



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CAMBIO DE COLOR EN RESINAS DE
NANORRELLENO COMPARANDO DOS DIFERENTES
FUENTES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN:
LÁMPARA HALÓGENA VS UNIDAD LED,
ESTUDIO IN VITRO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A :

JUAN ANTONIO LUGO DIMAS

DIRECTORA DE TESIS:
MTRA. JUANA PAULINA RAMÍREZ ORTEGA
ASESOR:
QUIM. MIGUEL ÁNGEL CANSECO MARTÍNEZ



MÉXICO, D. F.

OCTUBRE, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

*Dedico este trabajo a todos aquellos que enriquecen mi vida:
Dios, ya que el es principio y fin;
mis padres, Maria Elena y Juan Antonio,
siempre me han impulsado a superarme en la vida;
mis hermanos, Sergio Antonio y Antonio de Jesús,
que acuden en mis momentos de mayor necesidad;
Yolanda, que siempre esta a mi lado
y alumbra con su luz mi camino.*

Agradecimientos

*A la C.D.M.O. Juana Paulina Ramírez Ortega,
ya que con sus enseñanzas despertó mi interés por la investigación.*

*Al Q. Miguel Ángel Canseco Martínez,
por facilitarme los medios para la realización de este proyecto.*

*Al M.C. Eduardo Márquez Cardozo,
gracias a sus conocimientos en estadística y su ayuda pude culminar este trabajo.*

*A los maestros de la Facultad de Odontología:
M.C. Salvador De Lara Galindo, M.C. Octavio Godínez Neri,
C.D.M.O. Juan Francisco Salcido García,
M.C. Porfirio Jiménez Velásquez,
C.D.M.C. Afranio Serafín Salazar Rosales
y C.D. Blanca Estela Hernández Ramírez,
siempre serán los pilares de mi vida profesional.*

“Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado”

Albert Szent Gyorgi (1893 – 1986) Médico húngaro

Índice

| | |
|--|----|
| 1 Introducción..... | 6 |
| 2 Resumen..... | 7 |
| 3 Antecedentes..... | 9 |
| 3.1 Resinas Compuestas Composición..... | 10 |
| 3.1.1 Matriz Orgánica..... | 10 |
| 3.1.2 Partículas de Relleno..... | 11 |
| 3.1.3 Sistema Activador – Iniciador..... | 12 |
| 3.1.4 Resinas Fotoactivadas..... | 12 |
| 3.1.5 Fuentes de Luz..... | 13 |
| 3.2 Envejecimiento Acuoso Acelerado..... | 15 |
| 3.3 Teoría del Color y Odontología..... | 16 |
| 3.4 Espectrofotometría..... | 18 |
| 4 Planteamiento del Problema..... | 19 |
| 5 Justificación..... | 20 |
| 6 Hipótesis..... | 20 |
| 7 Objetivos..... | 21 |
| 7.1 Objetivos Generales..... | 21 |
| 7.2 Objetivos Específicos..... | 21 |
| 8 Universo de Trabajo..... | 22 |
| 8.1 Criterios de Inclusión..... | 23 |
| 8.2 Criterios de Exclusión..... | 24 |
| 8.3 Criterios de Eliminación..... | 24 |
| 9 Metodología..... | 25 |
| 10 Resultados..... | 29 |
| 11 Discusión..... | 39 |
| 12 Conclusiones..... | 42 |
| 13 Bibliografía..... | 43 |

I n t r o d u c c i ó n

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS); *“la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de enfermedad o dolencia”*. Por lo tanto, el deber del cirujano dentista no solo será devolver la integridad y función a los órganos dentales y sus tejidos circundantes, sino asegurarse que los materiales a utilizarse en la elaboración de prótesis y restauraciones destinados a sustituirlos sean inocuos, funcionales y estéticos, ya que en caso contrario podrían repercutir negativamente sobre la salud así como la autoestima del individuo y por tanto en su entorno social.

El problema de la estética dental ha sido de interés desde tiempos inmemoriales; se ha encontrado evidencia de que cerca del año 400 a.

c. los Fenicios ya realizaban prótesis con dientes tallados en marfil y los Etruscos con dientes naturales; durante el renacimiento Ambrosio Paré desarrolló el primer sistema para sustituir órganos dentales faltantes por medio de prótesis talladas en hueso o marfil; a principios del siglo pasado aparecieron los primeros materiales desarrollados por el hombre para restauraciones estéticas, en 1903 las porcelanas dentales y en 1938 las resinas epóxicas; en la década de los 50's Bowen sintetizó la primera matriz orgánica de lo que actualmente conocemos como composites dentales, materiales de restauración estética de más amplio uso actualmente.

Aún con los grandes avances que se han alcanzado en tiempos recientes, el cambio de color en los composites dentales sigue representando un reto para el cirujano dentista, por lo cual debe prestar especial atención al seleccionar las propiedades del material a utilizar al igual que los procedimientos e implementos necesarios para su aplicación. Por lo tanto es necesario realizar investigaciones como la presente cuyo objetivo sea evaluar la influencia que estos factores tienen sobre el cambio de color.

Resumen

Propósito: El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia que tienen dos diferentes tipos de fuentes de fotopolimerización (lámpara halógena y unidad LED) sobre el cambio de color en resinas de nanorrelleno utilizando como método de evaluación la espectrofotometría por medio de absorbancia.

Materiales y Métodos: Se seleccionaron cuatro marcas de resina de nanorrelleno de cuatro casas comerciales disponibles en el mercado en tonalidad A2. Para cada marca comercial se elaboraron 34 muestras (17 por fuente de fotopolimerización) de 0.25 ± 0.01 mm de espesor para ser sometidas a envejecimiento acuoso sumergidas en tres bebidas de consumo popular y un grupo control (té, café, bebida carbonatada y saliva artificial) a $23 \pm 1^\circ$ C. Para la determinación del cambio de color se realizó un barrido de los 380 a los 780 nm con un espectrofotómetro para medir los cambios de absorbancia los días 0, 15 y 30.

Resultados: El cambio de color en resinas de nanorrelleno fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$) tanto para las muestras fotopolimerizadas con lámpara halógena como aquellas con unidad LED, el día 15 como al 30 del estudio. De cualquier manera no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en los cambios de color presentados entre ambas fuentes de fotopolimerización, aunque se pudo apreciar un mayor deterioro para aquellas muestras que se elaboraron utilizando unidad LED. A pesar de que no existió diferencia estadísticamente significativa en la manera en que las bebidas afectaron las muestras, se pudo apreciar un mayor cambio de color para las muestras almacenadas en té y una mayor degradación para aquellas que fueron sumergidas en la bebida carbonatada.

Conclusiones: Dado que las muestras fotopolimerizadas con unidad LED mostraron valores negativos a los 30 días, no son susceptibles de valoración de cambio de color utilizando la absorbancia como método de valoración. El cambio de color registrado al día 15 en resinas de nanorelleno tomando como método de evaluación la absorbancia es mayor

para aquellos materiales fotopolimerizados utilizando unidad LED. Con lo cual se cumple la hipótesis planteada para este trabajo.

Significancia: Nuestros resultados sugieren que aunque estadísticamente no fue significativo, existe un menor cambio de color en aquellas muestras fotopolimerizadas con lámpara halógena el cual a su vez está relacionado con una menor desintegración a causa del medio circundante.

A n t e c e d e n t e s

Las resinas dentales son materiales de restauración directa utilizados ampliamente debido a sus propiedades estéticas. Fueron introducidas a finales de los años cuarenta y principios de la década de los cincuentas. Ciertas características, como la apariencia estética y su baja solubilidad en los fluidos bucales ($0.01 - 0.06 \text{ mg/ cm}^2$) [1], la han hecho superiores a los silicatos [2]. En años recientes la popularidad de restauraciones estéticas ha promovido un incremento en el uso de resinas. Los métodos e implementos utilizados para el uso de las resinas dentales también han evolucionado pasando de la autopolimerización a la fotopolimerización [3]. Debido a que la activación de las resinas fotopolimerizables depende principalmente de las características y del tipo de fuente de radiación, una manera de mejorar las propiedades de la restauración final es mejorando las características de la fuente emisora [4]. Infortunadamente, a pesar de los grandes logros alcanzados en tiempos recientes, la estabilidad de color es aún un gran problema. Las fallas estéticas son una de las razones más comunes al reemplazar restauraciones hechas con resina [5, 6].

Se han detectado diversos factores en el cambio de color: decoloración externa a causa de la acumulación de placa sobre el material restaurador; degradación de la capa superficial de la resina relacionado con la dieta y el cigarrillo [7]; aparentes cambios de color también se encuentran relacionados con rugosidades de la superficie a causa del pulido, el desgaste por el uso y deterioro químico [8, 9]; la decoloración en las capas internas puede deberse a reacciones físico-químicas propias del material relacionadas con el color; la presencia de aminas terciarias también contribuye a la decoloración [9]; por otro lado se ha reportado la influencia de los iniciadores y activadores en la dureza de superficie después de la polimerización [10]; la composición de la resina y su conversión juegan papeles importantes [11], así como el agua ha demostrado tener acción como medio de transporte para agentes decolorantes durante el proceso de sorción [12,13,14]. Por lo tanto, los cambios de color en las resinas dentales esta relacionado con diversas causas.

Resinas Compuestas

Composición

Matriz orgánica

Los materiales de restauración son fabricados con distintas propiedades tanto físicas como químicas de acuerdo con la aplicación específica para la que están diseñados. En 1938 De Trey Zurich creó las primeras resinas epóxicas [15], las cuales presentaban alta contracción de polimerización y elevado coeficiente de expansión térmica. Para resolver estas deficiencias se agregaron partículas inertes como relleno para reducir el volumen de las resinas compuestas.

El mayor avance ocurrió cuando en la década de los 50's Rafael Bowen desarrolló la molécula Bisfenol A Glicidil Dimetacrilato mejor conocida como "bis-GMA", la cual constituye actualmente la mayor parte de la matriz orgánica de las resinas dentales. Los monómeros de alto peso molecular, particularmente bis-GMA son extremadamente viscosos a la temperatura ambiente. Para disminuir su viscosidad y producir una pasta de consistencia clínicamente aceptable se les adiciona monómeros de metacrilato, como el TEGDMA [2]. Los monómeros de dimetacrilato permiten que ocurra el enlace cruzado entre cadenas, lo cual es crítico para la optimización de las propiedades mecánicas, biocompatibilidad y estabilidad de color [2, 16].

Partículas de Relleno

La incorporación de partículas de relleno dentro de la matriz mejora significativamente sus propiedades. Los primeros intentos para elaborar un material compuesto no tuvieron éxito porque las partículas de relleno que se agregaron no tenían enlace químico con la matriz. La adición de silanos que cubrieran las partículas de relleno para lograr el enlace químico con la matriz orgánica fue otro de los logros de Bowen [2], de esta manera al combinar la matriz orgánica con partículas de relleno inorgánicas dieron lugar a la aparición de los primeras resinas compuestas también conocidos como composites, las cuales salieron al mercado en 1964 bajo el nombre de Adaptic de la casa comercial 3M [17].

Se ha comprobado que el tamaño y distribución de las partículas de relleno se relacionan directamente con cambios de color, siendo más susceptibles aquellas con relleno de mayor dimensión [5]. Tradicionalmente las resinas dentales se califican sobre la base del tamaño promedio del principal componente del relleno [18], de esta manera actualmente se tienen: resinas de relleno convencional (1 a 25 μm), cuyo relleno esta compuesto fundamentalmente de partículas de cuarzo o vidrio; resinas de microrelleno (0.04 a 1 μm) con relleno de sílice coloidal; híbridas (0.1 a 3 μm); en el 2002 surgieron comercialmente resinas con partículas de nanorrelleno compuesto de zirconio (20 a 75 nm) [18]. Las partículas de relleno son producidas comúnmente por pulido o trituración de cuarzo o vidrio en tamaños que oscilan entre 0.1 y 100 μm . Las partículas de sílice de tamaño coloidal son producidas por precipitación o pirolíticamente. Las partículas inorgánicas de relleno por lo general conforman del 30 al 70% del volumen y del 50 al 85% en peso del compuesto [10].

Sistema activador – iniciador

Los monómeros de metilmetacrilato y dimetilmetacrilato polimerizan por la adición de mecanismos de polimerización iniciados por radicales libres. Estos radicales libres pueden ser generados por activación química o por activación física (calor o luz) [2]. En este último caso la fotoactivación consiste en la formación de radicales libres al interactuar un activador amina, canforoquinona (fotoiniciador más comúnmente empleado), con un acelerador amina dimetiaminoetimetacrilato, contenidos en la pasta al ser expuestos a una luz con longitud de onda de 470 nm.

Resinas fotoactivadas

Las primeras resinas dentales fotoactivadas con luz (ultravioleta) aparecieron durante la década de los 70's, su creador fue Michael Bounocore y fueron comercializadas por la casa comercial L. D. Caulk Company [17, 19]. La fotopolimerización implica tanto el incremento del peso molecular por la conversión de monómero a polímero inducido por la luz, así como el entrecruzamiento de macromoléculas preexistentes [16]. En la actualidad estos sistemas han sido reemplazados por sistemas de fotoactivación de luz visible debido a los riesgos que implica el uso de radiación ultravioleta sobre la salud [19].

La canforoquinona es el fotoiniciador amina más frecuentemente utilizado [4], pero debido a que su color es eminentemente amarillo ocasiona problemas al igualar el color del material con el de los tejido dentales, por lo cual se limita su concentración [16] correspondiendo aproximadamente al 0.2% del peso del material, además existen diversos aceleradores de aminas apropiados para interactuar con la canforoquinona, como el dimetilaminometil metacrilato siendo el 0.15% del peso total del material [2]. De acuerdo con estudios realizados el rango de longitud de onda más adecuado al cual es sensible la canforoquinona se encuentra entre 450 – 490 nm siendo 470nm el más adecuado [20, 21,22]. Otros activadores utilizados simultáneamente son: phenylpropanidona (PPD), cuyo

espectro de absorción va desde la luz ultravioleta hasta los 490 nm; y Lucirin TPO, el cual al igual que PPD tiene un espectro de absorción que inicia en el espectro de luz ultravioleta pero termina aproximadamente en los 430nm [23].

Fuentes de luz

Hasta 1980, con la aparición de los primeros sistemas de fotopolimerización a base de luz visible, fueron sustituidas las lámparas de luz ultravioleta [17]. Como ya se mencionó anteriormente la luz emitida por la fuente de fotopolimerización requerida para activar el fotoiniciador (canforoquinona) debería encontrarse en el rango de 450 – 490 nm (470nm el óptimo) y aunque actualmente existen diversos dispositivos capaces de generar este espectro los más utilizados siguen siendo las lámparas de luz halógena de tungsteno [2]. Su luz es producida por el efecto Joule [24 25], consiste en el flujo de una corriente eléctrica que escurre a través de un filamento de tungsteno extremadamente delgado. Este filamento funciona como una resistencia y es fuertemente caliente debido a la corriente que transita y emite una radiación electromagnética en forma de luz visible.

Los principios físicos que explican este fenómeno es que los objetos calientes emiten una radiación electromagnética [24 25]. Por ejemplo, un filamento cuya temperatura es de 1,000 °C emite una energía en forma de radiación infrarroja. Cuando la temperatura se incrementa entre los 2,000 y 3,000 °C, una porción significativa de la radiación es emitida en el espectro de luz visible. Para verificar la luz azul de la fotopolimerización, la lámpara de luz halógena debe estar caliente a una alta temperatura. La producción selectiva de la luz no es posible con esta clase de tecnología [26]. Estas requieren de filtros y reflectores para adecuar la longitud de onda y sus bulbos tienen un tiempo de vida de 40 - 100h [27], el 70% de la energía consumida se transforma en calor y sólo el 10% se transforma en luz visible [22].

Hace algunos años salieron al mercado las unidades de luz LED (Light Emitting Diodes) luz emitida por diodos, no produce una luz visible por el calentamiento de filamentos metálicos, pero presenta efectos quantum-mecánicos. Básicamente esta

tecnología corresponde a una combinación de dos diferentes semiconductores unos con exceso de electrones y otros con necesidad de electrones. El color de una luz LED es su característica más importante y es determinada por la composición química de la combinación de los semiconductores. Cuando estos semiconductores combinan una alta energía hacia un bajo nivel de energía, la diferencia de energía de esta banda abierta se libera en forma de un fotón [26].

De acuerdo a diversos autores las unidades LED tienen la capacidad de reemplazar a las lámparas halógenas tradicionales. Esto debido a diversas características técnicas como: longitud de onda de la luz emitida concordante con la requerida por la canforoquinona (470 nm) [20, 21, 22]; su baja producción de calor al no utilizar un filamento para producir la luz, reduce el riesgo de daño pulpar; no se requiere de ventilación por lo cual consume una menor cantidad de energía y no produce ruido [4, 22]; la eficiencia al convertir la energía eléctrica en luz visible es del 14% (lámparas halógenas 1%)[22].

En estudios publicados en 2004 por Bennett y cols. [21], Tsai y cols. [22] y Uhl y cols. [28 29] concernientes a la profundidad de curado, microdureza de superficie, distancia y tiempo de irradiación respectivamente (consideradas como propiedades físicas esenciales para el uso clínico), se demostró que las unidades LED estudiadas presentaron un desempeño equivalente al de las lámparas halógenas convencionales cuando son utilizadas en resinas que no contengan coactivadores en su composición. Además se ha demostrado que las unidades LED requieren el doble de tiempo que las lámparas halógenas para alcanzar la cantidad de luz (irradiación) requerida para promover una polimerización adecuada [4, 19] al no producir longitudes de onda inferiores a 410 nm las unidades LED son incapaces de activar los coactivadores contenidos en algunas resinas, lo cual disminuye sus propiedades físicas [28].

En enero de 2007 Beun y cols. [30], publicaron un estudio en el que compararon algunas propiedades físicas obtenidas en resinas micro híbridas y de nanorrelleno utilizando una fuente halógena y una unidad LED. En este estudio se encontró que los valores de profundidad de curado y grado de conversión son menores en aquellas muestras que fueron polimerizadas con la unidad LED.

Envejecimiento acuoso acelerado

Para predecir el comportamiento clínico de los materiales se han desarrollado diversas pruebas. Estas consisten en someter las muestras a condiciones semejantes a las presentes en el medio bucal como: temperatura, humedad y pH [5, 10, 31]. En 1981 Asmussen propuso un estudio almacenando las muestras en agua a 60°C durante 4 semanas, lapso que simularía los cambios de color ocurridos a través de un año [10]. Además se ha medido la influencia de diversas bebidas sobre el cambio de color en diversos materiales. Entre los hallazgos reportados se puede mencionar que las resinas para la restauración de dientes posteriores comienzan a tener pigmentaciones después de estar sumergidas en café durante siete días.

Para hacer las mediciones necesarias al evaluar los cambios de color en las resinas sometidas a la prueba se cuenta con dos métodos: 1) utilizando espectrofotómetro al iniciar y al finalizar la prueba, y 2) la valoración por una persona calificada utilizando un colorímetro.

Teoría del Color y Odontología

El color puede ser descrito como: “la manera en que un observador aprecia las frecuencias de luz que los objetos emiten o reflejan”, además consta de tres dimensiones que son: tono, saturación y valor [25]. De ordinario la luz bajo la cual apreciamos nuestro medio es policromática (compuesta por muchos colores) o también llamada “luz blanca” (Ej. luz solar). Llamada así ya que Newton demostró que al hacer pasar un haz de luz sobre un prisma esta se encuentra compuesta por los distintos colores del arcoiris. Newton llamó *espectro* a esta gama de colores, el cual corresponde a las longitudes de onda de los 380 a los 780 nm del espectro electromagnético (Fig.1) [24, 25, 32].

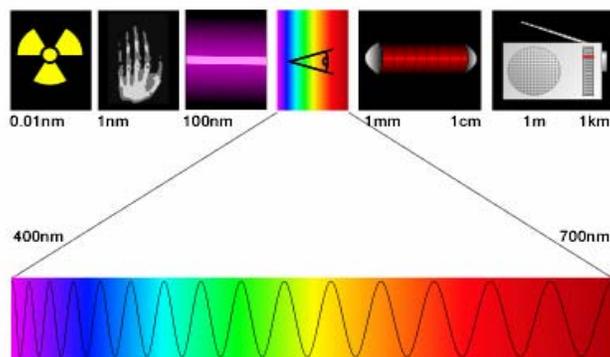


Figura 1.- La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos que se propagan a través del espacio, el ojo humano solo es sensible a aquellos que se encuentran entre los 380 y 780 nm

La mayoría de los objetos absorben algunas frecuencias y reflejan las demás. El color que presentan los objetos a nuestro alrededor no está compuesto por una sola frecuencia, sino por una gama de ellas. El color de un material transparente dependerá de la luz que lo ilumine. Cuando se desea agregar color a un material transparente se debe adicionar un componente que absorba selectivamente los colores a reflejar, a este se le conoce como *pigmento*. La producción de la sensación de color con un pigmento es diferente al obtenido por la reflexión, la refracción y la dispersión. El color del pigmento se determina por la absorción y reflexión selectivas [2].

Los componentes de la estructura dental son determinantes para su color ya que esta se encuentra compuesta de lo que podríamos considerar como una superficie de aspecto cristalino (esmalte), sobre un fondo más opaco (dentina). Por lo cual, cuando un haz de luz incide sobre la superficie del esmalte, una parte de esta luz se refleja y la demás penetra en el esmalte y se disemina. Cualquier cantidad de luz que alcance la dentina sufre una vez más el efecto de absorción y reflexión. Estos procesos dan lugar al efecto de translucidez natural que presenta la estructura dental [2]. Por lo tanto, se debe tener especial cuidado al seleccionar las características que presente un material que este destinado a sustituir superficies dentales naturales. Tanto los materiales de relleno como la matriz orgánica que conforman a los composites tienen un índice de refracción de 1.5 adecuado para simular la estructura natural del diente [2]. Además de lo anterior se debe considerar la obtención de una coloración visual (matizado), adicionando pigmentos compuestos por diversos óxidos metálicos agregados en pequeñas cantidades [1, 2].

Espectrofotometría

La espectrofotometría es la técnica que mide la concentración de una sustancia determinando la proporción de luz incidente que absorbe el sustrato a una determinada longitud de onda. Las moléculas complejas suelen absorber energía de varias longitudes de onda. Por ejemplo la clorofila produce un espectro con picos múltiples en las regiones de azul-violeta y región roja. Esto sugiere que absorbe fotones de energías diferentes. Aquellas longitudes que no se absorben se reflejan y las apreciamos como color. Por lo tanto cualquier cambio en los valores de absorbancia registrados por un material se vera reflejado en un cambio en los valores de reflectancia y por tanto en el color de los objetos. El color de un objeto esta determinado por su contenido de “cromóforos”, estos son el conjunto de átomos de una molécula que mueven sus electrones fácilmente a niveles superiores de energía cuando esta se absorbe [24, 25, 33, 34].

El espectrofotómetro es el instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución. Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, aún el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe longitudes de ondas que pertenecen al espectro visible. La absorción de las radiaciones depende de la estructura de las moléculas que constituyen dicha sustancia [24]. Este método ha sido ampliamente utilizado para medir el cambio de color en materiales dentales por diversos autores [5, 8, 13, 14, 27,28] ya que se ha demostrado que la medición del cambio de color tomando como criterio el ojo humano, tiene una certeza del 20 al 60% (cuando un mismo operador realiza 2 mediciones) con margen de error muy amplio en comparación con el 80% de certeza que ofrece un espectrofotómetro [35].

Planteamiento del problema

En la actualidad la estética es uno de los mayores retos para el odontólogo de práctica general, y una de las mayores dificultades a las que se enfrenta es la estabilidad de color en materiales de restauración estética a base de resina.

Un factor determinante de las propiedades físicas de las resinas dentales es el relleno que éstas contienen. Las resinas para restauración directa se clasifican de acuerdo al tamaño de las partículas que conforman su relleno. Se sabe que a menor tamaño de la partícula menor será la resistencia a la compresión, pero se obtienen superficies más tersas, las cuales son más fáciles de pulir y por tanto, se obtienen mejores resultados estéticos. Por otro lado en años recientes han salido al mercado diversos sistemas de fotopolimerización que utilizan Diodos Emisores de Luz (LED), estos ofrecen ventajas técnicas en comparación con las lámparas de luz halógena tradicionalmente utilizadas para esta tarea. Se han realizado múltiples estudios para medir las propiedades físicas que alcanzan diferentes resinas dentales al ser polimerizadas con ambos sistemas. En estos estudios se ha demostrado que las propiedades físicas alcanzadas al fotopolimerizar con las unidades LED aunque suficientes, son inferiores a las que se obtienen con las lámparas halógenas tradicionales.

Por lo anterior expuesto ¿Cuál será el comportamiento con respecto al color en las resinas de nanorrelleno polimerizadas con unidades LED y con lámparas halógenas al ser sometidas a la prueba de envejecimiento acuoso en tres bebidas de consumo popular?

J u s t i f i c a c i ó n

No existe información disponible de los efectos sobre el cambio de color en resinas dentales de nanorrelleno al comparar ambos sistemas de fotopolimerización de luz halógena y unidades de luz LED, por lo que los resultados de este estudio servirán para seleccionar el sistema activador mas adecuado en cada caso.

H i p ó t e s i s

Ha = El cambio de color en las resinas de nanorrelleno fotopolimerizadas con la unidad LED será mayor que los observados en las resinas fotopolimerizadas con luz halógena.

Ho = No habrá cambio de color en resinas de nanorrelleno al fotopolimerizar con luz de lámparas halógenas ni con unidades LED.

O b j e t i v o s

General

Comparar el cambio de color en resinas de nanorrelleno fotopolimerizadas con unidades LED y lámparas de luz halógena utilizando el método de envejecimiento acuoso.

Específicos

1. Verificar si el tipo de fuente de fotopolimerización es determinante en el cambio de color en 4 marcas de resinas compuestas de nanorrelleno disponibles comercialmente.
2. Medir el cambio de color producido por tres diferentes bebidas de consumo popular (café, té y bebida carbonatada) en resinas de nanorrelleno.

U n i v e r s o d e T r a b a j o

Resinas compuestas que contengan nanorrelleno de las casas comerciales:

1. Kerr
2. Ivoclar Vivadent
3. Dentsply
4. 3M

Bebidas de consumo popular

1. Café
2. Té
3. Bebida carbonatada

Tipos de fuentes de fotopolimerización más empleadas en México

1. Lámpara Halógena de Tungsteno
2. Unidad con Diodos Emisores de Luz (LED)

Criterios de Inclusión

1.- Resinas de nanorrelleno para restauración directa fotocurables en color A2 de las marcas y casas comerciales enlistadas a continuación:

- Premise TM, Kerr
- Tetric Evo Ceram [®], Ivoclar Vivadent
- Esthet X[®], Dentsply
- Filtek Z350 TM, 3M

2.- Fuentes de fotocurado a base de luz visible de las siguientes marcas:

- Astralis 3[®], Ivoclar Vivadent (fuente halógena)
- Blue Phase[®] Ivoclar Vivadent (fuente LED)

3.- Tres marcas de diferentes bebidas de consumo popular entre la sociedad:

- Café soluble, Nescafé Clásico[®]
- Té de manzanilla, Laggs[®]
- Bebida carbonatada, Coca Cola TM

4.- Solución que asemeje las condiciones naturales de la cavidad oral para la inmersión del grupo control:

- Saliva artificial

C r i t e r i o s d e E x c l u s i ó n

- 1.- Todas aquellas resinas para restauración directa, fuentes de fotocurado y bebidas de consumo popular que no sean mencionadas en los criterios de inclusión.
- 2.- Muestras que no cumplan con el grosor para ser medidas en el espectrofotómetro

C r i t e r i o s d e E l i m i n a c i ó n

- 1.- Muestras dañadas durante el estudio de tal manera que imposibiliten su valoración.

M e t o d o l o g í a

Fases del estudio:

1. Elaboración de muestras
2. Valoración inicial
3. Envejecimiento acuoso de las muestras
4. Manejo de los datos

E l a b o r a c i ó n d e l a s M u e s t r a s

y

V a l o r a c i ó n I n i c i a l

Se elaboraron 34 muestras de cada marca de resinas de nanorrelleno seleccionada (17 por fuente de fotopolimerización) en consideración a la Designación: D 1925-70 para la valoración del índice de amarillamiento en plásticos de la An American National Standard (ASTM) [36]. Las muestras fueron elaboradas presionando el material seleccionado entre dos losetas de vidrio de 30 mm de espesor (cubiertas con una película de polietileno), a las cuales previamente se les colocó una vuelta de cinta adhesiva en cada uno de sus extremos para establecer el espesor de las muestras (0.25 ± 0.01 mm). Cabe mencionar que para el análisis de las muestras el tamaño o forma de estas no tiene relevancia, solo su espesor. Se procedió a retirar la loseta superior para posteriormente polimerizar las muestras con la fuente de luz correspondiente siguiendo las indicaciones del fabricante, una vez polimerizadas se verificó el espesor utilizando un Vernier digital (Mitutoyo, Japan). Posteriormente las muestras fueron numeradas y almacenadas por grupos en agua desionizada a $23 \text{ }^\circ \pm 1^\circ$ C durante 72 horas, agrupados según la tabla 1, al término fueron sometidas a medición de absorbancia (Espectrofotómetro Modelo Shimatsu UV 320, software Unicam UV-Visible Spectrometry Vision 32 bit versión 1.05) realizando un barrido de la muestra aplicándole un haz de luz emitida por un foco halógeno

en las longitudes de onda que van de los 380 a los 780 nm (luz visible) para cada muestra. Estos datos fueron registrados como valores iniciales (L1).

Envejecimiento Acuoso

Las muestras fueron sometidas a envejecimiento acuoso en la bebida correspondiente (Tabla 1) a $23^{\circ} \pm 1^{\circ}$ C durante 30 días. Las bebidas fueron preparadas en las condiciones que recomienda el fabricante realizando un cambio de las mismas cada tercer día para evitar variaciones en su concentración. El grupo control fue sumergido en saliva artificial bajo las mismas condiciones.

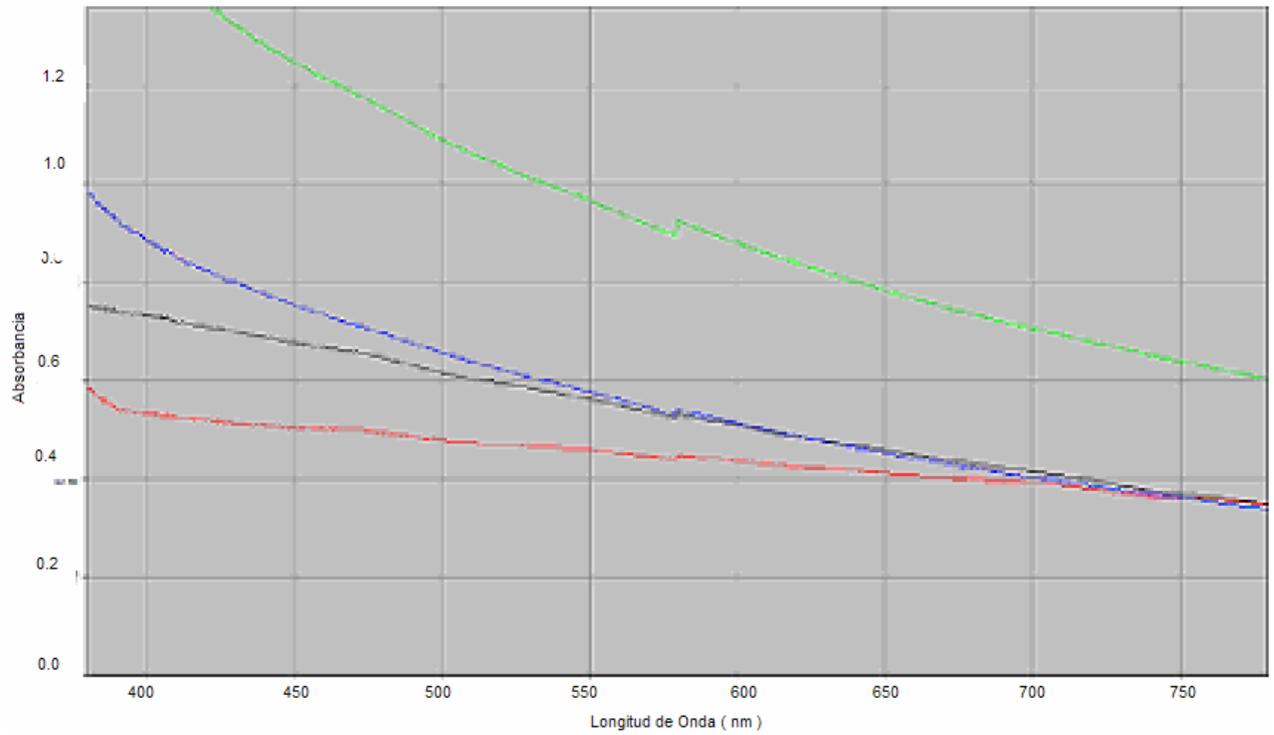
| Resina | Lámpara Halógena | | | | Unidad LED | | | |
|------------------|------------------|------|----------|----|------------|------|----------|----|
| | Control | Café | Refresco | Té | Control | Café | Refresco | Té |
| Filtek Z350 | 2 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| Esthet X | 2 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| Premise | 2 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| Tetric Evo Ceram | 2 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| Total | 8 | 20 | 20 | 20 | 8 | 20 | 20 | 20 |
| | | | | 68 | | | | 68 |

Tabla 1. Distribución de los grupos de acuerdo al tipo de fuente de fotopolimerización y resina de estudio

Se realizaron mediciones en el espectrofotómetro los días 0, 15 y 30 (L1, L2 y L3 respectivamente), las muestras fueron lavadas profusamente con agua desionizada para eliminar cualquier resto de las bebidas de prueba. Una vez sometidas a la valoración en el espectrofotómetro se colocaron nuevamente en su bebida correspondiente a la temperatura anteriormente mencionada.

Manejo de los datos

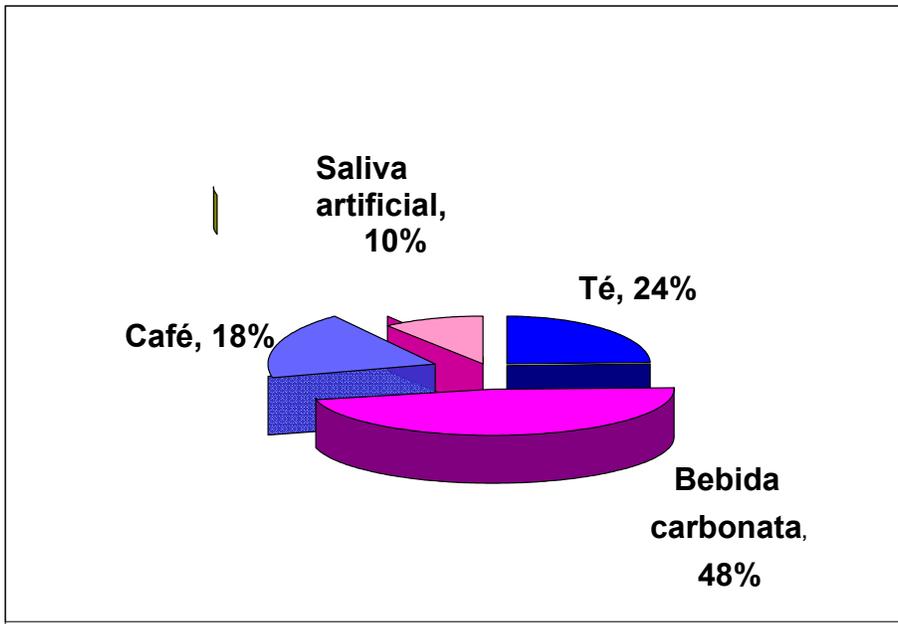
Una vez realizadas las mediciones de absorbancia para todas las muestras sin contratiempo alguno, se realizó un análisis de las gráficas obtenidas verificando el rango de 565 a 590 que corresponde a los tonos amarillos, se encontró que para todas las marcas se presentó un pico en los valores a los 580nm (Gráfica 1). Este dato se tomó como el valor de absorbancia inherente al color propio de los materiales, y a partir de este punto se calculó la absorbancia para las 136 muestras en las tres mediciones realizadas. Utilizando el programa SPSS versión 15.0 se realizó el análisis estadístico con las siguientes pruebas: Kruskal-Wallis utilizada para valorar los factores: marcas de resina y bebidas de prueba; Prueba T (utilizada para 2 grupos relacionados medidos antes y después) para valorar los factores marcas de resina (individualmente) y fuente de fotopolimerización en los intervalos L1-L2, L1-L3 y L2-L3; Prueba de los rangos de Wilcoxon (para dos grupos de muestras relacionadas medidos antes y después) para determinar el número de rangos positivos y negativos obtenidos por las muestras a en los intervalos de L1-L2, L1-L3 y L2-L3. Para la valoración final fueron susceptibles las 136 muestras ya que ninguna se dañó de manera que impidiera el proceso aunque todas mostraron cambios perceptibles en su estructura.



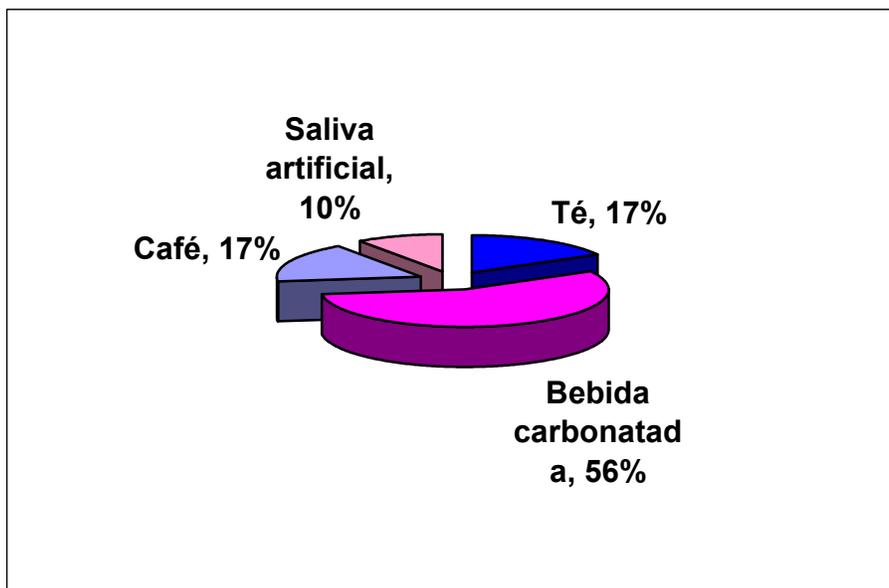
Gráfica 1.- En la gráfica se puede apreciar cómo las 4 marcas mostraron distintos niveles de absorbancia con un pico a los 580 nm

R e s u l t a d o s

Para el análisis estadístico se evaluaron 136 muestras, aún cuando aproximadamente el 35% de ellas mostraron valores negativos con respecto a su valor inicial de absorbancia de acuerdo con la prueba de los rangos de Wilcoxon. Se decidió no eliminar estas muestras del estudio considerando que esto ocurrió debido a las propiedades de las bebidas de prueba como el pH, ya que la mayoría de los casos se presentaron en la bebida carbonatada como se puede observar en las gráficas 2 y 3. Durante la segunda valoración (L2), gráfica 2, se encontró que, 49 de las muestras (36.02%) mostraron valores negativos respecto a su valor inicial; en la tercera valoración (L3), gráfica 3, este número había cambiado a 41 (30.14%). En ambos casos la marca en la que se observó el mayor número de muestras con valores negativos fue Tetric Evo Ceram con un 29%, seguida de Esthet-X y Premise, ambas con 28%. La marca que presentó menores valores negativos fue Filtek 350 con un 15%.

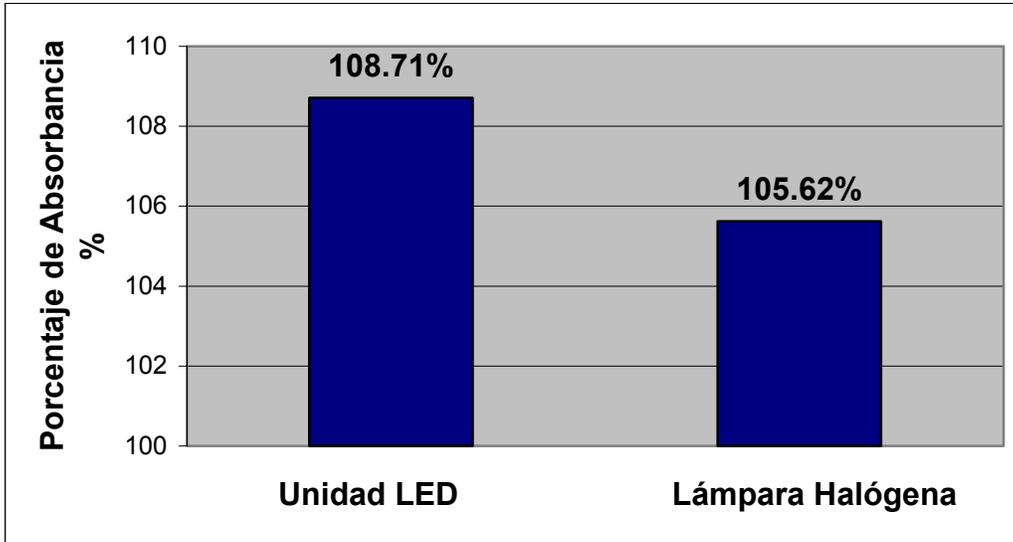


Gráfica 2. Esta gráfica corresponde al 36.02% del total de especímenes, se muestran los porcentajes de muestras con valores negativos de absorbancia respecto al inicial al día 15.

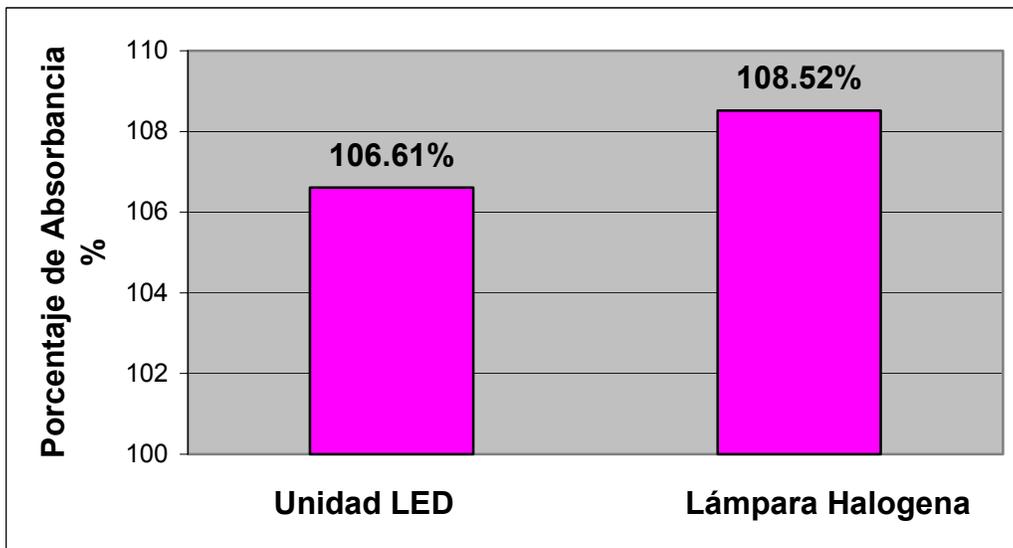


Gráfica 3. En la gráfica, que corresponde al 30.14% del total de especímenes, se muestran los porcentajes de muestras con valores negativos de absorbancia respecto el inicial al día 30.

La absorbancia registrada para las 136 muestras tanto al día 15 como al 30 con respecto a la valoración inicial fue estadísticamente significativa de acuerdo a la Prueba T para muestras relacionadas ($P < 0.05$), pero la diferencia existente en los valores obtenidos entre los días 15 y 30 no fue estadísticamente significativa ($P > 0.05$). Al comparar los valores absorbancia de las muestras fotopolimerizadas utilizando lámpara halógena con las de la unidad LED al día 15 y al 30 empleando la Prueba T para muestras independientes no se observaron cambios estadísticamente significativos en sus valores ($P_{15} > 0.05$ y $P_{30} > 0.05$). En las gráficas 4 y 5 se puede apreciar que el cambio de absorbancia fue mayor para la unidad LED en un 3.02% al día 15, y al día 30 el cambio fue de 1.91% mayor para la lámpara halógena.

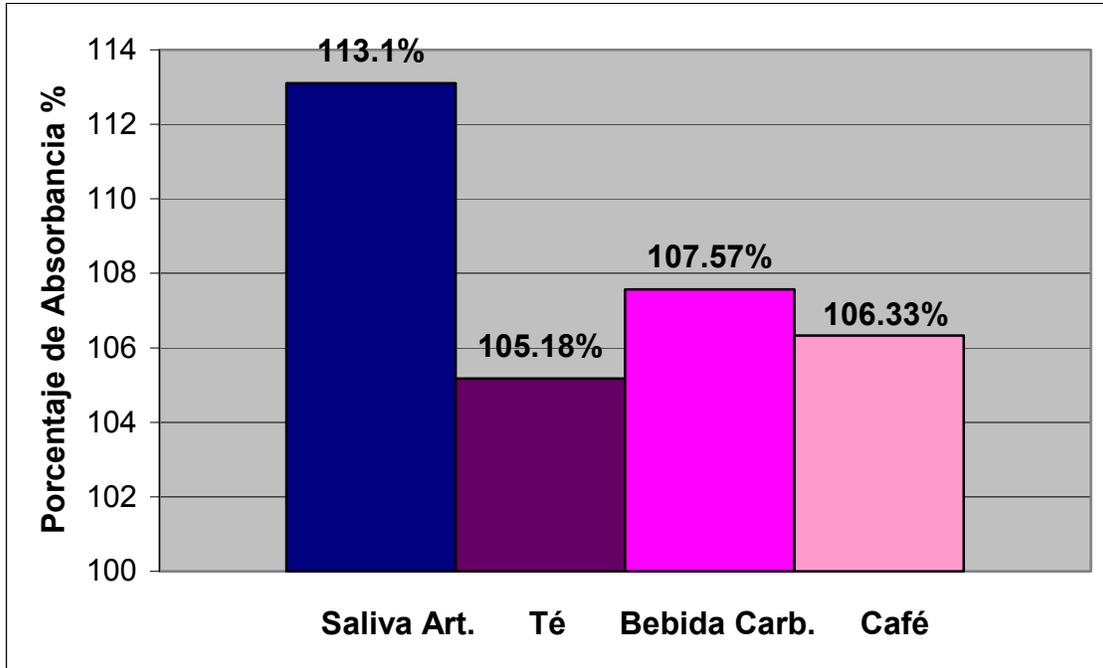


Gráfica 4. En la gráfica se observa el porcentaje de cambio de absorbancia registrado por las resinas con respecto a la fuente de fotopolimerización utilizada del día 0 al 15.

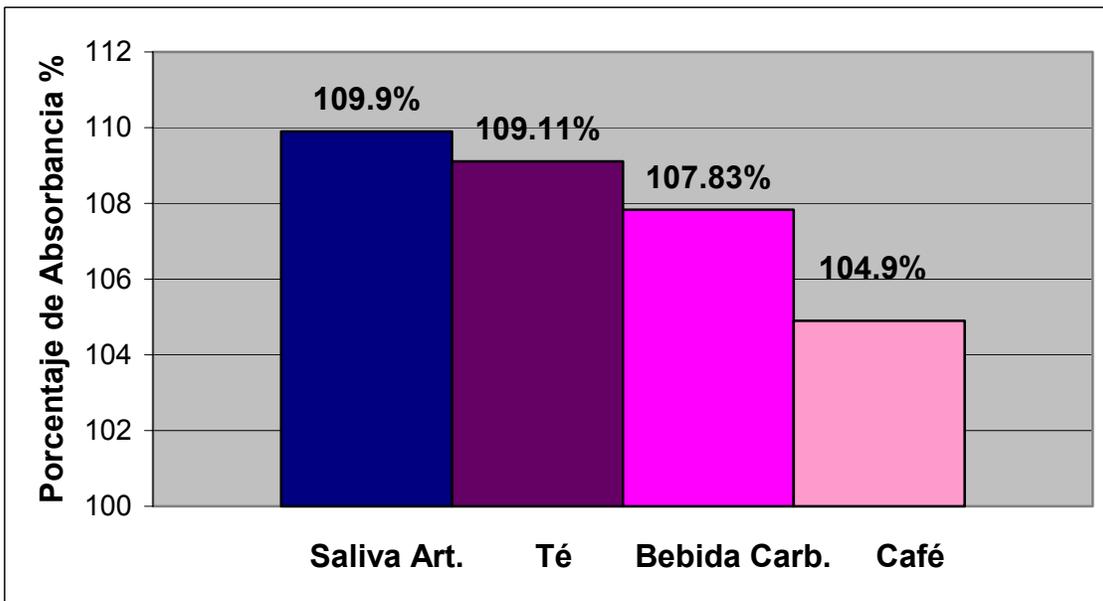


Gráfica 5. Porcentaje de cambio de absorbancia registrado por las resinas con respecto a la fuente de fotopolimerización utilizada del día 0 al 30.

De acuerdo al análisis estadístico Kruskal-Wallis no se encontró diferencia significativa en la manera en que las soluciones afectaron a los materiales ($P_{15} > 0.01$ y $P_{30} > 0.01$). Al verificar los valores se puede apreciar que la bebida que afectó la mayor cantidad de muestras al día 15 (Gráfica 6) fue la bebida carbonatada y al 30 (Gráfica 7) el té, seguido de la bebida carbonatada y del café. Las muestras correspondientes a la bebida carbonatada fueron las que presentaron una menor variación entre ambas mediciones con 0.26%, y las que presentaron un mayor cambio fueron las inmersas en té con un 3.93%. La diferencia existente entre los valores correspondientes a las bebidas y a la saliva artificial se atribuye a la degradación que sufrieron las muestras debido a las características de cada una de las mismas.

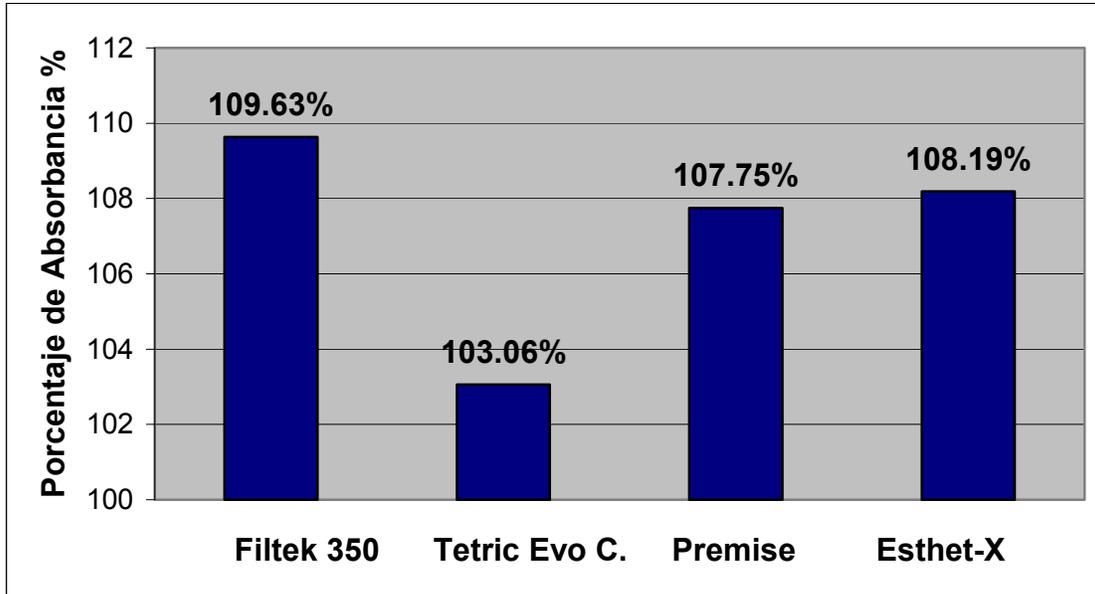


Gráfica 6. En la gráfica se puede apreciar el cambio en los valores de absorbancia registrados por las resinas respecto a las bebidas de prueba utilizadas entre el día 0 y el 15.

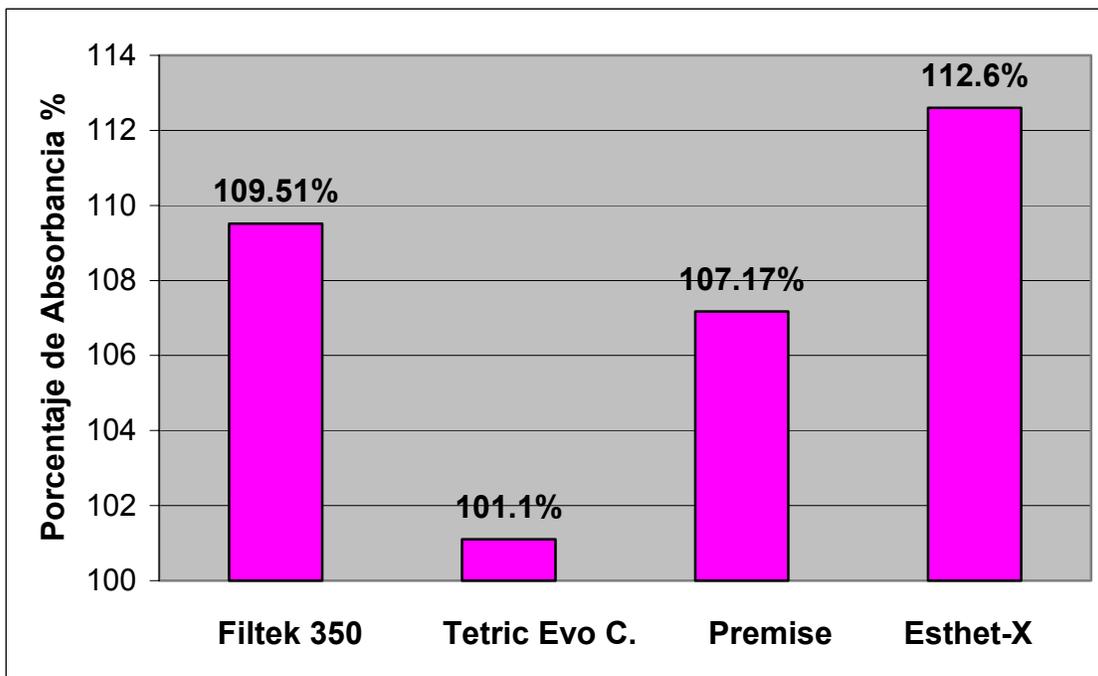


Gráfica 7. En esta gráfica se puede apreciar el cambio en los valores de absorbancia registrados por las resinas respecto a las bebidas de prueba utilizadas entre el día 0 y el 30.

Los valores iniciales de absorbancia para todas las marcas fueron diferentes como se puede apreciar en la gráfica 1, esto probablemente debido a que aunque se trate de materiales con características similares como el tipo de relleno y la tonalidad A2, se sabe que existen diferencias en sus proporciones y concentraciones entre distintas casas comerciales. Por lo anterior se procedió a calcular equivalencias porcentuales para los valores de cada una de las marcas comerciales y así realizar los cálculos necesarios. Estos valores no mostraron ser estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba Kruskal-Wallis tanto al día 15 como al 30 ($P_{15} < 0.01$ y $P_{30} < 0.01$). Al verificar las gráficas 8 y 9 se puede apreciar que la resina Tetric Evo Ceram fue la que mostró menor cambio en sus valores para ambas mediciones, mientras que la resina Esthet-X fue la única que no mostró disminución en sus valores de absorbancia al día 30 en comparación con los obtenidos el día 15.

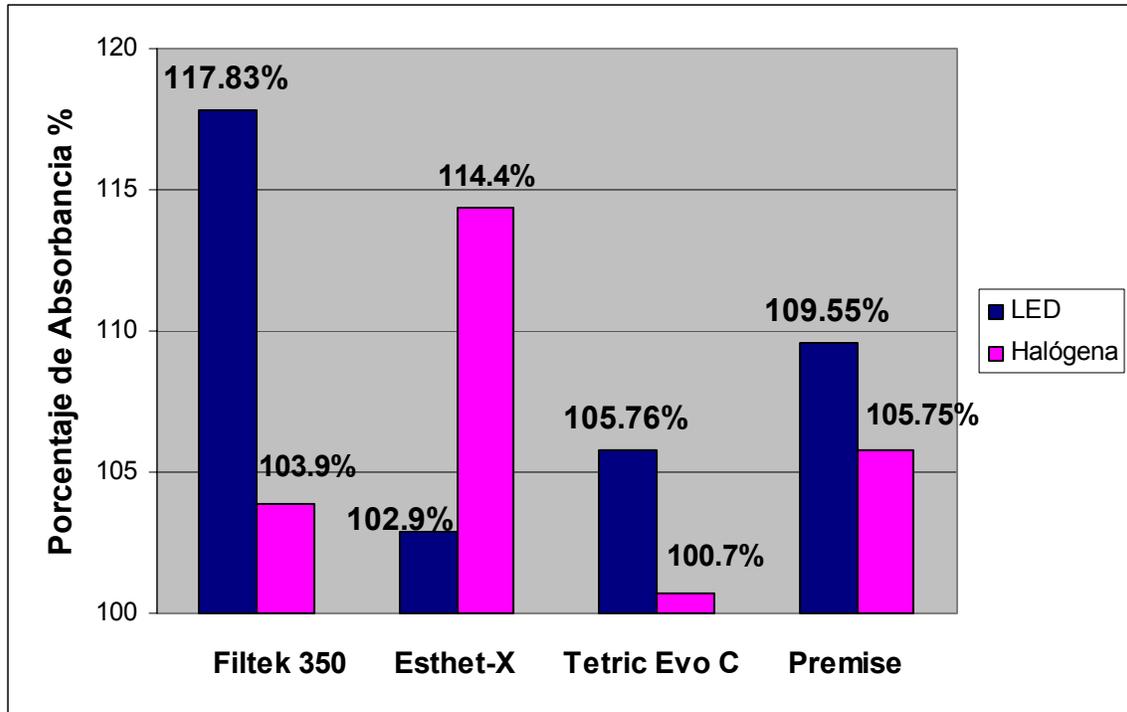


Gráfica 8. En la grafica se puede apreciar el cambio en los valores de absorbancia respecto a las marcas comerciales del día 0 al 15 independiente a la fuente de fotopolimerización empleada.

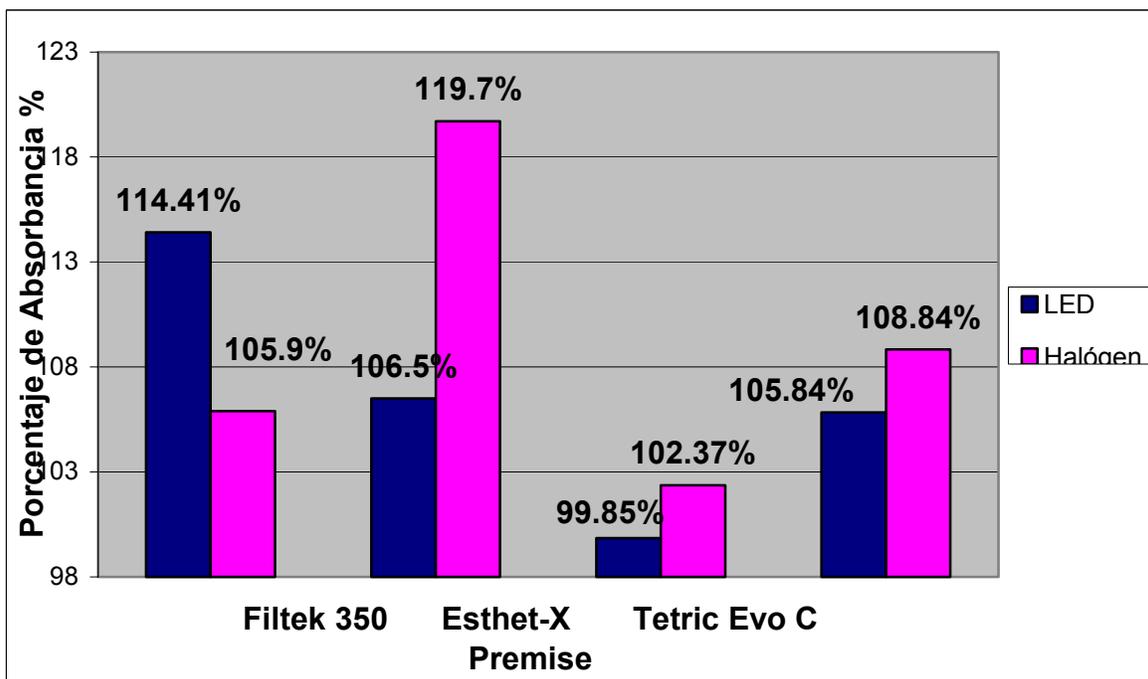


Gráfica 9. En la gráfica se puede apreciar el cambio en los valores de absorbancia respecto a las marcas comerciales del día 0 al 30 independiente a la fuente de fotopolimerización empleada.

Respecto a las diferentes marcas de resina estudiadas, al analizarlas individualmente con la Prueba T para muestras independientes se encontró que el cambio de los valores de absorbancia finales como los intermedios obtenidos en todas las marcas con respecto a los valores iniciales (sin considerar la fuente de fotopolimerización empleada) fueron estadísticamente significativos ($P_{15} < 0.05$ y $P_{30} < 0.05$), con excepción de Esthet-X ($P_{30} > 0.05$), Tetric Evo Ceram ($P_{15} > 0.05$ y $P_{30} > 0.05$). Al comparar los resultados obtenidos individualmente por cada marca comercial con respecto a la fuente de fotopolimerización se encontró que el día 15 al igual que al 30 sólo Filtek 350 mostró diferencias estadísticamente significativas entre fuentes de fotopolimerización ($P_{15} < 0.05$ y $P_{30} < 0.05$). En las gráficas 10 y 11 también podemos apreciar que mientras para todos los grupos procesados con lámpara halógena hubo un incremento en los valores de absorbancia entre el día 15 y el 30, para la unidad LED solo el grupo correspondiente a la marca Esthet-X incremento sus valores. En el caso del grupo polimerizado con LED la marca Tetric Evo Ceram presentó disminución en los valores de absorbancia llegando por debajo de su valor inicial (L1).



Gráfica 10. Cambio en los valores de absorbancia registrados por las resinas fotopolimerizadas con unidad LED en comparación con lámpara Halógena al día 15.



Gráfica 11. En la gráfica se puede apreciar el cambio en los valores de absorbancia registrados por las resinas fotopolimerizadas con unidad LED en comparación con lámpara Halógena al día 30.

Discusión

Es extremadamente difícil medir con precisión si un material semeja con naturalidad las estructuras dentales y qué relevancia tienen los cambios que presentan debido a las condiciones naturales del medio bucal. En un caso ideal los materiales estéticos tendrían las mismas propiedades ópticas que presentan las estructuras naturales como son la reflectancia, transmitancia, absorbancia, dispersión y fluorescencia [32]. El color está determinado por la frecuencia con que vibran los electrones al incidir un haz de luz sobre la superficie de un objeto. La mayoría de los materiales existentes absorben algunas frecuencias de onda (absorbancia) y reflejan las demás, de acuerdo con la ley de Lambert: *“dos capas del mismo grosor de un material absorbente absorben la misma cantidad de luz al ser atravesada por una energía radiante”* [24, 32]; por lo tanto cualquier cambio que ocurra en el espesor o densidad de los materiales, como los ocurridos por la erosión ácida, sorción y solubilidad también influirán sobre sus propiedades ópticas. Es importante señalar que los objetos solo pueden reflejar frecuencias presentes en la luz que los ilumina, por lo tanto el color variará dependiendo del tipo de luz empleado [24].

La luz visible a la cual es sensible el ojo humano tiene una longitud de onda que va de los 380 a los 780 nm [32] siendo la más perceptible la que se encuentra en la región verde – amarillo que corresponde a los 550 nm [2], las cuales se aproximan al valor de los tonos amarillos como los que se presentan en las estructuras dentales normales, por lo tanto cualquier cambio en el color de estas será fácilmente percibido.

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar el cambio de color ocurrido a causa de bebidas de consumo popular en resinas de última generación comparando dos distintos tipos de fuentes de fotopolimerización. Para lo cual se utilizó un espectrofotómetro modelo Shimatsu UV 320, con el software Unicam UV-Visible Spectrometry Vision 32 bit versión 1.05.

El cambio de color presentado por las muestras fue perceptible al ojo humano a simple vista aproximadamente al quinto día, para las muestras sumergidas en café y té. Este tipo de cambios son semejantes a los observados en otros estudios realizados por Dietchi y cols

[14], Kolbeck y cols [37], Chan y cols [38] y Filiz y cols [39]; a lo largo del tiempo que duró el presente estudio se pudo apreciar que estos cambios fueron en aumento. Tanto en los grupos pertenecientes a la saliva artificial como en la bebida carbonatada el cambio apreciable fue mínimo o nulo. Una vez realizada la revisión de los valores de absorbancia de las resinas se pudo apreciar que la solución que mostró un mayor cambio en la absorbancia de los materiales fue la saliva artificial, seguida del té, bebida carbonatada y café. Estos valores no correspondieron con la apreciación de cambio de color perceptible a simple vista, en la cual el té mostró ser la bebida que ocasionaba el mayor cambio de color. Debido a que el método que empleamos para la valoración de las muestras está basado en los cambios de espesor y densidad de la muestra como lo refiere la ley de Lambert [24, 32] antes descrita, y debido a la presencia de valores negativos mayoritariamente en la bebida carbonatada la cual presenta un pH ácido, se infiere que la saliva artificial representa un medio menos agresivo para el material y por ello una menor erosión (disolución) de su materia, permitiendo a su vez una mayor aposición de pigmentos sobre la capa externa de la muestra, esto debido a la probable existencia de un ciclo de pigmentación-degradación-pigmentación presente durante el estudio. En un estudio realizado por Didier y cols [14] en el cual, utilizaron vinagre como solución de estudio no encontraron aumento o disminución en el color de las restauraciones, esto fue atribuido a que “el pH ácido atacó el relleno contenido en estas”. En nuestro estudio la marca Filtek 350 (3M ESPE) tuvo menor número de muestras con valores negativos respecto a su valor inicial. Tetric Evo Ceram (Ivoclar) fue la marca que mostró menor cambio en sus valores para ambas mediciones, esto puede atribuirse al hecho de que las fuentes de fotopolimerización utilizadas para la realización del estudio pertenecen a la misma casa comercial, mientras que la marca Esthet-X (Dentsply) fue la única en mostrar un incremento en sus valores de absorbancia entre los días 15 y 30 independiente a la fuente de fotopolimerización empleada, además de ser la única en la cual no se observaron valores negativos con respecto a su valor inicial para las muestras correspondientes a la bebida carbonatada cuyos valores negativos con respecto a su valor inicial se encontraron en igual distribución para el té y el café, los cuales no presentan la acidez de la bebida carbonatada. Creemos este no es un hecho fortuito ya que los materiales de restauración deben estar diseñados para soportar el pH ácido que se presenta naturalmente en la cavidad oral.

Como se mencionó anteriormente, al día 15 (L2) el mayor aumento en los valores de absorbancia se encontró para aquellas muestras que fueron polimerizadas con unidad LED, lo cual se traduce en un mayor cambio de color, y esto concuerda con la apreciación que se tuvo de las distintas muestras a lo largo del estudio. Esta tendencia en apariencia cambió al día 30 (L3) ya que los valores para las muestras procesadas con lámpara halógena fueron mayores que para aquellas en que se utilizó LED; en realidad hubo una disminución en los valores de absorbancia para estas últimas con respecto al valor presentado a los 15 días (L2) debido al deterioro sufrido a causa de las condiciones de las bebidas de prueba. Por lo tanto, las muestras correspondientes a la unidad LED no pueden ser valoradas para cambio de color a 30 días por medio de sus valores de absorbancia.

Conclusiones

Las variables en este estudio fueron: fuentes de fotopolimerización (lámpara halógena y unidad LED), marcas de resina (Esthet-X, Filtek 350, Tetric Evo Ceram y Premise), soluciones de prueba (bebida carbonatada, té, café y saliva artificial) y tiempo (15 y 30 días). Dentro de las limitaciones del presente estudio, se dan las siguientes conclusiones.

1. Dado que las muestras fotopolimerizadas con unidad LED mostraron valores negativos a los 30 días, no son susceptibles de valoración de cambio de color utilizando la absorbancia como método de valoración.
2. El cambio de color registrado al día 15 en resinas de nanorelleno tomando como método de evaluación la absorbancia es mayor para aquellos materiales fotopolimerizados utilizando unidad LED. Con esto se cumple la hipótesis planteada para este trabajo.
3. Aunque los resultados obtenidos fueron satisfactorios consideramos que es recomendable reducir el tiempo de trabajo en este tipo de estudios para evitar en la medida posible la degradación de las muestras.
4. Entre las bebidas de consumo popular utilizadas en este estudio la que presentó un mayor efecto sobre el cambio de color tomando como parámetro la absorbancia fue el Té.
5. El grado de pigmentación de las resinas de nanorelleno esta relacionado con su capacidad para mantener la integridad de su estructura.
6. De acuerdo a las condiciones de este estudio, la marca Esthet-X de la casa comercial Dentsply es la que presenta las mejores propiedades físicas para soportar las condiciones del medio bucal al no presentar un alto grado de degradación pero por tanto una mayor pigmentación.

Bibliografía

- 1.- Craig G R. Materiales Dentales de Odontología Restauradora 10ª ed; Harcourt Brace; pp. 584; España 2003
- 2.- Anusavise K J. Ciencia de los Materiales Dentales de, Phillips 10ª ed; McGraw – Hill Interamericana; pp.746.; México 2000
- 3.- Miyazaki M, Hattori T, Ichishi Y, Kondo M, Onose H, Moore B K. Evaluation of curing units used in private dental offices. Operative Dentistry; 1998: 23; 50 - 54
- 4.-Kurachi C, Aparecida M T, Daniel V M, Vanderlei S B. Hardness evaluation for a dental composite polymerized with experimental LED- based devices. Dental Materials 2001; 17: 319-315
- 5.- Vichi A, Ferrari M, Davidson C. Color and opacity variations in three diferent resin-based composite products after water aging. Dental Materials 2004; 20: 530-534
- 6.- Iver A Mjör, Jon E, Dahl and Jacqueline E Moorhead. Age of restoration at replacement in permanent teeth in general dental practice. Acta Odontol Scand 2000; 58: 97-101
- 7.-Eliades T Jhonston, W. Eliades G. Direct light transmittance trough ceramic brackets. Am J of orthodontics and dentofacial orthopedics. 1994;106:513-517
- 8.- Inokoshi S, Burrow M, Kataumi M. Opacity and Color Changes of Toot- Colored Restorative Material; Operative Dentistry. 1998; 27: 73-80
- 9.- Schulze K, Marshall S, Gansky S. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. Dental Materials 2003; 19: 612-619
- 10.- Peutzfeld A, Asmussen E. Hardness of restaurative resins, effect of camphorquinone, amine, and inhibitor. Acta Odontol Scand 1989; 47: 229-233
- 11.- Kalachandra S. Influence of fillers on the water sorption of composites. Dental Materials 1989; 5: 283-288
- 12.-Hosoya Y. Five-year color Changes of light-cured resin composites: influence of light-curing times. Dental Materials 1999; 15: 268-274
- 13.-Imazato S, Tarumi H, Kato S, Ebiso S. Water sorption and color stability of composites containing the antibacterial monomer MDPB. J Dent 1999; 27: 279-85
- 14.- Didier Dietchi, Gaetano Campanile, Jacques Holz, Jean-Marc Meyer.Comparision of the color stablility of ten new-generation composites: An in vitro study. Dental Materials 1995; 17: 353-362

- 15.- Aschheim D. Odontología Estética Una Aproximación Clínica a las Técnicas y Materiales 2ª ed; 2002 España
- 16.- Park Y, Chae K, Rawls H. Development of new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. Dental Materials 1999; 15: 120–127
- 17 - Baratieri, N Luiz. et al. Estética restauraciones Adhesivos Directos en Dientes Anteriores Fracturados 2ª ed; Editorial Amola; Brasil 2004
- 18.- Barceló F H, Palma J M. Materiales Dentales Conocimientos Básicos Aplicados; Ed Trillas; pp. 250. México 2003
- 19.- Bounocore M G, Davila J. Restoation of fractured anterior teeth with ultra-violet light-polymerized bonding materials: a new technique. J Am Dent Assoc 1973; 86:1349-54
- 20.- Nomoto R. Effect of light wavelength on polimerization of light cured resins. Dental Materials J 1997; 16 (1):60 -73
- 21.-Benett A, Watts D. Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation time. Dental Materials 2004; 20: 72-79
- 22.-Tsai P, Meyers I, Walsh L. Dept of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing units. Dental Materials 2004; 20: 364-369
- 23.- <http://www.ivoclar.com.mx>
- 24.- <http://www.wikipedia.org>
- 25.- Hewitt P G. Física conceptual 2ª Edición; Addison Wesley Longman; pp. 737.; México 1998.
- 26.- <http://www.3m.com.mx>
- 27.- Jandt K, Mills R, Blackwell G. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). Dental Materials 2000; 16: 41 - 47
- 28.-Uhl A, Siguchi B, Jandt K. Second generation LEDs for the polimerization of oral biomaterials. Dental Materials 2004; 20: 80 - 87
- 29.- Uhl A,. Michaelis C, Millis P W, Klaus D. Jane H. The influence of storage and indenter load of knoop hardness od dental composites polimerized with LED and halogen technologies. Dental Materials 2004; 20: 21 -28
- 30.- Beun S, Glorieux T, Devaux J, et al., Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. Dental Materials 2007; 23; (1): 51 - 59

- 31.- Powers J, Bakus E, Golenberg A. In vitro color changes of posterior composites. Dental Materials 1988; 4: 151 – 154
- 32.- Unicam UV-Visible Spectrometry Vision 32 bit versión 1.05.
- 33.-McKee T. Bioquímica la base molecular de la vida 3ª Edición; McGraw-Hill Interamericana; España 2003. pp. 1206.
- 34.- Petrucci R H. Química general 8ª Edición; Prentice Hall; pp.1159; España 2002.
- 35.- Horn D J, Bulan-Brady J, Brady, Hicks L. Sphere Spectrophotometer Versus Human Evaluation of tooth Shade. Journal of Endodontics 1998 ;24; (12): 786 – 790
- 36.-Standard Test Method for Yellowness Index of Plastics; ASTM Designation: D 1925 – 70 (Reapproved 1988)
- 37.- Kolbeck C, Rosentritt M, Lang .Discoloration of facing an Restorative composites by UV-irradiation and staining food Dent Mater 2006; 22: 63 - 68
- 38.- Chan K C, Fuller J L, Hormati A A. The ability of food to stain two composite resins, J Prosthet Dent 1980; 43: 542 -545
- 39.- Filiz K, Ilker E. Evaluation of gloss changes of two denture acrylic resin material in four different beverages, Dent Mater 2004; 20: 244-251