



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR  
POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE CIRUJANO  
DENTISTA**

**TÍTULO:**

**EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE COLOR DE DOS RESINAS  
COMPUESTAS CON DIFERENTES CO-INICIADORES  
UTILIZANDO DOS LÁMPARAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN  
LED**

**EVALUATION OF COLOR VARIATION OF TWO COMPOSITE  
RESINS WITH DIFFERENT CO-INITIATORS USING TWO LED  
LIGHT CURING UNITS.**

**ALUMNO(S):**

DIEGO ALONSO MELÉNDEZ MURILLO

ÁNGELA VALERIA PÉREZ PITA

CLAUDIA ROSARIO PRÍNCIPE CEVALLOS

**ASESOR(ES):**

SADITH QUILLAY CASTILLO

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CLÍNICA DEL ADULTO

LIMA – PERÚ

2018

## **TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción</b>	5
<b>Objetivos</b>	7
<b>Material y métodos</b>	7
<b>Resultados</b>	10
<b>Discusión</b>	12
<b>Conclusiones</b>	16
<b>Declaración de conflictos de interés</b>	16
<b>Referencias bibliográficas</b>	16
<b>Anexos</b>	21

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la variación de color de dos resinas compuestas con diferentes co iniciadores utilizando dos fuentes de luz y a dos tiempos de fotopolimerización.

**Materiales y métodos:** Estudio experimental *in vitro* comparativo y transversal. Se confeccionó especímenes (N=40) que fueron discos de resina compuesta: Filtek Z350 XT (3M ESPE, Mn, USA) y Palfique LX5 (Tokuyama, Tokyo, Japan). Se prepararon en moldes de teflón de 10 mm de diámetro x 2 mm de espesor. La fotopolimerización se realizó con dos lámparas LED: Elipar, (3M ESPE, Mn, USA) y Valo, (Ultradent, USA) en el tiempo indicado por el fabricante (TF) y al doble del tiempo indicado por el fabricante (DTF). La evaluación del color se realizó con el espectrofotómetro Vita Easyshade (Vident, CA, USA) y los valores se tomaron en tres tiempos: antes y después de la fotopolimerización y luego de 24 horas. **Resultados:** se observó un efecto estadísticamente significativo solo de las variables fuente de luz y tiempo de fotopolimerización en la variación de color ( $p < 0.01$ ). Inmediatamente después, se encontró que las variables fuente de luz y tiempo de fotopolimerización tuvieron un efecto significativo en el grupo fabricado con resina Palfique LX5 ( $p < 0.00$  y  $p < 0.00$ ). Después de las 24 horas, se demostró que estas variables tuvieron un efecto significativo en la variación de color de los especímenes fabricados con resina Filtek Z350 XT ( $p < 0.02$ ) ( $p < 0.01$ ). **Conclusiones:** Se encontró una asociación significativa entre la variación de color, el tiempo de fotopolimerización y la fuente de luz; así como fuente de luz y tiempo de fotopolimerización en la variación de color de las resinas Palfique LX5 y Filtek Z350 XT inmediatamente y después de 24 horas de la fotopolimerización respectivamente.

**Palabras claves:** color, polimerización, fotoiniciadores dentales, resinas compuestas (DeCS).

## ABSTRACT

**Objective:** Evaluate the color variation of two composite resins with different co-initiators using two light curing units and two curing times. **Materials and methods:** Experimental *in vitro*, comparative and transversal study. Composite discs (N=40) were fabricated from Filtek Z350 XT (3M ESPE, Mn, USA) and Palfique LX5 (Tokuyama, Tokyo, Japan) using a Teflon mold of 10 mm of diameter x 2 mm of thickness. Photocuring was done by two LED light curing units: Elipar, (3M ESPE, Mn, USA) y Valo, (Ultradent, USA) at the curing time indicated by the manufacturer and twice the curing time indicated by the manufacturer. Spectrophotometry was performed by Vita Easyshade (Vident, CA, USA) and the values collected were in the CIELAB scale. **Results:** There was a significant effect only from light curing unit and curing time on color change ( $p < 0.01$ ). Immediately after polymerization, it was found that light curing unit and curing time had a significant effect on color change in the groups fabricated with Palfique LX5 ( $p < 0.00$  y  $p < 0.00$ ). 24 hours after polymerization, light curing unit and curing time had a significant effect on color change of the specimens fabricated from Filtek Z350 ( $p < 0.02$ ) ( $p < 0.01$ ). **Conclusions:** There is a significant association between color variation, light curing unit and curing time; as well as light curing unit and curing time in color variation of Palfique LX5 and Filtek Z350 XT resin composites immediately and 24 hours after polymerization respectively.

**Key words:** color, polymerization, dental photoinitiators, composite resins (DeCS)

## INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas son polímeros sintéticos utilizados ampliamente en procedimientos restauradores estéticos por mostrar adecuadas propiedades físicas y mecánicas. Las propiedades de las resinas están relacionadas principalmente con su composición, las cuales están formadas básicamente de una matriz orgánica, un relleno inorgánico y un agente de unión (1) A pesar de los esfuerzos por evitar la variación de color de las resinas compuestas actuales, su color permanece inestable. Las propiedades ópticas de las resinas compuestas y su estabilidad pueden verse afectadas por la fotopolimerización y la composición de la resina, una forma de evaluar esto en los estudios de investigación es a través del grado de conversión (2). De acuerdo con la literatura, el grado de conversión va a estar influenciado por aspectos relacionados con el relleno inorgánico (el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno), la composición de la matriz (la concentración del fotoiniciador/coiniciador) y la fotopolimerización (la longitud de onda de luz, intensidad de la fuente de luz y el tiempo de exposición) (3). La influencia de la fuente de luz afecta el desempeño de las resinas. Actualmente, las lámparas halógenas y las lámparas LED son las fuentes de luz más utilizadas; sin embargo, debido a la tecnología que presentan las lámparas LED estas muestran ciertas ventajas sobre las lámparas halógenas como la disminución del tiempo de fotopolimerización (4). Una de las diferencias que podemos encontrar entre lámparas LED está en relación con el número de diodos emisores de luz, estudios que comparan resinas nanohíbridas indican que existe diferencias en la microdureza cuando se utilizan lámparas a una misma intensidad, pero diferente número de diodos (5).

Idealmente, el color de las resinas no debería verse afectado por los procedimientos de envejecimiento y mucho menos por el mismo proceso de fotopolimerización. Aunque existen muchos esfuerzos por mejorar el comportamiento óptico de las resinas compuestas y este sea cada vez más estable, aún encontramos cambios de color negativos perceptibles después de la

fotopolimerización en varios de los materiales empleados en la actualidad (6). Para lograr una polimerización satisfactoria, las resinas compuestas requieren también de una buena combinación del sistema fotoiniciador/coiniciador, el cual usualmente es la alcanforquinona con una amina terciaria. La principal desventaja del uso de la alcanforquinona como fotoiniciador es su color amarillo intenso, el cual puede influir, incluso a bajas concentraciones, en el color final de la restauración (7). Es por eso que el desarrollo de nuevos coiniciadores como los fosfonatos de acilo y los óxidos de acilfosfina, también denominados Lucirin TPO, han sido propuestos para reemplazar parcial o totalmente la alcanforquinona brindando un perfil de fotopolimerización efectivo y una reducción en la amarillez y el cambio de color después de la fotopolimerización (8, 9). Dentro de estas nuevas propuestas, está la fotopolimerización amplificada por radicales (tecnología RAP <sup>TM</sup>) la cual busca reducir la cantidad de la alcanforquinona mediante el uso de un coiniciador aún no descrito lo que disminuye el tiempo de fotopolimerización que indica el fabricante para las diferentes fuentes de luz. Según estudios previos, el empleo del RAP aumentaría los valores del grado de conversión mejorando la polimerización a profundidades de hasta 2 mm (6). Por otro lado, aunque esta propuesta buscaría reducir el cambio en el color de resinas debido a la disminución de la alcanforquinona, los cambios en el color encontrados en un estudio previo fueron similares al de otras resinas con sistemas convencionales de fotoiniciador/coiniciador (1). Esta nueva tecnología ha sido aplicada a nuevas propuestas de resinas, cuyas interacciones con el relleno aún no han sido investigadas. Esta diferencia en composición puede generar cambios en el color final de las resinas. Debido a eso, es que el presente estudio busca evaluar la variación de color de dos resinas compuestas (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, Mn, USA y Palfique LX5, Tokuyama, Tokio, Japón) con diferentes coiniciadores utilizando dos fuentes de luz LED (Elipar, 3M ESPE, Mn, USA y Valo, Ultradent) y a dos tiempos de fotopolimerización.

## **I. OBJETIVOS**

### **I.I. Objetivo general**

Evaluar la variación de color de dos resinas compuestas con diferentes iniciadores utilizando dos fuentes de luz y a dos tiempos de fotopolimerización.

### **I.II. Objetivos Específicos:**

1. Determinar la influencia de la resina compuesta, la fuente de luz y el tiempo de fotopolimerización en la variación de color inmediatamente y después de 24 horas de la fotopolimerización.
2. Comparar la influencia de las fuentes de luz y los tiempos de fotopolimerización en la variación de color de las resinas Filtek Z350 XT y Palfique LX5 inmediatamente después de la fotopolimerización y después de 24 horas.
3. Comparar la variación de color ( $\Delta E$ ) inmediatamente y después de 24 horas de la fotopolimerización.
4. Comparar la variación de color en los parámetros ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$  y  $\Delta b$ ) inmediatamente y después de 24 horas de la fotopolimerización.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

El diseño del estudio fue experimental *in vitro* comparativo y transversal. La muestra fue igual que la población. Se analizó 40 discos de resina compuesta de 10 mm de diámetro y 2 mm de espesor. Se confeccionó 20 discos a base de la resina compuesta Filtek Z350 XT (3M ESPE, Mn, USA) en color Body A2 y 20 discos de Palfique LX5, (Tokuyama, Tokyo, Japón) en color OA2.

Se obtuvo los siguientes grupos experimentales:

Grupo 1: Resina Filtek z350 XT + lámpara Elipar + Tiempo indicado por el fabricante (TF).

Grupo 2: Resina Filtek z350 XT + lámpara Elipar + Doble del tiempo indicado por el fabricante (DTF).

Grupo 3: Resina Filtek z350 XT + lámpara Valo + Tiempo indicado por el fabricante (TF).

Grupo 4: Resina Filtek z350 XT + lámpara Valo + Doble del tiempo indicado por el fabricante (DTF).

Grupo 5: Resina Palfique LX5 + lámpara Elipar + Tiempo indicado por el fabricante (TF).

Grupo 6: Resina Palfique LX5 + lámpara Elipar + Doble del tiempo indicado por el fabricante (DTF).

Grupo 7: Resina Palfique LX5 + lámpara Valo + Tiempo indicado por el fabricante (TF).

Grupo 8: Resina Palfique LX5 + lámpara Valo + Doble del tiempo indicado por el fabricante (DTF).

La selección de variables fue hecha a partir del objetivo general “Evaluar la variación de color de dos resinas compuestas con diferentes iniciadores utilizando dos fuentes de luz y a dos tiempos de fotopolimerización”. Teniendo las siguientes variables. 1) Resina Compuesta: material restaurador que se utiliza para obturaciones dentales. Se registró el tipo de resina utilizado para los especímenes. Es una variable tipo cualitativa, dicotómica, nominal, donde los valores son Filtek Z350 XT y Palfique LX5. 2) Variación de color: cambio que ocurre en el color de las resinas compuestas después de un procedimiento y tiempo determinado. Se registró con un espectrofotómetro (Vita Easyshade, Vident, CA, USA) en las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Es una variable tipo cuantitativa, continua, interválica. Los rangos son  $L^*: 0 - 100$ ,  $a^*: -128 - 127$ ,  $b^*: -128 - 127$ . 3) Fuente de Luz: objeto que produce luz a ciertas longitudes de onda la cual polimeriza materiales resinosos. Se registró según modelo que indica el fabricante en la caja del equipo. Es una variable tipo cualitativa, dicotómica, nominal. Los valores son Elipar y Valo. 4) Tiempo de fotopolimerización: periodo de exposición a un haz de luz emitido por una fuente de luz. Es una variable tipo cualitativa, dicotómica, nominal. Los valores son TF: Tiempo

indicado por el fabricante y DTF: Doble tiempo indicado por el fabricante. El cuadro de operacionalización de las variables se observa en el Anexo 1. Cuadro 3.

Los investigadores recibieron una capacitación previa en el uso de equipos y dispositivos por parte de su asesor. Se contó con las autorizaciones de los ambientes en los que se llevó a cabo el estudio y la aprobación del proyecto por parte del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Con respecto al uso de los diferentes materiales utilizados en el presente estudio, se tomó en cuenta las instrucciones del fabricante para cada uno de ellos.

a. Preparación de especímenes

Se confeccionó discos de resina compuesta de 10 mm de diámetro y 2 mm de espesor con la ayuda de una matriz de teflón. Se midió con una sonda periodontal carolina del norte (Hu Friedy, USA) la cantidad de resina compuesta que se iba a colocar sobre los discos, con la ayuda de una espátula para resinas (Hu Friedy, USA) en un solo incremento dentro de los moldes de teflón hasta llenarlos. Los especímenes fueron divididos de acuerdo con los grupos experimentales. Se colocó unas tiras de cinta celuloide sobre la resina compuesta colocada en los moldes de teflón. Finalmente, con ayuda de una platina de vidrio de laboratorio y ejerciendo presión digital sobre el molde de teflón, se eliminaron los excesos y se procedió a la fotopolimerización.

b. Fotopolimerización

La fotopolimerización se realizó con dos fuentes de luz LED: Elipar, (3M ESPE, Mn, USA) y Valo, (Ultradent, USA) con una intensidad de 1100 mW/cm<sup>2</sup> y 1200 mW/cm<sup>2</sup> respectivamente. La intensidad de la lámpara de fotopolimerización fue medida con un radiómetro LED Demetron (Kerr, Orange, CA, USA). Las puntas de ambas fuentes de luz fueron colocadas sobre las cintas celuloideas y se fotopolimerizaron los grupos

experimentales 1, 3, 5 y 7 con el tiempo indicado por el fabricante (TF) y los grupos 2, 4, 6 y 8 con el doble del tiempo indicado por el fabricante (DTF).

c. Espectrofotometría

El espectrofotómetro utilizado fue el Vita Easyshade (Vident, CA, USA), el cual fue calibrado manualmente en el soporte para bloque de calibración antes de las tomas de color. Los valores se tomaron en la escala CIELAB. Las mediciones de color se realizaron en tres tiempos: antes y después de la fotopolimerización y después de 24 horas. El espectrofotómetro se configuró en medición única de color. El color se evaluó 3 veces y se realizó una media de los valores en las coordenadas L, a y b. Todas las medidas se realizaron sobre un fondo blanco y siempre en la misma zona, por lo que se confeccionó una matriz de teflón sobre los discos, con una abertura en el centro de 6 mm de diámetro para la colocación de la punta del espectrofotómetro.

Se solicitó todos los permisos institucionales para la ejecución del presente trabajo y se presentó el presente proyecto a la Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, para su revisión.

Se realizó un análisis descriptivo evaluando los promedios y desviación estándar de la variable color. Seguidamente, se aplicaron pruebas paramétricas de ANOVA de tres y dos vías, la normalidad se comprobó mediante la Prueba de Shapiro Wilks. Se empleó el programa SPSS v. 24.0. La confianza del estudio fue de 95% ( $p < 0.05$ ).

### **III. RESULTADOS**

La variación de color de las dos resinas estudiadas fue evaluada en dos tiempos para poder observar el comportamiento inherente de ambos materiales. Los resultados del análisis de la varianza de tres vías con respecto a la variación del color inmediatamente después de la polimerización reveló que las variables resina compuesta, tiempo de fotopolimerización, fuente

de luz y sus interacciones no influyeron significativamente en esta; sin embargo, en los grupos evaluados después de 24 horas, se observó un efecto estadísticamente significativo solo de las variables fuente de luz y tiempo de fotopolimerización, además de sus interacciones ( $p > 0.01$ ) (Tabla 1).

En el ANOVA de dos vías con respecto a las resinas compuestas inmediatamente después de la fotopolimerización, se encontró que las variables fuente de luz ( $p < 0.24$ ) y tiempo de fotopolimerización ( $p < 0.19$ ) no tuvieron un efecto significativo en la variación de color en el grupo fabricado con resina Filtek Z350 XT, mientras que en el grupo fabricado con resina Palfique LX5 se encontró que estas sí tuvieron un efecto significativo ( $p < 0.00$  y  $p < 0.00$ ) (Tabla 2).

En el ANOVA de dos vías con respecto a las resinas compuestas después de las 24 horas de la fotopolimerización se demostró que la variable fuente de luz y tiempo de fotopolimerización tuvieron un efecto significativo en la variación de color de los especímenes fabricados con resina Filtek Z350 XT ( $p < 0.02$ ) ( $p < 0.01$ ). Mientras que para las resinas Palfique LX5 no tuvieron un efecto significativo (Tabla 3).

En los gráficos 1 y 2 se presentan los valores de  $\Delta E$  y de los parámetros  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  y  $\Delta b$  inmediatamente después y después de 24 horas de la fotopolimerización respectivamente.

Cuando analizamos los valores de  $\Delta E$  con respecto a los valores de aceptabilidad encontramos que inmediatamente después todos los grupos superaron el umbral de aceptabilidad de 3.3. Sin embargo, a la evaluación después de 24 horas, todos los valores disminuyeron. El grupo 2 (2.60  $\Delta E$ ), grupo 3 (2.71  $\Delta E$ ), grupo 4 (2.69  $\Delta E$ ) y grupo 8 (2.77  $\Delta E$ ) alcanzaron valores aceptables. Cuando se analizó los valores en las coordenadas L, a y b se puede observar que las mayores variaciones se dieron en  $\Delta L$  y  $\Delta b$ . Los valores de  $\Delta L$ , inmediatamente después de la fotopolimerización, resultaron en valores negativos, excepto en el grupo 7 (0.09  $\Delta L$ ), indicando que el color de las muestras redujo su luminosidad (Gráfico 1). Asimismo, después de 24 horas

(Gráfico 2), todos los valores siguieron siendo negativos, pero esta vez en mayor extensión, mostrando una mayor disminución de la luminosidad.

Todos los valores de  $\Delta b$ , inmediatamente después de la fotopolimerización, fueron negativos. Indicando que estos disminuyeron su amarillez. La medición de los valores  $\Delta b$  a las 24 horas, con excepción del grupo 5 (-0.054) y el grupo 7 (-0.09), cambiaron a positivos lo cual indica que las muestras aumentaron su amarillez.

#### **IV. DISCUSIÓN**

El presente estudio evaluó la variación de color de dos resinas compuestas Filtek Z350 XT (3M ESPE, Mn, USA) y Palfique LX5 (Tokuyama, Tokyo, Japón) con diferentes co-iniciadores utilizando dos fuentes de luz y a dos tiempos de fotopolimerización. Se encontró una relación entre la variación de color y el tiempo de fotopolimerización y la fuente de luz, luego de 24 horas. Sin embargo, el tipo de resina y sus diferentes co-iniciadores utilizados en la fabricación de los especímenes no influenciaron significativamente en la variación del color (Tabla 1).

La estabilidad del color es una característica de las resinas compuestas que está relacionada a un óptimo grado de conversión, el cual se ve afectado por la composición de la resina compuesta (matriz orgánica, relleno inorgánico, fotoiniciadores), fuente de luz (longitud de onda, intensidad), tiempo de exposición, entre otros (3, 10, 11, 12). Esto es debido a que el monómero residual forma productos de degradación, lo cual facilita la penetración de solventes del medio oral a la cadena polimérica, generando degradación hidrolítica de esta y del agente de unión. Consecuentemente, se produce un desprendimiento de las partículas del relleno, generando cambios de color (11, 12). Adicionalmente, las resinas compuestas presentan en su composición un sistema fotoiniciador/coiniciador, siendo el más común el sistema alcanforquinona/amina. El mecanismo de acción de este sistema involucra la excitación de la alcanforquinona por irradiación, seguida de la abstracción de un hidrógeno en la posición alfa por la alcanforquinona

excitada produciendo un radical derivado de amina. El radical derivado de amina funciona como el iniciador de la polimerización y reacciona con monómeros para generar polímeros. Recientemente el sistema RAP fue propuesto como una alternativa al sistema fotoiniciador convencional con el fin de reducir el tiempo de fotopolimerización y mejorar la estética. La fase inicial del mecanismo de acción es idéntica a la de los sistemas tradicionales, pero en este caso la energía se transmite a una molécula llamada amplificador de radical (RA), la cual se excita y se descompone reaccionando con monómeros para convertirlos en polímeros. La alcanforquinona excitada se reintegra a su estado inicial, la cual es reciclada; es decir, de una sola molécula de alcanforquinona se pueden desprender varios amplificadores de radicales, por esta razón, se precisa menores cantidades de alcanforquinona en comparación con resinas convencionales (13).

En el presente estudio, se utilizó la resina compuesta Palfique LX5, que posee el sistema RAP en su composición, encontrando que este sistema no contribuyó a una menor variación de color, en comparación con la resina Filtek Z350 XT inmediatamente después y después de 24 horas de la fotopolimerización (Tabla 1). No obstante, en el estudio realizado por Sabatini, en el que evalúa la estabilidad de color de ocho resinas basadas en metacrilato, encontró que el grupo fabricado con la resina Estelite Sigma, la cual contiene el sistema RAP, presentó menor  $\Delta E$  (1). Cabe mencionar que en este estudio se estandarizó la irradiancia mínima para todos los grupos de resinas, sin embargo, en nuestro estudio se optó por utilizar la irradiancia indicada por el fabricante.

A pesar de que la composición de la resina no influyó en la variación de color en este estudio, es importante saber que el grado de conversión está influenciado por las características propias de la resina compuesta (14, 15, 16). Una de estas es el tamaño de partícula, el cual al tener un mayor tamaño produce una menor interface entre el relleno y la matriz orgánica, lo cual mejora la transmisión de luz, dando como resultado un mayor grado de conversión (17, 18), lo cual

beneficiaría a la resina Palfique LX5 cuyo tamaño de partícula de 0.1 a 0,3  $\mu\text{m}$  en comparación con el tamaño de 0.004 - 0.011  $\mu\text{m}$  la resina Filtek Z350 XT. Asimismo, en el estudio realizado por Marchan y col., se evaluó la microdureza de resinas nanoparticuladas fotopolimerizadas por dos lámparas LED, en donde se encontró que presentar mayor porcentaje en peso de matriz inorgánica hace que la luz se transmita menos a través de la resina, generando un menor grado de conversión y, por ende, una menor microdureza (19). Esta característica ayudaría a una menor variación de color en la resina Filtek Z350 XT debido a que presenta 72.5% en peso de matriz inorgánica a diferencia de la resina Palfique LX5 cuyo porcentaje en peso es de 82%.

La variación de color ( $\Delta E$ ) inmediatamente después de la fotopolimerización sobrepasó el nivel de aceptabilidad (3.3). Esto es debido a que aproximadamente el 75% de la polimerización de monómeros se da a los 10 primeros minutos de realizada la fotopolimerización (1), lo cual podría influir en las propiedades ópticas de la resina. Asimismo, la presencia del monómero TEGDMA en la matriz orgánica de ambas resinas causaría un aumento de la fotopolimerización en las fases iniciales debido a su baja viscosidad. Esto favorece la rápida propagación de la fotopolimerización (20). El efecto de este monómero se puede observar en la diferencia de los resultados de  $\Delta E$  inmediatamente después y después de 24 horas; en donde la variación de color ( $\Delta E$ ) después de 24 horas de realizada la fotopolimerización se observa que es menor en todos los casos (Gráfico 1 y 2).

El análisis de los parámetros individuales  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  se realizó inmediatamente después de la fotopolimerización y después de 24 horas. Los mayores cambios se dieron en  $\Delta L$  y  $\Delta b$ . Inmediatamente después de la fotopolimerización, los resultados de  $\Delta L$  y  $\Delta b$  disminuyeron en la luminosidad y amarillez de las muestras. Resultados de otros estudios muestran un comportamiento similar en estos parámetros (1, 21). Sin embargo, después de 24 horas de realizada la fotopolimerización, se encontró que  $\Delta L$  y  $\Delta b$  aumentaron los valores de luminosidad y amarillez concordancia con el estudio realizado por Celik (21).

Debido a que esta propuesta de disminución de la cantidad de alcanforquinona y adición del coiniador RAP busca disminuir el tiempo de fotopolimerización, se evaluó la influencia de diferentes tiempos de fotopolimerización y diferentes fuentes de luz. La Tabla 2 mostró que las variables fuente de luz y tiempo de fotopolimerización inmediatamente después de la fotopolimerización influyeron significativamente en la variación de color de la resina Palfique LX5. Mientras que después de 24 horas (Tabla 3) estas variables no influyeron significativamente en la variación de color de la resina Palfique LX5, pero si en la variación de color de la resina Filtek Z350 XT. Se puede deducir de estos resultados que inmediatamente después de realizada la fotopolimerización, la resina Palfique LX5 ha polimerizado gran parte de sus monómeros debido a que presenta la tecnología RAP, es por eso, que después de 24 horas se observó que factores como fuente de luz y tiempo de fotopolimerización no influyeron significativamente en la variación de color.

De igual manera, las dos fuentes de luz utilizadas pudieron influir en la variación de color debido a sus características específicas (22, 23, 24). Las lámparas uniled como Elipar concentran su espectro de longitud de onda entre los 430 y 480 nm, lo cual coincide mejor con el pico de absorción de la alcanforquinona (25). Asimismo, la lámpara Elipar presenta una mayor profundidad de fotopolimerización comparada con la lámpara Valo, lo cual produciría un mayor grado de conversión y una mayor estabilidad de color (11). Las lámparas poliled, como Valo, presentan múltiples LEDs que emiten diferentes longitudes de onda para la fotopolimerización de diferentes fotoiniciadores. Sin embargo, esta diferencia en longitudes de onda entre los LEDs produce una salida de luz no homogénea que puede afectar adversamente las propiedades mecánicas de las resinas compuestas (26). Igualmente, la distribución de la irradiancia en la punta de la fuente de luz es dependiente de la longitud de onda, es decir, la ubicación de los LEDs dentro de la fuente de luz y sus longitudes de onda emitidas definen la uniformidad espacial y espectral de la irradiancia, consecuentemente, la irradiancia emitida por

lámparas poliled es poco uniforme debido que poseen múltiples LEDs. Esta uniformidad en la irradiancia emitida podría afectar el grado de conversión y, eventualmente, la variación de color (27).

Asimismo, se pudo observar una relación entre la variación de color y el tiempo de fotopolimerización, hallando que a mayor tiempo de fotopolimerización, menor o igual  $\Delta E$  excepto para el grupo 6 que no guarda relación con las variaciones del resto de los grupos, por lo tanto, se supone que hubo una influencia negativa de otros factores no relacionados con las variables estudiadas (Gráfico 2).

## V. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones de este estudio in vitro, se concluye lo siguiente:

1. Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la variación de color y el tiempo de fotopolimerización y la fuente de luz inmediatamente después de 24 horas de la fotopolimerización.
2. Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la fuente de luz y el tiempo de fotopolimerización en la variación de color de la resina Palfique LX5 inmediatamente después de la fotopolimerización.
3. Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la fuente de luz y el tiempo de fotopolimerización en la variación de color de la resina Filtek Z350 XT después de 24 horas de la fotopolimerización.
4. La variación de color ( $\Delta E$ ) inmediatamente después la fotopolimerización sobrepasó los niveles de aceptabilidad (3.3). Sin embargo, después de 24 horas, esta variación de color ( $\Delta E$ ) fue menor en todos los grupos evaluados donde las mayores variaciones se dieron en  $\Delta L$  y  $\Delta b$ .

## **VI. DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

1. Sabatini, C. Color Stability Behavior of Methacrylate-based Resin Composites Polymerized with Light-emitting Diodes and Quartz-Tungsten-Halogen. *Journal Operative Dentistry*.2015. 40(3): 271-81.
2. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. *Dental Materials Journal*. 2007; 26(1) 38-44.
3. Mousavinasab SM, Atai M, Salehi A. Effect of Shade and light curing mode on the degree of conversion of silorane –based and metacrylate-Based Resin Composites. *J Dent Biomater*, 2016; 3(4):299-305.
4. Ceballos L et al. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. *J Clin Exp Dent*. 2009.1(1):8-1
5. Gonulol N, Ozer S, Tunc E. Effect of a third-generation LED LCU microhardness of tooth-colored restorative materials. *International Journal of pediatric Dentistry*. 2015.
6. Ilie N, Kreppel I, Durner J. Effect of radical amplified photopolymerization (RAP) in resin-based composites. *Clinical Oral Investigations*. 2013. 18(4): 1081-1088.
7. Grohmann C, Soares E, Souza-Junior E, Brandt W, Puppim-Rontani R, Geraldeli S, Sinhoreti M. Influence of Different Concentration and Ratio of a Photoinitiator System on the Properties of Experimental Resin Composites. *Brazilian Dental Journal*. 2017. 28(6): 726-730.

8. Manojlovic D, Dramićanin M, Lezaja M, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, Miletic V. Effect of resin and photoinitiator on color, translucency and color stability of conventional and low-shrinkage model composites. *Dental Materials*. 2016. 32(2): 183-191.
9. de Oliveira D, Rocha M, Correa I, Correr A, Ferracane J, Sinhoretic M. The effect of combining photoinitiator systems on the color and curing profile of resin-based composites. *Dental Materials*. 2016. 32(10): 1209-1217.
10. Shin H, Rvals H. Degree of conversion and color stability of light curing resin with new photoinitiator system. *Dental materials*. 2009; 25: 1030-1038.
11. Al Kheraif AA, Qasim SS, Ramakrishnaiah R, Ihtesham ur Rehman. Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites. *Dent Mater J*. 2013;32(2):326-31.
12. Kournetas N, Chakmakchi M, Kakaboura A, Rahiotis C, Gerstorfer GJ. Marginal and internal adaptation of Class II ormocer and hybrid resin composite restorations before and after load cycling. *Clin Oral Investig* 2004; 8: 123-129.
13. Tokuyama dental. Estelite Asteria, informe técnico. Italia.
14. Malhotra N, Mala K. Light-curing considerations for resin-based composite materials: A review. Part II. *Compend Contin Educ Dent*. 2010; 31:584–8.
15. Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *J. Dent*. 2014; 42:977-985.
16. Maan M, AlShaafi. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *The Saudi Dental Journal*. 2017; 29: 48-58.

17. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill Resin-based Composites: An In Vitro Assessment of Their Mechanical Performance. *Operative Dentistry*. 2013; 38(6): 618-625.
18. Moszner N, Fischer U, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivates as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dental Materials*. 2008; 24: 901-07.
19. Marchan SM, White D, Smith WA, Raman V, Coldero L, Dhuru V. Effect of reduced exposure times on the microhardness of nanocomposites polymerized by QTH and second-generation LED curing lights. *Oper Dent*. 2011;36(1):98-103.
20. Al-Ahdal K, Ilie N, Silikas N, Watts D. Polymerization kinetics and impact of post polymerization on degree of conversi3n of bull-fill resin composite at clinical relevant depth. *Dental Materials*. 2015.
21. Celik E, Aladag A, Turkun S, Yilmaz G. Color changes of dental resin composites before and after polymrization and storage in w3ter. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2011; 23: 179-186.
22. Jandt KD, Mills RW. A brief history of LED photopolymerization. *Dent Mater*. 2013 Jun;29(6):605-17.
23. Miletic V, Santini A. Micro-Raman spectroscopic analysis of the degree of conversion of composite resins containing different initiators cured by polywave or monowave LED units. *J Dent*. 2012 Feb;40(2):106-13.
24. Sim JS, Seol HJ, Park JK, Garcia-Godoy F, Kim HI, Kwon YH. Interaction of LED light with coinitiator-containing composite resins: effect of dual peaks. *J Dent*. 2012 Oct;40(10):836-42.

25. Esmaeili B, Safarcherati H, Vaezi A. Hardness Evaluation of Composite Resins Cured with QTH and LED. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014;8(1):40-4.
26. Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B, Kostylev I, Fahey J. Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins. *Dent Mater*. 2014 Dec;30(12):1345-57.
27. Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Felix CM. Irradiance differences in the violet (405 nm) and blue (460 nm) spectral ranges among dental light-curing units. *J Esthet Restor Dent*. 2010 Dec;22(6):363-77.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Cuadros

**Cuadro 1: Grupos evaluados**

<b>Grupo</b>	<b>Resina</b>	<b>Tiempo de Polimerización</b>	<b>Fuente de Luz</b>
1	Filtek Z350 XT	10 s	Elipar
2	Filtek Z350 XT	20 s	Elipar
3	Filtek Z350 XT	10 s	Valo
4	Filtek Z350 XT	20 s	Valo
5	Palfique LX5	10 s	Elipar
6	Palfique LX5	20 s	Elipar
7	Palfique LX5	10 s	Valo
8	Palfique LX5	20 s	Valo

**Cuadro 2: Tamaño de partícula, tipo de relleno, composición de matriz, contenido de relleno y fotoiniciador de resinas compuestas según indicaciones del fabricante.**

Producto	Tamaño de partícula, $\mu\text{m}$ (promedio)	Tipo de relleno	Matriz	Contenido de relleno		Fotoiniciador
				Peso %	Vol%	
<b>Palfique LX5</b> (Tokuyama, Tokyo, Japan)	0.1-0.3 $\mu\text{m}$	Sílice/Dióxido de Zirconio	Bis-GMA, TEGDMA	82%	71%	CQ/RAP
<b>Filtek Z305 XT</b> (3M-ESPE, St Paul, MN, USA)	sílice 0.02 $\mu\text{m}$ zirconia 0.004 - 0.011 $\mu\text{m}$ clúster 0.004 - 0.02 $\mu\text{m}$	Sílice/Zirconio/Clúster	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA, bis-EMA	72.50	55.60	CQ

**Cuadro 3: Cuadro de operacionalización de variables.**

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TIPO / ESCALA</b>	<b>VALORES</b>
<b>Resina Compuesta</b>	Conjunto de monómeros que presentan matriz orgánica e inorgánica	Material restaurador que se utiliza para obturaciones dentales	Registro del tipo de resina utilizado para los especímenes	Cualitativa Dicotómica Nominal	A: Filtek Z350 XT B: Palfique LX5
<b>Variación de Color</b>	Cambio que ocurre en el color de las resinas compuestas después de un procedimiento y tiempo determinado.	Diferencia métrica que existe en dos colores.	Luego de hallar el color con el espectrofotómetro Vita EasyShade, se utilizó la fórmula CIE76 para hallar el $\Delta E$	Cuantitativa Continua De razón	$\Delta E^* = 0 - 374$
<b>Fuente de Luz</b>	Es un objeto que emite luz visible por los órganos de la visión	Objeto que produce luz a una cierta longitud de onda la cual polimeriza materiales resinosos.	Registro del tipo de fuente de luz utilizado para los especímenes	Cualitativa Dicotómica Nominal	1: Elipar 2: Valo
<b>Tiempo de fotopolimerización</b>	Periodo de exposición a un haz de luz emitido por una fuente de luz.	Periodo de exposición a un haz de luz emitido por una fuente de luz.	Registro del tiempo al que se fotopolimeriza los especímenes	Cualitativa Dicotómica Nominal	TF: Tiempo indicado por el fabricante DTF: Doble tiempo indicado por el fabricante

## Anexo 2: Tablas

**Tabla 1. Análisis de varianza de tres vías (ANOVA) para variación de color en unidades Delta E ( $\Delta E^*$ ).**

Fuente de variación	$\Delta E$ Inmediatamente después					$\Delta E$ 24 horas después				
	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p
Resina compuesta	1	0.44	0.44	0.11	0.74	1	4.14	4.14	1.70	0.20
Fuente de luz	1	15.73	15.73	4.10	0.05	1	22.16	22.16	9.67	<0.01
Tiempo de fotopolimerización	1	15.73	15.73	4.10	0.05	1	22.16	22.16	9.67	<0.01
Resina compuesta + Fuente de Luz	1	15.73	15.73	4.10	0.05	1	22.16	22.16	9.67	<0.01
Resina compuesta + Tiempo de fotopolimerización	1	15.73	15.73	4.10	0.05	1	22.16	22.16	9.67	<0.01
Fuente de Luz + Tiempo de fotopolimerización	1	15.73	15.73	4.10	0.05	1	22.16	22.16	9.67	<0.01
Resina compuesta + Fuente de Luz + Tiempo de fotopolimerización	1	15.73	15.73	4.10	0.05	1	22.16	22.16	9.67	<0.01

**Tabla 2. Análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para variación de color en  $\Delta E$  inmediatamente después de fotopolimerización.**

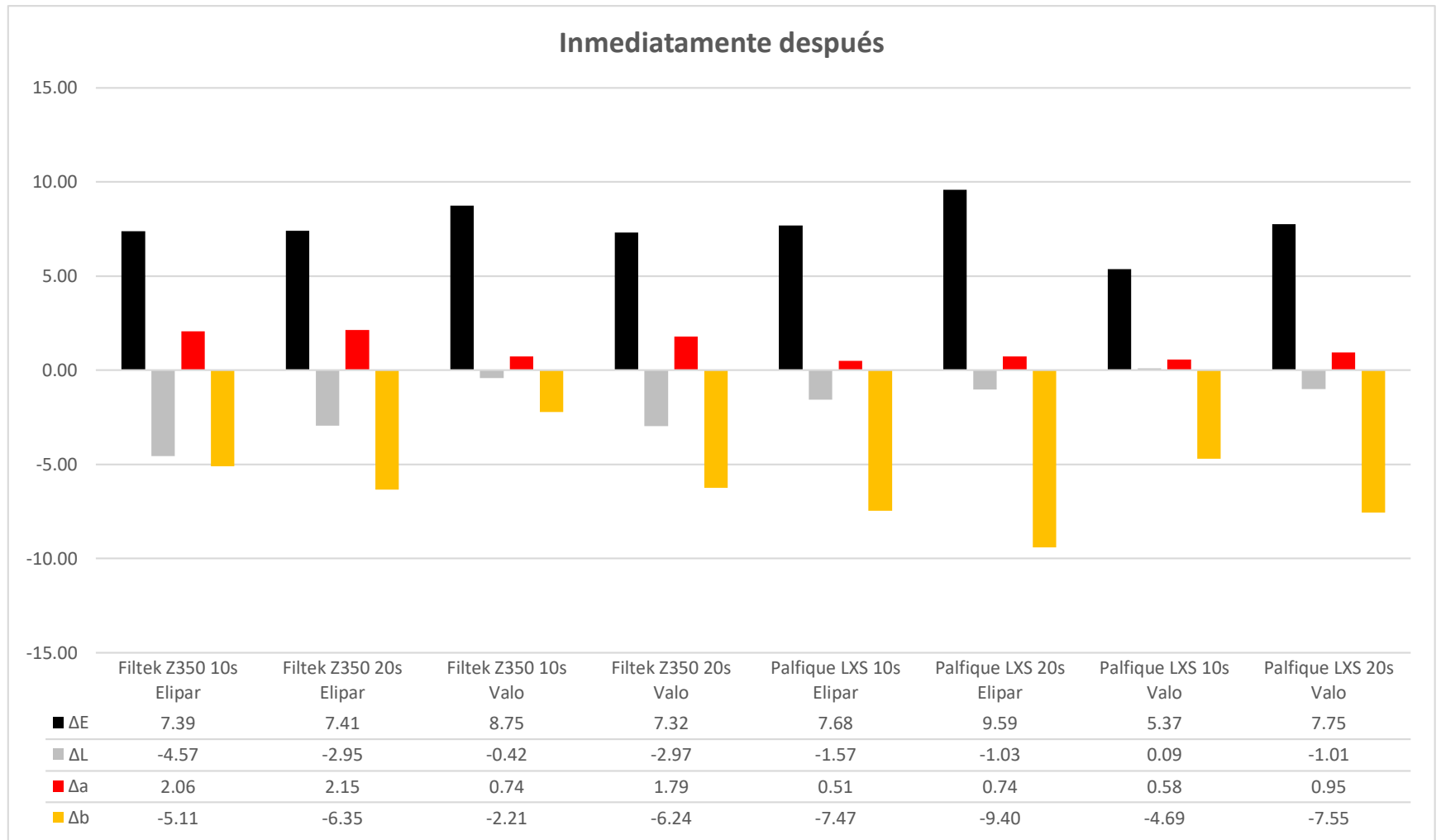
Fuente de variación	Filtek Z350 XT					Palfique LX5				
	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p
Fuente de luz	1	5.96	5.96	1.39	0.24	1	64.81	64.81	25.26	0.00
Tiempo de fotopolimerización	1	7.44	7.44	1.75	0.19	1	69.16	69.16	27.76	0.00
Fuente de Luz + Tiempo de fotopolimerización	3	21.32	7.11	1.71	0.18	3	134.83	44.94	31.93	0.00

**Tabla 3. Análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para variación de color en  $\Delta E$  24 horas después de fotopolimerización.**

Fuente de variación	Filtek Z350 XT					Palfique LX5				
	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p
Fuente de luz	1	17.23	17.23	5.72	0.02	1	6.28	6.28	4.04	0.05
Tiempo de fotopolimerización	1	21.12	21.12	7.17	0.01	1	0.89	0.89	0.54	0.46
Fuente de Luz + Tiempo de fotopolimerización	3	58.82	19.61	8.25	0.00	3	16.48	5.49	3.84	0.01

**Anexo 3: Gráfico**

**Gráfico 1: Valores de la variación de color en  $\Delta E$  y en los parámetros  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  inmediatamente después de fotopolimerización.**



**Gráfico 2. Valores de la variación de color en  $\Delta E$  y en los parámetros  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  24 horas después de fotopolimerización.**

