



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**INFLUENCIA DE LA CAMFOROQUINONA EN LA  
PROFUNDIDAD DE CURADO EN UNA RESINA  
COMPUESTA.**

**TESINA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**CIRUJANO DENTISTA**

**P R E S E N T A:**

**ENRIQUE SORIA LICEA**

**TUTOR: DR. CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ GAYOSSO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por que darne salud y fuerza para alcanzar una de mis metas más importantes en mi vida.

A mis padres, por su apoyo, sus consejos, sus exigencias y mil cosas más que me hicieron llegar hasta este día. Este logro es de ustedes. Los amo.

A mis hermanos, por su cariño, paciencia y ayuda en cada momento. Por que gracias al ejemplo de todos ustedes me encuentro aquí. Muchas gracias.

A mis amigos: Fer, PepeToño, Robert, Irak y Magos por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas, por otorgarme su confianza y amistad, pero sobre todo por que durante todo este tiempo nos llamamos 'Hermanos' y así seguirá siendo, los quiero.

Al Dr. Carlos Álvarez Gayosso, por que gracias a sus consejos, su tiempo y sus conocimientos logramos desarrollar este trabajo.

A mis profesores, por compartirme sus experiencias, sus conocimientos y motivarme a superarme cada día.

A la UNAM, por brindarme la mejor educación que pude haber recibido y formarme profesionalmente. Por mi raza hablara el espíritu.

# INDICE

	<b>PAG.</b>
1.- Introducción .....	6
2.- Antecedentes .....	8
2.1.- Resinas compuestas .....	10
2.2.- Matriz de resina .....	10
2.3.- Partículas de relleno .....	11
2.4.- Fase de enlace .....	12
2.5.- Sistema fotoactivador – fotoiniciador .....	13
2.5.1.- Clasificación de los fotoiniciadores .....	14
2.6.- Camforoquinona .....	15
2.9.- Polimerización .....	16
2.9.1.- Etapas de la polimerización .....	17
3.- Planteamiento del problema .....	18
4.- Justificación .....	19
5.- Hipótesis.....	20
6.- Objetivos.....	21
6.1.- Objetivo general .....	21
6.2.- Objetivos específicos .....	21
7.- Material y métodos .....	22
7.1.- Elaboración de resina compuesta .....	22
7.2.- Prueba de profundidad de curado .....	23
7.3.- Elaboración de resina compuesta .....	24
7.4.- Prueba de profundidad de curado .....	26

8.- Resultados .....	29
8.1.- Interpretación de resultados .....	29
9.- Discusión.....	32
10.- Conclusiones.....	36
11.- Referencias bibliográficas.....	37

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIG		PAG
1	Estructura química de 1-fenil-1, 2-propanodiona.....	14
2	Estructura química de la camforoquinona.....	14
3	Espectro de absorbancia de la camforoquinona.....	15
4	Mecanismo de formación de radicales libres CQ.....	16
5	Colocación de Bis-GMA dentro del vaso de precipitados.....	24
6	Camforoquinona.....	25
7	Mezclado con el agitador magnético.....	25
8	Verificación con el Radiometro.....	26
9	Colocación del aceite silicón.....	26
10	Llenado del molde con resina.....	27
11	Fotopolimerizado de la muestra.....	27
12	Remoción del material que no endureció (no polimerizó).....	28
13	Medición del espécimen.....	28
	 TABLA 1. PROFUNDIDAD DE CURADO DE LAS CONCENTRACIONES PROBADAS EN mm .....	 29
	 GRÁFICA 1.- Profundidad de curado en una resina con camforoquinona al 0.03% fotocurada durante 20, 40 y 60 segundos.....	 30
	 GRÁFICA 2.- Profundidad de curado en una resina con camforoquinona al 0.05% fotocurada durante 20, 40 y 60 segundos.....	 30
	 GRÁFICA 3.- Profundidad de curado en una resina con camforoquinona al 0.07% fotocurada durante 20, 40 y 60 segundos.....	 31

## 1. INTRODUCCION

En la actualidad la Odontología Estética es parte importante en la práctica cotidiana, y las resinas restaurativas continúan siendo parte importante para el odontólogo de práctica general. Aunque son procedimientos demandantes, aún presentan algunas carencias, en los últimos años se han visto mejoras en propiedades, manejo, dispensación, selección de tonos y translucidez.

En ocasiones, los composites no van destinados de manera primaria a resolver un problema funcional, sino estético: tratamiento de cierre de diastemas o camuflaje de malposiciones dentales; en otras al requerimiento mecánico se le añade el estético: grandes lesiones cariosas en dientes anteriores o traumatismos dentales en dientes anteriores.

La completa polimerización de estos materiales está determinada por el grado de conversión de monómero a polímero, indicando la cantidad de grupos metacrilato que han reaccionado entre sí mediante un proceso de conversión. Esto está relacionado con la fuente usada para el endurecimiento del material, así como también con la sensibilidad del fotoiniciador.<sup>1</sup>

La dependencia de la longitud de onda es una consideración importante ya que si la onda no está en el espectro de la luz de curado apropiado, la resina no polimerizará, sin importar que tan brillante sea su fuente. Una luz de curado debe tener un filtro que transmita la longitud de onda requerida (400 a 500nm) y bloquear las demás.

Los composites fotopolimerizables fraguan mediante la polimerización de radicales. Las moléculas (fotoiniciadores) absorben los fotones entrantes. La energía absorbida activa las moléculas. En estado activo, dichas moléculas permiten la formación de radicales si están presentes uno o varios activadores. Entonces los radicales libres provocan la reacción de la polimerización. Las moléculas del iniciador son capaces de absorber únicamente los fotones de una franja espectral específica.



## 2. ANTECEDENTES

Las resinas compuestas se han introducido en el campo de la Odontología Conservadora para minimizar los defectos de las resinas acrílicas que hacia los años 40, habían reemplazado a los cementos de silicato, hasta entonces los únicos materiales estéticos disponibles.

Hervas G.A.<sup>1</sup> comenta que Buonocore en el año 1955 utilizó el ácido ortofosfórico para incrementar la adhesión de las resinas acrílicas en la superficie adamantina. Así mismo también menciona que en 1958 Bowen R.L. empezó a experimentar con resinas épotoxicas y acrílicas utilizando, además, partículas de relleno como refuerzo; este trabajo culminó con el desarrollo de la molécula de bisfenol A- glicidil metacrilato, mejor conocida como Bis-GMA, tratando de mejorar las propiedades físicas de las resinas acrílicas, cuyos monómeros permitían solamente la formación de polímeros de cadenas lineales. Estos primeros composites de curado químico exigían mezclar la pasta base con el catalizador con los consiguientes problemas derivados de la proporción, mezclado y estabilidad de color. Esta molécula sigue siendo la base de las resinas compuestas, que supusieron el inicio de la Odontología Estética Moderna.<sup>2</sup>

A partir de 1970 aparecieron los materiales compuestos polimerizados mediante radiaciones electromagnéticas que obviaban la mezcla y sus inconvenientes. Se utilizó en los primeros momentos, la energía luminosa de una fuente de luz ultravioleta (365 nm), pero ante sus efectos iatrogénicos y su poca profundidad de polimerización, fue sustituida por la luz visible (427-491 nm) actualmente en uso.<sup>1</sup>

En los años 80s existían materiales de resina para distintos propósitos como lo fueron: las resinas de microrelleno o las de macrorelleno. Algunas casas comerciales aconsejaban sus productos para aplicaciones oclusales, entre otras.

En los años 90s se utilizó un solo producto de resina para la mayoría de las aplicaciones dentales llamándose Resinas Universales o Híbridas.

En el año 2000 aparecen productos distintos para cada aplicación clínica con la gran ventaja en cuanto a mejores sistemas de aplicación, mejores colores, tiempos de fotopolimerización más cortos. En este grupo se encuentran: las resinas híbridas, compómeros, fluídas, condensables o empacables entre otras.

En 2003 se muestra un claro avance en el área de restauración con resinas, con la introducción de las resinas de nanorelleno o con tecnología nanométrica.<sup>3</sup>

En la actualidad, los composites han tomado un protagonismo indudable entre los materiales de obturación que se usan mediante técnicas directas. Sus grandes posibilidades estéticas le dan variadas indicaciones terapéuticas, que se incrementan gracias a la gran versatilidad de presentaciones que ofrecen.<sup>1</sup>

## 2.1 RESINAS COMPUESTAS

El término material compuesto puede definirse como un compuesto de dos o más materiales diferentes con propiedades superiores o intermedias a las de los constituyentes individuales. <sup>4</sup>

En general, las resinas compuestas están formadas por: una matriz orgánica o fase continua; una fase dispersa de refuerzo o relleno inorgánico y una fase de enlace o agente de acoplamiento que permite la unión entre las partículas de relleno y la matriz de orgánica. Además, suelen incorporar componentes que influyen en la polimerización (fotoactivadores / inhibidores), estética (colorantes) o en otras propiedades como la radiopacidad. <sup>2</sup>

## 2.2 MATRIZ DE RESINA

Representa del 30 al 50% del volumen total del material y está constituida por monómeros que al reaccionar entre sí, forman macromoléculas denominadas *polímeros*; el proceso de transformación de los monómeros en polímeros se denomina *Polimerización*. <sup>2</sup>

La mayor parte de los materiales compuestos usan monómeros que pertenecen a la familia de diacrilatos aromáticos o alifáticos como el Bis-GMA, dimetacrilato de uretano (UDMA) y dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA).

La resina Bis-GMA es altamente viscosa a temperatura ambiente, por lo cual es esencial el uso de monómeros diluyentes para alcanzar un elevado nivel de relleno y producir una pasta de consistencia clínicamente manejable.

El más común es el TEGDMA que es un monómero de dimetacrilato. Lamentablemente, la adición de TEGDMA aumenta la contracción de polimerización, factor que limita la cantidad de dimetacrilato de bajo peso molecular que pueda usarse en los compuestos.

Además del monómero, otros aditivos se mezclan con la matriz de la resina: Iniciador – Activador, inhibidores, absorbentes de luz ultravioleta, pigmentos y opacificadores.<sup>4</sup>

### **2.3 PARTÍCULAS DE RELLENO**

La incorporación de las partículas de relleno inorgánico a la matriz, mejora significativamente las propiedades del material desde el punto de vista mecánico y dimensional sin perder las ventajas propias aportadas por la matriz de resina.

De esta manera se consigue:

- Reducir la contracción de polimerización
- Disminuir la absorción de agua y coeficiente de expansión térmica.
- Aumentar la dureza y mejorar la resistencia a la compresión y a la abrasión.
- Aumentar la resistencia a la fractura
- Actividad óptica de la resina

Los primeros composites utilizaban sílice puro, pero debido a su dureza no se podían producir partículas de tamaño pequeño y provocaban que su acabado y pulido final no fueran buenos.

En la actualidad, los rellenos más comunes son el cuarzo cristalino, sílice coloidal, sílice pirolítico, silicatos de aluminio y bario, silicatos de aluminio y litio, vidrios de sílice con bario o estroncio, zirconio o fluoruro de iterbio. El más común es el cuarzo ya que sus partículas son de tamaño pequeño, y aunque es radiolúcido, al añadir metales pesados como bario, zinc, boro o itirio se producen materiales radiopacos.<sup>2</sup>

## **2.4 FASE DE ENLACE**

Es importante que las partículas de relleno se enlacen a la matriz de resina. Esto permite que la matriz del polímero más flexible transfiera los esfuerzos a las partículas de relleno que son más rígidas. El enlace entre las dos fases del compuesto es proporcionado por un agente de acoplamiento.

Un agente de acoplamiento aplicado en forma adecuada puede impartir propiedades físicas y mecánicas mejoradas y proporcionar estabilidad hidrolítica para prevenir la penetración de agua a través de la interfase relleno – resina.<sup>4</sup>

Generalmente el agente de acoplamiento es un silano orgánico, siendo utilizado más frecuentemente el gamma-metacril-oxipropil-trimetoxi-silano que al ser una molécula bifuncional se une a los grupos hidroxilo de la sílice en un extremo (porción inorgánica) y con el doble enlace de los monómeros de la matriz de otro (porción orgánica).

## 2.5 SISTEMA FOTOACTIVADOR – FOTOINICIADOR

Existen varias formas de activar una polimerización. Una de ellas es usando una fuente lumínica. Sin embargo, para acelerar el proceso es necesario usar un iniciador adecuado junto con un activador, por lo que se emplea un fotoiniciador.

Un fotoiniciador es una molécula (generalmente orgánica), que absorbe luz formando especies reactivas capaces de iniciar una reacción en cadena. Un co-iniciador es la parte del sistema químico que no absorbe luz, pero participa en la producción de la especie reactiva.

Al incidir los fotones sobre el fotoiniciador, los grupos funcionales los absorben, entrando en un estado de excitación y chocando con las aminas presentes en el medio, originando un intercambio de electrones que da lugar a la formación de un radical libre. Este radical libre busca establecer un enlace covalente con un monómero para formar un complejo monómero-radical que prosigue la reacción o fase de propagación. La reacción terminará mediante los mecanismos característicos de la fase de terminación.<sup>5</sup>

Las propiedades fotoquímicas y fotofísicas de los fotoiniciadores son muy importantes para desencadenar una reacción y deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Alta capacidad de generar especies activas, lo que provoca un alto rendimiento cuántico de formación de radicales libres
- Ser solubles en otras sustancias
- Tener baja degradación química antes y después de una reacción.
- Ser inodoro
- No ser tóxico
- Fácil manipulación<sup>6</sup>

## 2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS FOTOINICIADORES

Los fotoiniciadores que generan radicales libres se clasifican en base al mecanismo por el cual son creados, se conocen dos tipos:

**Tipo I:** Son aquellos que después de absorber la luz generan radicales libres por fragmentación de molécula. Es un proceso directo de fotofragmentación. Como ejemplo tenemos a 1-fenil-1, 2-propanodiona (PPD).<sup>6</sup> Fig. 1

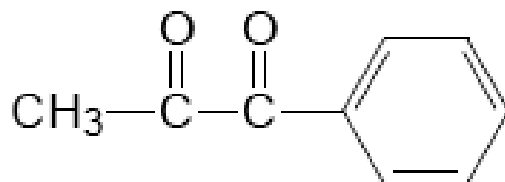


Fig. 1.- Estructura química de 1-fenil-1, 2-propanodiona.

**Tipo II:** Son aquellos que absorben la luz y producen un estado de excitación en la molécula y ésta a su vez, interactúa con una segunda sustancia la cual es donadora de electrones para que los radicales libres puedan ser generados. La molécula que absorbe la luz es llamada fotoiniciador y la donadora de electrones co-iniciador. Un ejemplo de este tipo es la camforoquinona (CQ).<sup>6</sup> Fig. 2

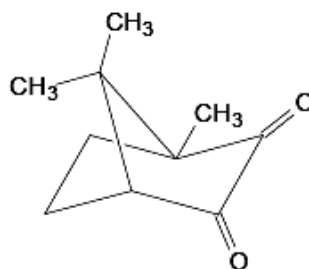


Fig. 2.- Estructura química de la camforoquinona.

## 2.6 CAMFOROQUINONA

La camforoquinona es una  $\alpha$ -dicetona pertenece a los fotoiniciadores tipo II y produce radicales libres cuando es expuesta a una radiación entre 450 y 500nm.<sup>2,6</sup> Fig. 3. Se presenta en forma de polvo amarillento.

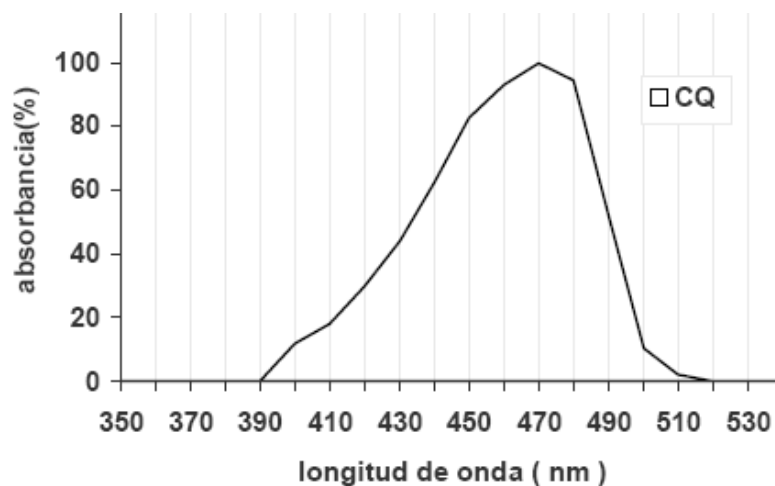


Fig. 3.- Espectro de absorción de la camforoquinona <sup>2</sup>

Este compuesto ha sido utilizado como fotoiniciador desde la introducción de la luz visible para activar los compuestos de resina; teniendo como desventaja la tonalidad amarillenta en los composites.<sup>6</sup>

La camforoquinona y la activación por luz inician el proceso de polimerización en los compuestos fotopolimerizables. Los grupos cetona de la molécula de camforoquinona se activan por la luz visible entre los 450 – 500nm teniendo máxima sensibilidad a 468nm de longitud de onda; y reaccionan con otro componente de la resina compuesta, por ejemplo, un monómero dimetilamín-etil-metacrilato, con ello se transfiere un átomo de H al oxígeno del grupo cetona activado y éste se convierte en un grupo hidroxilo. Fig. 4



El electrón que queda en la molécula (radical) de dimetilamín-etil-metacrilato comienza la polimerización.<sup>7</sup>

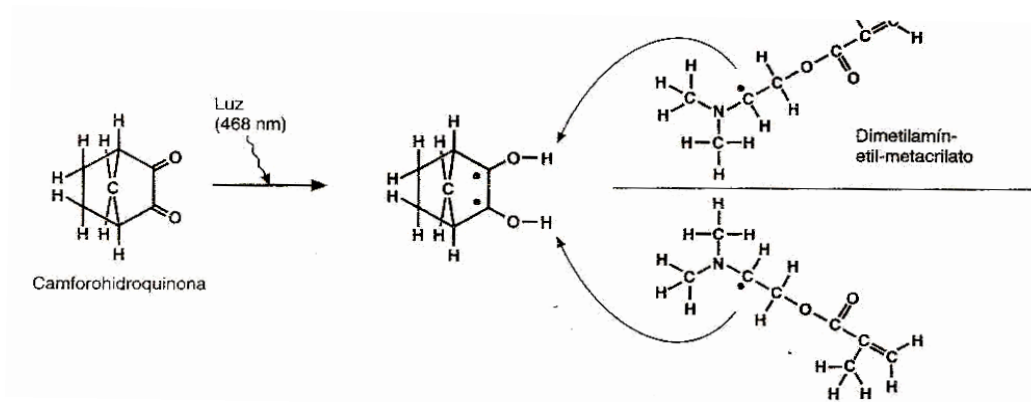


Fig. 4.- Mecanismo de formación de radicales libres CQ

## 2.7 POLIMERIZACIÓN

Se define como el proceso químico mediante el cual se enlazan moléculas pequeñas en forma repetitiva (monómeros) para formar una macromolécula (polímero).

Tanto los adhesivos como las resinas compuestas endurecen al polimerizar, mediante la exposición de la luz, a este proceso de hacer incidir un haz de luz sobre el material restaurador se denomina *fotopolimerización*. Para que se lleve a cabo la unión de los monómeros para la formación del polímero, los adhesivos y resinas necesitan fotoiniciadores los cuales comienzan el endurecimiento del material.<sup>4</sup>

## 2.7.1 ETAPAS DE LA POLIMERIZACIÓN

- *Iniciación:* En el proceso de polimerización es necesario la presencia de radicales libres, los cuales pueden ser generados por la activación de las moléculas monoméricas con luz ultravioleta, con luz visible, calor o transferencia de energía desde otro tipo de componentes que actúan como radicales libres
- *Propagación:* Esta reacción requiere de una pequeña cantidad de energía una vez iniciado el desarrollo, el proceso continúa a una velocidad considerable hasta que todo el monómero se halla convertido en polímero.
- *Terminación:* La reacción en cadena puede terminarse por acoplamiento directo o por intercambio de un átomo de hidrógeno de una cadena en crecimiento a otra. Ambas moléculas se combinan y se desactivan por intercambio de energía.
- *Inhibición / Transferencia de cadena:* A menudo los monómeros no forman polímeros con alto peso molecular y la reacción de polimerización no termina, una causa de esto son las impurezas en los monómeros las cuales inhiben estas reacciones de polimerización. Cualquier impureza puede interactuar con los radicales libres inhibiendo o retardando la reacción; puede reaccionar con el iniciador activado, con cualquier núcleo activado o con alguna cadena en crecimiento para evitar crecimiento adicional.

La presencia de oxígeno también puede interactuar con los radicales libres, retardando la reacción de polimerización.<sup>8</sup>

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un factor que influye en la formación de radicales libres y por ende en las propiedades del polímero es la concentración del fotoiniciador.

El problema que se plantea en este trabajo es determinar si la concentración de fotoactivador presente en las resinas compuestas influye en la profundidad y el tiempo de fotocurado. Con lo cual se producen las siguientes preguntas de investigación:

- 1) ¿A mayor concentración de camforoquinona, mayor profundidad de curado?
- 2) ¿A menor concentración de camforoquinona, mayor tiempo de fotopolimerización?

## 4. JUSTIFICACION

Los fotoiniciadores son parte fundamental en el proceso de polimerización de las resinas compuestas. Actualmente existen diversos tipos de composites en los cuales varía la concentración de camforoquinona, lo cual brinda distintas propiedades al material restaurativo, lamentablemente esta información no está especificada en algunas marcas existentes en el mercado.

Es por eso que se realizo un estudio para valorar la profundidad en una resina experimental usando distintas concentraciones de camforoquinona y diversos tiempos de fotopolimerización utilizando el procedimiento que marca la norma ADA 27<sup>9</sup> para determinar si la cantidad de fotoiniciador influye en el tiempo de fotocurado y la profundidad de curado.

## **5. HIPOTESIS**

Las muestras de resina que contenga mayor cantidad de camforoquinona tendrán mayor profundidad de curado que las muestras con menor concentración durante el mismo tiempo de fotocurado.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar si la concentración de camforoquinona influye en la profundidad y tiempo de fotocurado en una resina compuesta.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Medir la profundidad de curado de una resina compuesta cuando la concentración de camforoquinona es del 0.03% al ser expuesta durante 20, 40 y 60 segundos.
- Medir la profundidad de curado de una resina compuesta cuando la concentración de camforoquinona es del 0.05% al ser expuesta durante 20, 40 y 60 segundos.
- Medir la profundidad de curado de una resina compuesta cuando la concentración de camforoquinona es del 0.07% al ser expuesta durante 20, 40 y 60 segundos.

## 7.- MATERIAL Y METODOS

### 7.1 Elaboración de resina compuesta

#### EQUIPO

- Agitador magnético Mod. 1000 Stir plate, THERMOLYNE<sup>®</sup>, USA.
- Balanza Mod. Adventured, OHAUS<sup>®</sup>, China.
- Vidrio de reloj
- Espátula para polvos
- Espátula de plástico

#### MATERIAL

- Bisphenol A glycerolate (1 glycerol/phenol) Dimethacrylate.  
Batch # 06627BH, ALDRICH.
- Tri (ethylene glycol) dimeth-acrylate, 95%.  
Batch # 09709PD, ALDRICH.
- N,N – Dimethyl-P-toluidine, 99%. ALDRICH.
- Camphoroquinone, ALDRICH.
- Sílice molida Minusil<sup>®</sup> 15. USA.

## 7.2 Prueba de profundidad de curado

### EQUIPO

- Lámpara de polimerización Blue Phase 5. Ivoclar Vivadent®
- Radiómetro Optilux, modelo 100 Kerr®
- Moldes de acero de 6mm de longitud por 4mm de diámetro interno.
- Micrómetro electrónico Mitutoyo®
- Cinta plástica de Mylar
- Espátula para resinas
- 2 losetas de vidrio de 5cm por 5cm y 3mm de grosor.

### MATERIAL

- Aceite de silicón
- Resina compuesta



### 7.3. ELABORACIÓN DE RESINA COMPUESTA

Se realizaron los cálculos para preparar tres tipos de resina fotopolimerizable con concentraciones de camforoquinona (CQ) de 0.03%, 0.05% y 0.07% en peso, basándonos en la composición:

- 50% de Fase Orgánica (Matriz de resina)
- 50% de Fase Inorgánica (Material de relleno)

Las mezclas se prepararon de la siguiente manera:

1. Se calentó el frasco de Bisphenol A glycerolate (1 glycerol/phenol) Dimethacrylate, en un vaso de precipitados con agua a 60 °C durante 5 minutos para disminuir su viscosidad.

2. En otro vaso de precipitados se pesaron 31.80g de Bisphenol A glycerolate Dimethacrylate. *Fig. 5*



Fig. 5.- Colocación de Bis-GMA dentro del vaso de precipitados

3. Posteriormente, se pesaron 18.5g de Tri (ethylene glycol) dimethacrylate, para mezclarlo con Bis-GMA.
4. Se pesaron 0.02g de N,N – Dimethyl-P-toluidine, el cual se depositó a la mezcla de Bis-GMA con TEGDMA.

5. Sobre un vidrio de reloj se pesaron las distintas cantidades de CQ (0.03g / 0.05g / 0.07g), usando un área de trabajo con poca luz, para evitar la activación del material. Se vertieron las cantidades de CQ dentro de sus mezclas de matriz de resina correspondientes. *Fig. 6*
6. Se mezclaron usando un agitador magnético durante 10 minutos, para incorporar de manera uniforme todos los reactivos. *Fig. 7*
7. Se pesaron 50g de Minusil<sup>®</sup> 15 Silanizado que se agregaron gradualmente a los vasos con resina, mezclándolos de forma manual con ayuda de una espátula para polvos, hasta que se obtuvo una pasta uniforme.
8. El conjunto se llevó a un frasco color ambar, forrado con cartoncillo y etiquetado con la concentración de CQ utilizada, y fueron almacenados en un lugar fresco y oscuro.



Fig. 6.- Camforoquinona



Fig. 7.- Mezclado con el agitador magnético

#### 7.4. PRUEBA DE PROFUNDIDAD DE CURADO

Se elaboraron cinco muestras por cada tipo de resina (CQ 0.03% / CQ 0.05% / CQ 0.07%) las cuales fueron polimerizadas durante 20, 40 y 60 segundos; obteniendo un total de 15 muestras por cada grupo.

Todas las muestras se realizaron bajo el siguiente procedimiento:

1. Antes de cada prueba se verifico la potencia de la lámpara de fotopolimerizado utilizando el radiómetro. *Fig. 8*



Fig. 8.- Verificación con el Radiómetro

2. Se colocó una losetas sobre el campo de trabajo, después una tira de cinta mylar y sobre esta el molde de acero. Al molde se le aplicó una ligera capa de aceite de silicón, como separador. *Fig. 9*



Fig. 9.- Colocación del aceite silicón

3. Enseguida se depositó la resina dentro del molde hasta llenarlo, teniendo cuidado de eliminar las burbujas de aire. *Fig.10*

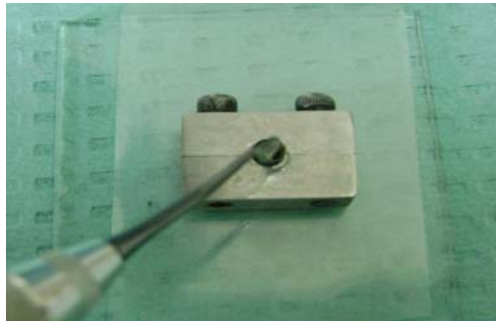


Fig. 10.- Llenado del molde con resina

4. Se sobreobturó ligeramente el molde y se puso una segunda cinta mylar sobre la superficie. Posteriormente, se ejerció presión con otra loseta de vidrio para eliminar el exceso de material.
5. Se irradió cada una de las muestras con la lámpara de fotopolimerización Blue Phase 5<sup>®</sup> durante los tiempos ya mencionados. *Fig. 11*

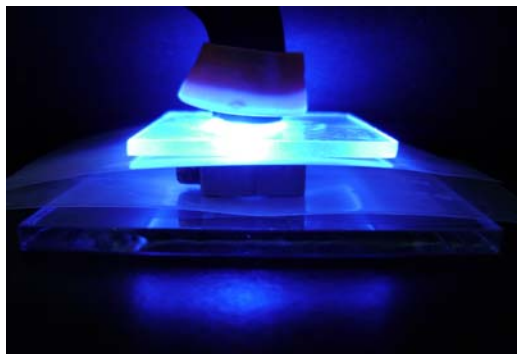


Fig. 11.- Fotopolimerizado de la muestra

6. Se retiró el espécimen del molde después de completar la exposición y suavemente se removió el material sin curar con una espátula de metal. *Fig. 12*

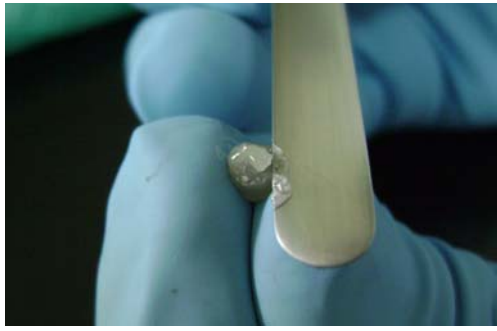


Fig. 12.- Remoción del material que no endureció (no polimerizó).

7. Se midió la altura del cilindro de material curado usando el micrómetro electrónico Mitutoyo® *Fig. 13*



Fig. 13.- Medición del espécimen

8. El valor registrado se dividió entre dos, tal y como lo indica la a ADA 27<sup>9,10</sup>, y se anotó en la bitácora de resultados.
9. Se calcularon los valores promedio y la desviación estándar de cada grupo experimental.

## 8. RESULTADOS

### 1.1 Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos de las 5 pruebas de profundidad de curado se promediaron.

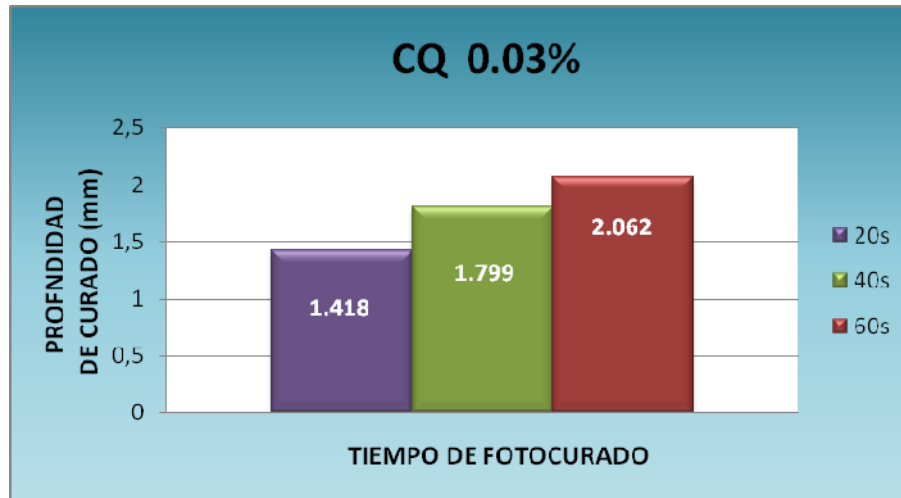
Sí los valores son mayores de 2 mm, el material ha cumplido con el primer requerimiento de ADA N° 27<sup>9</sup>.

En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos en los tres tipos de resina y expuestos a tres tiempos de fotocurado.

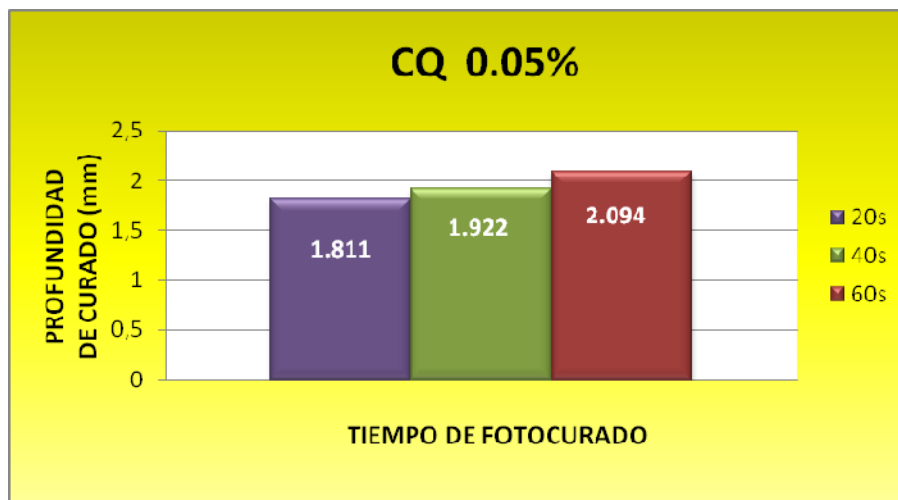
Tabla 1. PROFUNDIDAD DE CURADO DE LAS CONCENTRACIONES  
PROBADAS EN mm

CONCENTRACIÓN CQ	TIEMPO DE FOTOCURADO		
	20s	40s	60s
0.03%	1.418 (0.082)	1.799 (0.124)	2.062 (0.048)
0.05%	1.811 (0.072)	1.922 (0.06)	2.094 (0.023)
0.07%	2.257 (0.034)	2.401 (0.031)	2.422 (0.03)

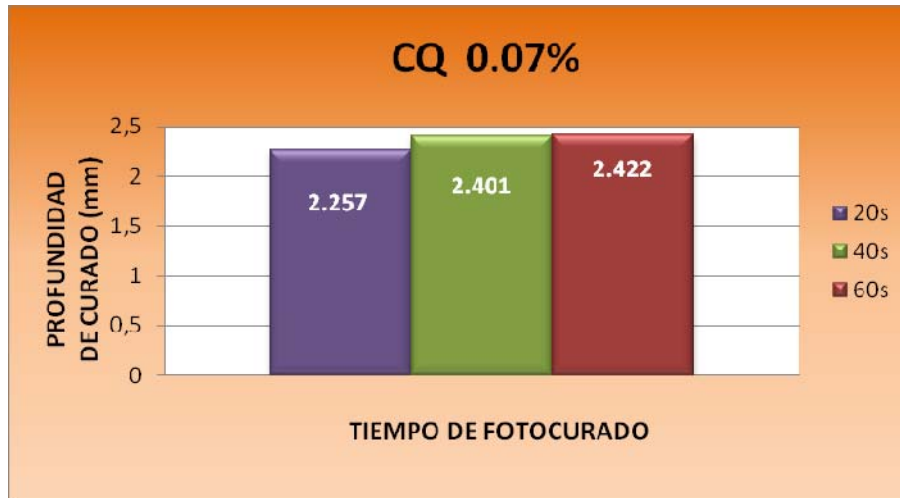
Gráfica 1.- Profundidad de curado en una resina con camforoquinona al 0.03% fotocurada durante 20, 40 y 60 segundos.



Gráfica 2.- Profundidad de curado en una resina con camforoquinona al 0.05% fotocurada durante 20, 40 y 60 segundos.



Gráfica 3.- Profundidad de curado en una resina con camforoquina al 0.07% fotocurada durante 20, 40 y 60 segundos.





## 9. DISCUSION

Los resultados de este estudio indican primero, que las concentraciones de 0.03% y 0.05% de CQ no cumplen con el requerimiento de ADA 27<sup>9</sup> cuando se aplica luz durante 20 y 40 segundos, ya que ésta solicita que la profundidad de curado sea mayor a 2mm. La concentración de 0.07% cumple con el requerimiento del tiempo de fotocurado.

Estudios muestran una gran variabilidad de factores que influyen en la profundidad de curado de las resinas compuestas, como el tipo de luz de curado, la distancia entre la fuente de luz y el material, el tono de la resina, la cantidad de fotoiniciador, entre otros.<sup>11</sup>

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran un aumento en la profundidad de curado y una disminución del tiempo necesario para este proceso con una mayor concentración de camforoquinona.

Estos resultados concuerdan con los análisis de Schneider y co<sup>12</sup> y Park.<sup>13</sup> Los primeros estudiaron el grado de conversión, dureza, rango máximo de polimerización y el nivel de amarillamiento en resinas experimentales que contenían distintas concentraciones de camforoquinona. En dicho estudio se realizaron 3 concentraciones denominadas: de baja, media y alta concentración, una de ellas contenía camforoquinona más fenilpropanodiona, en cantidades iguales. Como resultados se obtuvo un aumento de las propiedades analizadas en aquellas muestras en las cuales se combinaba CQ / PPD, y que a su vez disminuía su coloración amarillenta por contener menos concentración de CQ. Demostrando que con la unión de fotoiniciadores de distintos tipos existe un efecto sinérgico, y al aumentar su concentración el valor del grado de conversión aumenta.

Resultados similares fueron obtenidos por Park YJ y co<sup>13</sup> del departamento de restauraciones dentales de la Universidad de ciencias de la salud en San Antonio, Texas; en donde estudiaron el efecto sinérgico de la CQ / PPD, con la finalidad de originar un nuevo fotoiniciador que pudiera ser polimerizado por distintos tipos de lámparas de fotopolimerización. Elaboraron 17 grupos de tres ejemplares cada uno y pusieron a prueba las distintas concentraciones de CQ y PPD. Como resultados reportaron que PPD induce un grado de conversión que no es significativamente diferente que el de la CQ. Sin embargo, la combinación CQ + PPD produce un grado de conversión superior al logrado de manera individual. Debido que la unión de estos dos fotoiniciadores actúa sinérgicamente para producir una reacción de fotoiniciación más eficiente.<sup>13</sup>

Al igual que en este estudio, se observan mejorías al elevar la concentración de CQ, debido que al encontrarse mayor cantidad de moléculas de camforoquinona dentro del compuesto de resina, mayor será su grado de conversión, causado por el incremento de monómeros transformados en polímeros, lo cual se manifestara como un aumento de masa endurecida en menor tiempo de exposición a la luz de fotocurado.

Estudios realizados por Rueggeberg y co<sup>14</sup> del departamento de rehabilitación oral del colegio de odontología en Georgia E.U. evaluaron la relación que existe al aumentar los niveles de fotoiniciador en la resistencia a la flexión biaxial, grado de conversión monomérica y propiedades termodinámicas de un modelo de resina sin relleno. Las resinas fueron elaboradas con Bis-GMA (50%) y TEGDMA (50%). Se uso una concentración normal de fotoiniciadores (CQ 0.3% y DMAEMA 0.75) y otras con el doble y el triple de concentración( El total de las muestras se dividió en 2 grandes grupos: uno donde eran fotopolimerizados y después almacenados durante 24h en una estufa a 37°C, y otro en donde no tenían calefacción.

Encontraron que las implicaciones clínicas de estos resultados indican que el aumento de los niveles de fotoiniciador incrementa significativamente los valores termodinámicos y el grado de conversión monomérica después de estar bajo temperaturas similares a la cavidad bucal. El uso de elevadas concentraciones de iniciador en las resinas puede dar lugar a restauraciones con una mayor resistencia a la deformación a altas temperaturas.

Los resultados de estos análisis son muy similares a los obtenidos en esta evaluación, sin embargo, hay que tomar en cuenta que algunos no indican el tipo de lámpara con la cual fueron polimerizados los especímenes, ni la metodología utilizada para elaborarla resina experimental, los cuales son puntos claves para la obtención de resultados coherentes.

En el presente estudio se hicieron mediciones de profundidad de curado sin usar material de relleno. En las tres concentraciones la profundidad de curado fue de 3mm, es decir, se polimerizó totalmente. Sin embargo, las muestras fueron muy frágiles síntoma de que es necesario incrementar las características mecánicas.

Este estudio abre las puertas para que se continúe la investigación usando otros fotoiniciadores como la 1-fenil-1,2-propanodiona o bien encontrar un activador diferente a las aminas, que por su coloración amarillenta puede contribuir a la pigmentación no deseada de las restauraciones de resina, lo que hará que lograr los tonos usados en Odontología, sean difíciles de obtener.

Otro factor importante a tomar en cuenta, es la toxicidad de la CQ ya que como lo menciona Datar<sup>15</sup> puede llegar a afectar el metabolismo de los lípidos.

Atsumi T.<sup>16</sup> reporta el efecto tóxico de la CQ sobre las células de la glándula submandibular y fibroblastos.

Estos estudios dan hincapié a formular más preguntas y realizar más investigaciones de la camforoquinona.

## 10. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio se concluye:

- La hipótesis planteada se cumplió, ya que se observó un aumento considerable en la profundidad de curado en aquellos especímenes con mayor concentración de camforoquinona.
- Las muestras con concentraciones de 0.03% y 0.05% de camforoquinona necesitaron hasta 60 segundos para polimerizar la profundidad mínima indicada por la especificación ADA 27.
- De acuerdo a los valores obtenidos, la resina con 0.07% de concentración de camforoquinona tiene menores diferencias de profundidad de curado al variar los tiempos de fotopolimerización, en comparación con las muestras de menor concentración
- Los resultados de las muestras de resina con concentración de 0.03% se observan diferencias mayores en la profundidad de curado al aumentar el tiempo de 20 a 40 y de 40 a 60 segundos, en comparación con la mezcla de camforoquinona al 0.07%.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1.- Hervas García A, Martínez Lozano M.A. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med oral Patol oral Cir bucal. 2006 Mar 1:11(2): E215-20.

2.- <http://hera.ugr.es/tesisugr/1654089x.pdf>

Saleh A. Influencia de la fuente de fotoactivación, y del espesor sobre la variación del color y la translucidez de nuevos composites. Facultad de ciencias, Universidad de Granada, España. 2006.

3.- Daniel Aadler. La estética y la odontología moderna. Revista dentista paciente, Nov. – Dic. 2000.

4.- Kenneth J. Anusavice. Phillips. Ciencia de los materiales dentales. 11ª ed. España: Editorial Elsevier, 2004. Capítulo 15.

5.- Keogh T.P. Polimerización iniciada mediante luz: claros y oscuros de las nuevas técnicas. Ideas y trabajos odontoestomatológicos 2001; 2: 29-37 2001.

6.- <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-29012007-112944/> Chimello F. G. Fotopolimerização iniciada por tioxantona e outros iniciadores – Estudos fundamentais e aplicações. Instituto de química, Universidad de Sao Paulo, Brazil. 2006.

- 7.- Schmidseeder J. Atlas de odontología estética. 1ª ed. Barcelona, España: Editorial Masson, 1999. Capítulo 3.
- 8.- Craig. R. Restorative dental materials. 10ª ed. Editorial Mosby, 1997. Cap. 1 y 2
- 9.- Resin-based filling materials. American Dental Association Specification no 27. Approved July 16 1993. Effective July 16 1994.
- 10.- Lenhard M. Composite restorations. International center for dental education (ICDE). 2001, Ivoclar Vivadent
- 11.- <http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=37096241>  
Villegas S.M. Análisis comparativo in vitro de la tensión diametral en restauraciones realizadas con resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas halógenas y lámparas led. Facultad de odontología, Universidad de Chile. 2005.
- 12.- Luis Felipe J. Schneider, Carmem S. C. Pfeifer. Influence of photoinitiator type on the rate of polymerization, degree of conversion, hardness and yellowing of dental resin composites. Dental materials 24. 2008 Mar. 1169-1177.
- 13.- Park Y.J., Chae K.H. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. Dental Materials, 1999 Jul; 15 (4): 301.

14.- Rueggeberg F.A., Ergle JW, Effect of photoinitiator level on properties of a light-cured and post-cure heated model resin system. Dental Materials, 1997 Nov;13(6):360-4.

15.- Datar R.A. Effects of sub-toxic concentrations of camphorquinone on cell lipid metabolism. Biomater Sci Polym Ed. 2005;16(10):1293-302

16.- Atsumi T. The production of reactive oxygen species by irradiated camphorquinone-related photosensitizers and their effect on cytotoxicity. Arch Oral Biol. 2001 May;46(5):391-401