- Azul (480 nm).
- Verde (520 nm).
- Amarillo (580 nm).
- Anaranjado (600 nm).
- Rojo (640 nm).

El espectro electromagnético, es continuo y no hay separaciones entre una forma de radiación y otra. Los límites establecidos son arbitrarios y dependen de nuestra capacidad para percibir directamente una pequeña porción y para descubrir y medir las porciones que quedan fuera de la región visible.<sup>30, 32</sup>

Plank en 1901, encontró que los problemas con la teoría de la radiación se basaban en la suposición de que la energía radiaba en forma continua.

Con esto, postuló que la energía electromagnética se absorbía o emitía en paquetes o quantum (cuantos), desarrollando así la teoría cuántica, que refiere que el contenido de energía de estos cuantos o también llamados fotones, es proporcional a la frecuencia de la radiación.

Con esto, todo hace parecer que la luz es dual. La teoría ondulatoria permanece, ya que se considera que el fotón o cuanto tiene una frecuencia y una energía proporcional a la frecuencia.

Actualmente, se utiliza la teoría ondulatoria cuando se estudia la propagación de la luz y la teoría corpuscular es necesaria para describir la interacción de la luz con la materia.

Por lo tanto, esto nos transporta a pensar en la luz como energía radiante transportada por fotones y transmitida por un campo ondulatorio.

### Flujo luminoso

La mayoría de las fuentes de luz emiten energía electromagnética distribuida en múltiples longitudes de onda. Cuando se suministra energía eléctrica a una lámpara, esta emite radiación.

La energía radiante emitida por la lámpara por unidad de tiempo, se llama potencia radiante o *flujo radiante*.

Solo una pequeña porción de esta potencia radiante se encuentra en la región visible, o sea en la región de entre 400 y 700 nm y a esto se le llama: *flujo luminoso*.<sup>29, 32</sup>

El sentido de la vista, depende tan solo de la energía radiada visible o luminosa por unidad de tiempo.

El flujo luminoso, es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz, que es capaz de afectar el sentido de la vista.

La emisión de luz desde una fuente u origen, ocurre a través de un proceso físico o químico y un determinado proceso puede emitir más luz a cierta longitud de onda que otros.

Para generar una luz blanca perfecta, una fuente de luz debe emitir exactamente la misma cantidad de cada longitud de onda. Los objetos emisores de luz, pueden ser modificados para producir luz de colores específicos.<sup>29, 31</sup>

## Fotopolimerización

El proceso de fotopolimerización y en particular los protocolos de curado desarrollados en los últimos años, han tenido un papel relevante en el área de los materiales dentales; pero su uso, es muy variado y de gran éxito en distintas áreas de la ciencia y de la industria.

La lámpara de polimerización por luz es utilizada para activar a los fotoiniciadores en los materiales dentales restauradores para iniciar la polimerización del material.<sup>18, 19</sup>

Estos sistemas activados por luz, son actualmente los métodos de elección para polimerizar a las resinas compuestas cuando son colocadas directamente.

La calidad, el éxito y la longevidad de la mayoría de los procedimientos de los materiales dentales actuales, dependen en mucho del buen uso y de un funcionamiento adecuado de las unidades de fotopolimerización.

Para obtener resultados óptimos en la fotopolimerización de las resinas, es importante considerar siempre 3 factores y sobretodo adecuarlos al proceso clínico:

- 1.- Intensidad.
- 2.- Tiempo.
- 3.- Velocidad.

Además, también es importante considerar siempre, que existen otros factores que tienen impacto en el efecto por la luz, como:

- Características de absorción de luz del fotoiniciador.
- Emisión en longitud de onda de la fuente de luz.
- Intensidad de la Luz.
- Bioproductos del fotoiniciador.
- Eficiencia del iniciador.
- Concentración del iniciador.
- Tiempo de exposición.
- Dispersión de la luz.
- Grosor del objeto a polimerizar.

- Viscocidad de la resina.
- Presencia de inhibidores (Oxígeno, BHT).
- Temperatura.

Y a los factores que afectan directamente a la polimerización del material, como:

- Tipo de relleno (tamaño y carga).
- Efectividad de transmisión de luz.
- Espesor del material.
- Color o valor del material.
- Limpieza de las puntas.
- Tiempo de exposición.
- Distancia de la punta de la lámpara.
- Intensidad de la luz.
- Calidad de la luz.

Uno de los más importantes y menos entendido de los componentes de las resinas compuestas, es el sistema fotoiniciador. Este sistema puede presentar uno o más componentes que van a convertir la energía de la luz de curado en especies que van a iniciar la reacción de polimerización.<sup>1, 33</sup>

La importancia de la luz para que exista una adecuada fotoactivación, va a requerir de una intensidad que puede ser variable y de la cual, su acción dependerá del tiempo de exposición para poder hacer que los fotones lleguen a todas las zonas del material de resina, buscando principalmente, que esta luz aporte suficientes fotones en una longitud de onda adecuada para generar una reacción química que provea a la resina de una buena polimerización.

En la mayoría de los materiales fotopolimerizables, esto va a ocurrir cuando los radicales libres reaccionen con las moléculas insaturadas del componente resinoso.

Existe un gran número de agentes fotosensibles. El más común de estos agentes utilizados en materiales dentales, es la Camforquinona (CQ), aunque últimamente algunos fabricantes de materiales dentales a base de resina, han utilizado otro tipo de fotoiniciado-

res como: 1-fenil-1,2-propandiona (PPD), TPO o Irgacure, porque tienen un rango menor en su fotoactivación (400-450 nm), de generalmente 410 nm.<sup>17</sup>

Este interés de los fabricantes en buscar otro tipo de fotoiniciador para sustituir a la Camforquinona, se da principalmente en los productos que requieren mucha estética y es debido a que la Camforquinona puede dejar un tono amarillo en el material, aún después de haber reaccionado completamente.

Existen ciertos factores que son críticos para poder obtener una adecuada profundidad de curado en los materiales a base de resina, siendo de especial consideración. La concentración del iniciador, la capacidad de absorción de luz para su excitación a cierta longitud de onda, la intensidad de la luz a la longitud de onda de absorción del iniciador.

Además de considerar también, la presencia de una absorción competitiva de luz y de una aceptable dispersión de la luz en la composi-

ción de la matriz, que minimice la pérdida de luz y que permita su completa transmisión, aún a pesar de la presencia de pigmentos, colorantes, materiales de relleno y los productos derivados (bioproductos) propios de la reacción del iniciador.<sup>34, 35, 36</sup>

Las características que pueden favorecer en el curado completo de una resina compuesta fotopolimerizable, son:

- Un iniciador con mínima, pero suficiente absorción de luz proveniente de la fuente de luz en una apropiada longitud de onda.
- Alta intensidad en la luz.
- Mínima concentración del iniciador.
- Mínima absorción competitiva de luz o baja dispersión de esta por la presencia de los rellenos, pigmentos o productos derivados.
- Un iniciador que "blanquea" a la exposición de la luz.

## Referencias bibliográficas

- 1.- Rueggenberg, Frederick: Depth of cure parameters in light-cure composites. Master's Thesis. The University of Michigan School of Dentistry. Ann Arbor, Michigan, 1987.
- 2.- Phillips, R.W.: Past, Present and Future of composite resin systems. Dent. Clin. Of North America. Vol. 25 No.2 April, 1981.
- 3.- Phillips, R.W.: Resinas para restauraciones. Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Vol. 19, No. 2, Abril, 1975.
- 4.- Lutz, F., Phillips, R.W.: Classification and evaluation of composite resin systems. J. Prosth. Dent. 50: 480-488, 1983.
- 5.- Albers, H. F.: Resin systems. In: Tooth colored restoratives. Chapter two. Seventh Edition. Alto Books, Co. September, 1985.
- 6.- Farah, J.W. and Dougherty, E.W.: Unfilled, filled and microfilled composite resins. Oper. Dent. 6:95-99, Summer, 1981.
- 7.- Fan, P.L., Dennison, J.B., Powers, J.M.: Properties of conventional and microfilled composites. Mich. Dent. Assoc. J. 62: 445-457, Sept. 1980.
- 8.- Paffenbarger, G.C. and Rupp, N.W.: Composite restorative materials in dental practice: A review. Intern. Dent. J., 24: 1-11, March, 1974
- 9.- Albers HF. Resins. In: Tooth- colored restoratives. Chapter 7. 9<sup>th</sup> ed. p 111-125. BC. Decker, Inc. Hamilton, ON, CA, 2002.
- 10.- Leinfelder, K.F: Composite resin in anterior and posterior teeth. Dent. Clin. of North America, 25(2): 357-364, April.1981.
- 11.- Craig, R.G.: Chemistry, composition and properties of composite resins. Dent Clin of North America. Vol. 25, No. 2. p. 219-239, W.B. Saunders, Co. Philadelphia April, 1981.
- 12.- Aldridge, D.W., Kenneth, N., Leinfelder, K.F.: Three year clinical study of UV-cured composite resins in posterior teeth. J. Prosth. Dent. 50(1): 26-30, July 1933.
- 13.- Phillips, R. W., Avery, D.R., Mehra, R., Swarts M.L., and McCune , R.J .: Observations on a composite resin for class II restorations: Two -year report. J. Prosth. Dent 28:164,1972.
- 14.- Phillips, R. W., Avery, D.R., Mehra, R., Swarts M.L., and McCune, R.J .: Observations on a composite resin for class II restorations: Three- year report. J. Prosth. Dent, 30:891,1973.
- 15.- Leinfelder, K. F., Lundein, T. F: Current status of posterior composite resins. J.Colorado Dental Association, 3-6, July, 1983.
- 16.- Leinfelder, K. F.: Posterior composite resins. JADA, (special issue) 21E-26E, September, 1988.
- 17.- Ruyter, I.E.: Polymerization and conversion in composite resins. In: Leinfelder, K.F. and Taylor, D.F.: Posterior composites. Proceedings of the international symposium on posterior composite resins. p.255-286, Chapel Hill, NC, 1982.
- 18.- Rawls, Ralph: Dental Polymers. In: Anusavice, K.J.: Phillips' Science of Dental Materials. Chapter 7. p 143-169. 11<sup>th</sup>. Edition. W.B. Saunders, Co. St. Louis, 2003.
- 19.- Craig, R.G.: Restorative Dental Materials. Chapter 10, p. 244-280. 10<sup>th</sup>. Edition. Mosby, Co. St. Louis, 1997.
- 20.- O'Brien, W.J.: Dental Materials and their selection. Polymeric Restorative Materials. Chapter 8, p. 113-131. Quintessence Publishing Co., Inc. Chicago, 2002.
- 21.- Aasmussen, E.: Setting time of composite restorative resins vs. content of amine, peroxide and inhibitor. Acta Odontol. Scand. 39: 291-294, 1981.
- 22.- Powers, J.M., and Fan, P. L., and Marcotte, M.: In vitro accelerated aging of composite and sealant J. Dent. Res. 60: 1672-1677, 1981.
- 23.- Ruyter I.E., and Oased, H.: Conversion in different depth of ultraviolet and visible light activated composite materials. Acta Odontol. Scand. 40: 179-192, 1982.
- 24.- Young, K.C., Main, C., Gillespie, F.C., and Stephen, K.W.: Ultraviolet absorption by two ultraviolet activated sealants. J. Oral Rehabil. 5: 207-213, 1978.
- 25.- Ruyter, I.E.: Unpolymerized surface layer on sealants. Acta Odontol. Scand. 39: 27-32, 1981.
- 26.- Matsumoto, H., et. al.: Depth of cure of visible light-cured resin: clinical simulation. J. Prosth. Dent 55: 574-578, May, 1986.
- 27.- De Backer, J., Dermaut, L., and Bruynooghe, W.: Depth of polymerization of visible light-cured composite resins. Quintessence Int. 10: 693- 701, Oct., 1985.
- 28.- Craig, R. G.: Photopolymerization of dental composite systems. In: Leinfelder, K. F. and Taylor, D. F.: Posterior Composites. Proceedings of the International Symposium on posterior composite resins. p. 243-252. University of North Carolina. Chapel Hill, N.C. October, 1982.
- 29.- Tippens, P.E.: Física: Conceptos y aplicaciones. Capítulo 33. Luz e iluminación p. 643-652. 7a. Edición Ed. McGraw Hill
- 30.- Navarro Plasencia, Martha C.: Color en Odontología. Tesis de Licenciatura. Facultad de Odontología, Universidad Intercontinental. p. 8-60 México, D.F. 1984.
- 31.- Mueller, C.G and Rudolph, M.: Luz y Visión. 2da. Edición. Time- Live International. Mexico 1982.
- 32.- Oxman, J. and Wiggins, K.: Light Technology. Lecture Miniresidency in Biomaterials and Operative Dentistry. The University of Minnesota School of Dentistry. 3M. Co., St. Paul, MN, July 18, 2002.
- 33.- Bowen, R.L., Menis, D.L., Setz, L.E. and Jennings, K.A.: Theory of polymer composites. In: Vanherle, G. and Smith, D. C.: International Symposium on Posterior Composite resin dental restorative materials. p. 95-106. 3M Co. St. Paul Minnesota, USA. 1985.
- 34.- Ruyter, I.E.: Monomer systems and polymerization: In: Vanherle, G. and Smith, D. C.: International Symposium on Posterior Composite resin dental restorative materials. p.109-136. 3M Co. St. Paul Minnesota, USA. 1985.
- 35.- Ruyter, I.E.: Characteristics of visible light-activated composite systems. Br. Dent. J. 156: 6-10, 1984.