

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA II (PROFILAXIS, ODONTOPEDIATRÍA Y
ORTODONCÍA)**



TESIS DOCTORAL

**Análisis del color y translucidez de una resina compuesta de nanorelleno
modificando su opacidad, intensidad y espesor**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

Alfredo Portocarrero Reyes

Directores

Jesús Oteo Calatayud
Carlos Oteo Calatayud

Madrid, 2015

A mis padres y mis hermanos,
por ser mis más grandes ejemplos de superación.

A Paola, por su apoyo diario, su esfuerzo y su paciencia.

A mi hija Andrea Paola, por ser mi estímulo diario y mi mayor felicidad.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero expresar mi gratitud al profesor Carlos Oteo, por su inestimable ayuda, por su atención y paciencia. Su ayuda, profesionalidad y conocimiento han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

Quiero agradecer también al profesor Jesús Oteo, por confiar en mí y darme la oportunidad de desarrollar esta investigación bajo su tutela.

Finalmente, quiero dar las gracias a todos los compañeros de Departamento. De una forma u otra y con sus continuos apoyos han colaborado en la confección de este trabajo.

ÍNDICE

Abstract	5
1. INTRODUCCIÓN.	9
1.1 Resinas compuestas	9
1.1.1. Composición de las resinas compuestas	9
1.1.2 Clasificación de las resinas compuestas	11
1.1.2.1. Por el tamaño de partículas	11
1.1.3 Resinas compuestas nanorelleno	13
1.1.3.1. Características.	13
1.2 Evaluación del color	15
1.2.1 La ciencia del color	15
1.2.1.1 Métodos para medir el color dental	20
a. Método Subjetivo	20
b. Método Objetivo	21
1.2.1.2 Sistema de color CIELAB	22
1.2.1.3 Cálculo de la diferencia de color Delta E	22
1.2.1.4 Valores Delta E y su relevancia clínica	23
a. Perceptibilidad.	23
b. Aceptabilidad.	23
1.2.2 Colorimetría	24
1.2.2.1 Instrumentos	24
a Cámara digital	24
b Fiabilidad del Instrumento	25
c Calibración	26
1.3 Color de las resinas compuestas	27
1.3.1 Técnica estratificada	27
1.4 Justificación	29
2. PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.	30
3. MATERIAL Y MÉTODOS.	32
4. RESULTADOS.	40
5. DISCUSIÓN.	95
6. CONCLUSIONES.	114
7. BIBLIOGRAFÍA.	116

Color and translucency analysis of a nanofill resin composite by modifying the opacity, intensity and thicknesses

ABSTRACT

Resin composites have become widely used because of exceptional esthetics, conservative tooth preparations, and acceptable longevity for the treatment of anterior teeth. The objective of any esthetic restoration is to create a natural look that is pleasing to the patient while remaining functional. In order to achieve such an esthetic result, it is therefore the intention of the practitioner to simulate the appearance of natural tissue. The notion of the natural layering concept has allowed this goal to be reached by mimicking the normal anatomy of teeth.

Objectives: The objectives of this study were to quantitatively determine the color of resin that is composed of different opacities, intensities and thicknesses; to compare the color of resin composite by modifying the opacity, intensity and thicknesses; to quantitatively determine the parameters of translucency of a resin that is composed of different opacities, intensities and thicknesses; to analyze the influence on final color of modifying the opacity of the layers of different discs of layered resin; to analyze the influence of modifying the thickness of different discs of layered resin on the final color utilizing a black backdrop and a white backdrop; to quantitatively determine the translucency parameter of a resin composite that has been layered with underlying layers of different opacities and thicknesses; and to determine if there is an connection between the opacity, intensity and thickness of the resin composite and the final color and the translucency parameter of the resin composite.

Material and methods: This was a descriptive, transversal and observational study conducted at the Universidad Complutense de Madrid. 90 resin discs composed of **Filtek Supreme XTE (3M-ESPE)** nano fillers with A1 and A2 colors and Enamel, Body, and Dentin opacities were made in five different thicknesses: 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 y 1.5 mm and 10 mm in diameter; 3 samples were produced of each color and thickness. Additionally, 48 layered discs of resin composed of **Filtek Supreme XTE (3M-ESPE)**

nano fillers in colors A1 and A2, were made with layers of resin with thicknesses of 0.3 or 0.6 mm and 10 mm of diameter; the strata had different opacities: **Enamel – Body – Dentine; Enamel – Body – Body; Enamel – Dentin and Enamel – Dentin – Dentin**; 3 samples of each color and thickness were used.

To produce the resin discs, glass plates and millimeter-marked spacers were used. A specific quantity of resin was used in the glass plate in addition to a spacer with a specific thickness. Subsequently, another glass plate was placed on top of the existing plate, pressure was applied (fingers) and the plate was light cured. To produce the layered samples, resin was placed on the previously manufactured disc and pressure was applied using the glass plate and placing a spacer with the desired thickness between the plates and subsequently light-curing the material. Subsequently, the thicknesses were verified with a digital calibrator. Finally, using a coin 10 mm in diameter, the material was cut into a disc shape.

Immediately after the light curing of the resin composite, data was gathered with a digital camera (**Canon EOS 550D**) that was poised on a reproduction table that had been placed perpendicularly to the resin discs at a distance of 40 cm and with two Grafilite Colour Confidence, which were placed on each side of a dark gray rectangular base with a light that was focused at 45° with regard to the position of the discs. The camera, which was equipped with a connection to allow it to be shot by remote control, was connected to a portable computer with a calibrated screen, which received the image that was taken. Once the image was captured, the color values of the resin composite discs were calculated using the Adobe Photoshop CS5 – Version 12.0 computer program. All the images were captured in one position and at a constant distance. The resin discs were placed on a black or white backdrop and a neutral gray was chosen as a control to compare colors.

The camera was connected to a portable computer with a calibrated screen, which received the image that had been taken.

Prior to taking the photos, the lamps were turned on; the room lights were turned off; and measures were taken to ensure that there was no interference from exterior light.

First, photos were taken of the discs individually and next, photos were taken of the layered discs with the enamel face of the layered disc placed facing the camera.

With the values obtained, the CIE Lab color was calculated along with the translucency of the individual and layered discs; the color differences of the distinct disc thicknesses and opacities were also determined.

To analyze the color differences and the translucency parameter between the different thicknesses and opacities of the resin composite disc and utilized a path variance analyze through a post hoc Scheffe test if a statistical difference was found. To evaluate the differences of color and translucency parameters of the resin composite disc in terms of the two intensities of resin composite and two backdrops chosen, a Student test was used. To evaluate the relation of the independent variables (opacity, intensity and thickness of the resin disc) and the dependent variables (color Lab and translucency parameter), a linear regression analysis was performed.

Conclusions: The final color of the resin composite changes when the opacity, intensity and thickness vary. On a black backdrop, when the resin is more opaque, it increases its luminosity and value b^* and on a white backdrop, the luminosity diminishes and its value b^* increases. On a black and white backdrop, when the resin has more intensity, its luminosity decreases and its value b^* increases. When the resin is thicker and is on a black backdrop, its luminosity and value b^* increase while on a white backdrop, the luminosity falls and the value b^* increases. Value a^* does not present a constant variation when the opacity, intensity and thickness of the resin composite change. A considerable connection was observed between the opacity, intensity and thickness and the final CIELAB values of the resin composite.

The translucency parameter of the resins composite of different opacities was different. The Enamel resin composite had the largest translucency parameter, followed by the Body resin composite and in last place, the Dentin resin. For the three resin opacities, as thickness increases, the translucency parameter decreases.

A regression analysis of different independent variables (opacity, intensity and thickness of the resin composite) and the dependent variable showed that the translucency parameter of the resin composite was highly connected to these three variables and the values of the translucency parameter of the resin composite.

An analysis of the layered disc in which the opacity (dentin versus body) was varied minimally but the thickness and intensity were maintained, there were no color differences on a black backdrop. But differences in color were evident on the black backdrop when the thickness of the dentin layer was increased from 0.3 mm a 0.6mm but the same intensity was maintained. There is also a significant connection between the opacity, intensity, thickness and values of the final CIELab of the layered resin composite.

The stratification Enamel – Body – Body showed a larger parameter of translucency in comparison to the other stratifications that were evaluated and the Enamel-Dentin-Dentin stratification was the most opaque both in stratifications with A1 resin and A2 resins when stratifications were composed of layers of 0.3 mm and 0.6 mm thick. For all the layered discs, when the thickness of the layers increases, the translucency parameter falls.

Through a regression analysis of the different independent variables (opacity, intensity and thickness of the layered resin composite), the dependent variable and the translucency parameter of the layered resin composite, a considerable connection was observed between the three variables and the values of the translucency parameter of the layered resin composite.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Resinas compuestas

La creación de los sistemas de resinas compuestas ha marcado sin duda todo un hito en la odontología restauradora. Las resinas compuestas utilizadas en odontología se desarrollaron a partir de los estudios de Bowen, realizados en la década de 1950, en su afán de reforzar las resinas epóxicas con partículas de relleno.^(Henostroza, 2006) Sus esfuerzos alcanzaron relevante éxito en 1962, cuando desarrolló la molécula orgánica Bis-GMA (bisfenol-metacrilato de glicidilo); la cual combina las ventajas de las resinas epóxicas y las de los metacrilatos.^{(Bowen, 1962),(Henostroza, 2006)}

Desde su introducción hasta la actualidad se han producido nuevos desarrollos científicos con la finalidad de conformar requerimientos biológicos, técnicos y estéticos, tendientes a mejorar la calidad de las restauraciones.^(Williams G,1995)

Los materiales restauradores estéticos son usados de manera amplia por los odontólogos.^{(Yap AU,1998) (Denehy GE,2009)}

1.1.1. Composición de las resinas compuestas

Básicamente, las resinas compuestas dentales están compuestas por tres materiales químicamente diferentes.^{(Vasudeva G, 2009),(Hervás-García A, 2006),(Echevarría JJ, 2008), (Lutz F, 1983) (Terry DA, 2006) (Chen MH, 2008) (Ferracane,2011)}

1. La matriz orgánica o fase orgánica.
2. La matriz inorgánica, material de relleno o fase dispersa.
3. Un silano o agente de unión, entre la resina orgánica y el relleno cuya molécula posee grupos silánicos en un extremo (unión iónica con SiO₂), y grupos metacrilatos en el otro extremo (unión covalente con la resina).

La **matriz orgánica** de las resinas compuestas, está constituida básicamente por: un **sistema de monómeros mono, di- o tri-funcionales**, siendo el Bis-GMA el monómero más usado.^(Ferracane JL, 1995) Debido a la alta viscosidad del Bis-GMA, a esta

se ha agregado otros dimetacrilatos, como TEGDMA, UDMA u otros monómeros, para darle la viscosidad adecuada.^{(Ferracane JL, 1995) (Ferracane JL, 2011)} Un **sistema iniciador de la polimerización de los radicales libres**, que en las resinas compuestas fotopolimerizables es una alfa-dicetona (canforquinona); cuyo espectro de absorción está en un rango de longitud de onda entre 450 y 500 nm, siendo su pico de absorción o sensibilidad los 470nm. ^{(Lee, 1993), (Chen MH, 2008)} La reactividad de la canforquinona se ve reforzada con la adición de un agente de reducción de aminas, tales como dimetilamino etil metacrilato (DMAEM), etil-4-dimetilaminobenzoato (EDMAB), o N, N-cianoetilo-metilanilina (CEMA).^(Ferracane JL, 1995) Un **sistema de estabilizadores o inhibidores**, como el éter monometílico de hidroquinona, para maximizar la durabilidad del producto durante el almacenamiento antes de la polimerización y su estabilidad química tras la misma.^{(Vasudeva G, 2009),(Hervás-García A, 2006)} Por último, los **absorbentes de la luz ultravioleta** por debajo de los 350 nm, como la 2- hidroxí-4metoxibenzofenona, para proveer estabilidad del color y eliminar sus efectos de generar decoloraciones a medio o largo plazo.^{(Vasudeva G, 2009),(Hervás-García A, 2006)}

Por su parte, la **fase dispersa** de las resinas compuestas está integrada por un material de relleno inorgánico. Existe una gran variedad de partículas de relleno empleadas en función de su composición química, morfología y dimensiones.^(Hervás-García A, 2006) Los modernos sistemas de resina compuesta tienen rellenos como cuarzo, sílice coloidal y vidrio de sílice con contenido de bario, estroncio y zirconio. ^(Chen MH, 2008)

Por último, el **agente de unión**, permite una fuerte unión covalente entre los rellenos inorgánicos y la matriz orgánica. Esto se logra mediante el bañado de los rellenos con el agente de unión silano, **3-metacriloxipropiltrimetoxisilano (MPTS)**.^(Chen MH, 2008)

Obviamente, las propiedades, y por tanto el comportamiento de las resinas compuestas, dependen de los tres componentes básicos del material. Algunas de las propiedades están principalmente relacionadas con el relleno y el agente de unión, mientras que otras propiedades provienen principalmente de la matriz de resina.^(Vasudeva G, 2009)

Los rellenos inorgánicos aumentan la fuerza y el módulo de elasticidad y reducen la contracción por polimerización, el coeficiente de expansión térmica y la absorción de agua. (Chen MH, 2008)

La estabilidad del color y la tendencia al reblandecimiento de las resinas compuestas dependen de la matriz orgánica. Además, propiedades como la contracción a la polimerización y la absorción de agua dependen tanto del relleno como de la matriz. (Vasudeva G, 2009)

Las propiedades mecánicas están muy influenciadas por el relleno y el agente de unión, pero también la matriz orgánica desempeña un papel importante para la fuerza, rigidez y resistencia a la abrasión. (Vasudeva G, 2009)

La alteración de los componentes de relleno continúa siendo el desarrollo más importante en la evolución de las resinas compuestas, porque el tamaño, distribución y cantidad de la partícula de relleno incorporada influye de manera importante en las propiedades mecánicas y en el éxito clínico de las resinas compuestas. En general, las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas mejoran en relación a la cantidad de relleno agregado. (Terry DA, 2004)

1.1.2 Clasificación de las resinas compuestas

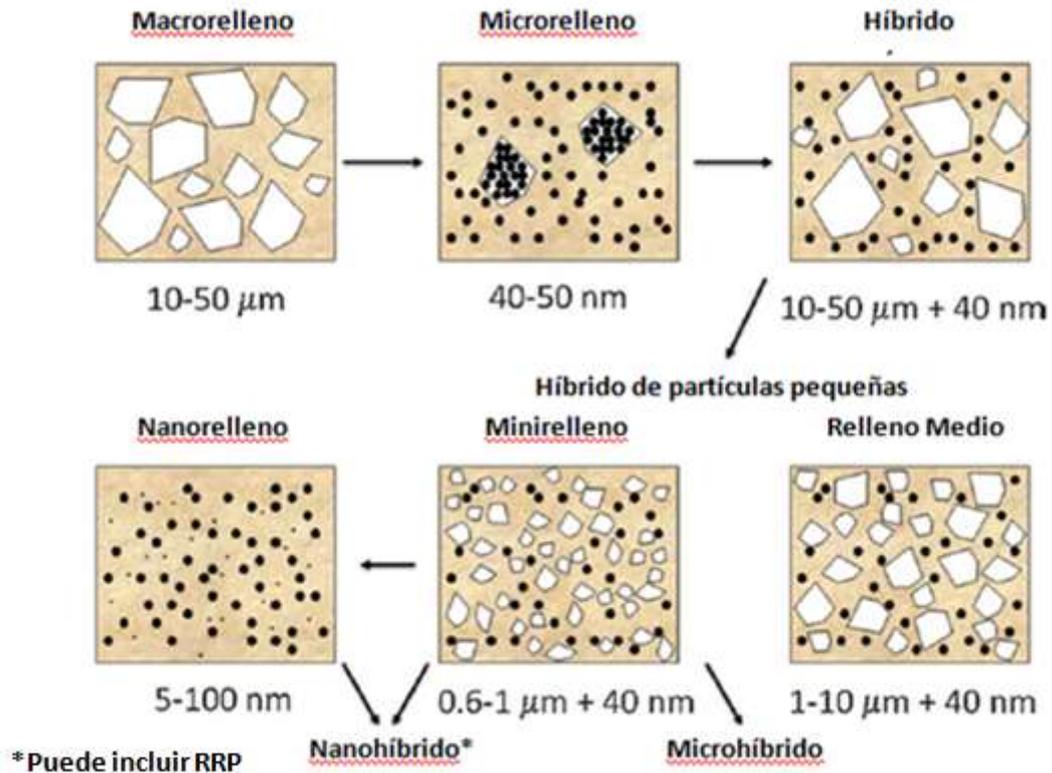
1.1.2.1. Por el tamaño de partículas

Las resinas compuestas basándose en el tamaño de las partículas de relleno, se clasifican en: (Ferracane, 2011)

- Macrorrelleno: partículas entre las 10 - 50 μm .
- Microrelleno: partículas entre 40 – 50 nm.
- Híbridas: partículas entre 10 – 50 μm + 40 nm.
- Relleno medio: partículas entre las 1 - 10 μm + 40 nm.
- Minirelleno o microhíbridos: partículas entre las 0,6 - 1 μm + 40 nm.
- Nanorelleno: partículas entre 5 – 100 nm.
- Nanohíbridos: partículas entre 0,6 - 1 μm + 5 – 100 nm

Las resinas compuestas dentales convencionales tenían unos tamaños de partícula promedio que superaban 1 μm , y generalmente tenían rellenos de tamaños

cercanos o que excedían el diámetro de un pelo humano ($\sim 50 \mu\text{m}$). Estos materiales de **“macrorelleno”** eran muy resistentes, pero difíciles de pulir e imposibles de mantener una superficie homogénea. Para hacer frente a la importante cuestión de la estética a largo plazo, se fabricaron las resinas compuestas de **“microrelleno”**, nombrándolos así para enfatizar el hecho de que las partículas eran “microscópicas”. En verdad, estos materiales eran verdaderos nanocomposites, ya que el tamaño promedio de las partículas esféricas y amorfas de refuerzo de sílice eran de aproximadamente 40 nm. El campo de la nanotecnología se define en la escala nano, e incluye el rango de tamaño de 1 a 100 nm. Por lo tanto, para ser más exactos, las resinas compuestas de “microrelleno” tendrían que haberse llamado “nanorelleno”. El nivel de relleno de estas resinas era bajo, pero se podía aumentar incorporando en la matriz rellenos de resina prepolimerizado (RRP) con lo cual se agregaban partículas de “microrelleno” adicionales. Las resinas compuestas de “microrelleno” podían pulirse pero eran débiles debido a su contenido de relleno relativamente bajo. Por lo tanto, el tamaño de la partícula de las resinas compuestas convencionales se redujo aún más para producir las resinas compuestas híbridas de partículas pequeñas. Esta se denominó después de **“relleno medio”**, con tamaños de partícula promedio ligeramente superior a $1 \mu\text{m}$ pero conteniendo también una porción de los “microrellenos” de sílice de 40 nm de tamaño.^(Ferracane, 2011) Aún más, los refinamientos en el tamaño de la partícula mediante técnicas de pulverización dio como resultado resinas compuestas con partículas de $0,4 - 1,0 \mu\text{m}$ de tamaño, las cuales inicialmente fueron llamados de “minirelleno”^(Bayne SC, 1994) y que al final se les denominó **“microhíbridos”**.^(Ferracane, 2011) Estas resinas son consideradas como resinas compuestas universales ya que pueden ser utilizados tanto en restauraciones anteriores como posteriores basándose en su combinación de fuerza y capacidad de pulido. La innovación más reciente ha sido el desarrollo de las resinas compuestas de **“nanorelleno”**, que contiene sólo partículas de escala “nano”. Además, la mayoría de fabricantes han modificado la composición de sus resinas microhíbridas para incluir más nanopartículas, y posiblemente rellenos de resina prepolimerizada, similar a los encontrados en las resinas compuestas de microrelleno, y a este grupo se les ha denominado **“nanohíbridos”**.^(Ferracane, 2011)



Clasificación de las resinas compuestas según el tamaño de las partículas de relleno (Ferracane, 2011)

1.1.3 Resinas compuestas de nanorelleno

1.1.3.1. Características.

Las resinas compuestas de nanorelleno están compuestas por partículas de relleno nanométricas (nanómeros) y nanoclusters. (Endo T, 2008), (Terry, 2004) (Chen MH, 2010) (Davis N, 2003) (Mitra SB, 2003)

Estas resinas compuestas de nanorelleno usan una óptima combinación de los nanorellenos en una matriz de resina. (Terry, 2004)



**Partículas nanométricas y nanoclusters dentro de la matriz de resina. MEB x
200000 (Terry,2004)**

Debido a que las partículas de relleno son extremadamente pequeñas tienen dimensiones debajo de la longitud de onda visible (0,4-0,8 μm), por lo que estas no son capaces de dispersar o absorber la luz visible. Por lo tanto, los nanorellenos son virtualmente invisibles y tienen la ventaja de mejorar las propiedades ópticas. (Mittra SB,2003)

Además, debido al pequeño tamaño de sus partículas los nanorellenos son capaces de aumentar el nivel de relleno total. Se puede tener más partículas de relleno si las partículas son más pequeñas. Teóricamente, con el uso de nanorellenos, los niveles de relleno pueden ser tan altos como el 90 a 95% en peso. (Echevarría JJ, 2008) (Chen MH,2010) Sin embargo, al aumentar la cantidad de nanorellenos aumenta también el área de superficie de las partículas de relleno, la cual limita la cantidad total de partículas de relleno debido a la humectancia de los rellenos. (Chen MH,2010) La carga de relleno inorgánico de la resina compuesta Filtek™ Supreme XTE es aproximadamente de 72,5% por peso para los colores translúcidos y 78,5% por peso para el resto de colores. (Catalogo de Filtek Z350XT de 3M ESPE®)

Ya que la contracción por polimerización es debido a la matriz de resina, el aumento en el nivel de relleno da como resultado una cantidad más baja de matriz orgánica en las resinas compuestas de nanorelleno; reduciendo de manera importante la contracción por polimerización y mejorando dramáticamente las propiedades físicas de estas resinas. (Echevarría JJ, 2008) (Chen MH,2010)

Por lo tanto, las resinas compuestas con nanorelleno nos ofrecen una reducida contracción a la polimerización, características mecánicas mejoradas, y una excelente estética.^(Endo T, 2008) Además, clínicamente pueden indicarse para restauraciones de piezas dentales tanto anteriores como posteriores.^(Terry DA,2004)

1.2 Evaluación del color

1.2.1 La ciencia del color

El color es uno de los determinantes más importantes de la estética dental.^(Paravina RD.2010) Es un complejo fenómeno que tiene componentes físicos, fisiológicos y psicológicos.^(Wasson W.1992)

La realización del proceso del color se inicia mediante un estímulo físico. La energía radiante (luz) es una banda estrecha del espectro electromagnético cuyo rango va desde las ondas de radio hasta los rayos gama. Sin embargo, el ojo humano, detecta sólo las longitudes de onda que están en el rango desde los 380 nm (violeta) a 780 nm (rojo).^(Goldstein GR. 1993)

Según Newton, la luz no tiene color hasta que interactúa con un objeto, la que produce color. Esta teoría fue validada cuando Newton utilizando un prisma separó la luz en los colores del espectro visible (rojo, naranja, amarillo, verde azul, índigo y violeta).^(Ahmad I.1999)

Todos los objetos absorben y reflejan color, este aspecto es enteramente físico y objetivo. Las ondas reflejadas entran al ojo y pasan a través de la cornea, el cristalino, el humor acuoso y vítreo y estimulan los receptores celulares en la retina (conos y bastones). Estos receptores reaccionan a la llegada de la luz y estimulan sus terminaciones nerviosas; el mensaje es llevado por el nervio óptico hasta el cerebro; este aspecto es enteramente fisiológico. Aquí el mensaje es interpretado por el huésped, se puede decir entonces que “el color sólo existe en la mente”, componente psicológico.^{(Raygada J.2000), (Chu SJ.2002)}

Percepción del color.

Es un proceso fisiológico de la visión que reside en el cerebro e implica la codificación de los datos nerviosos obtenidos de los ojos. La información de la retina es retransmitida a la corteza visual, situado en el lóbulo occipital, a través del nervio

óptico, la cual pasa a través del tálamo. Durante el trayecto, la información es procesada continuamente hasta que esta alcanza los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro. El ojo derecho lleva la información al hemisferio izquierdo; el ojo izquierdo envía los estímulos al hemisferio derecho. Además para ser responsable del proceso de datos visuales, la corteza visual es un componente de la corteza cerebral. Tres cuartos del área de la superficie de la corteza cerebral está compuesta de regiones asociadas que interpretan, integran y actúan sobre información que vienen de los órganos sensoriales. (Ahmad I,1999)

La percepción del color varía mucho entre las personas y es de naturaleza binocular; cada ojo percibe el color ligeramente diferente, y existe una disparidad entre los ojos del mismo individuo. La percepción también está muy influenciado por la iluminación y el ambiente que nos rodea, la edad, la fatiga, el humor, drogas y medicamentos. (Ahmad I,2000)

Se requieren tres factores para la percepción del color: una fuente de luz (fuente de iluminación), un objeto y un detector (ocular o instrumental). (Ahmad I,1999)

1. Fuente de Iluminación.

La calidad de la luz, la cual puede variar de manera importante, está determinada por su temperatura de color en grados Kelvin (K). En 1931, La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) recomendó el uso de fuentes A, B, y C para describir la calidad de luz. Estas fuentes se caracterizan por la curvas de distribución del poder espectral y son utilizadas para determinar el color bajo condiciones específicas de iluminación. Por ejemplo, la Fuente de Luz Estándar A representa la luz incandescente con una temperatura de color de 2856 K, la Iluminación Estándar C es la luz del día promedio a 6774 K sin radiación ultravioleta. La CIE modificó estas fuentes en 1971 para clasificar la Iluminación Estándar D65 como luz del día a 6540 K, la cual incluye las longitudes de onda de radiación ultravioleta). (Ahmad I,1999)

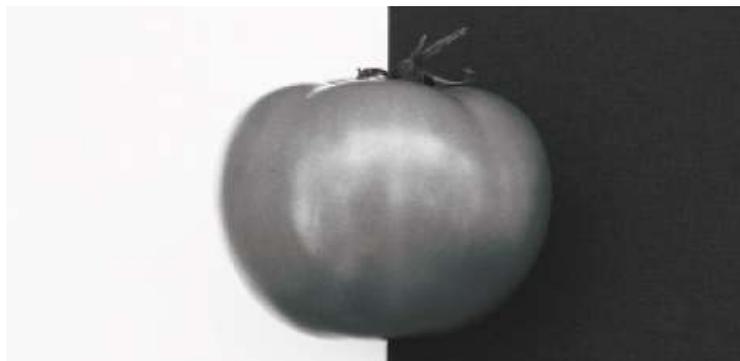
El color de un objeto puede variar cuando es expuesto a diferentes fuentes de iluminación, lo que se conoce como reproducción de color. (Ahmad I,1999)

La reproducción cromática es el efecto de una iluminación sobre la percepción del color de los objetos, de forma consciente o subconsciente, en comparación con su percepción del color bajo una iluminación de referencia. (Commission Internationale de l'Eclairage,1987)

2. Objeto.

Las tres dimensiones del color (valor, tono y croma) son análogos a las dimensiones cubicas de longitud, ancho y profundidad. (Ahmad I,1999)

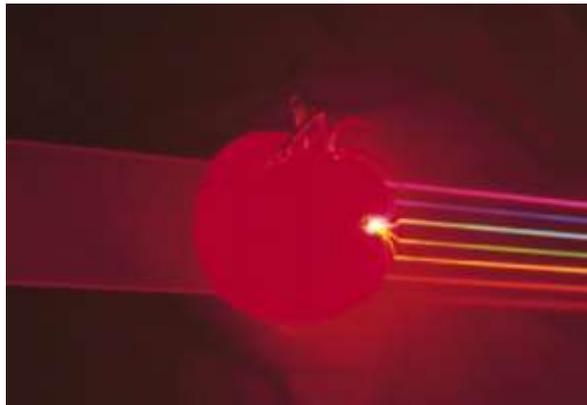
Valor. Es la cantidad de luz que refleja un objeto cuando es comparado con un difusor blanco puro (100%) y un absorbente negro (0% de reflexión). En consecuencia, si un material refleja toda la luz expuesta a su superficie, este tendrá una apariencia brillante y un valor alto. Un objeto negro absorberá la mayoría de la luz incidente, por lo que tendrá una apariencia mate con un bajo valor. Entre estos dos extremos está una gradación de valor denominado la escala gris. (Ahmad I,1999)



El valor del difusor blanco (izquierda) es 100%, y el del absorbente negro (derecha) es 0%. El tomate tiene una reflectancia de 14%, ya que refleja sólo el 14% de la luz incidente. (Ahmad I,1999)

Tono. La longitud de onda de la luz, depende de la reflectancia espectral (del espectro visible) desde un objeto. Cuando la luz blanca es proyectada hacia un objeto rojo, la reflectancia espectral en la región de la longitud de onda roja determina el color del objeto, que es el color que este emite. Por lo tanto, el tono se define como la longitud de onda de la luz reflejada por un objeto. Un objeto opaco refleja una longitud de onda específica del espectro visible y establece una curva de reflectancia

espectral, mientras que un objeto transparente coloreado (un vidrio coloreado) forma una curva de transmisión espectral, y un objeto translúcido (un diente) establecerá una curva de reflectancia espectral así como una curva de transmisión espectral. Estas curvas espectrales son análogos a las curvas de distribución de poder de las fuentes de iluminación. (Ahmad I,1999)



El tomate es rojo ya que este absorbe todos los colores del espectro visible (lado derecho) excepto aquellos que están en la región de longitud de onda roja (lado izquierdo). (Ahmad I,1999)

Croma. Depende de la intensidad del tono que se proyecta. Existe una relación directa entre el grado de saturación de tono y el croma resultante. (Ahmad I,1999)



Los tres pimientos rojos del mismo tono rojo pero diferente croma (profundidad del color) que aumenta de izquierda a derecha. (Ahmad I,1999)

3. Sensación (El detector).

La respuesta espectral del detector, en este caso el ojo, comprende unos procesos químicos, eléctricos y fisiológicos. La transducción es esencialmente el proceso mediante la cual el ojo convierte la energía física (luz) en mensajes neurales. (Ahmad I,1999)

La luz pasa a través de la córnea, penetra a través de la pupila (apertura del iris), atraviesa el cristalino transparente, formándose una imagen más pequeña invertida y real en la retina, membrana ubicada en la parte posterior del globo ocular. La apariencia negra de la pupila se debe a la absorción de la luz que entra al ojo por los pigmentos sensibles a la luz en la retina. La exactitud visual ocurre en el centro de los cristalinicos donde son virtualmente eliminadas las aberraciones esféricas y cromáticas. (Ahmad I,1999)

La retina está compuesta de dos tipos de células fotosensibles denominados conos y bastones. Los conos son los responsables de la visión cromática y contiene pigmentos fotosensibles con sensibilidades espectrales para los tres colores primarios que corresponden a longitudes de onda de 448 nm (azul), 528 nm (verde), y 567 nm (rojo). Cuando se produce la estimulación por luz, los pigmentos experimentan una fotodescomposición para crear un impulso eléctrico por excitación nerviosa. La mayoría de los 6 millones de conos están agrupados en la fóvea, una depresión con una superficie de 1 mm² en el punto focal central de la retina, con un campo de visión de 2°. Cada cono está conectado a una neurona lo que permite una información precisa para ser transmitida al nervio óptico, dando como resultado imágenes nítidas. (Ahmad I,1999)

La fotosensibilidad de los bastones tiene una distribución máxima de aproximadamente 20° desde la fóvea. Su pigmento fotosensible (rodopsina) tiene una sensibilidad espectral relativa de sólo una longitud de onda de 510 nm (verde), la cual da como resultado una visión acromática. Ya que los bastones no tienen una conexión directa con el nervio óptico, los impulsos de un grupo de bastones deben ser cubiertos por una sola neurona. Esta organización neuronal permite la visión con los bastones bajo condiciones de poca luz, aunque la imagen resultante es borrosa cuando es comparada con la de la visión con los conos. (Ahmad I,1999)

En odontología, la distribución de los conos y bastones en la retina es importante durante la determinación del color. Para activar la visión cromática dentro de los 2° de la zona foveal y permitir la evaluación del croma, el clínico debe concentrarse en el diente y la tableta de color. Para determinar el valor, el clínico debe mirar desde un ángulo de 20° para emplear la visión con bastones. (Ahmad I,1999)

1.2.1.1 Métodos para medir el color dental

La medida del color dental es posible usando métodos subjetivos o visuales y objetivos o instrumentales. (Haddad H.2009), (Terry DA.2005 (a)), (Terry DA.2005 (b))

a. Método Subjetivo.

Los **métodos visuales** son conocidos como selección del color y se realiza usando unas guías de color dental bajo condiciones más o menos controladas. (Haddad H.2009)

La elección del color de manera visual por el dentista, asistente dental o técnico dental es aún el método más común para adoptar una restauración dental al color natural del diente. (Hugo B.2005)

La guía Vita está basado en una organización empírica de las tabletas de colores. (Miller L.1987), (Paravina RD.2002), (Đozic A.2007), (Paravina RD.2007 (b))

Además, se han encontrado hallazgos incuestionables en la consistencia del color entre guías de color del mismo fabricante. (Cal E.2004), (Tashkandi E.,2010)

La introducción de las guías de color basada en la evidencia Vitapan 3D-Master, **Toohguide**, **Bleachedguide** y particularmente **Linearguide** por el mismo fabricante corresponden al color de los dientes humanos y por lo tanto aumentan las posibilidades para una compatibilidad exitosa de color. (Paravina RD.2009 (a)), (Paravina RD,2007 (a))

El color elegido depende de las características fisiológicas y psicológicas del observador, responsables de captar la energía estimulada. (Devigus A.2004),(Segura Egea JJ,1999), (Lu H.2006)

Sin embargo, existen dificultades innatas en la evaluación del color de manera visual como: metamerismo, condiciones poco óptimas de compatibilidad de color, instrumentos y métodos poco óptimos, fatiga por la edad, estado de ánimo y drogas/medicaciones que consume la persona que toma la medida. (Ahmad I.2000)

A diferencia de la selección del color de manera visual subjetiva donde casi siempre no se presentan condiciones y métodos controlados, y con guías de color que presentan importantes deficiencias, varios autores trataron de cuantificar el color de manera objetiva. (Chu SJ,2010)

b. Método Objetivo.

La **evaluación instrumental** es realizada usando espectrofotómetros, colorímetros, espectroradiómetros, imágenes digitales e imágenes espectrales. (Haddad HJ.2009), (Terry DA.2005 (b))

Cuando los métodos instrumentales son seleccionados e implementados apropiadamente, son objetivos y más sólidos, por lo tanto son un complemento inestimable para la elección visual del color en odontología. (Haddad HJ.2009)

Estos instrumentos son útiles e importantes para la medición y análisis del color dental y para el control de la calidad de la reproducción del color. Además, son útiles para el análisis del color de restauraciones directas o indirectas y para la comunicación, reproducción y verificación del color de restauraciones indirectas. (Chu SJ.2010)

Por lo tanto, los sistemas de selección de color basados en la tecnología proporcionan a la comunidad odontológica la información necesaria que se requiere para una determinación predecible del color. (Chu SJ.2002,), (Chu SJ.2001) (Goldstein GR.1993)

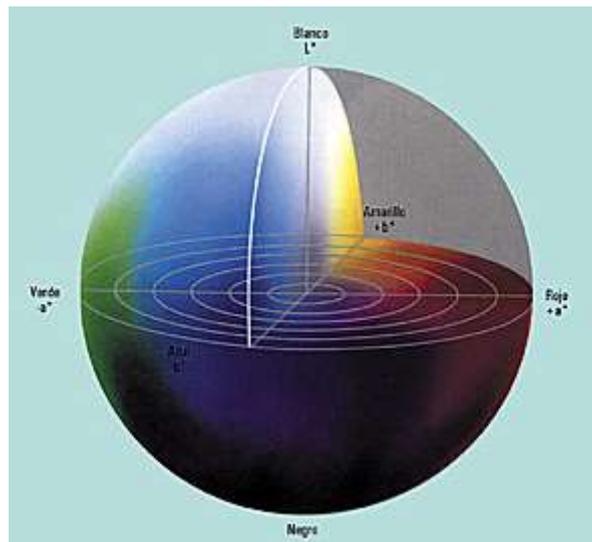
En lo posible, debe usarse tanto el método visual e instrumental para determinar la compatibilidad de color, como complemento uno del otro, para llegar a resultados estéticos predecibles. (Chu SJ.2010), (Fondriest J.2003), (Yoshida A.2010) (Ishikawa-Nagai S.2010), (Terry DA.2005 (b))

1.2.1.2 Sistema de color CIELAB

Diferentes sistemas de notación se han usado en la investigación del color dental. Sin embargo, el que se usa de manera más frecuente es el sistema CIE L*a*b*, que fue desarrollado por la Commission Internationale de L'Eclairage (Comisión Internacional sobre Iluminación). (Paravina RD. 2006)

El espacio de color CIE L*a*b* es usado comúnmente en estudios perceptuales y para la evaluación del color dental porque cubre visualmente de manera uniforme el espacio de color. (Analoui M.2004)

En este sistema, L* es la Luminosidad, que es una coordenada acromática; a* es la coordenada verde-rojo, donde a- es verde y a+ es rojo; y b* es la coordenada azul-amarillo, donde b- es azul y b+ es amarillo. (Paravina RD.2010), (Swift EJ.1994)



Modelo CIELab

1.2.1.3 Cálculo de la diferencia de color Delta E

En el espacio de color CIELab, la diferencia de color entre dos objetos con colores C1 = (L₁*, a₁*, b₁*) y C2 = (L₂*, a₂*, b₂*) se define a través del Error Promedio (ΔE), la cual combina matemáticamente las diferencias en L*, a*, y b* de dos materiales: (Swift EJ.1994), (Analoui M.2004)

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Donde Δ representa la diferencia y E es un derivado de la palabra alemana “empfindung” que significa sensación. Por lo que E literalmente significa “diferencia en la sensación”. (Paravina RD.2006)

1.2.1.4 Valores Delta E y su relevancia clínica

Cuando se utilizan instrumentos para capturar el color de relevancia clínica, es importante definir los parámetros de diferencia de color.

Los dos parámetros incluyen la magnitud de diferencia de color (ΔE) que es perceptible y la que es aceptable por los observadores humanos. (Wee AG.2006)

La perceptibilidad y la aceptabilidad de los umbrales visuales se cuantifica sólo combinando los métodos de medida de color visual e instrumental. (Chu SJ.2010)

La magnitud de la diferencia de color perceptible y/o aceptable por observadores humanos aún no está bien definida, ni ha sido medido de manera ideal en la investigación del color dental. (Wee AG.2006)

a. Perceptibilidad.

Se refiere a la detección de la diferencia de color entre un diente y el color de una restauración adyacente. (Wee AG.2006)

Cuando la diferencia de color entre dos objetos **puede ser observado** por el 50% de los observadores (el otro 50% no nota la diferencia), estamos hablando de un **umbral de perceptibilidad de 50:50%**. (Paravina RD.2009 (b))

En odontología existe **coincidencia de color** cuando la diferencia de color está en o por debajo del **umbral de perceptibilidad**. (Paravina RD.2009 (b))

Las diferencias de color perceptibles están en un rango que va de un ΔE de 1 (Kuehni RG.1979) y 2 (Seghi RR.1989) en estudios in vitro a 3,7 en un estudio in vivo. (Johnston WM.1989)

b. Aceptabilidad.

Se refiere a la aceptación del color de la restauración. (Wee AG.2006)

Cuando la diferencia de color **es considerada aceptable** para el 50% de observadores (el otro 50% debería considerarlo inaceptable), esto corresponde a un **umbral de aceptabilidad de 50:50%**. (Chu SJ.2010)

En odontología existe **coincidencia de color aceptable** cuando la diferencia de color está en o por debajo del **umbral de aceptabilidad**.^{(Paravina RD.2009 (b))}

Las diferencias de color aceptables están en un rango que va de un ΔE de 2,72^(Ragain JC.2000) y 3,3^(Ruyter IE.1987) en estudios in vitro a 6,8 en un estudio in vivo.^(Johnston WM.1989)

1.2.2 Colorimetría

El objetivo de la medición del color es estimar de manera exacta lo que el observador ve. La medición del color debe definirse de tal forma que los resultados se correlacionen exactamente con la sensación visual del color de un observador humano normal. La colorimetría es la ciencia y tecnología usada para cuantificar y describir físicamente la percepción del color humano. Las bases de la colorimetría fueron establecidos por la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) en 1931 basándose en experimentos visuales.^(Westland S.2003)

A pesar de sus limitaciones, el sistema de colorimetría de la CIE sigue siendo el único sistema de medición aceptada internacionalmente para medir el color. El sistema de la CIE trabaja bien en la mayoría de casos, pero uno debe conocer los supuestos y las limitaciones en las condiciones visuales en donde se define el sistema de la CIE.^(Westland S.2003)

1.2.2.1 Instrumentos

a. Cámara digital

La imagen a color de las cámaras digitales se crea a partir de los colores rojo, verde y azul (RGB) de las imágenes que se toman. El modelo de color RGB es un modelo adicional en la cual se añaden en conjunto y de varias maneras la luz roja, verde y azul para reproducir una amplia gama de colores.^(Chu SJ.2010)

Este sistema representa el enfoque más básico para la toma electrónica del color, que aún requieren un cierto grado de selección de color subjetivo con el ojo humano.^(Chu SJ.2010)

Se han usado varios métodos para transformar estos datos en información de color que sea útil en odontología.^(Chu SJ.2010)

Las cámaras digitales son instrumentos fiables para determinar el color de los dientes y las encías cuando están acompañados de apropiados protocolos de calibración. (Wee AG.2006), (Smith RN. 2008), (Bayindir F.2009) (Carter K.2004), (Sagel PA.2007)

Debemos tener en cuenta que todos los métodos para medir el color de manera objetiva se han desarrollado en base a la respuesta visual del “observador estándar” y son buenos sólo si coinciden con la respuesta. (Chu SJ.2010)

b. Fiabilidad del Instrumento

En la ciencia del color, para evaluar las dudas en la medición del color de los instrumentos se realizan pruebas de exactitud y precisión. (Chu SJ.2010)

La **exactitud** es la capacidad de un instrumento para reproducir los valores estándar de manera específica; mientras que la **precisión** es la capacidad de un instrumento de dar los mismos resultados de manera repetida. (Karamouzos A.2007)

Las dudas asociadas con la **exactitud** se originan generalmente de errores sistemáticos, mientras que las dudas asociadas con la **precisión** se asocian más frecuentemente con errores aleatorios. (Chu SJ.2010)

La exactitud de un instrumento que mide el color se puede evaluar comparando el instrumento que hace la prueba con un instrumento de referencia, la cual se considera que es correcta, y la precisión es evaluada mediante la comparación de medidas repetidas de la misma muestra o estándar. (Johnston WM.2009)

La precisión se prueba mediante la evaluación de **repetibilidad**, usando el mismo método, operador o instrumento y la evaluación de **reproducibilidad**, usando diferente método, operador y/o instrumento. Basándonos en el intervalo de tiempo, las medidas pueden ser a corto plazo (medidas en sucesión), mediano plazo (horas) y largo plazo (semanas o más). Basándonos en la manipulación de la muestra, las medidas se pueden realizar con o sin reemplazo. (Chu SJ.2010)

c. Calibración

Es importante la calibración de los instrumentos que miden el color, ya que los resultados de estas mediciones son, en alto grado, dependientes de calibraciones

cuidadosas y regulares. Este procedimiento consume tiempo y es caro pero considerando que casi el 90% de un color está determinado por el valor (luminosidad) la importancia de una correcta reproducción de color no debe ser subvaluada. (Bengel W.2006)

Para la calibración se puede usar una tarjeta de color gris. Esta tarjeta puede ser de cartón o plástico con una superficie que tiene un valor de reflectancia de 18%. Este representa el tono medio usado para la determinación de la exposición; está en la mitad entre el negro y blanco puro. La tarjeta de color gris es un objetivo neutral, es decir los valores rojo, azul y verde son iguales. La idea de usar una tarjeta gris es poner algo en la foto de la cual conozcamos su valor, y luego permitir que el software se asegure que ese objeto es interpretado como gris. Por lo tanto, se elimina un color proyectado de toda la foto. (Bengel WM.2003)

1.3 Color de las resinas compuestas.

Cuando una luz blanca incidente se transmite a través de la resina compuesta, la luz primero se dispersa por las partículas de pequeño tamaño que están dentro del material antes de que este salga y alcance el ojo del observador con la información óptica y de color específica del material. Por lo tanto, la apariencia del color de la resina compuesta es una combinación compleja de sus propiedades ópticas. (Arikawa H.2007)

Algunos investigadores han encontrado que las características de la transmisión de luz de las resinas compuestas están afectadas por las propiedades de relleno, el tamaño de relleno y el contenido del relleno. (Emami N.2005), (Lim YK.2008) (dos Santos GB. 2008)

Pero, aunque el principal componente de las resinas compuestas que afecta de manera importante en la translucidez de las resinas compuestas es el relleno inorgánico; se ha observado que la composición de la matriz de resina también influye de manera importante en la translucidez de las resinas compuestas. (Azzopardi N..2009)

Otro estudio indicó que el color y la translucidez de las resinas compuestas están determinados no sólo por fenómenos macroscópicos, como la composición de la matriz y el relleno y el contenido de relleno, sino también por los pigmentos agregados y potencialmente por todos los otros componentes químicos de este material. (Inokoshi N.1996)

1.3.1 Técnica estratificada.

El objetivo de cualquier restauración estética es la de crear un aspecto natural que sea agradable para el paciente sin que deje de ser funcional. Para lograr este resultado estético, el odontólogo debe imitar la apariencia de los tejidos naturales. (Da Costa J.2010) (Kim SJ..2009)

Sin embargo, existen varias dificultades al compatibilizar el color para las restauraciones con resinas compuestas. Las situaciones particularmente difíciles son las restauraciones Clase III y IV, donde poco o nada de estructura dental que rodea la restauración para dar una base de color reflejada o transmitida. (Johnston WM.1997) Específicamente, se observa un color grisáceo en comparación con la estructura dental circundante, ya que los materiales translúcidos son afectados probablemente por la oscuridad de la cavidad oral. (Ikeda T.2004) Para minimizar el efecto del color de fondo, se han utilizado resinas compuestas opacas como fondo a lo que se ha denominado “técnica estratificada”. (Ikeda T.2005)

Lo que se intenta con el concepto de estratificación natural es reemplazar el tejido normal de los dientes, es decir, el esmalte y la dentina, restaurando lo que existía previamente. (Da Costa J. 2010) En la técnica estratificada, una capa de resina más translúcida se aplica sobre la resina compuesta opaca con el fin de crear la percepción de profundidad en la restauración; reduciendo de esta manera el color que proviene sólo de la superficie de la restauración. (Kamishima N.2005)

Por otro lado, el color de cada capa en la técnica estratificada es un factor muy importante que determina el éxito o fracaso estético de la restauración estratificada. Se sabe que el color final de la restauración está influenciado no sólo por las propiedades ópticas de la capa superficial, sino también por el color y las propiedades ópticas de las capas subyacentes. (Lee YK. 2004)

En este sentido, parece bastante difícil saber el color propio de una resina compuesta, ya que de alguna manera puede verse afectada por el color de fondo debido a su característica traslúcida. Una solución para estimar el color propio de una resina compuesta es a través de una muestra de resina de suficiente espesor para que el color resultante no se vea afectado por el color del fondo. (Kamishima N.2005)

En cuanto al espesor de cada capa de resina compuesta, se sabe que la translucidez se ve afectada por el espesor de la resina compuesta y esta debe variar de acuerdo a la localización dentro de la restauración - en función de si se trata de una zona cervical o incisal. (Kamishima N. 2005)

Por lo tanto, es importante saber la relación entre el espesor y la translucidez de las resinas compuestas para lograr una compatibilidad de color exitosa de la restauración estratificada. (Kamishima N. 2005)

1.4 Justificación

Las resinas compuestas son los materiales más utilizados para la realización de restauraciones estéticas directas; pero existe poca información para realizar restauraciones estratificadas con resinas compuestas en cuanto a la opacidad, intensidad y espesor adecuado de las diferentes capas que integran la estratificación para conseguir el color final deseado de la restauración

2. PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVO.

2.1. Problema

¿Influyen la opacidad, intensidad y espesor de las capas de una resina compuesta de nanorelleno en el color y translucidez final de la resina compuesta?

2.2. Hipótesis

Hipótesis nula

La opacidad, intensidad y espesor de las capas de una resina compuesta de nanorelleno no influyen en el color y translucidez final de la resina compuesta.

Hipótesis de investigación

La opacidad, intensidad y espesor de las capas de una resina compuesta de nanorelleno influyen en el color y translucidez final de la resina compuesta.

2.3. Objetivos

- Determinar cuantitativamente el color de la resina compuesta de diferente opacidad, intensidad y espesor, sobre fondo negro y blanco.
- Comparar el color de la resina compuesta modificando la opacidad, intensidad y espesor, sobre fondo negro y blanco.
- Determinar cuantitativamente el parámetro de translucidez de la resina compuesta de diferente opacidad, intensidad y espesor.
- Analizar la influencia sobre el color final modificando la opacidad de las capas de los diferentes discos de resina estratificados, sobre fondo negro y blanco.
- Analizar la influencia sobre el color final modificando el espesor de las capas de los diferentes discos de resina estratificados, sobre fondo negro y blanco.
- Determinar cuantitativamente el parámetro de translucidez de la resina compuesta estratificada con capas subyacentes de diferente opacidad y espesor.

- Determinar si existe asociación entre la opacidad, intensidad y espesor de la resina compuesta y el color final y el parámetro de translucidez de la resina compuesta.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Información general

3.1.1. Tipo de Estudio

Descriptivo, transversal y observacional.

3.1.2. Lugar

Departamento de Odontología Conservadora de la U.C.M.

3.1.3. Período

Enero 2012 – Septiembre 2014.

3.1.4. Variables

Variables Independientes

Opacidad del disco de resina compuesta.

Intensidad del disco de resina compuesta.

Espesor del disco de resina compuesta.

Variables Dependientes

Valores de color Lab del disco de resina.

Valores del parámetro de translucidez del disco de resina.

3.1.5. Población Diana

2 colores de tres opacidades distintas de la resina compuesta **Filtek Supreme XTE (3M-ESPE)**.

3.1.6. Muestra

90 discos de resina compuestas de nanorelleno **Filtek Supreme XTE (3M-ESPE)** de los colores A1 y A2, de opacidades Esmalte, Cuerpo y Dentina y de cinco espesores: 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 y 1.5 mm y 10 mm de diámetro; 3 muestras de cada color y espesor.

48 discos estratificados de resina compuesta de nanorelleno **Filtek Supreme XTE (3M-ESPE)** de colores A1 y A2, fabricadas con capas de resina de espesores de 0.3 o 0.6 mm y 10 mm de diámetro, siendo los estratos de diferentes opacidades: **Esmalte – Cuerpo – Dentina; Esmalte – Cuerpo – Cuerpo; Esmalte – Dentina y Esmalte – Dentina – Dentina.** 3 muestras de cada color y espesor.

ESTRATIFICACIONES

Las capas de las muestras fueron de 0,3 mm y de 0,6 mm de espesor de los colores **A1 Y A2** de la resina compuesta de nanorelleno **Filtek Supreme XTE (3M-ESPE)**

Variando opacidad de la capa subyacente a esmalte

Grupo I

ESMALTE
CUERPO
DENTINA

Grupo II

ESMALTE
CUERPO
CUERPO

Variando espesor de la capa subyacente a esmalte

Grupo III

ESMALTE
DENTINA
DENTINA

Grupo IV

ESMALTE
DENTINA

3.2. Diseño del Estudio

Se analizaron dos colores de la resina compuesta de nanorelleno: **Filtek Supreme XTE** en 3 opacidades distintas: Esmalte, Cuerpo y Dentina.

Con las muestras de resina compuesta se confeccionaron discos de 10 mm de diámetro y de 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 y 1.5 mm de espesor, utilizando platinas de vidrio y espaciadores milimetrados. Se colocó una determinada cantidad de resina en una platina de vidrio además de un espaciador de un espesor determinado. Posteriormente se colocó sobre este otra platina de vidrio y se hizo presión con los dedos y se fotopolimerizó.

Para las muestras estratificadas se confeccionaron discos de **resina dentina o cuerpo** de 10 mm de diámetro y de 0.3 y 0.6 mm de espesor de la manera indicada anteriormente; luego se colocó una determinada cantidad de **resina esmalte, cuerpo o dentina** sobre los discos de confeccionados anteriormente y sobre estos se colocó otra platina de vidrio, colocando entre las platinas un espaciador con el espesor que queríamos obtener. Para la colocación de una tercera capa de **resina esmalte** se repetía el procedimiento anterior, siempre colocando un espaciador con el espesor que queríamos obtener. Posteriormente se hizo presión con los dedos y se fotopolimerizó.

Luego los espesores se verificaron con un calibrador digital. Finalmente, utilizando una moneda de 10 mm de diámetro se recortaron hasta obtener la forma de disco.

Los discos estratificados que se confeccionaron fueron con capas de resina de espesores de 0.3 mm o 0.6 mm, siendo los estratos de diferentes opacidades, las cuales se dividieron en cuatro grupos:

Grupo I: Esmalte – Cuerpo – Dentina

Grupo II: Esmalte – Cuerpo – Cuerpo

Grupo III: Esmalte – Dentina - Dentina

Grupo IV: Esmalte – Dentina

Las muestras se fotopolimerizaron durante 40 segundos utilizando una lámpara LED de 1200 mW/cm² G-Light (GC- Japón). Además, se usó un radiómetro para verificar que la intensidad de luz emitida por la lámpara LED después de fotopolimerizar 10 muestras esté como mínimo en un rango entre 700 y 760 mW/cm². (Da Costa J. 2010)

Los datos se recogieron inmediatamente después del fotocurado de la resina compuesta utilizando una cámara digital (**Canon EOS 550D**), fijada sobre una mesa de reproducción. Capturada la imagen se determinaron los valores de color de los discos de resinas compuestas utilizando el programa informático Adobe Photoshop CS5 – Versión 12.0.

Todas las imágenes se capturaron en una posición y distancia constante. Los discos de resina se colocaron sobre un fondo de color negro o blanco, se eligió el gris neutro como control, para hacer las comparaciones de color.

Se colocaron dos lámparas de luz GrafiLite de Colour Confidence, una a cada lado de la base rectangular gris oscura. La luz de las lámparas se enfocaron a 45° con respecto a la posición de los discos. Estas lámparas son dispositivos que emiten luz de verdadero tono neutro de 2000 lux, simulando de manera eficiente la luz natural.

El foco de la cámara digital se colocó perpendicularmente a los disco de resina a una distancia de 40 cm.

Se utilizó la cámara digital **Canon EOS 550D** con RAW, enfoque 0.39, apertura de diafragma de 5.6, ISO 100, a una velocidad inicial de disparo de 1/8 segundo y con un balance de blancos personalizado.

La cámara contó con una conexión para disparo por control remoto para evitar movimientos de la cámara al hacer contacto directo con esta.

Además la cámara se conectó a un ordenador portatil con pantalla calibrada que es a donde llegó la imagen tomada.

Antes de tomar las fotos se encendieron las lámparas, se apagaron las luces de la sala y se aseguró de que no interfiriera ningún tipo de luz del exterior.



Equipo utilizado para la recogida de datos

En primer lugar se tomaron las fotos de los discos de manera individual y posteriormente se tomaron las fotos de los discos estratificados, con la cara de Esmalte del disco estratificado colocada hacia el objetivo de la cámara.

3.2.1 Calibración y fiabilidad del instrumento.

La calibración del instrumento se hizo utilizando los valores CIELab de una tarjeta de color gris neutro en cada fotografía.

La **exactitud** de la cámara digital se evaluó determinando la diferencia de color entre el valor CIELab estándar del color gris neutro de la tarjeta de color

ColorChecker® (X-Rite) cuyo valor es: L^* : 50.867, a^* : -0.153 y b^* : -0.27; con los valores CIELab que se obtuvieron de las imágenes al tomar dicho color de la tarjeta de color.

La **precisión** de la cámara digital se determinó mediante la evaluación de la repetibilidad del instrumento. (Chu SJ.2010)

Para la evaluación de la **repetibilidad** se tomaron 30 imágenes del color gris neutro de la carta de color una vez al día por cuatro días ($n=120$) y se obtuvieron sus valores CIELab.

Posteriormente se procedió a determinar las diferencias de color (Delta E) entre los valores CIELab de cada color de las imágenes tomadas con la cámara digital.

Encontrándose que los valores Delta E de los colores de las diferentes imágenes del color gris neutro que se tomaron en cada día y en los 4 días, fueron siempre inferiores a 2; las cuales se consideran diferencias imperceptibles para el ojo humano. (Seghi RR.1989)

3.2.2 Adquisición de las imágenes

Se tomó una imagen de cada muestra y se transfirió de la cámara usando un driver TWAIN y se mostró usando el programa Adobe Photoshop CS5 – Versión 12.0.

Las imágenes se guardaron en formato RAW.

3.2.3 Análisis de las imágenes

Cada imagen RAW se examinó usando el programa Adobe Photoshop CS5, versión 12.0. A través de este programa, se obtuvieron los valores CIELab de cada imagen del disco.

L^* es la luminosidad, donde 100 es blanco y 0 es negro. a^* y b^* son las coordenadas cromáticas rojo-verde y amarillo-azul, respectivamente. Un valor a^* o b^* positivo representa un color rojo o amarillo, respectivamente. (Ikeda T.2005)

3.2.4 Cálculo del DELTA E

La diferencia de color CIELab (ΔE) se calculó con los promedios de los valores $L^*a^*b^*$ de los colores del disco de distinto espesor de resina compuesta individual y los colores de los discos a doble capa de distinto espesor; todo esto tomado sobre el fondo negro o blanco mediante la siguiente fórmula: ^(Hugo B.2005)

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Donde $L_1^* a_1^* b_2^*$ y $L_2^* a_2^* b_2^*$ son los valores $L^*a^*b^*$ de los colores de las resinas compuestas que se quiere comparar.

En el presente estudio, para definir la relación entre los rangos de diferencia colorimétrica y el grado de diferencias visual de color, las diferencias colorimétricas mayores de 3.3 se considerará como “diferencias perceptibles”, usando la definición de Ruyter y colaboradores. ^{(Ikeda T.2005), (Ruyter IE.1981), (Vichi AL.2004), (Vichi AL.2007), (Inokoshi S.1996), (Kim HS.1996), (Um CM.1991)}

3.2.4 Cálculo del parámetro de translucidez

El Parámetro de Translucidez es la diferencia de color entre un material de espesor uniforme sobre un fondo blanco y un fondo negro. Se obtuvo calculando la diferencia de color de la muestra sobre un fondo negro y blanco, mediante la siguiente fórmula: ^(Horie K.2012)

$$PT = \sqrt{(L_{FN}^* - L_{FB}^*)^2 + (a_{FN}^* - a_{FB}^*)^2 + (b_{FN}^* - b_{FB}^*)^2}$$

Donde $L_{FN}^* a_{FN}^* b_{FN}^*$ y $L_{FB}^* a_{FB}^* b_{FB}^*$ son los valores $L^*a^*b^*$ de los colores de las resinas compuestas que se quiere evaluar, sobre fondo negro (FN) y sobre fondo blanco (FB).

Cuando el valor del parámetro de translucidez es 2 o menor, el ojo humano puede distinguir el color de la resina sin que se vea influenciado por el fondo. (Kamishima N.2005)

3.2.6 Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias del color y parámetro de translucidez entre los diferentes espesores y diferentes opacidades de los discos de resina compuesta se utilizó el Análisis de Varianza de una vía. Si se encontró una diferencia estadística se utilizó el test post hoc de Scheffe.

Para evaluar las diferencias de color y parámetro de translucidez de los discos de resina compuesta entre las dos intensidades de resina compuesta y los dos fondos se utilizó el test de Student.

Además, para evaluar la relación entre las variables independientes (opacidad, intensidad y espesor del disco de resina) y las variables dependientes (color Lab y parámetro de translucidez) se realizó un análisis de regresión lineal.

Para los diferentes test estadísticos se estableció una significación el 95% y se llevaron a cabo con el programa estadístico Stata versión 12.0 (StataCorp LP, Texas, EE.UU).

4. RESULTADOS

Los valores promedio CIELab sobre un fondo negro y blanco que se obtuvieron de las imágenes de los tres discos para cada color (A1 y A2), opacidad (Esmalte, Cuerpo y Dentina) y espesor (0,3; 0,6; 0,9; 1,2 y 1,5) de las resinas compuestas Filtek Supreme XTE se muestran en las **Tablas 2 y 3**. El análisis de varianza (ANOVA) mostró que las diferencias entre los valores promedio L*, a* y b* fueron significativos ($p < 0,001$) al variar el espesor del disco, sobretodo los valores L* entre los espesores 0,3; 0,6 y 0,9 mm. (**Tabla 4**)

Se observó que en fondo negro los discos de 1,5 mm de espesor de todos los colores de resina compuesta que se evaluaron tuvieron los valores L* más altos en comparación con los otros espesores. En fondo blanco se observó lo contrario, los discos de 0,3 mm de espesor tuvieron los valores L* más altos en relación con los demás espesores. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas (ANOVA. $p < 0,001$). (**Tablas 4**).

Además se observó que en fondo negro los discos de 1,5 mm de espesor de todos los colores de resina compuesta que se evaluaron tuvieron los valores b* más altos en comparación con los otros espesores, y el parámetro a* para unos colores su valor aumentó, para otros colores disminuyó o se mantuvo constante. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas (ANOVA. $p < 0,001$). (**Tabla 4**).

En fondo blanco los discos de 1,5 mm de espesor de todos los colores de resina compuesta que se evaluaron tuvieron los valores b* más altos en comparación con los otros espesores y el parámetro a* para unos colores su valor aumentó, para otros colores disminuyó o se mantuvo constante. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas (ANOVA. $p < 0,001$). (**Tabla 4**).

Las resinas del mismo color y espesor eran más luminosas sobre fondo blanco que sobre fondo negro. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas (Test de

Student. $p < 0,005$). Además los valores a^* y b^* son mayores cuando el disco de resina está sobre un fondo blanco que cuando está sobre un fondo negro. (Test de Student. $p < 0,005$) **(Tablas 2 y 3)**

Comparando las resinas de la misma opacidad y espesor, pero de diferente intensidad de color, la resina de color A1 era más luminosa que la resina de color A2, esto se observó tanto en fondo negro como en fondo blanco. Sin embargo, en fondo negro esto sólo se observaba cuando el espesor de resina estaba entre 0,9 y 1,5 mm. En cuanto al croma, al comparar las resinas de la misma opacidad y espesor, las resinas de color A1 tenían valores a^* y b^* menores que las resinas A2; esto se observó tanto en fondo negro como en fondo blanco. **(Tablas 2 y 3)**

También se realizó un análisis de regresión entre las diversas variables independientes (opacidad, intensidad y espesor de la resina compuesta) y la variable dependiente, CIELab de la resina compuesta. El resultado de dicho análisis manifestó una gran asociación entre estas tres variables y los valores CIELab final de la resina compuesta. Los valores de regresión obtenidos fueron $R^2=0,613$ (L^*); $R^2=0,736$ (a^*) y $R^2=0,933$ (b^*); estableciendo, cualquier valor $R^2 > 0,3$, una excelente relación entre las variables.

Para las tres opacidades de resinas, conforme aumenta su espesor, el parámetro de translucidez disminuye. Esto se observó en cada color (A1 y A2) y opacidad (Esmalte, cuerpo y dentina) de las resinas compuestas Filtek Supreme XTE. (ANOVA. $p < 0,05$) **(Tabla 6)**

El parámetro de translucidez de las resinas compuestas de diferente opacidad fue diferente; la resina compuesta Esmalte tenía el mayor parámetro de translucidez, seguida de la resina compuesta de Cuerpo y finalmente el de Dentina. Esto se observó en cada color (A1 y A2) y espesor (0,3; 0,6; 0,9; 1,2 y 1,5) de las resinas compuestas Filtek Supreme XTE. (ANOVA. $p < 0,05$) **(Tabla 7)**

A través del análisis de regresión entre las diversas variables independientes (opacidad, intensidad y espesor de la resina compuesta) y la variable dependiente, parámetro de translucidez de la resina compuesta se observó una gran asociación

entre estas tres variables y los valores del parámetro de translucidez de la resina compuesta. El valor de regresión obtenido fue $R^2=0,952$; estableciendo, cualquier valor $R^2>0,3$, una excelente relación entre las variables.

El Delta E que se obtuvo al comparar los colores de los discos con diferente espesor de la resina Filtek Supreme XTE sobre fondo negro estuvo en un rango 1,5 y 20,6 para el color A1 Esmalte; 2,0 y 20,1 para el color A1 Cuerpo; 1,0 y 10,5 para el color A1 Dentina; 1,1 y 20,9 para el color A2 Esmalte; 1,1 y 13,8 para el color A2 Cuerpo y 0,7 y 13,0 para el color A2 Dentina. **(Tabla 8)**

El Delta E que se obtuvo al comparar los colores de los discos con diferente espesor de la resina Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco estuvo en un rango 2,1 y 10,3 para el color A1 Esmalte; 2,1 y 13,7 para el color A1 Cuerpo; 0,8 y 10,5 para el color A1 Dentina; 1,8 y 15,4 para el color A2 Esmalte; 1,3 y 14,6 para el color A2 Cuerpo y 1,2 y 13,8 para el color A2 Dentina. **(Tabla 9)**

Los valores promedio CIELab sobre un fondo negro y blanco que se obtuvieron de las imágenes de los tres discos estratificados para cada color (A1 y A2) y espesor (0,3 y 0,6) de las resinas compuestas Filtek Supreme XTE se muestran en las **Tablas 10 y 11**. El análisis de los datos utilizando el test de Student mostró que las diferencias entre los valores promedio L^* , a^* y b^* fueron estadísticamente significativos ($p=0,018$) al variar el espesor del disco de la estratificación.

Los discos estratificados que se confeccionaron fueron con capas de resina de espesores de 0.3 mm o 0.6 mm, siendo los estratos de diferentes opacidades: **Esmalte – Cuerpo – Dentina; Esmalte – Cuerpo – Cuerpo; Esmalte – Dentina y Esmalte – Dentina – Dentina.**

Al comparar los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1 se encontró que en fondo negro, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor L^* menor que la estratificación

Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$) y la estratificación Esmalte-Dentina tenía un valor L^* menor que la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). Lo mismo se encontró cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor. En fondo blanco, los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor L^* ligeramente menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,41$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor L^* ligeramente menor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p = 0,19$). Cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor L^* ligeramente mayor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,23$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor L^* ligeramente menor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p = 0,43$).

(Tabla 12)

Al comparar los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A2 se encontró que en fondo negro, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor L^* menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$) y la estratificación Esmalte-Dentina tenía un valor L^* menor que la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). Lo mismo se encontró cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor. En fondo blanco, los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A2, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor L^* ligeramente menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,25$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor L^* ligeramente mayor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). Cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor L^* ligeramente mayor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,23$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor L^*

ligeramente menor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p=0,07$).

(Tabla 12)

Al comparar los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1 se encontró que en fondo negro, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor a^* mayor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p=0,09$) y la estratificación Esmalte-Dentina tenía un valor a^* menor que la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina (Test de Student. $p=0,83$). Lo mismo se encontró cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor. En fondo blanco, los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tuvo un valor a^* igual que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor a^* mayor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p<0,05$). Cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor a^* menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p=0,17$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor a^* mayor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p=0,17$).

(Tabla 12)

Al comparar los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A2 se encontró que en fondo negro, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor a^* mayor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p<0,05$) y la estratificación Esmalte-Dentina tenía un valor a^* menor que la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina (Test de Student. $p=0,17$). Lo mismo se encontró cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor. En fondo blanco, los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tuvo un valor a^* mayor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student, $p=0,14$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor a^* mayor que la

estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). Cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor a^* mayor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,17$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor a^* mayor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). **(Tabla 12)**

Al comparar los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1 se encontró que en fondo negro, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor b^* menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$) y la estratificación Esmalte-Dentina tenía un valor b^* menor que la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). Lo mismo se encontró cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor. En fondo blanco, los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tuvo un valor b^* menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,39$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor b^* mayor que la estratificación Esmalte-Dentina. Cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor b^* mayor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,31$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor b^* mayor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p = 0,36$). **(Tabla 12)**

Al comparar los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A2 se encontró que en fondo negro, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor b^* menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$) y la estratificación Esmalte-Dentina tenía un valor b^* menor que la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). Lo mismo se encontró cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor. En fondo

blanco, los discos estratificados confeccionados con capas de diferentes opacidades de 0.3 mm de espesor de color A1, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tuvo un valor b^* menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student, $p < 0,05$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor b^* mayor que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p < 0,05$). Cuando los discos estratificados se confeccionaron con capas de diferentes opacidades de 0.6 mm de espesor, la estratificación Esmalte-Cuerpo-Cuerpo tenía un valor b^* menor que la estratificación Esmalte-Cuerpo-Dentina (Test de Student. $p = 0,18$) y la estratificación Esmalte-Dentina-Dentina tenía un valor b^* similar que la estratificación Esmalte-Dentina (Test de Student. $p = 0,50$). **(Tabla 12)**

También se realizó un análisis de regresión entre las diversas variables independientes (opacidad, intensidad y espesor de la resina compuesta estratificada) y la variable dependiente, CIELab de la resina compuesta estratificada. El resultado de dicho análisis manifestó una gran asociación entre estas tres variables y los valores CIELab final de la resina compuesta. Los valores de regresión obtenidos fueron $R^2 = 0,833$ (L^*); $R^2 = 0,855$ (a^*) y $R^2 = 0,904$ (b^*); estableciendo, cualquier valor $R^2 > 0,3$, una excelente relación entre las variables.

El Delta E que se obtuvo al comparar las diferentes estratificaciones de los discos estratificados de color A1 y con espesor de cada estrato de 0,3 mm de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro fueron de 2,4 a 4,3 y de 3,2 a 3,9 para los discos estratificados con espesor de 0,6 por estrato. **(Tabla 13)**

El Delta E que se obtuvo al comparar las diferentes estratificaciones de los discos estratificados de color A1 y con espesor de cada estrato de 0,3 mm de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco fueron de 0,2 a 1,1 y de 0,2 a 0,5 para los discos estratificados con espesor de 0,6 por estrato. **(Tabla 14)**

El Delta E que se obtuvo al comparar las diferentes estratificaciones de los discos estratificados de color A2 y con espesor de cada estrato de 0,3 mm de la resina

compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro fueron de 3,9 a 4,7 y de 1,7 a 3,2 para los discos estratificados con espesor de 0,6 por estrato. **(Tabla 15)**

El Delta E que se obtuvo al comparar las diferentes estratificaciones de los discos estratificados de color A2 y con espesor de cada estrato de 0,3 mm de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco fueron de 1,8 a 2,6 y de 0,9 a 1,5 para los discos estratificados con espesor de 0,6 por estrato. **(Tabla 16)**

La estratificación Esmalte – Cuerpo – Cuerpo presentaba mayor parámetro de translucidez que la estratificación Esmalte – Cuerpo – Dentina y la estratificación Esmalte – Dentina tenía mayor parámetro de translucidez que la estratificación Esmalte – Dentina - Dentina, tanto para las estratificaciones con resina A1 como con las resinas A2 y sean estratificaciones conformadas por capas de 0,3 mm o de 0,6 mm de espesor. Para todos los discos estratificados, al aumentar el espesor de sus capas, el parámetro de translucidez disminuye (Test de Student. $p < 0,05$). **(Tablas 18 y 19)**

Finalmente, mediante el análisis de regresión entre las diversas variables independientes (opacidad, intensidad y espesor de la resina compuesta estratificada) y la variable dependiente, parámetro de translucidez de la resina compuesta estratificada, se observó una gran asociación entre estas tres variables y los valores del parámetro de translucidez de la resina compuesta. El valor de regresión obtenido fue $R^2=0,981$; estableciendo, cualquier valor $R^2 > 0,3$, una excelente relación entre las variables.

Tabla 1

Resinas compuestas evaluadas

Producto	Fabricante	Tipo de resina compuesta	Color	Lote
Filtek Supreme XTE	3M-ESPE	Nanorelleno	A1 Esmalte	N234621
			A2 Esmalte	N230779
			A1 Cuerpo	N228325
			A2 Cuerpo	N263748
			A1 Dentina	N230125
			A2 Dentina	N223445

Tabla 2

Valores L*a*b* para discos con las diferentes opacidades y espesores de los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

	L*	a*	b*
	A1 Esmalte		
0,3 mm	62,7 (0,87)	-3,1 (0,33)	-1,9 (0,33)
0,6 mm	73,3 (0,87)	-3,3 (0,50)	2,2 (0,44)
0,9 mm	77,0 (1,12)	-4,0 (0,00)	5,7 (0,50)
1,2 mm	79,3 (0,50)	-4,0 (0,00)	7,6 (0,53)
1,5 mm	80,2 (0,67)	-4,1 (0,33)	8,8 (0,44)
	A2 Esmalte		
0,3 mm	61,6 (2,01)	-3,0 (0,00)	1,1 (0,33)
0,6 mm	71,8 (0,44)	-2,9 (0,33)	7,1 (0,33)
0,9 mm	74,3 (1,41)	-2,8 (0,44)	10,6 (0,53)
1,2 mm	76,7 (0,50)	-2,8 (0,44)	13,9 (0,33)
1,5 mm	77,4 (0,73)	-2,8 (0,44)	14,7 (0,50)
	A1 Cuerpo		
0,3 mm	69,6 (0,53)	-4,0 (0,00)	1,9 (0,33)
0,6 mm	76,3 (0,50)	-3,0 (0,00)	6,8 (0,44)
0,9 mm	79,7 (1,32)	-3,0 (0,00)	13,2 (0,83)
1,2 mm	80,9 (0,60)	-3,0 (0,00)	14,1 (0,60)
1,5 mm	82,3 (0,87)	-3,0 (0,00)	14,3 (0,50)
	A2 Cuerpo		
0,3 mm	71,2 (1,48)	-3,0 (0,00)	6,7 (0,50)
0,6 mm	75,4 (0,53)	-2,9 (0,33)	10,3 (0,50)
0,9 mm	79,2 (0,44)	-2,1 (0,33)	14,3 (0,50)
1,2 mm	80,8 (0,67)	-1,8 (0,44)	15,2 (0,44)
1,5 mm	81,7 (0,50)	-1,2 (0,44)	15,4 (0,53)
	A1 Dentina		
0,3 mm	80,1 (0,33)	-3,9 (0,33)	6,6 (0,53)
0,6 mm	85,1 (0,33)	-3,4 (0,53)	9,4 (0,53)
0,9 mm	86,7 (0,50)	-3,0 (0,00)	11,2 (0,44)
1,2 mm	88,1 (0,33)	-2,9 (0,33)	12,1 (0,33)
1,5 mm	88,2 (0,44)	-2,9 (0,33)	13,1 (0,33)
	A2 Dentina		
0,3 mm	77,2 (0,44)	-4,0 (0,00)	8,0 (0,00)
0,6 mm	83,7 (0,50)	-3,0 (0,00)	12,4 (0,53)
0,9 mm	84,3 (0,50)	-2,2 (0,44)	15,2 (0,44)
1,2 mm	85,4 (0,73)	-2,1 (0,33)	17,0 (0,71)
1,5 mm	85,9 (0,33)	-1,9 (0,33)	17,4 (0,53)

(DE): Desviación estándar, n = 9

Gráfico 1

Valor L* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

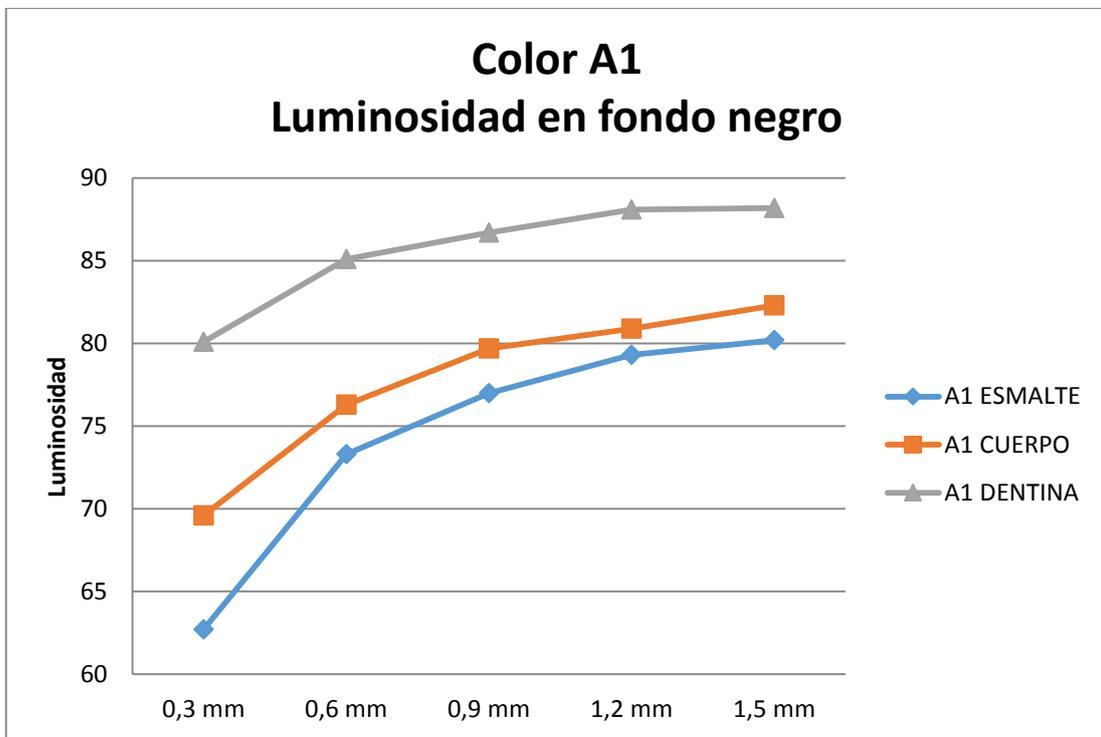


Gráfico 2

Valor L* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

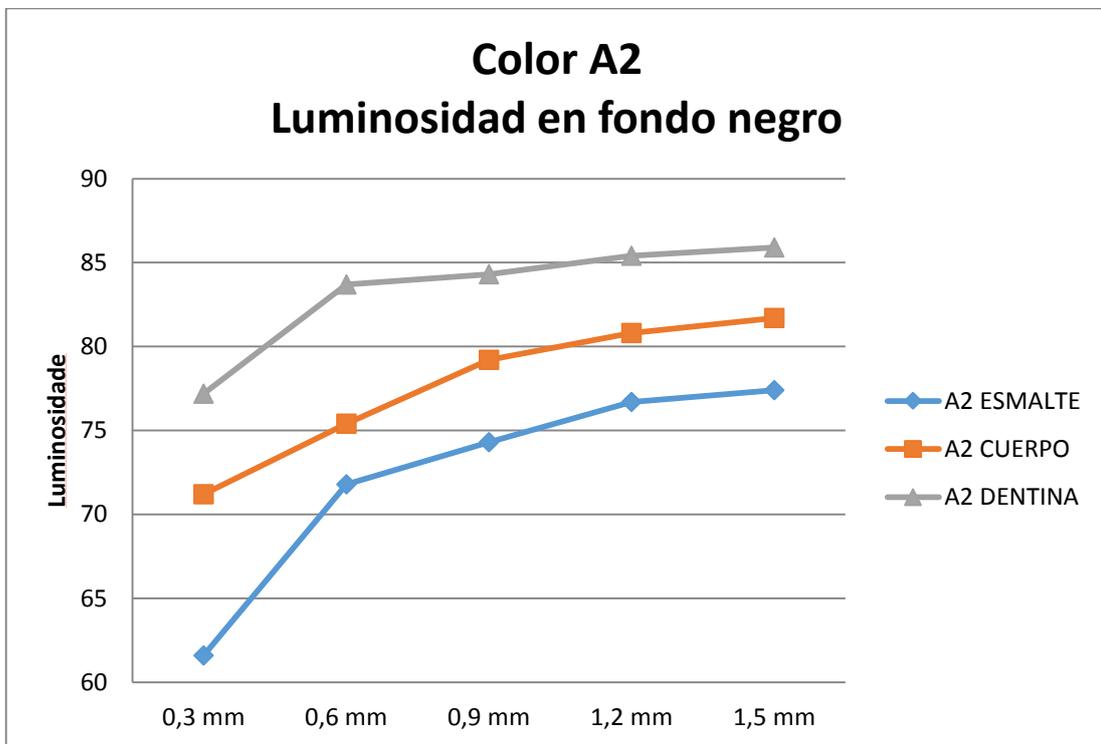


Gráfico 3

Valor a* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

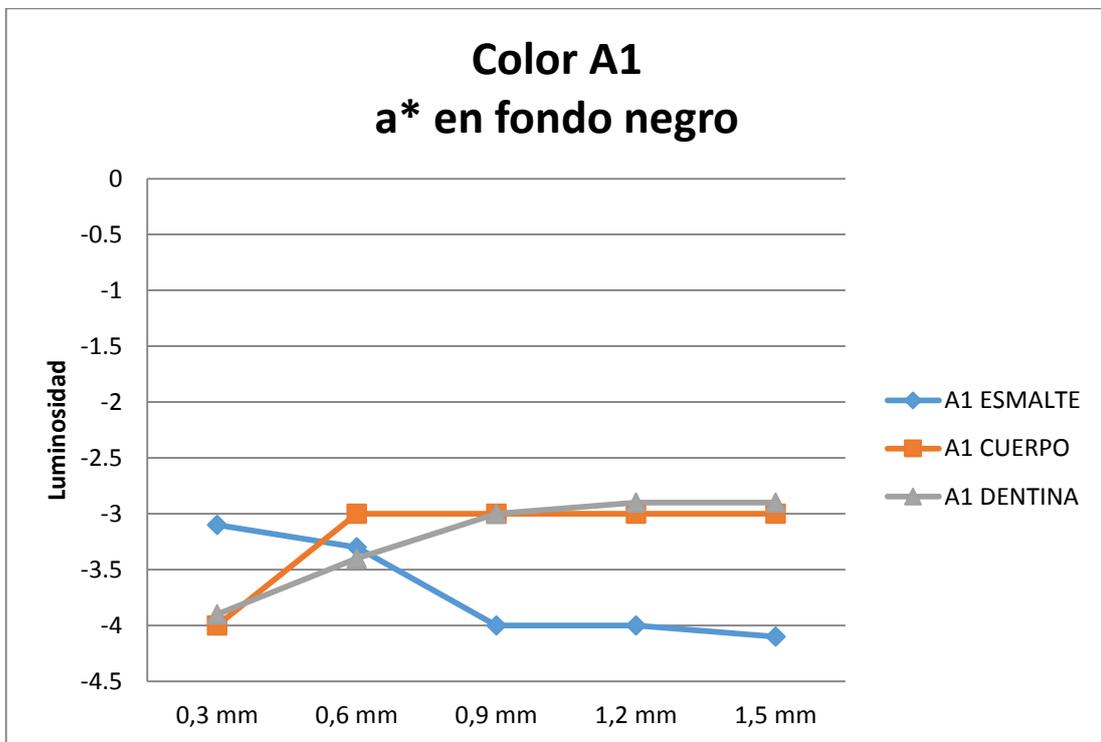


Gráfico 4

Valor a* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

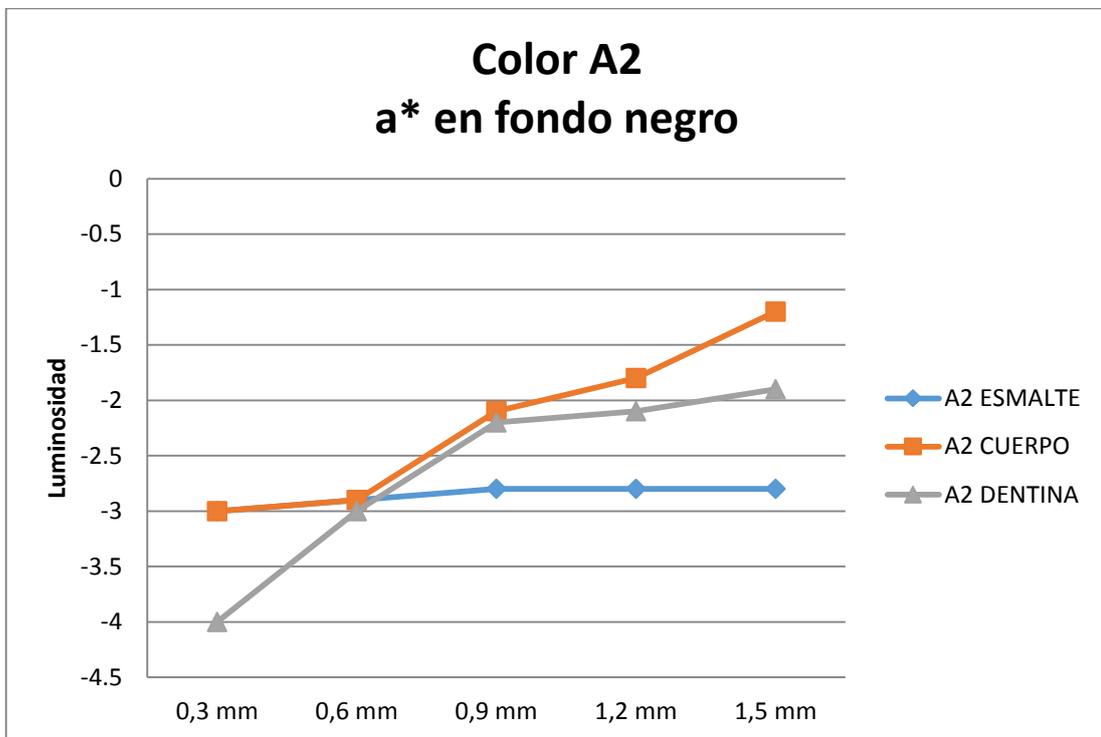


Gráfico 5

Valor b^* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

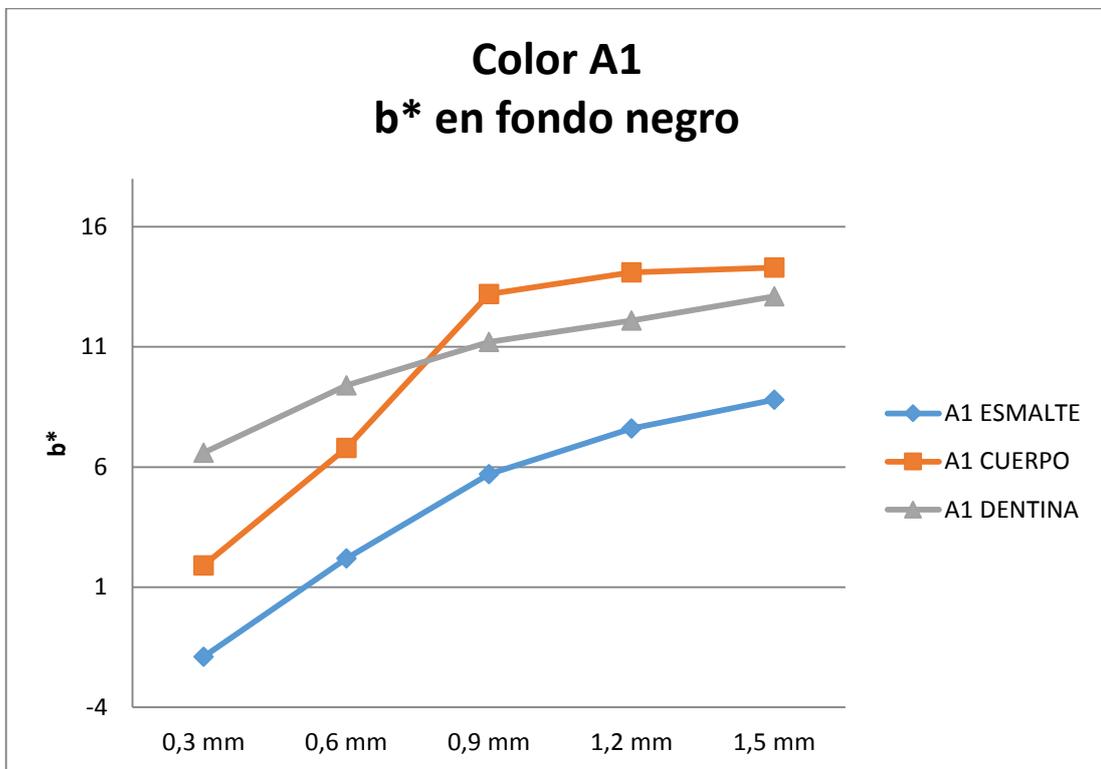


Gráfico 6

Valor b^* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

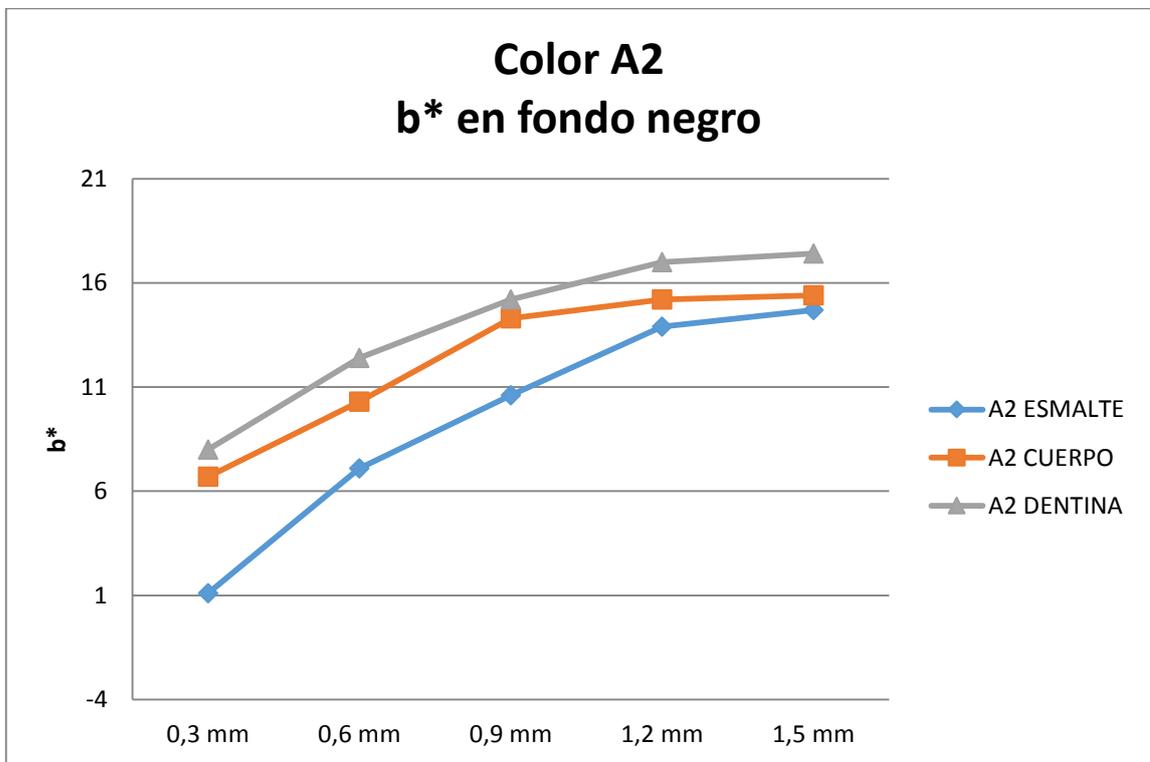


Tabla 3

Valores L*a*b* para discos con las diferentes opacidades y espesores con los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

	L*	a*	b*
	A1 Esmalte		
0,3 mm	95,6 (0,53)	-1,4 (0,53)	3,4 (0,53)
0,6 mm	94,9 (0,33)	-1,9 (0,33)	5,9 (0,33)
0,9 mm	94,0 (0,00)	-2,0 (0,00)	9,2 (0,44)
1,2 mm	93,8 (0,44)	-2,0 (0,00)	11,3 (0,50)
1,5 mm	92,8 (0,44)	-2,1 (0,33)	13,3 (0,71)
	A2 Esmalte		
0,3 mm	96,0 (0,00)	-1,0 (0,00)	5,0 (0,00)
0,6 mm	94,7 (0,50)	-1,0 (0,00)	9,8 (0,83)
0,9 mm	92,7 (0,87)	-1,0 (0,00)	14,3 (0,87)
1,2 mm	92,6 (0,53)	-0,8 (0,44)	18,6 (0,53)
1,5 mm	91,4 (0,53)	0,0 (0,00)	19,7 (0,87)
	A1 Cuerpo		
0,3 mm	96,0 (0,00)	-1,0 (0,00)	4,9 (0,33)
0,6 mm	94,1 (0,33)	-1,9 (0,33)	8,1 (0,33)
0,9 mm	93,1 (0,33)	-1,2 (0,44)	13,4 (0,53)
1,2 mm	92,8 (0,44)	-1,0 (0,00)	16,1 (0,60)
1,5 mm	91,9 (0,60)	-1,2 (0,00)	18,0 (0,71)
	A2 Cuerpo		
0,3 mm	95,7 (0,50)	-1,0 (0,00)	7,4 (0,53)
0,6 mm	94,2 (0,44)	-0,8 (0,44)	12,4 (0,53)
0,9 mm	93,0 (0,00)	0,0 (0,00)	17,9 (0,33)
1,2 mm	92,8 (0,44)	0,3 (0,50)	19,1 (1,05)
1,5 mm	91,3 (0,71)	1,3 (0,50)	21,2 (0,67)
	A1 Dentina		
0,3 mm	94,8 (0,44)	-1,4 (0,00)	7,6 (0,53)
0,6 mm	93,6 (0,53)	-2,0 (0,00)	13,0 (0,50)
0,9 mm	92,7 (0,50)	-1,9 (0,33)	16,1 (0,33)
1,2 mm	92,3 (0,50)	-1,0 (0,00)	15,9 (0,60)
1,5 mm	91,6 (0,53)	-1,0 (0,00)	16,1 (0,60)
	A2 Dentina		
0,3 mm	94,9 (0,33)	-1,6 (0,53)	10,2 (0,44)
0,6 mm	93,8 (0,44)	-1,0 (0,00)	17,4 (0,53)
0,9 mm	91,0 (0,00)	0,0 (0,00)	21,4 (0,73)
1,2 mm	90,9 (0,33)	1,0 (0,00)	22,1 (0,33)
1,5 mm	89,9 (0,33)	1,0 (0,00)	22,8 (0,67)

(DE): Desviación estándar, n = 9

Gráfico 7

Valor L* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

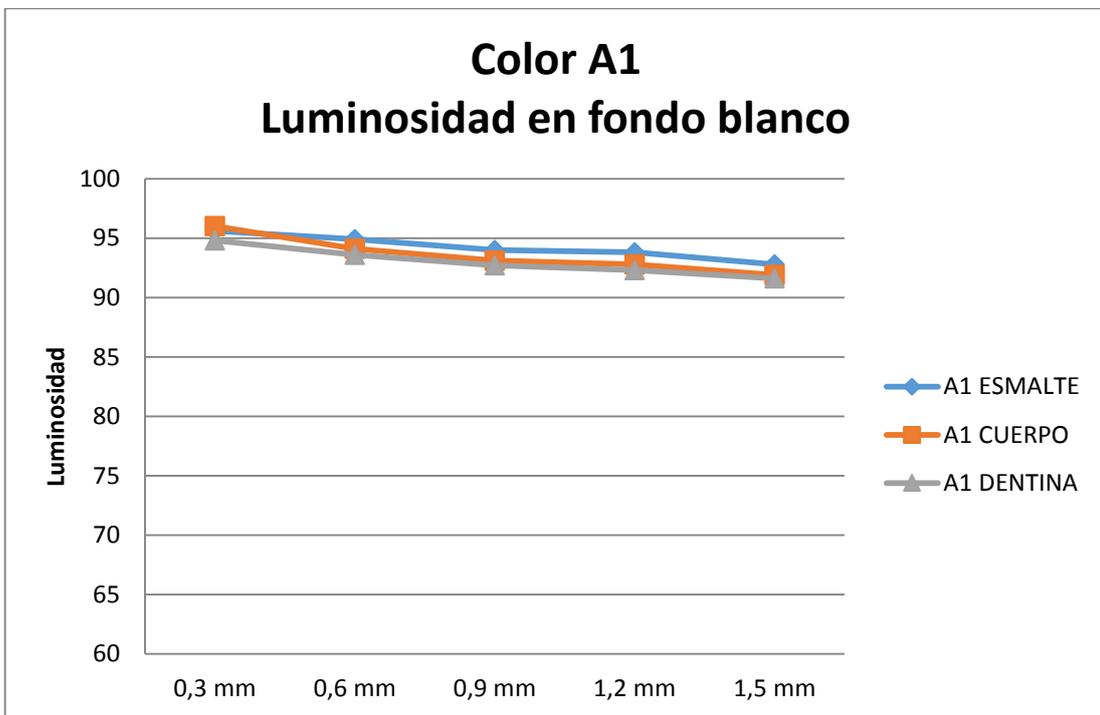


Gráfico 8

Valor L* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

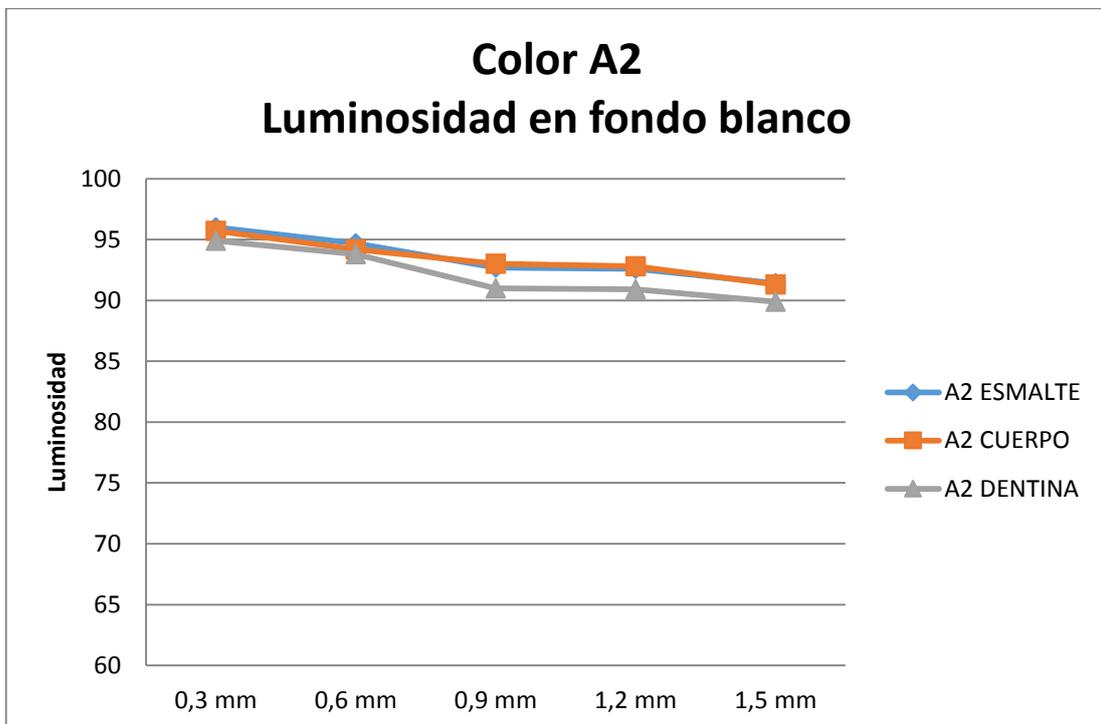


Gráfico 9

Valor a* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

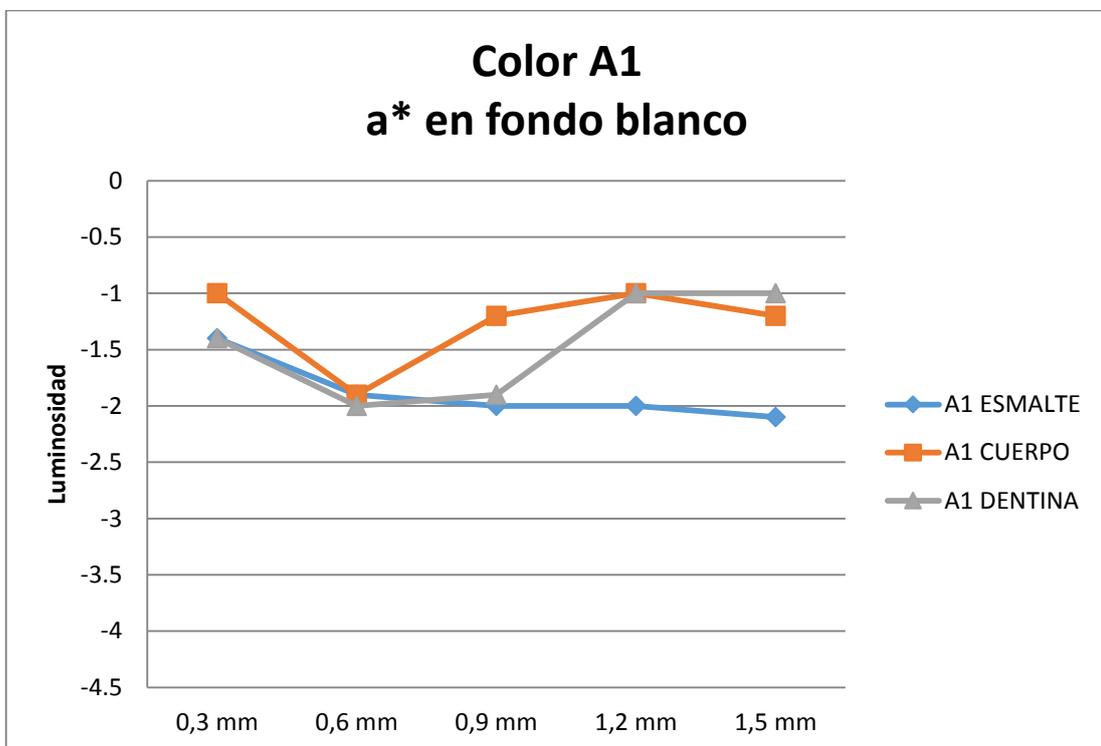


Gráfico 10

Valor a* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

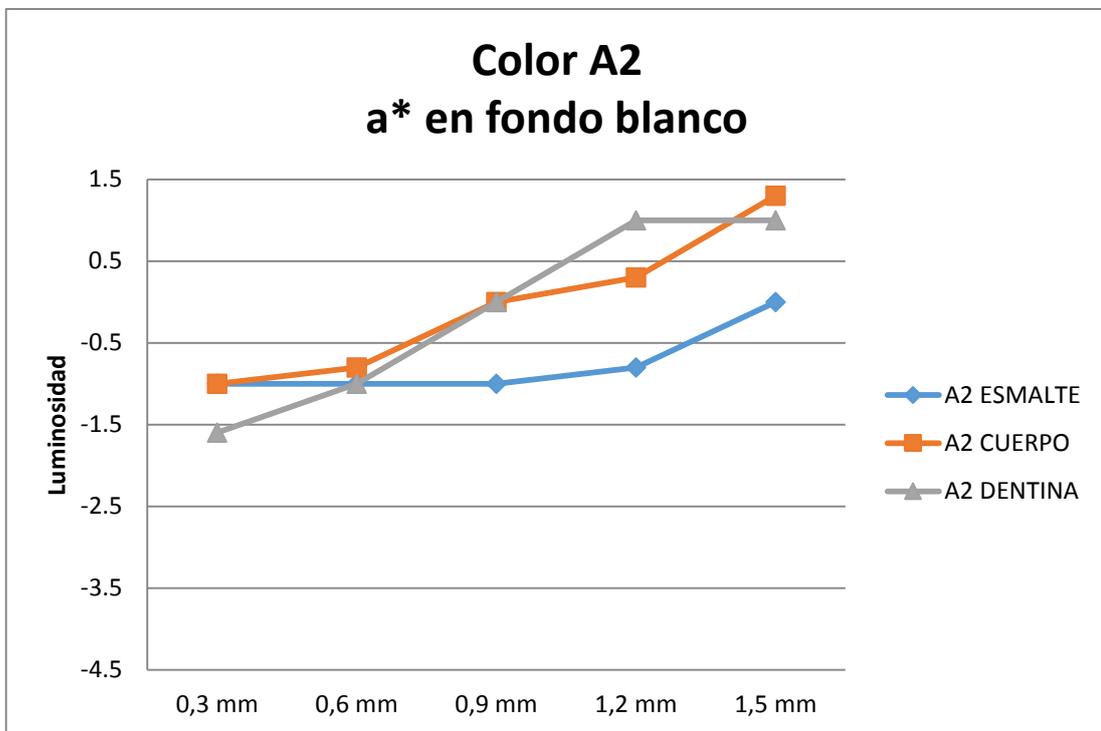


Gráfico 11

Valor b^* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

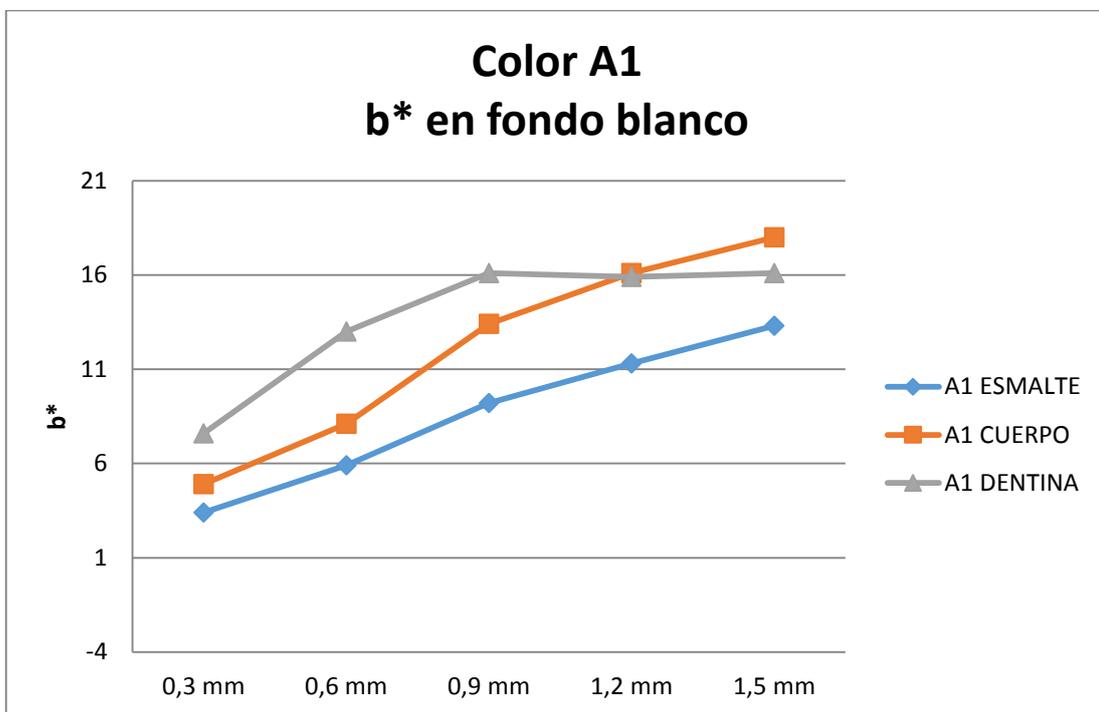


Gráfico 12

Valor b^* para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

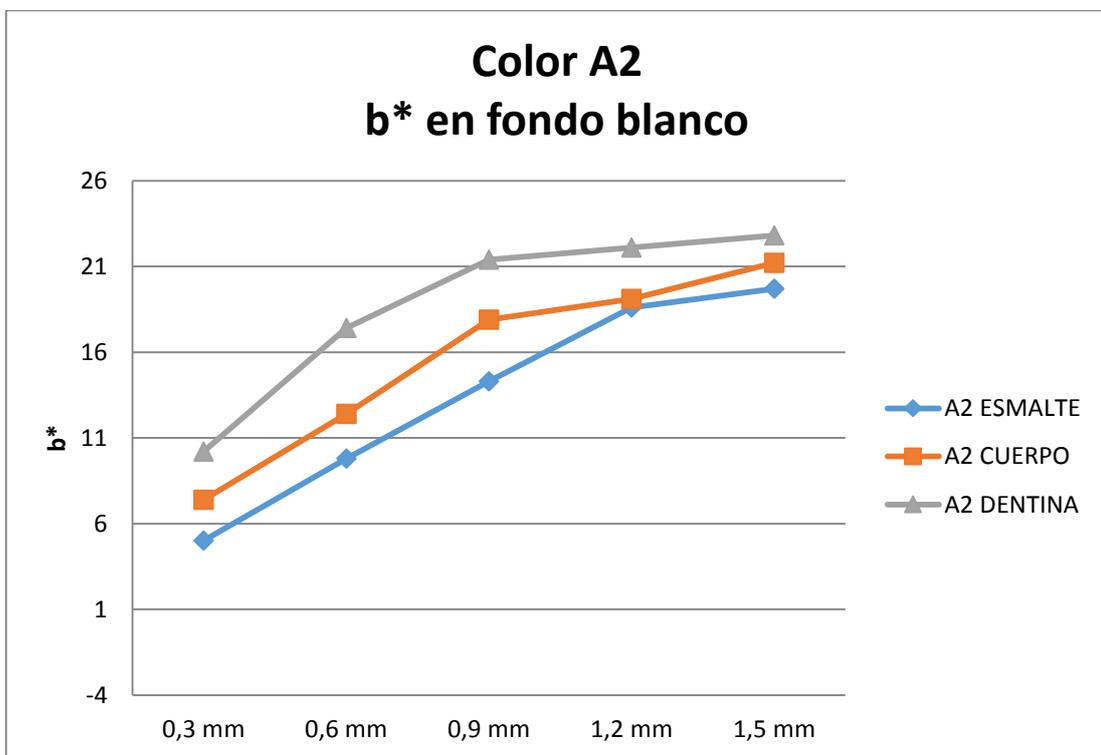


Tabla 4

Diferencias de los valores L*a*b* al variar el espesor del disco, para las tres opacidades (Esmalte, Cuerpo y Dentina) del color A1 y A2 sobre fondo negro y blanco.

Fondo	Color	n	Espesor	Espesor					p (ANOVA)
				0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	
Negro	A1 esmalte	9	L*	62,7	73,3	77,0	79,3a	80,2a	0,000
		9	a*	-3,1a	-3,3a	-4,0b	-4,0bc	-4,1c	0,000
		9	b*	-1,9	2,2	5,7	7,6	8,8	0,000
	A2 esmalte	9	L*	61,6	71,8	74,3	76,7a	77,4a	0,000
		9	a*	-3,0	-2,9	-2,8	-2,8	-2,8	0,637
		9	b*	1,1	7,1	10,6	13,9	14,7	0,000
	A1 cuerpo	9	L*	69,6	76,3	79,7a	80,9a	82,3	0,000
		9	a*	-4,0	-3,0a	-3,0a	-3,0a	-3,0a	0,000
		9	b*	1,9	6,8	13,2	14,1a	14,3a	0,000
	A2 cuerpo	9	L*	71,2	75,4	79,2	80,8a	81,7a	0,000
		9	a*	-3,0a	-2,9a	-2,1b	-1,8b	-1,2	0,000
		9	b*	6,7	10,3	14,3	15,2a	15,4a	0,000
	A1 dentina	9	L*	80,1	85,1	86,7	88,1a	88,2a	0,000
		9	a*	-3,9a	-3,4ab	-3,0bc	-2,9c	-2,9c	0,000
		9	b*	6,6	9,4	11,2	12,1	13,1	0,000
	A2 dentina	9	L*	77,2	83,7a	84,3a	85,4b	85,9b	0,000
		9	a*	-4,0	-3,0	-2,2a	-2,1a	-1,9a	0,000
		9	b*	8,0	12,4	15,2	17,0a	17,4a	0,000
Blanco	A1 esmalte	9	L*	95,6	94,9	94,0a	93,8a	92,8	0,000
		9	a*	-1,4a	-1,9ab	-2,0b	-2,0b	-2,1b	0,000
		9	b*	3,4	5,9	9,2	11,3	13,3	0,000
	A2 esmalte	9	L*	96,0	94,7	92,7a	92,6a	91,4	0,000
		9	a*	-1,0a	-1,0a	-1,0a	-0,8a	0,0	0,000
		9	b*	5,0	9,8	14,3	18,6	19,7	0,000
	A1 cuerpo	9	L*	96,0	94,1	93,1a	92,8a	91,9	0,000
		9	a*	-1,0	-1,9	-1,2b	-1,0b	-1,2b	0,000
		9	b*	4,9	8,1	13,4	16,1	18,0	0,000
	A2 cuerpo	9	L*	95,7	94,2	93,0a	92,8a	91,3	0,000
		9	a*	-1,0a	-0,8a	0,0b	0,3b	1,3	0,000
		9	b*	7,4	12,4	17,9	19,1	21,2	0,000
	A1 dentina	9	L*	94,8	93,6	92,7a	92,3a	91,6	0,000
		9	a*	-1,4a	-2,0b	-1,9ab	-1,0	-1,0	0,000
		9	b*	7,6	13,0	16,1a	15,9a	16,1a	0,000
	A2 dentina	9	L*	94,9	93,8	91,0a	90,9a	89,9	0,000
		9	a*	-1,6	-1,0	0,0	1,0a	1,0a	0,000
		9	b*	10,2	17,4	21,4a	22,1ab	22,8b	0,000

Las letras a, b y c indican las medias que no presentan diferencias estadísticamente significativas al hacer las comparaciones dos a dos (post-hoc: Scheffe).

Tabla 5

Parámetro de translucidez para discos con las diferentes opacidades y espesores con los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

	Parámetro de Translucidez
	A1 Esmalte
0,3 mm	33,4 (0,75)
0,6 mm	21,9 (1,05)
0,9 mm	17,5 (1,09)
1,2 mm	15,1 (0,80)
1,5 mm	13,5 (0,93)
	A2 Esmalte
0,3 mm	34,7 (2,02)
0,6 mm	23,1 (0,33)
0,9 mm	18,8 (1,04)
1,2 mm	16,7 (0,66)
1,5 mm	15,1 (0,78)
	A1 Cuerpo
0,3 mm	26,8 (0,55)
0,6 mm	17,9 (0,45)
0,9 mm	13,5 (1,20)
1,2 mm	12,2 (0,56)
1,5 mm	10,4 (0,94)
	A2 Cuerpo
0,3 mm	24,5 (1,51)
0,6 mm	19,0 (0,70)
0,9 mm	14,4 (0,46)
1,2 mm	12,8 (0,65)
1,5 mm	11,5 (0,75)
	A1 Dentina
0,3 mm	14,9 (0,44)
0,6 mm	9,3 (0,40)
0,9 mm	7,8 (0,71)
1,2 mm	6,0 (0,57)
1,5 mm	4,9 (0,72)
	A2 Dentina
0,3 mm	18,0 (0,46)
0,6 mm	11,5 (0,40)
0,9 mm	9,4 (0,68)
1,2 mm	8,1 (0,54)
1,5 mm	7,3 (0,38)

Gráfico 13

Parámetro de translucidez para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE

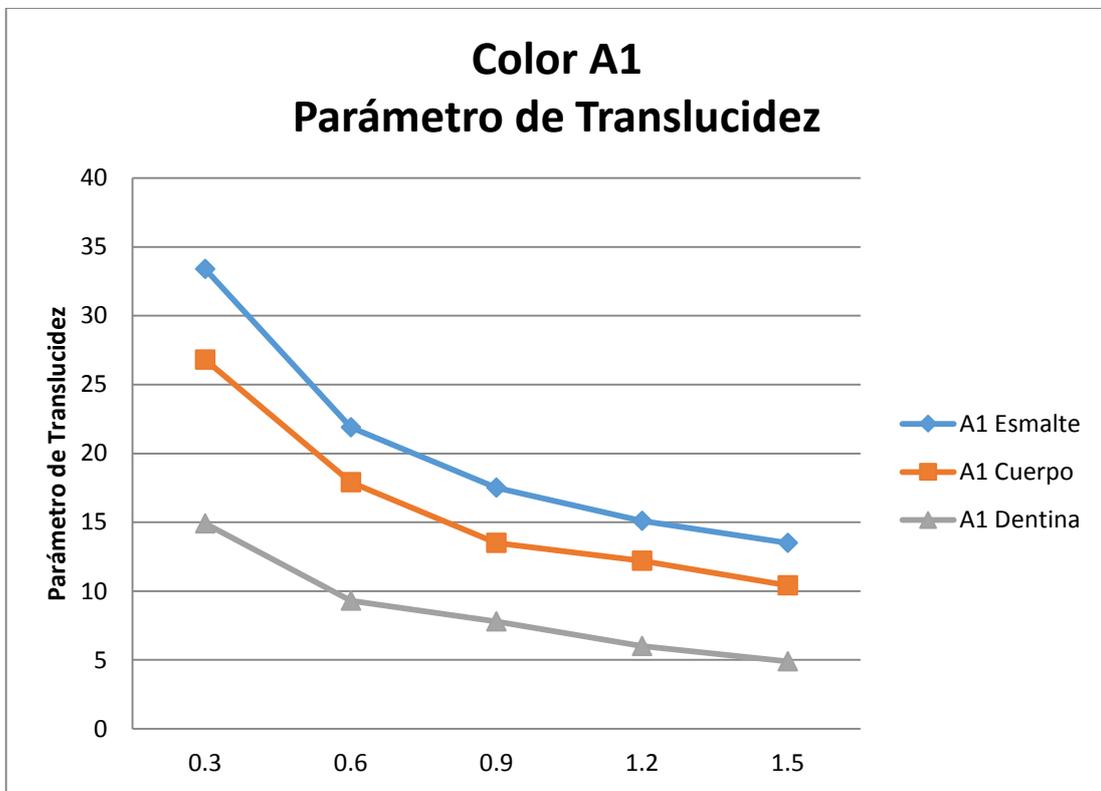


Gráfico 14

Parámetro de translucidez para discos con las diferentes opacidades y espesores del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE

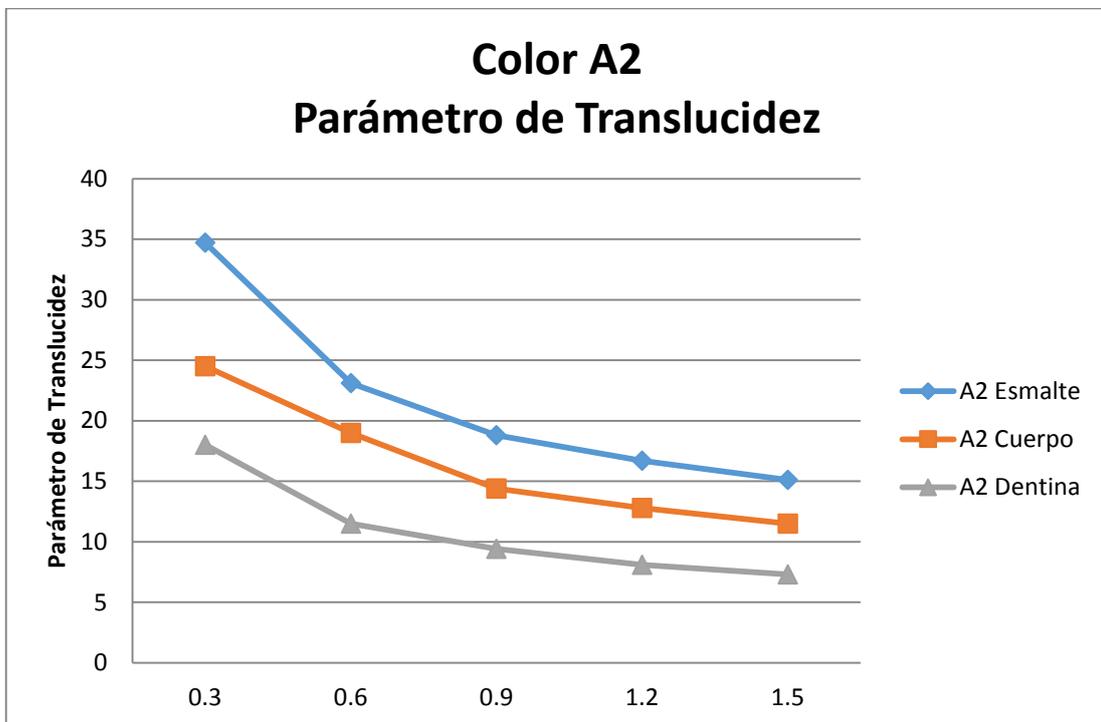


Tabla 6

Comparación del parámetro de translucidez entre discos con diferentes espesores de los colores A1 y A2 y opacidades Esmalte, Cuerpo y Dentina de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

OPACIDAD	COLOR	n	ESPESOR										F*	p
			0,3		0,6		0,9		1,2		1,5			
			Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE		
ESMALTE	A1	9	33,4	0,75	21,9	1,05	17,5	1,09	15,1	0,80	13,5	0,93	656,70	0,000
	A2	9	34,7	2,02	23,1	0,33	18,8	1,04	16,7a	0,66	15,1a	0,78	441,68	0,000
CUERPO	A1	9	26,8	0,55	17,9	0,45	13,5	1,20	12,2	0,56	10,4	0,94	600,48	0,000
	A2	9	24,5	1,51	19,0	0,70	14,4	0,46	12,8b	0,65	11,5b	0,75	320,13	0,000
DENTINA	A1	9	14,9	0,44	9,3	0,40	7,8	0,71	6,0	0,57	4,9	0,72	400,43	0,000
	A2	9	18,0	0,46	11,5	0,40	9,4	0,68	8,1	0,54	7,3	0,38	652,29	0,000

*ANOVA, prueba post hoc: Scheffe; a,b: letras iguales indican ausencia de diferencias.

Tabla 7

Comparación del parámetro de translucidez para discos con diferentes opacidades de los colores A1 y A2 en cinco espesores de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

ESPESOR	COLOR	n	OPACIDAD						F*	p
			ESMALTE		CUERPO		DENTINA			
			Media	DE	Media	DE	Media	DE		
0,3	A1	9	33,4	0,75	26,8	0,55	14,9	0,44	2235,84	0,000
	A2	9	34,7	2,02	24,5	1,51	18,0	0,46	291,88	0,000
0,6	A1	9	21,9	1,05	17,9	0,45	9,3	0,40	765,23	0,000
	A2	9	23,1	0,33	19,0	0,70	11,5	0,40	1249,49	0,000
0,9	A1	9	17,5	1,09	13,6	1,20	7,8	0,71	203,65	0,000
	A2	9	18,8	1,04	14,4	0,46	9,4	0,68	346,03	0,000
1,2	A1	9	15,1	0,80	12,2	0,56	6,0	0,57	455,35	0,000
	A2	9	16,7	0,66	12,8	0,65	8,1	0,54	435,09	0,000
1,5	A1	9	13,5	0,93	10,4	0,94	4,9	0,72	225,29	0,000
	A2	9	15,1	0,78	11,5	0,75	7,3	0,38	317,89	0,000

*ANOVA, prueba post hoc: Scheffe

Tabla 8

Diferencia de color entre discos con diferentes espesores de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

COMBINACIÓN A1 Esmalte		DELTA E	COMBINACIÓN A1 Cuerpo		DELTA E	COMBINACIÓN A1 Dentina		DELTA E
0,3 mm	0,6 mm	11,4	0,3 mm	0,6 mm	8,4	0,3 mm	0,6 mm	5,8
0,3 mm	0,9 mm	16,2	0,3 mm	0,9 mm	20,1	0,3 mm	0,9 mm	8,1
0,3 mm	1,2 mm	19,2	0,3 mm	1,2 mm	16,7	0,3 mm	1,2 mm	9,8
0,3 mm	1,5 mm	20,6	0,3 mm	1,5 mm	17,8	0,3 mm	1,5 mm	10,5
0,6 mm	0,9 mm	5,1	0,6 mm	0,9 mm	11,7	0,6 mm	0,9 mm	2,4
0,6 mm	1,2 mm	8,1	0,6 mm	1,2 mm	8,6	0,6 mm	1,2 mm	4,1
0,6 mm	1,5 mm	9,5	0,6 mm	1,5 mm	8,6	0,6 mm	1,5 mm	4,1
0,9 mm	1,2 mm	3,0	0,9 mm	1,2 mm	5,3	0,9 mm	1,2 mm	1,7
0,9 mm	1,5 mm	3,4	0,9 mm	1,5 mm	4,0	0,9 mm	1,5 mm	2,4
1,2 mm	1,5 mm	1,5	1,2 mm	1,5 mm	2,0	1,2 mm	1,5 mm	1,0
A2 Esmalte			A2 Cuerpo			A2 Dentina		
0,3 mm	0,6 mm	11,9	0,3 mm	0,6 mm	5,6	0,3 mm	0,6 mm	7,9
0,3 mm	0,9 mm	15,9	0,3 mm	0,9 mm	11,1	0,3 mm	0,9 mm	10,3
0,3 mm	1,2 mm	19,8	0,3 mm	1,2 mm	12,9	0,3 mm	1,2 mm	12,3
0,3 mm	1,5 mm	20,9	0,3 mm	1,5 mm	13,8	0,3 mm	1,5 mm	13,0
0,6 mm	0,9 mm	4,3	0,6 mm	0,9 mm	5,6	0,6 mm	0,9 mm	3,0
0,6 mm	1,2 mm	8,4	0,6 mm	1,2 mm	7,3	0,6 mm	1,2 mm	5,0
0,6 mm	1,5 mm	8,4	0,6 mm	1,5 mm	7,3	0,6 mm	1,5 mm	5,0
0,9 mm	1,2 mm	4,1	0,9 mm	1,2 mm	1,8	0,9 mm	1,2 mm	1,7
0,9 mm	1,5 mm	5,2	0,9 mm	1,5 mm	2,9	0,9 mm	1,5 mm	2,7
1,2 mm	1,5 mm	1,1	1,2 mm	1,5 mm	1,1	1,2 mm	1,5 mm	0,7

Tabla 9

Diferencia de color entre discos con diferentes espesores de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

COMBINACIÓN A1 Esmalte		DELTA E	COMBINACIÓN A1 Cuerpo		DELTA E	COMBINACIÓN A1 Dentina		DELTA E
0,3 mm	0,6 mm	2,6	0,3 mm	0,6 mm	3,8	0,3 mm	0,6 mm	5,6
0,3 mm	0,9 mm	6,0	0,3 mm	0,9 mm	9,0	0,3 mm	0,9 mm	8,8
0,3 mm	1,2 mm	8,1	0,3 mm	1,2 mm	11,7	0,3 mm	1,2 mm	8,7
0,3 mm	1,5 mm	10,3	0,3 mm	1,5 mm	13,7	0,3 mm	1,5 mm	10,5
0,6 mm	0,9 mm	3,5	0,6 mm	0,9 mm	5,5	0,6 mm	0,9 mm	3,2
0,6 mm	1,2 mm	5,6	0,6 mm	1,2 mm	8,2	0,6 mm	1,2 mm	3,3
0,6 mm	1,5 mm	5,6	0,6 mm	1,5 mm	8,2	0,6 mm	1,5 mm	3,3
0,9 mm	1,2 mm	2,1	0,9 mm	1,2 mm	2,7	0,9 mm	1,2 mm	1,0
0,9 mm	1,5 mm	4,3	0,9 mm	1,5 mm	4,0	0,9 mm	1,5 mm	1,4
1,2 mm	1,5 mm	2,2	1,2 mm	1,5 mm	2,1	1,2 mm	1,5 mm	0,8
A2 Esmalte			A2 Cuerpo			A2 Dentina		
0,3 mm	0,6 mm	5,0	0,3 mm	0,6 mm	5,2	0,3 mm	0,6 mm	7,3
0,3 mm	0,9 mm	9,9	0,3 mm	0,9 mm	10,8	0,3 mm	0,9 mm	12,0
0,3 mm	1,2 mm	14,0	0,3 mm	1,2 mm	12,1	0,3 mm	1,2 mm	12,8
0,3 mm	1,5 mm	15,4	0,3 mm	1,5 mm	14,6	0,3 mm	1,5 mm	13,8
0,6 mm	0,9 mm	5,0	0,6 mm	0,9 mm	5,6	0,6 mm	0,9 mm	5,0
0,6 mm	1,2 mm	9,0	0,6 mm	1,2 mm	6,9	0,6 mm	1,2 mm	5,8
0,6 mm	1,5 mm	9,0	0,6 mm	1,5 mm	6,9	0,6 mm	1,5 mm	5,8
0,9 mm	1,2 mm	4,2	0,9 mm	1,2 mm	1,3	0,9 mm	1,2 mm	1,2
0,9 mm	1,5 mm	5,6	0,9 mm	1,5 mm	3,9	0,9 mm	1,5 mm	2,0
1,2 mm	1,5 mm	1,8	1,2 mm	1,5 mm	2,8	1,2 mm	1,5 mm	1,2

Tabla 10

Valores L*a*b* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y de los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

	L*	a*	b*
	A1 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	65,4 (0,53)	-2,9 (0,33)	4,2 (0,67)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	67,4 (0,88)	-3,1 (0,33)	5,4 (0,88)
Esmalte-Dentina	67,9 (0,33)	-3,1 (0,33)	4,2 (0,44)
Esmalte-Dentina-Dentina	71,8 (0,83)	-3,0 (0,00)	6,0 (0,00)
	A2 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	63,9 (0,78)	-1,8 (0,44)	7,6 (0,53)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	67,3 (1,12)	-2,6 (0,53)	9,2 (0,44)
Esmalte-Dentina	66,2 (1,72)	-3,0 (0,00)	6,6 (0,88)
Esmalte-Dentina-Dentina	69,4 (1,01)	-2,9 (0,33)	10,0 (0,00)
	A1 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	68,7 (0,50)	-2,9 (0,33)	7,0 (0,00)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	70,9 (0,78)	-3,0 (0,50)	9,3 (0,50)
Esmalte-Dentina	71,2 (1,20)	-3,0 (0,00)	7,2 (0,44)
Esmalte-Dentina-Dentina	74,0 (1,50)	-2,9 (0,33)	9,9 (0,93)
	A2 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	68,0 (0,71)	-1,2 (0,44)	12,4 (0,53)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	68,6 (1,51)	-1,6 (0,53)	14,0 (0,87)
Esmalte-Dentina	69,3 (1,22)	-2,9 (0,33)	13,0 (0,87)
Esmalte-Dentina-Dentina	71,6 (0,73)	-1,9 (0,33)	15,0 (0,00)

(DE): Desviación estándar, n = 9

Gráfico 15

Valor L* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

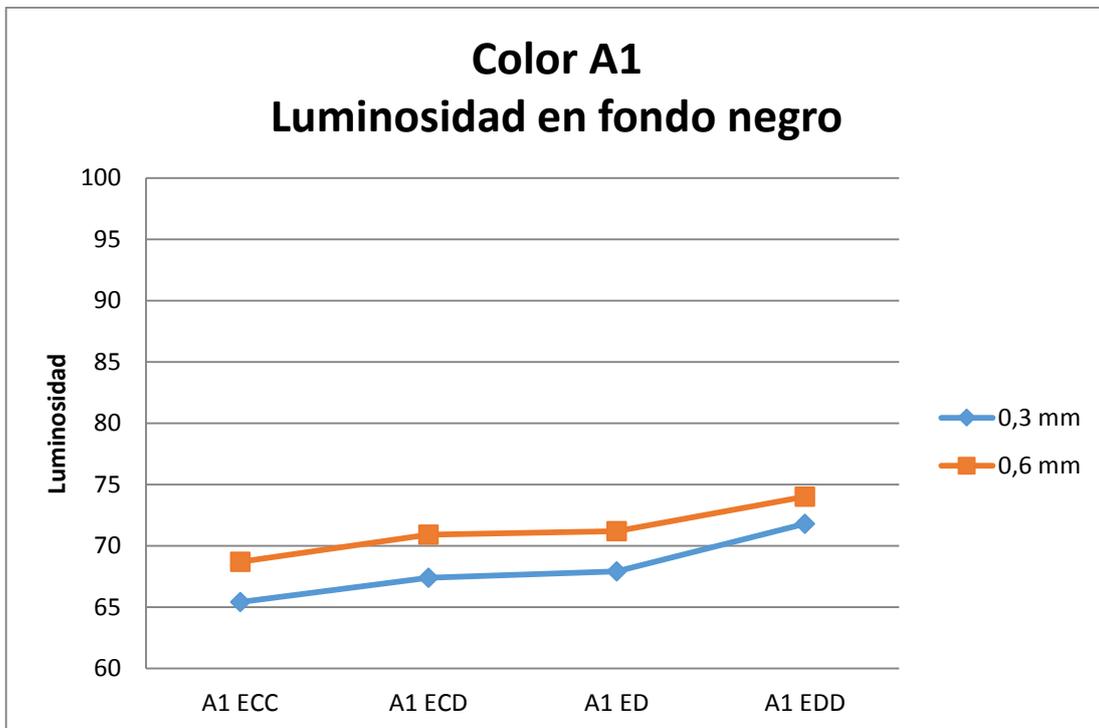


Gráfico 16

Valor L* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

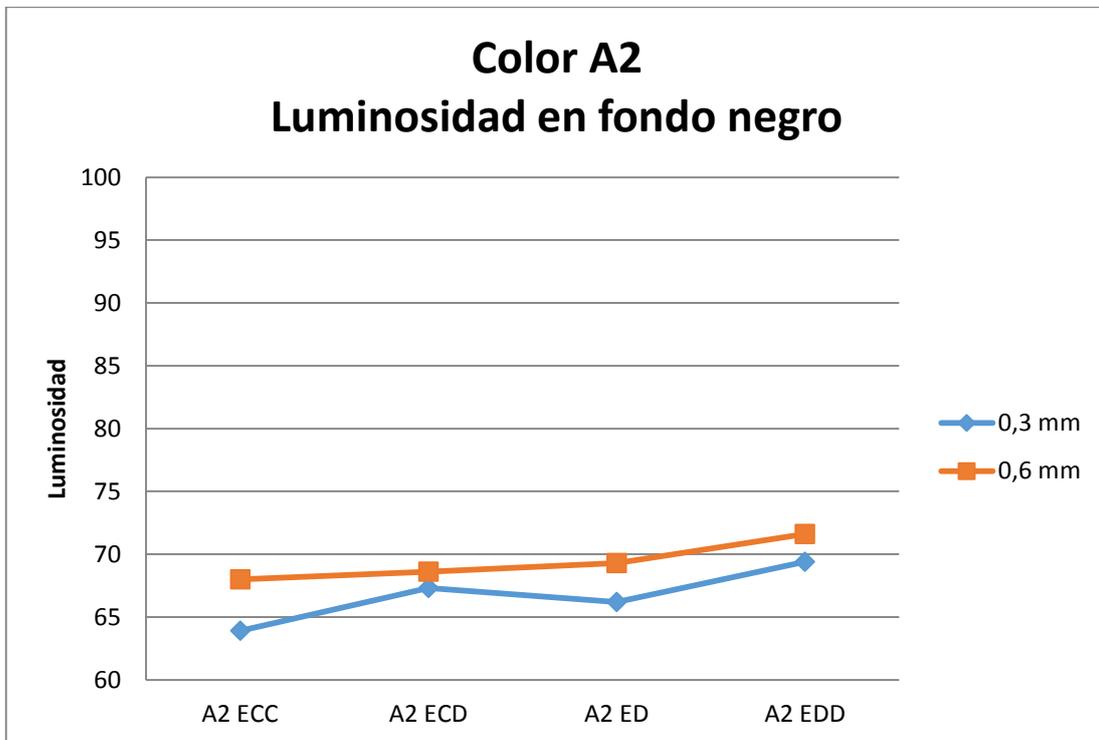


Gráfico 17

Valor a* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

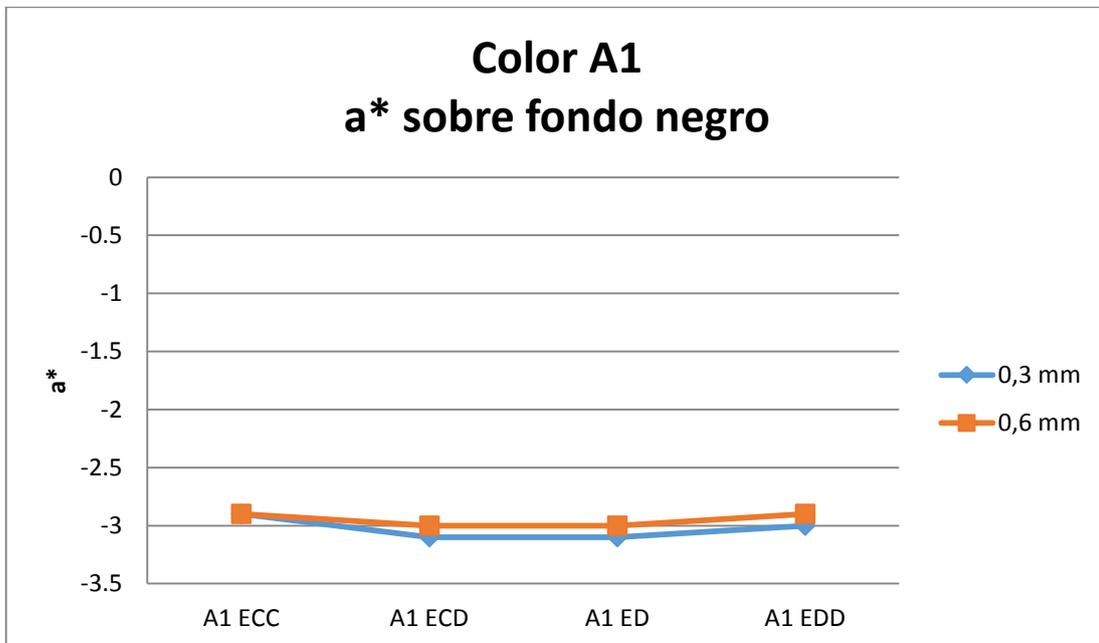


Gráfico 18

Valor a^* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

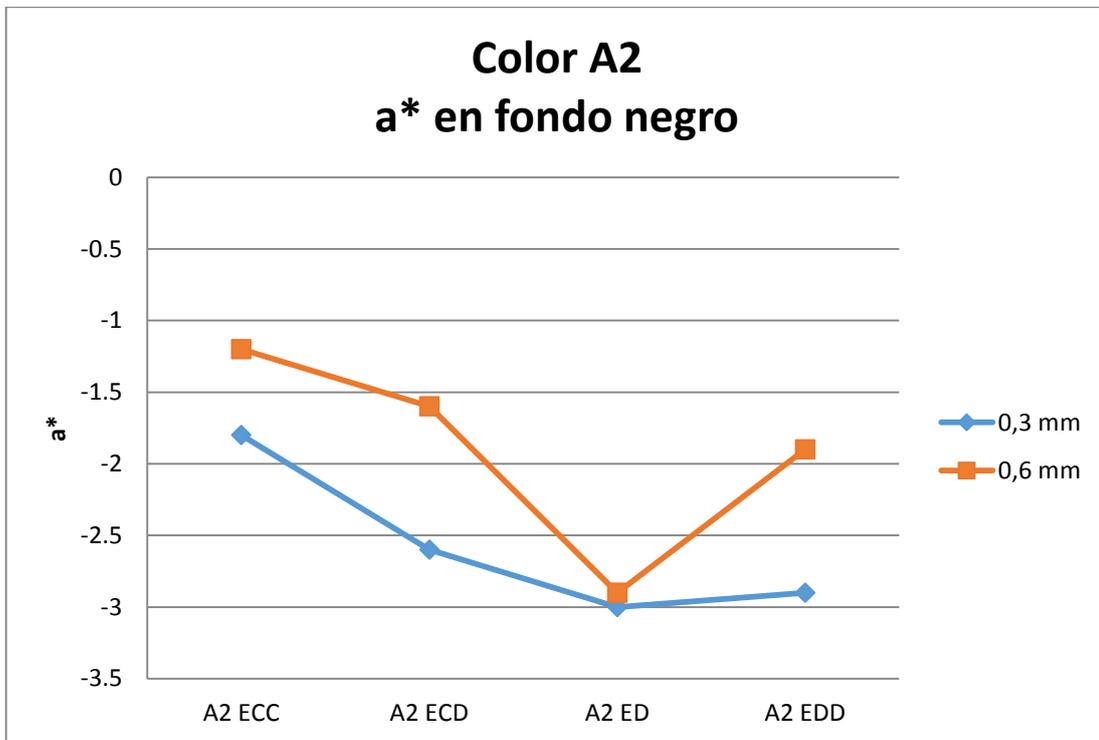


Gráfico 19

Valor b^* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

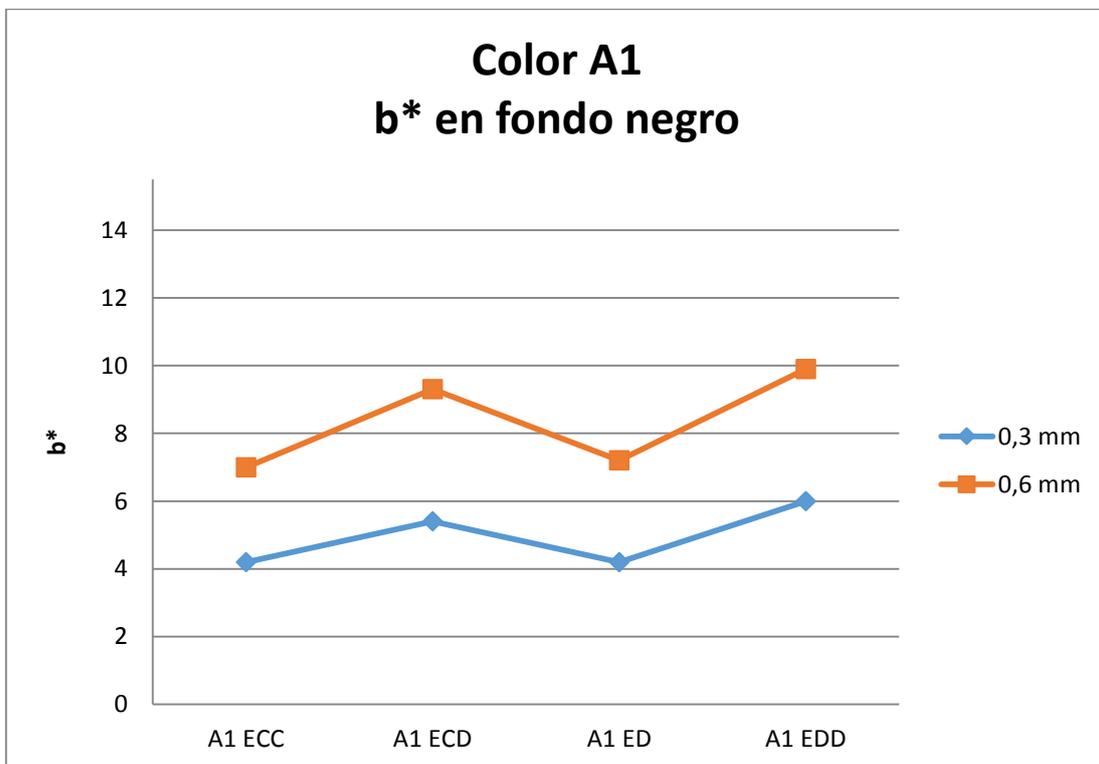


Gráfico 20

Valor b^* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro.

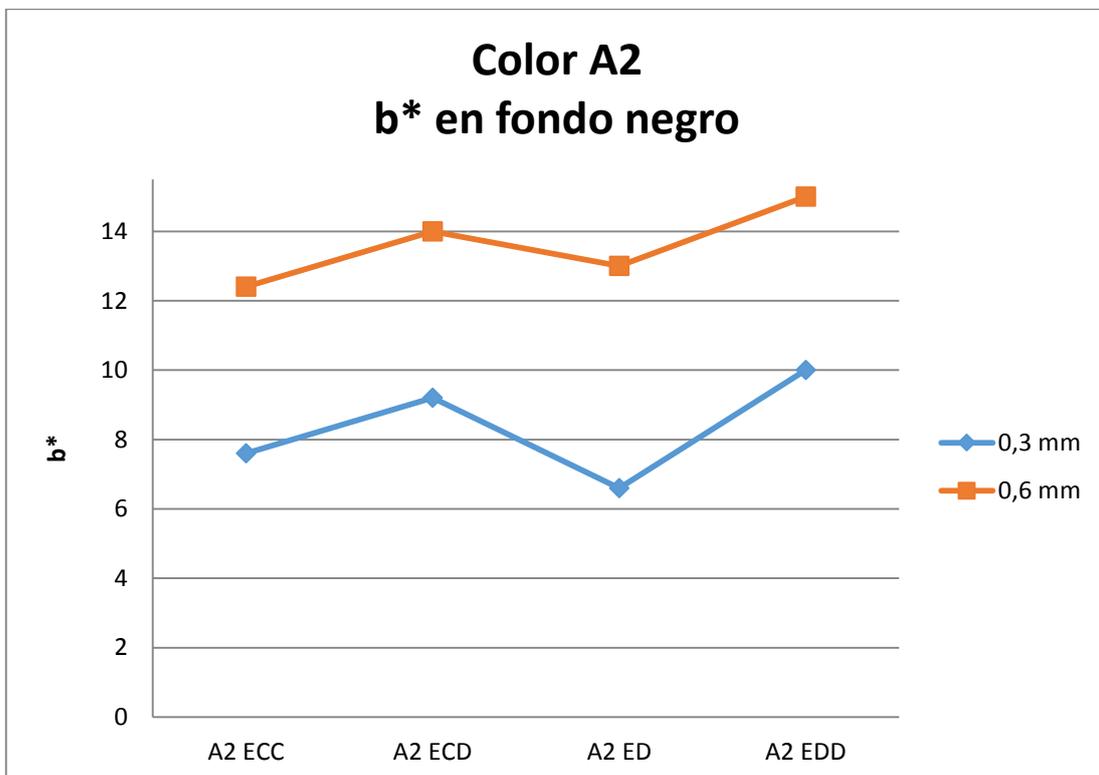


Tabla 11

Valores L*a*b* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y de los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

	L*	a*	b*
	A1 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	88,8 (1,09)	-1,0 (0,00)	6,9 (0,78)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	88,9 (0,60)	-1,0 (0,00)	7,0 (0,87)
Esmalte-Dentina	87,7 (0,71)	-1,6 (0,53)	7,0 (0,00)
Esmalte-Dentina-Dentina	87,4 (0,73)	-1,1 (0,33)	8,0 (0,00)
	A2 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	88,0 (0,87)	-0,1 (0,33)	10,2 (0,44)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	88,3 (1,00)	-0,3 (0,50)	12,0 (0,87)
Esmalte-Dentina	88,0 (0,50)	-1,2 (0,44)	10,0 (0,71)
Esmalte-Dentina-Dentina	88,8 (0,44)	-0,2 (0,44)	12,2 (0,44)
	A1 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	89,3 (1,32)	-1,0 (0,00)	9,3 (0,50)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	88,9 (0,93)	-0,9 (0,33)	9,2 (0,44)
Esmalte-Dentina	87,3 (1,12)	-1,1 (0,33)	9,6 (0,73)
Esmalte-Dentina-Dentina	87,2 (1,20)	-1,0 (0,00)	9,7 (0,50)
	A2 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	87,4 (2,35)	1,1 (0,33)	14,1 (1,69)
Esmalte-Cuerpo-Dentina	86,8 (0,44)	1,0 (0,00)	14,8 (1,48)
Esmalte-Dentina	88,2 (0,83)	-0,3 (0,50)	14,0 (0,71)
Esmalte-Dentina-Dentina	87,3 (1,50)	0,9 (0,33)	14,0 (0,71)

(DE): Desviación estándar, n = 9

Gráfico 21

Valor L* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

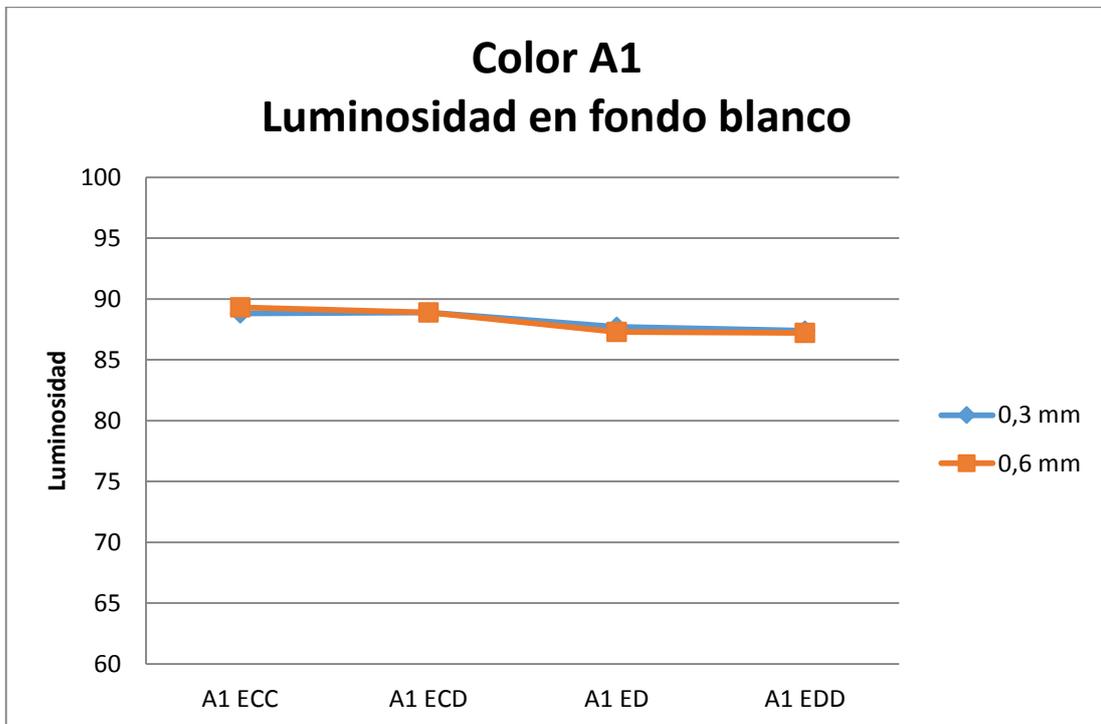


Gráfico 22

Valor L* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

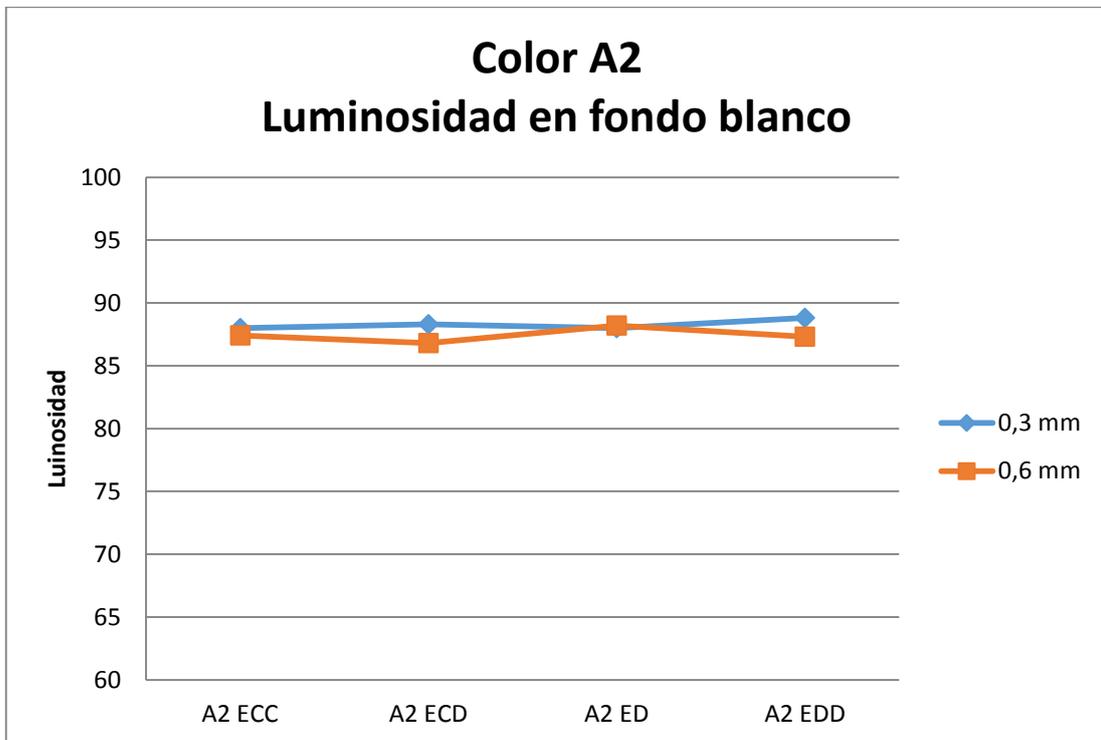


Gráfico 23

Valor a* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

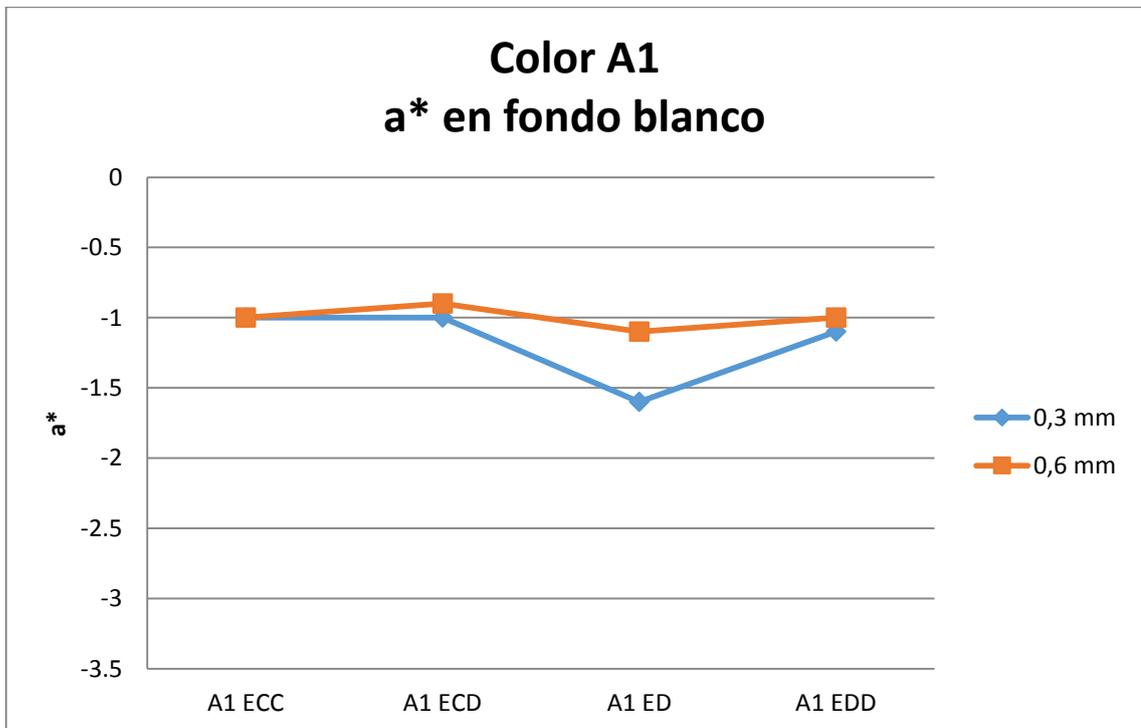


Gráfico 24

Valor a^* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

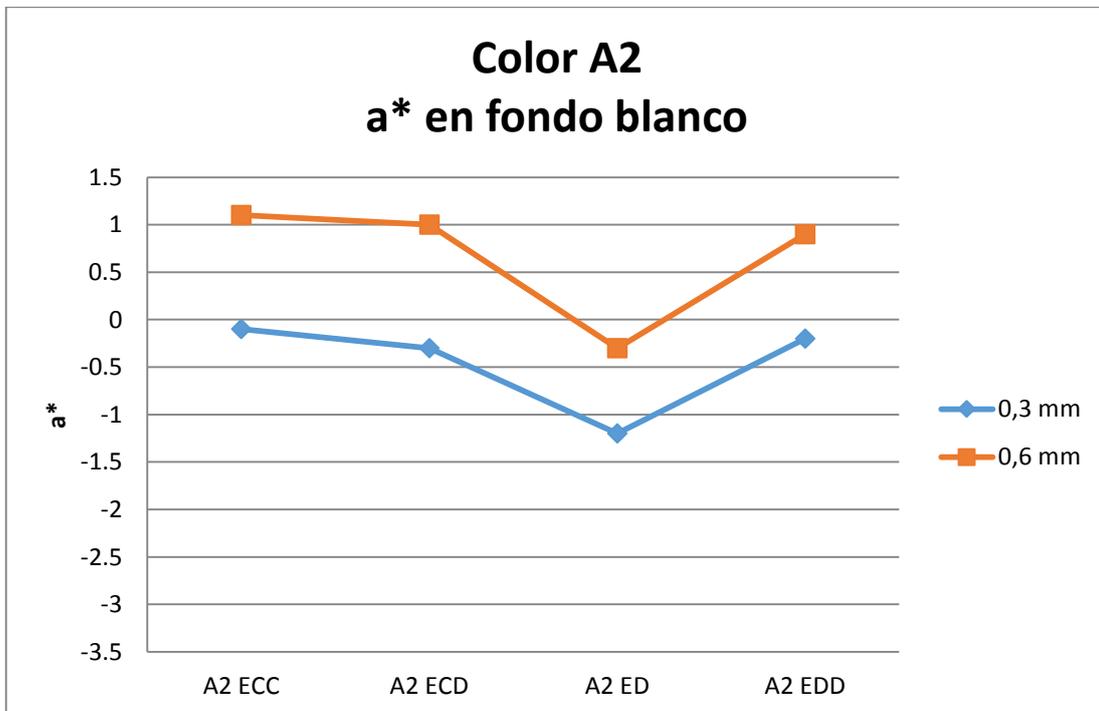


Gráfico 25

Valor b^* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

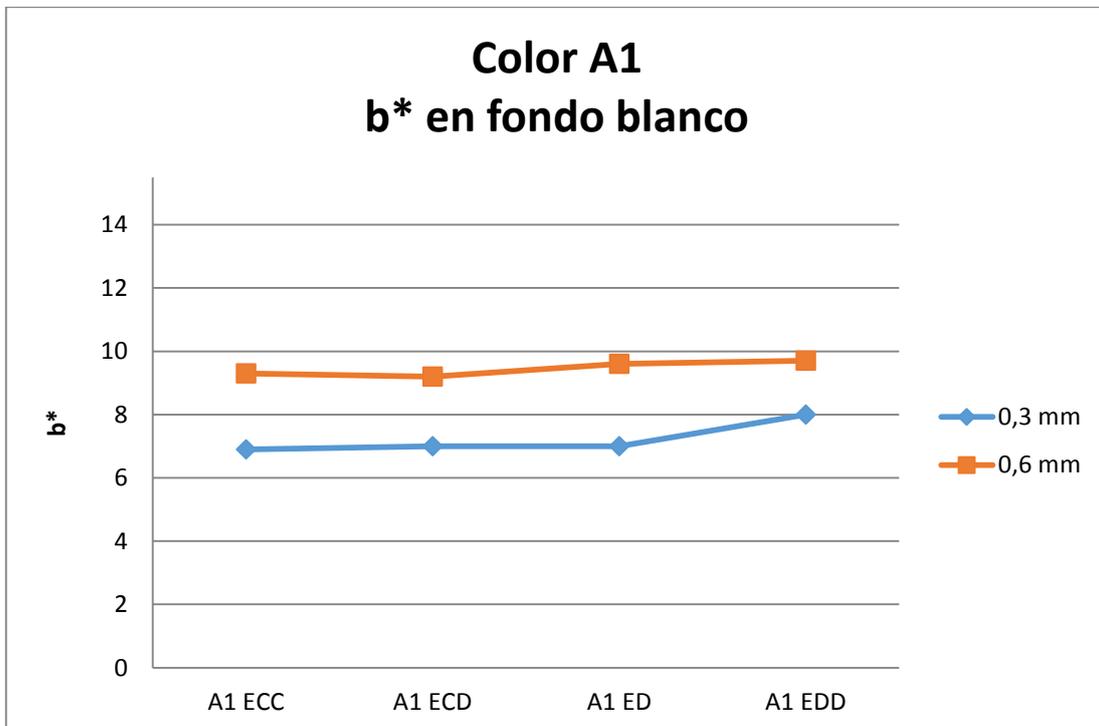


Gráfico 26

Valor b^* para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco.

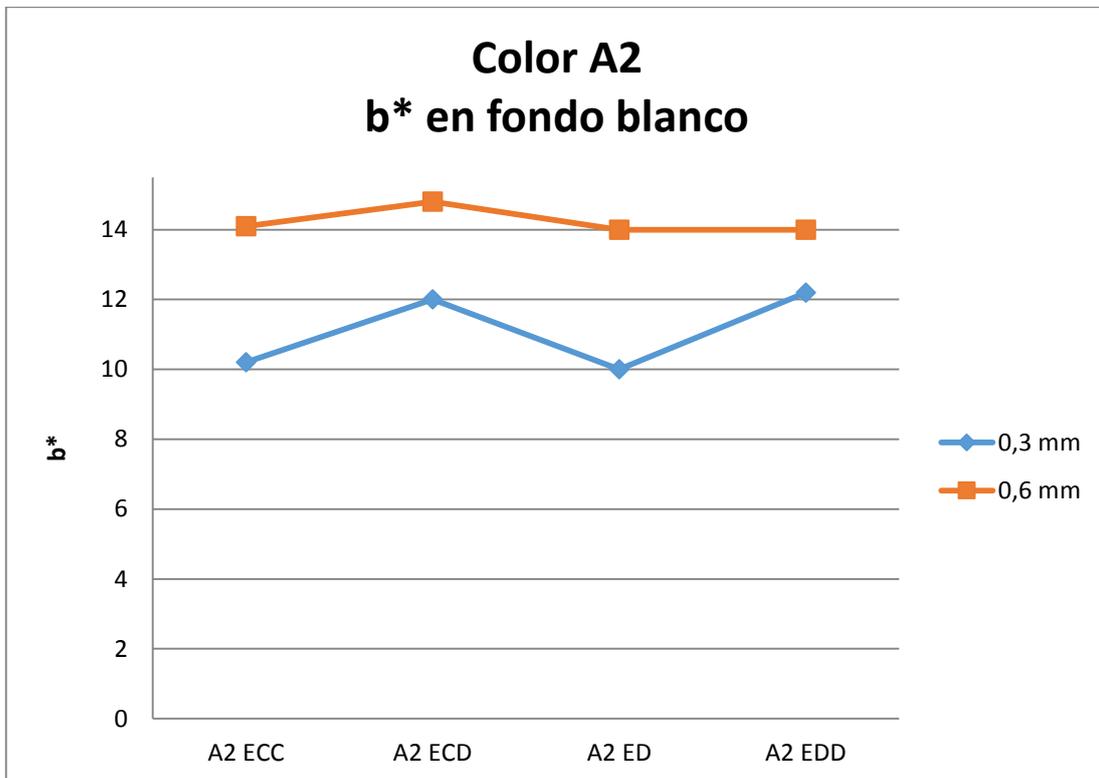


Tabla 12

Comparación de los valores L*a*b* entre las estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor, de los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro y blanco.

Espesor	CIELab	n	FONDO NEGRO						FONDO BLANCO					
			A1 ECD		A1 ECC		t	p	A1 ECD		A1 ECC		t	p
			media	DE	media	DE			media	DE	media	DE		
0,3	L*	9	67,4	0,88	65,4	0,53	5,84	0,00	88,9	0,60	88,8	1,09	0,24	0,41
	a*	9	-3,1	0,33	-2,9	0,33	-1,41	0,09	-1,0	0,00	-1,0	0,00	NC	NC
	b*	9	5,4	0,88	4,2	0,67	3,31	0,00	7,0	0,87	6,9	0,78	0,28	0,39
0,6	L*	9	70,9	0,78	68,7	0,50	7,19	0,00	88,9	0,93	89,3	1,32	-0,74	0,23
	a*	9	-3,0	0,50	-2,9	0,33	-0,55	0,29	-0,9	0,33	-1,0	0,00	1,00	0,17
	b*	9	9,3	0,50	7,0	0,00	-1,90	0,00	9,2	0,44	9,3	0,50	-0,50	0,31
Espesor	CIELab	n	A1 EDD		A1 ED		t	p	A1 EDD		A1 ED		t	p
			media	DE	media	DE			media	DE				
0,3	L*	9	71,8	0,83	67,9	0,33	13,07	0,00	87,4	0,73	87,7	0,71	-0,88	0,19
	a*	9	-3,0	0,00	-3,1	0,33	1,00	0,83	-1,1	0,33	-1,6	0,53	2,16	0,02
	b*	9	6,0	0,00	4,2	0,44	12,14	0,00	8,0	0,00	7,0	0,00	NC	NC
0,6	L*	9	74,0	1,50	71,2	1,20	4,34	0,00	87,2	1,20	87,3	1,12	-0,18	0,43
	a*	9	-2,9	0,33	-3,0	0,00	1,00	0,17	-1,0	0,00	-1,1	0,33	1,00	0,17
	b*	9	9,9	0,93	7,2	0,44	7,79	0,00	9,7	0,50	9,6	0,73	0,37	0,36
Espesor	CIELab	n	A2 ECD		A2 ECC		t	p	A2 ECD		A2 ECC		t	p
			media	DE	media	DE			media	DE				
0,3	L*	9	67,3	1,118	63,9	0,782	7,473	0,00	88,3	1,00	88,0	0,87	0,68	0,25
	a*	9	-2,6	0,527	-1,8	0,441	-3,397	0,002	-0,3	0,50	-0,1	0,33	-1,10	0,14
	b*	9	9,2	0,441	7,6	0,527	7,23	0,00	12,0	0,87	10,2	0,44	5,54	0,00
0,6	L*	9	68,6	1,509	68,0	0,707	1,079	0,148	86,8	0,44	87,4	2,35	-0,75	0,23
	a*	9	-1,6	0,527	-1,2	0,441	-1,481	0,079	1,0	0,00	1,1	0,33	-1,00	0,17
	b*	9	14,0	0,866	12,4	0,527	4,712	1E-04	14,8	1,48	14,1	1,69	0,93	0,18
Espesor	CIELab	n	A2 EDD		A2 ED		T	p	A2 EDD		A2 ED		t	p
			media	DE	media	DE			media	DE				
0,3	L*	9	69,4	1,01	66,2	1,72	4,81	0,00	88,8	0,44	88,0	0,50	3,60	0,00
	a*	9	-2,9	0,33	-3,0	0,00	1,00	0,17	-0,2	0,44	-1,2	0,44	4,82	0,00
	b*	9	10,0	0,00	6,6	0,88	11,73	0,00	12,2	0,44	10,0	0,71	7,90	0,00
0,6	L*	9	71,6	0,73	69,3	1,22	4,85	0,00	87,3	1,50	88,2	0,83	-1,58	0,07
	a*	9	-1,9	0,33	-2,9	0,33	6,43	0,00	0,9	0,33	-0,3	0,50	6,11	0,00
	b*	9	15,0	0,00	13,0	0,87	6,90	0,00	14,0	0,71	14,0	0,71	0,00	0,50

Tabla 13

Diferencia de color entre discos estratificados de color A1 y con espesor de cada estrato de 0,3 y 06 mm y de diferente estratificación de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro

		Delta E
A1 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	2,4
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	4,3
A1 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	3,2
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	3,9

Tabla 14

Diferencia de color entre discos estratificados de color A1 y con espesor de cada estrato de 0,3 y 06 mm y de diferente estratificación de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco

		Delta E
A1 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	0,2
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	1,1
A1 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	0,5
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	0,2

Tabla 15

Diferencia de color entre discos estratificados de color A2 y con espesor de cada estrato de 0,3 y 06 mm y de diferente estratificación de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo negro

		Delta E
A2 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	3,9
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	4,7
A2 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	1,7
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	3,2

Tabla 16

Diferencia de color entre discos estratificados de color A2 y con espesor de cada estrato de 0,3 y 06 mm y de diferente estratificación de la resina compuesta Filtek Supreme XTE sobre fondo blanco

		Delta E
A2 (0,3 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	1,8
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	2,6
A2 (0,6 mm)		
Esmalte-Cuerpo-Cuerpo	Esmalte-Cuerpo-Dentina	0,9
Esmalte-Dentina	Esmalte-Dentina-Dentina	1,5

Tabla 17

Parámetro de translucidez para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y de los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

	Parámetro de translucidez
	0,3 mm
A1	
Esmalte - Cuerpo - Cuerpo	23,6 (1,19)
Esmalte - Cuerpo - Dentina	21,7 (0,66)
Esmalte - Dentina	20,1 (0,70)
Esmalte - Dentina - Dentina	15,8 (1,05)
A2	
Esmalte - Cuerpo - Cuerpo	24,3 (1,48)
Esmalte - Cuerpo - Dentina	21,3 (0,87)
Esmalte - Dentina	22,1 (1,71)
Esmalte - Dentina - Dentina	19,7 (0,98)
	0,6 mm
A1	
Esmalte - Cuerpo - Cuerpo	20,8 (1,51)
Esmalte - Cuerpo - Dentina	18,1 (0,71)
Esmalte - Dentina	16,4 (1,98)
Esmalte - Dentina - Dentina	13,3 (1,31)
A2	
Esmalte - Cuerpo - Cuerpo	19,6 (1,63)
Esmalte - Cuerpo - Dentina	18,4 (1,67)
Esmalte - Dentina	19,1 (1,82)
Esmalte - Dentina - Dentina	16,0 (1,84)

Gráfico 27

Parámetro de translucidez para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A1 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

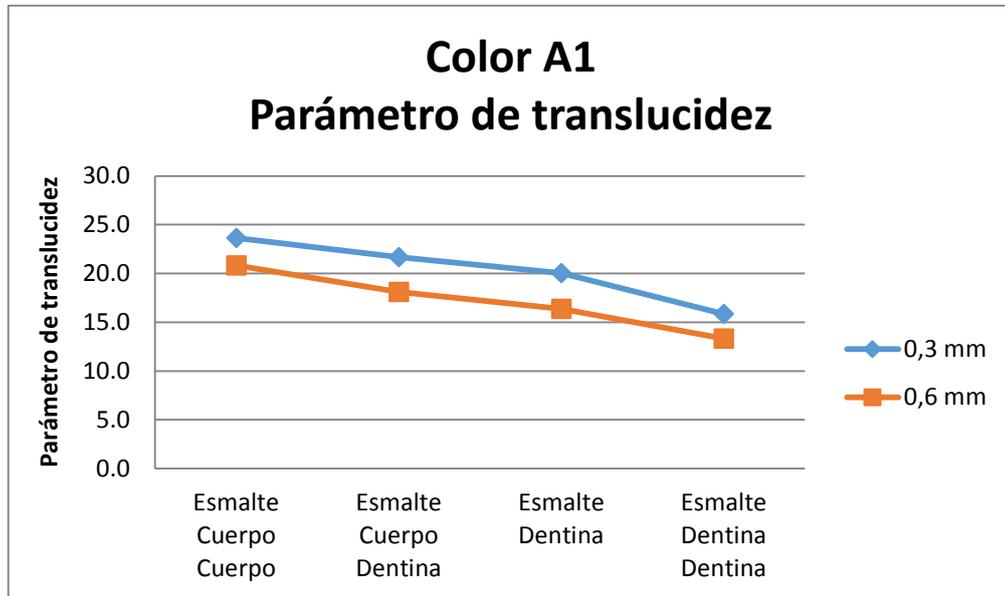


Gráfico 28

Parámetro de translucidez para estratificaciones de diferentes opacidades, de estratos de 0,3 mm y 0,6 mm de espesor y del color A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

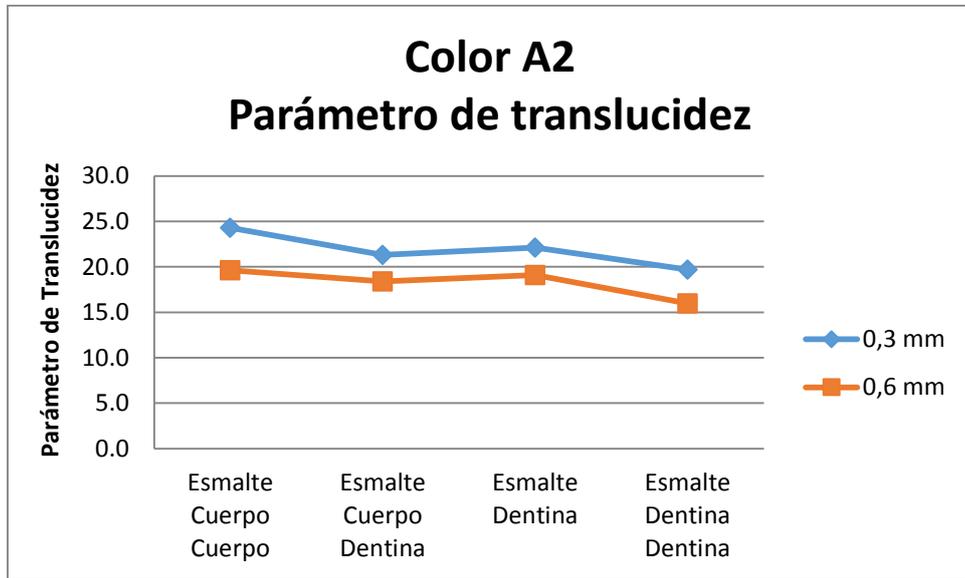


Tabla 18

Comparación del parámetro de translucidez entre las diferentes estratificaciones con capas de espesores de 0,3 mm y 0,6 mm, de los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

COLOR	ESTRATO	n	ESPESOR							
			0,3				0,6			
			Media	DE	T	p	Media	DE	t	p
A1	ECD	9	21.67	0.66	-4.23	0.000	18.11	0.71	-5.03	0.000
	ECC	9	23.59	1.19			20.91	1.51		
A2	ECD	9	21.32	0.87	-5.28	0.000	18.43	1.67	-1.66	0.058
	ECC	9	24.34	1.48			19.72	1.63		
A1	EDD	9	15.90	1.05	-9.77	0.000	13.39	1.31	-3.80	0.001
	ED	9	20.01	0.70			16.40	1.98		
A2	EDD	9	19.64	0.98	-3.79	0.001	16.08	1.84	-3.51	0.001
	ED	9	22.13	1.71			19.11	1.82		

Tabla 19

Comparación del parámetro de translucidez entre estratificaciones de diferentes espesores, de los colores A1 y A2 de la resina compuesta Filtek Supreme XTE.

ESTRATO	COLOR	n	ESPESOR				t	p
			0.30		0.6			
			Media	DE	Media	DE		
ECD	A1	9	21.67	0.66	18.11	0.71	11.02	0.000
	A2	9	21.32	0.87	18.43	1.67	4.60	0.000
ECC	A1	9	23.59	1.19	20.91	1.51	4.18	0.000
	A2	9	24.34	1.48	19.72	1.63	6.30	0.000
EDD	A1	9	15.90	1.05	13.39	1.31	4.49	0.000
	A2	9	19.64	0.98	16.08	1.84	5.12	0.000
ED	A1	9	20.01	0.70	16.40	1.98	5.16	0.000
	A2	9	22.13	1.71	19.11	1.82	3.63	0.001

5. DISCUSIÓN

El color y la apariencia del diente son fenómenos complejos, con muchos factores que influyen en la percepción total del color del diente como las condiciones de luz, translucidez, opacidad, dispersión de la luz, el brillo, el cerebro y el ojo humano. (Ahmad I. 1999)

El color de un diente está determinado por la correlación entre esmalte, dentina y la luz durante el proceso de reflexión y refracción de la luz. (Vanini L. 1996)

Cuando la luz alcanza la superficie del esmalte del diente natural, la forma y el color del diente producen varios tipos de reflexión. Una porción de la luz es reflejada y otra penetra en el esmalte, el cual es transparente y translúcido; esta luego es reflejada dentro del esmalte sobre la dentina opaca. El color de la dentina está dada por la luz que se refleja desde la dentina a través del esmalte. Este color está influenciado por el esmalte que está encima, dando como resultado un área opaca. (Buda M. 1994)

Durante la interacción de la luz con los tejidos dentales, el esmalte actúa como un filtro donde a mayor o menor espesor nos lleva a más o menos luminosidad del diente, (Baratieri LN. 2007) es decir, al aumentar el espesor del esmalte dental aumenta la Luminosidad del diente. (Schemeling M. 2010) La dentina es el color y el esmalte es el modificador del color. (Vanini L. 1996) (Magne P. 1996)

El esmalte tiene una transmisión de luz más alta que la dentina, debido a su estructura prismática altamente mineralizada, poco contenido orgánico y poca cantidad de agua. (Vaarkamp J. 1995) El esmalte permite que el 70,1% de luz pase a través de él. (Vargas MA. 1994)

El esmalte produce una disminución aparente del croma de la dentina. Esto es modulado por la translucidez y espesor intrínseco del esmalte. (Dietschi D. 2001)

El grado de translucidez/opacidad del esmalte puede variar de acuerdo a factores naturales tales como espesor, genética y edad, así como factores inducidos por el operador como el blanqueamiento dental. Estas variaciones

pueden determinar la percepción del color de la dentina subyacente, alterando de este modo su croma y valor. (Fahl N Jr. 2006)

Una característica importante del esmalte dental es la **opalescencia**, que es la capacidad que tiene el esmalte de reflejar preferentemente las ondas azules y transmitir las ondas naranjas de la luz visible. (Dietschi D. 2001) La opalescencia es predominante en pacientes jóvenes. (Dietschi D. 1995) (Magne P. 1996) (Vanini L. 1996)

Es probable que los efectos de la **opalescencia** modifiquen la evaluación de la translucidez del esmalte y el tono de la dentina. (Dietschi D. 2001) Además, los cambios en las condiciones de luz pueden influenciar la cantidad visible de azul y naranja. (Dietschi D. 2001) Por esto es importante estandarizar las condiciones de iluminación para facilitar la selección de color. (Miller L. 1993)

La diversidad de características y alteraciones entre esmalte y dentina explica la naturaleza única e individual de la apariencia de un diente natural. (Sieber C. Voyage. Visions in color and form. 1994) Por lo tanto, es necesario usar el diente natural como modelo para analizar o desarrollar un sistema de resinas compuestas, ya que la identificación de las características ópticas respectivas del esmalte y la dentina es de considerable interés para el desarrollo de los materiales dentales estéticos. (Dietschi D. 2001) (Dietschi D. 2006) (Chiche G. Prótesis fija estética en dientes anteriores. 1998) (Winter R. 1993)

Hay pocos estudios que estudian al diente como un todo, sin embargo para la correcta comprensión de los fenómenos que ocurren en el esmalte y la dentina, estas deben ser estudiadas de manera separada. (Villarroel M. 2011)

Los estudios in vitro de las medidas colorimétricas y de opacidad (medida de color $L^*a^*b^*$ y tasa de contraste (CR)) de los dientes humanos se han realizado sobre discos de esmalte y dentina puros. (Dietschi D. 2008)

Estos datos son muy importantes ya que sirven como referencia para evaluar los materiales existentes; así como desarrollar nuevos sistemas de resinas compuestas. (Dietschi D. 2008)

Pero las leyes de la naturaleza no pueden ser nunca totalmente definidas, debido a que existen una infinita serie de situaciones y diferentes grados de

transparencia y opacidad que pueden dar al diente su efecto translúcido natural.

(Buda M. 1994)

Las resinas compuestas se han clasificado en general en dos grandes grupos: esmaltes y dentinas, cuya función será reemplazar las propiedades ópticas de las diferentes estructuras dentales. Según la composición e interrelación de estas resinas se dará a cada diente las características y distribución óptica.

La resina compuesta Filtek Supreme XTE (3M ESPE, St Paul, MN, USA) contiene partículas nanométricas (nanómeros) y nanoclusters (NCs). (Chen MH. 2010) Esta resina presenta propiedades físicas y mecánicas similares a las resinas compuestas híbridas. (Sensi LG. 2007) Además, el pulido y la retención del glaseado son insuperables, dando a las restauraciones un mejor acabado y estética. (Hervás-García AH. 2006) (Sensi LG. 2007)

Incluso, para hacer frente a la incapacidad de reflexión de las partículas de tamaño nano, se han agregado a la resina partículas más grandes para mejorar las características ópticas. (Hervás-García AH. 2006)

Se sintetizaron dos tipos de nanocluster. El primer tipo consiste en partículas de zirconia-sílice sintetizados a partir de una solución coloidal de sílice y sal de zirconio. (Chen MH. 2010)

El tamaño de la partícula principal del relleno de nanocluster varió de 2 a 20 nm, y el promedio del tamaño de las partículas esféricas aglomeradas fue de menos de 0,6 nm. El segundo tipo de nanocluster fue sintetizado a partir de partículas de sílice de 75 nm, y el tamaño medio de las partículas del aglomerado fue de 0,6 micras. (Chen MH. 2010)

La gran ventaja de las resinas de nanopartículas sobre las de micro y minipartículas radica en la capacidad de lograr una superficie sumamente lustrosa después del pulido y que este mismo resultado se mantenga durante mucho más tiempo. (Reis AF. 2003) (Borges AB. 2004)

El aspecto natural de un material restaurador deriva de la capacidad del elemento restaurador de mimetizarse con la estructura dental. El material restaurador debe integrarse con la luz, de la misma manera en la que se integra el diente. (Hidalgo RC. 2008)

En este estudio se observó que en fondo negro conforme se aumentó el espesor del disco de resina de 0,5 mm a 1,5 mm, la luminosidad (L^*) aumentó. En cuanto al croma, cuando se aumentó el espesor de la resina el parámetro b^* también aumentó su valor y el parámetro a^* para unos colores su valor aumentó, para otros colores disminuyó o se mantuvo constante.

Estos resultados coinciden con los del trabajo de Powers y colaboradores quienes encontraron que cuando se aumentaba el espesor de una resina, sobre un fondo oscuro, que simula el fondo de la cavidad oral, aumentaba su Luminosidad. (Powers JM. 1978)

Diferentes estudios han encontrado que el color del fondo afecta el color global de una resina compuesta, incluso en muestras de resina con espesores de 2 mm. (Lee YK. 2005) (Al-Jazairy YH. 2005)

La luminosidad va aumentando conforme va aumentando el espesor de la resina debido a que las resinas compuestas delgadas al contener menos partículas de relleno, reflejan más luz del fondo, por lo que el impacto del color del fondo en las resinas delgadas es mayor que en las resinas de mayor espesor. (Jarad FD. 2008)

También se observó que en fondo negro las resinas opacas tenían mayor luminosidad (L^*) que las resinas más translúcidas (resinas cuerpo y esmalte) del mismo color.

Este resultado coincide con los resultados de Ikeda y colaboradores quienes al estudiar las resinas Charisma (Heraeus-Kulzer), Solare (GC) y Filtek Supreme (3M) utilizando un colorímetro, observaron que las resinas OA2 (opacas) tenían más luminosidad (mayor valor L^*) que las resinas A2, teniendo como fondo la misma resina compuesta. (Ikeda T. 2005)

Buchalla y colaboradores también observaron que en fondo negro un incremento en la opacidad, se puede relacionar con un incremento en la luminosidad presentada en el sistema CIELab, y por el contrario, cuando se reduce la opacidad, también se reduce la luminosidad. En muestras menos opacas, mayor cantidad de luz penetrará en el material y será absorbido por el fondo negro. (Buchalla W. 2002)

Las resinas esmalte serían menos luminosas que las resinas cuerpo y dentina debido a su mayor translucidez. La translucidez provoca una dispersión de la energía luminosa, por lo que se reflejaría menor cantidad de luz; es decir que sobre un fondo oscuro, el aspecto de una resina translúcida sería más oscuro que la de una resina más opaca. (Ikeda T. 2005) (Schemeling M. 2010)

En este estudio también se observó que sobre fondo negro las resinas opacas tenían valores b^* más altos que las resinas más translúcidas del mismo color. Resultados similares fueron observados por Ikeda y colaboradores al investigar dos opacidades diferentes (A2 y OA2) de las resinas Charisma (Heraeus-Kulzer), Solare (GC) y Filtek Supreme (3M). (Ikeda T. 2005) Esta diferencia en los parámetros de color de las resinas compuestas indicaría la influencia de las diferencias en su composición entre estos materiales. (Mikhail SS. 2013)

En fondo blanco conforme aumenta el espesor del disco de resina de 0,5 mm a 1,5 mm, la luminosidad (L^*) disminuye. En cuanto al croma, al aumentar el espesor de la resina el parámetro b^* aumentaba su valor, igual que en fondo negro y el parámetro a^* para unos colores su valor aumenta, para otros colores disminuía o se mantenía constante.

Estos resultados coinciden con los del trabajo de Powers y colaboradores quienes encontraron que cuando se aumentaba el espesor de una resina, sobre un fondo blanco, que simula los dientes o los materiales restauradores, su luminosidad disminuía. (Powers JM. 1978)

La luminosidad va disminuyendo conforme va aumentando el espesor de la resina debido a que las resinas compuestas delgadas al contener menos partículas de relleno, reflejan más luz del fondo, en este caso un fondo blanco, por lo que el impacto del color del fondo en las resinas delgadas es mayor que en las resinas de mayor espesor. (Jarad FD. 2008)

Contrario a lo que se observa en fondo negro, las resinas opacas sobre un fondo blanco tenían menor luminosidad (L^*) que las resinas más translúcidas (resinas cuerpo y esmalte) del mismo color. Este resultado no coincide con los resultados de Ikeda y colaboradores quienes al estudiar las resinas Charisma (Heraeus-Kulzer), Solare (GC) y Filtek Supreme (3M) observaron que sobre fondo blanco al igual que en fondo negro las resinas OA2 (opacas) tenían más

luminosidad (mayor valor L^*) que las resinas A2. (Ikeda T. 2005) Al igual que Ikeda y colaboradores, Kamishima y colaboradores quienes trabajaron con tres opacidades diferentes (Esmalte, Cuerpo y Opaco) de las resinas Filtek Supreme (3M, St. Paul, Mn, USA) y Gradia Direct (GC, Tokyo, Japan)), a un espesor de 4 mm sobre fondo blanco, observaron que las resinas más opacas fueron más luminosas que las resinas más translúcidas (cuerpo y esmalte). (Kamishima N. 2005). Debemos tener en cuenta que en el estudio de Ikeda se trabajó con discos de 2 mm de espesor y en el de Kamishima se trabajó con discos de 4 mm de espesor; mientras que en el presente estudio se trabajó con discos desde 0,5 mm a 1,5mm de espesor.

Lo observado se debería a que los discos de resina con las que se trabajó en este estudio son delgados (0,5 – 1,5 mm de espesor); en las resinas más translúcidas la luz se transmite a través de la resina y se refleja el color de fondo blanco, por lo contrario en las resinas opacas la influencia del fondo es menor, ya que la luz se refleja sobre la resina opaca. Si se trabajara con un mayor espesor de resina opaca (Dentina), como en el estudio de Ikeda quienes utilizaron espesores de 2 mm o de Kamishima quienes utilizaron espesores de 4 mm, esta resina opaca podrían dar más luminosidad, además de opacidad. (Ikeda T. 2005) (Kamishima N. 2005)

Además, se observó que igual que en fondo negro, sobre fondo blanco las resinas opacas tenían valores b^* más altos que las resinas más translúcidas del mismo color. Lo mismo fue observado por Ikeda y colaboradores al investigar dos opacidades diferentes (A2 y OA2) de las resinas Charisma (Heraeus-Kulzer), Solare (GC) y Filtek Supreme (3M) de 2 mm de espesor. Esta diferencia en los parámetros de color de las resinas compuestas indicaría la influencia de las diferencias en su composición entre estos materiales. (Mikhail SS. 2013)

Vanini manifestó que la saturación cromática es la principal causa de opacidad y de ausencia de vitalidad de las restauraciones con resinas compuestas contrario a la dentición natural. (Vanini L. 1996) De esta manera, los colores de las resinas opacas (Dentina) pueden servir para agregar características amarillentas, aparte de la opacidad, a una restauración estratificada con resina. (Kamishima N. 2005)

En este estudio también se observó que las resinas del mismo color y espesor eran más luminosas sobre fondo blanco que sobre fondo negro. Además los valores a^* y b^* son mayores cuando el disco de resina está sobre un fondo blanco que cuando está sobre un fondo negro.

Estos resultados coinciden con los observados por Al-Jazairy y colaboradores, quienes observaron que para discos de resina de espesores de 1 y 2 mm, al valorar sus valores $L^*a^*b^*$, la mayoría de materiales se hicieron más oscuros, al pasar de un fondo blanco a un fondo de amalgama. (Al-Jazairy YH.2005) De la misma manera, Knispel y colaboradores observaron que las muestras de resina compuesta de 1 mm de espesor disminuyeron su valor significativamente, es decir fueron más oscuros, cuando la muestra se pasó de un fondo blanco a un fondo negro. (Knispel G. 1991)

Al-Jazairy y colaboradores también encontraron que los valores delta E para los discos de 1 mm de espesor sobre fondo blanco y fondo de amalgama fueron más altos de manera estadísticamente significativa que la de 2 mm de espesor. Es decir, existe más diferencia de color al pasar un disco de 1 mm de espesor de un fondo de amalgama a un fondo blanco que en un disco de 2 mm. (Al-Jazairy YH. 2005)

Ikeda y colaboradores, observaron que las resinas tienen un aspecto más oscuro, verdoso y azulado sobre un fondo negro, lo cual podría explicar el aspecto “grisáceo” cuando se coloca una resina compuesta en restauraciones de clase III y IV. (Ikeda T. 2004) (Ikeda T. 2005)

Por lo tanto este hecho indica que el efecto del fondo oscuro no sólo se limita a la luminosidad, sino que también ocurren cambios cromáticos. (Miyagawa Y. 1983)

En este estudio se observó que cuando se comparaban las resinas de la misma opacidad y espesor, pero de diferente intensidad de color, la resina de color A1 era más luminosa que la resina de color A2, esto se observó tanto en fondo negro como en fondo blanco. Sin embargo, en fondo negro esto sólo se observaba cuando el espesor de resina estaba entre 0,9 y 1,5 mm.

En cuanto al croma, al comparar las resinas de la misma opacidad y espesor, las resinas de color A1 tenían valores a^* y b^* menores que las resinas A2; esto se observó tanto en fondo negro como en fondo blanco.

Estos resultados son diferentes a los encontrados por Knispel y colaboradores, quienes observaron que la luminosidad aumentaba conforme los colores eran más intensos. (Knispel G. 1991)

Esta diferencia puede ser por el tipo de relleno (híbrida y de microrelleno) de las resinas compuestas que utilizó Knispel en su estudio, en comparación con la de esta investigación donde se usó una resina de nanorelleno.

Tal como lo mencionamos anteriormente, las diferencias en el parámetro L^* indican diferencias en la luminosidad o valor y los parámetros a^* y b^* las diferencias en el croma. Al igual que los dientes naturales, los valores del croma de las resinas compuestas fueron bajos en comparación a los valores de la luminosidad, por lo que las diferencias en la luminosidad tuvieron las mayores influencias sobre las diferencias globales de color entre los pares de resinas compuestas. (Swift EJ.1994)

En este estudio se observó que las diferencias en el color de las resinas ocurren sobre todo en los valores L^* , aunque también en los valores b^* . Vichi y colaboradores también observaron que las diferencias de color en las resina translúcidas ocurren casi exclusivamente en los valores L^* . (Vichi A. 2007) Por lo tanto el clínico puede controlar el Valor (luminosidad u oscuridad), la cual es más clara cuando aumenta el espesor en fondo negro y es más oscura cuando aumenta el espesor en fondo blanco. El clínico también puede controlar el grado de amarillo del color final de las resinas compuestas, que tanto en fondo negro como blanco, el color de la resina tiende a ser más amarillo cuando aumenta su espesor.

Para determinar la influencia del fondo en el color de un material, los investigadores calculan el **espesor óptico infinito** del material. El espesor óptico infinito representa el espesor en el que una resina compuesta colocada sobre un fondo negro reflejará el 99,9% de la luz, por lo que llegaría a ser casi opaco. (Yeh CL. J Dent Res. 1982) (Li R. J Dent. 2012)

Cuando el espesor de una restauración es mayor que el espesor óptico infinito, la resina compuesta muestra su color intrínseco sin ser afectado por el color del fondo. (Yeh CL. 1982) (Li R. 2012)

Cuando el espesor de una resina compuesta es menor que el espesor óptico infinito, la reflexión de la luz está influenciada por el color del fondo debido a la translucidez de la resina compuesta. (Taira M. 1999) (Li R. 2012)

En un estudio de Xia y colaboradores donde compararon el espesor óptico infinito de resinas compuestas fotopolimerizables de color A2 de diversas marcas de resinas compuestas, encontraron que las resinas aun siendo del mismo color y teniendo el mismo tipo de relleno, tuvieron un color y un espesor óptico infinito diferente. (Xia CM.,2002) De la misma manera Li y colaboradores encontraron que el espesor óptico infinito y las demás propiedades ópticas de las resinas compuestas translúcidas son diferentes dependiendo de la marca de la resina compuesta. (Li R. 2012)

Yeh y colaboradores encontraron que las resinas son más opacas cuando las longitudes de onda de la fuente de luz son más bajas. (Yeh CL. 1982) Li y colaboradores observaron que al aumentar la longitud de onda de la fuente de luz, aumenta el espesor óptico infinito de las resinas compuestas Esmalte y Translúcidas. (Li R. 2012)

Se ha observado que las resinas compuestas Esmalte y Translúcidas tuvieron diferente espesor óptico infinito. El valor promedio del espesor óptico infinito de estas resinas compuestas estuvieron en un rango de 10,40 – 12,61 mm (Li R. 2012)

Otros estudios como el de Miyagawa y colaboradores, encontraron que el espesor óptico infinito de las resinas compuestas estuvieron en un rango de 4,19 a 6,70 mm, aunque ellos utilizaron resinas compuestas de polimerización química,. (Miyagawa Y. 1981)

Debido a que el espesor óptico infinito de las resinas compuestas translúcidas está entre los 10,40 mm y 12,61 mm, clínicamente, para lograr que las resinas compuestas translúcidas se asemejen al color del diente, es necesario ser cuidadoso con el color del fondo (color de la resina compuesta Dentina o el color de los cementos). (Li R. 2012)

Según afirma Lee, la opacidad se considera como el inverso de la transparencia. (Lee YK, 2005b) La translucidez se define como una parcial opacidad o el estado entre la completa opacidad y la completa transparencia, y también como el grado relativo en el cual los materiales previenen o permiten que un color

subyacente afecte la apariencia de una capa colorante tal y como lo afirma Kim en su estudio. (Kim SJ,2009)

Los materiales odontológicos presentan diferentes grados de translucidez, tratando de imitar las propiedades ópticas de los tejidos dentales, por lo tanto, nuestro estudio buscó determinar los diferentes grados de translucidez que presentan dos de los colores que más se utilizan en clínica de la resina Filtek Supreme XTE.

Al evaluar el parámetro de translucidez de las resinas compuestas de diferente opacidad, se encontró que la resina compuesta Esmalte tenía el mayor parámetro de translucidez, seguida de la resina compuesta de Cuerpo y finalmente el de Dentina.

En el estudio de Kamishima y colaboradores también observaron que las resinas opacas (Dentina) son menos translúcidas que las resinas Cuerpo y Esmalte. (Kamishima N. 2005)

Sin embargo, Masotti y colaboradores al evaluar diferentes marcas de resinas compuestas entre las que estaba la resina Filtek Supreme. Observaron que para la resina Filtek Supreme no había diferencias estadísticamente significativas en la transmisión directa de luz (translucidez) entre los colores dentina (A3B) y translúcido (YT). El mismo estudio determinó que en la resina compuesta Charisma F, el comportamiento de los esmaltes y las dentinas era opuesto a lo esperado en cuanto a translucidez, es decir las dentinas presentaban mayor translucidez que los esmaltes. (Masotti AS. 2007)

Por lo tanto, en general las resinas para reconstruir la dentina se caracterizan por su translucidez más baja, bloqueando los rayos de luz; mientras que las resinas para reconstruir el esmalte son muy translúcidas, aumentando la difusión de la luz dentro de la restauración. (Ikeda T. 2005) (Sidhu SK. 2006)

Muy pocas resinas compuestas compatibilizan perfectamente con la translucidez del esmalte natural. Las resinas Esmalte tienen una opacidad intermedia, con valores intermedios entre la dentina y el esmalte natural, por lo que son más opacas que el esmalte natural. Los colores Incisal o Transparentes son muchas veces más translúcidos que el esmalte natural. (Dietschi D. 2001)

Por eso, a veces, es difícil compatibilizar el color de los materiales de restauración estética con la estructura dental que le rodea, ya que el esmalte dental tiene una translucidez inherente. (Azzopardi N. 2009)

También se observó en este estudio que para las tres opacidades de resinas, conforme aumenta su espesor, el parámetro de translucidez disminuye.

De manera similar, varios estudios han observado que el valor del Parámetro de Translucidez aumenta exponencialmente cuando se reduce el espesor de la resina compuesta, a pesar del color de la resina. (Kamishima N. 2005) (Kamishima N. 2006) (Kim SJ. 2009) (Arimoto A. 2010)

Kamishima y colaboradores, quienes al evaluar varios espesores de discos de las resina Filtek Supreme (3M) y Gradia Direct (GC), de tres opacidades diferentes (esmalte, cuerpo y opaco) observaron que la translucidez aumentó conforme se redujo el espesor de la muestra de resina, independientemente del color. También observaron, basándose en el Parámetro de Translucidez, que el espesor de la resina compuesta donde los ojos humanos no distinguen diferencia en el color de las resinas en dos fondos diferentes (blanco y negro), fue de 2.76, 2.56, y 1.88 mm para los colores Esmalte, Cuerpo y Opaco de la resina Filtek Supreme respectivamente y 3.19, 3.04 y 2.69 mm para Esmalte, Cuerpo y Opaco de la resina Gradia Direct respectivamente. Estos espesores predictivos parecen ser el mínimo espesor en la cual cada color puede evitar un cambio de color desfavorable por el color negro del fondo de la cavidad oral. (Kamishima N. 2005)

Kim y colaboradores evaluaron 6 marcas de resinas opacas, Filtek Z-350 OA3, Amelogen Universal A2O, Esthet-X A2O, Esthet-X A4O, Charmfil UO, y Aelite Universal OA3 a siete espesores diferentes, desde 0,5 mm a 4 mm y también encontraron que el parámetro de translucidez disminuye conforme aumenta el espesor de la resina. (Kim SJ. 2009)

Lo mismo encontraron Arimoto y colaboradores al evaluar el parámetro de translucidez de tres marcas de resina, Estelite Sigma (Tokuyama), Beautifil II (Shofu), Clearfil Majesty (Kuraray) de color A2 y de tres espesores diferentes (0.5 mm, 1.0 mm y 1.5 mm). (Arimoto A. 2010)

Además Kamishima y colaboradores observaron que todas las muestras de 4 mm de espesor, tuvieron valores en su Parámetro de Translucidez debajo de 1.1,

sin tener en cuenta el color. Por lo tanto, los colores de las muestras con dichos espesores pueden ser considerados como los colores inherentes de las resinas compuestas, las cuales no están afectadas por el color de fondo. (Kamishima N. 2005)

Ya que la translucidez de las resinas compuestas dentales es una importante consideración estética tal y como lo afirma Hosoya en su estudio (Hosoya Y. 2009) y que va estrechamente relacionada con el tamaño de la restauración; se puede decir entonces, que si se tiene una restauración pequeña en profundidad, el parámetro de translucidez aumenta, debido a que el espacio para poder obturar con diferentes espesores de capa de diferentes grados de translucidez es menor al que se tiene en una cavidad profunda, como lo refirió Kim. (Kim S. 2009)

Como el espesor de las resinas opacas fueron los más bajos, los clínicos deberían usar los colores opacos cuando el espesor disponible para minimizar el efecto del fondo oscuro es limitado. (Kamishima N. 2005)

Al contrario, los colores translúcidos esmalte se afectaban más fácilmente por el cambio en su espesor en comparación con los colores más opacos. En clínica generalmente se aplica una delgada capa de resina Esmalte en la parte más superficial de la restauración estratificada. Por lo tanto, una pequeña diferencia en el espesor de la capa de resina Esmalte puede tener un efecto importante en el color de la restauración estratificada. (Kamishima N. 2005)

En este estudio se observó que tanto en fondo negro como en fondo blanco y para las tres opacidades evaluadas; esmalte, cuerpo y dentina, las resinas del mismo color tenían diferencias de color al variar su espesor; excepto entre los espesores de 1,2 mm y 1,5mm; donde no se podía percibir diferencia de color entre los discos de resina de ambos espesores.

Sin embargo, se observó que para ambos fondos, los discos de resina dentina no se observaban diferencias de color cuando se comparaban los espesores de 0,9 mm y 1,2 mm, así como 0,9 y 1,5 mm.

Kamishima y colaboradores al evaluar tres opacidades diferentes de la resina Filtek Supreme (3M) basándose en curvas exponenciales de Parámetro de Translucidez-Espesor observaron que el espesor mínimo con el cual se evita un cambio de color desfavorable por el color de fondo fue de 2,76 mm para la resina

Esmalte; 2,56 mm para las resinas Cuerpo y 1,88 mm para los colores Opacos.

(Kamishima N. 2005)

Se ha observado que un pequeño aumento en el espesor de la resina puede cambiar significativamente el Valor (Luminosidad) de la restauración, alterando de esta manera la percepción del color subyacente. (Villarreal M. 2011) Aunque en este estudio se ha visto que a partir de un espesor de 1,2 mm para arriba de las resinas de color A1 y A2, de las opacidades esmalte, cuerpo y dentina; la diferencia de color era imperceptible.

Johnston y colaboradores indicaron que los valores Delta E son mayores en estudios in vivo porque es difícil estandarizar las condiciones de luz en la cavidad oral. Es decir que, si bien las diferencias entre los distintos materiales del mismo color pueden ser fácilmente detectados visualmente en laboratorio, estas diferencias no podrían ser detectadas en boca por muchos observadores. (Johnston WM. 1989)

Todo esto, además de la entrada de nuevas fórmulas de Diferencia de Color, como el CIEDE2000, sugiere un enfoque sistemático y estandarización de estos métodos para determinar las diferencias de color. (Chu SJ.. 2010)

Se sabe que para imitar la compleja anatomía y apariencia óptica el diente natural se requieren técnicas de estratificación. (Vichi A. 2007) El color final de la estratificación está influenciado no sólo por las propiedades ópticas de la capa superficial, sino también por las propiedades ópticas de la capa subyacente. (Lee YK. 2004)

Por lo tanto el resultado estético ya no está determinado por el “color básico”, sino que depende de una sofisticada mezcla de colores y de la colocación de capas de diversa calidad óptica. (Vichi A. 2007)

En la técnica estratificada, una capa de material más translúcido se aplica sobre una resina opaca con el objeto de crear una percepción de profundidad desde el interior de la restauración, reduciendo así el color que viene sólo desde la superficie de la restauración. (Kamishima N. 2005)

Por este motivo en este estudio también se compararon diferentes estratificaciones; una comparación fue variando la opacidad de una de las capas subyacentes a la capa de resina esmalte, **Esmalte - Cuerpo - Cuerpo y Esmalte -**

Cuerpo - Dentina; la otra comparación fue variando el espesor de la capa de dentina subyacente a la capa de resina esmalte, **Esmalte - Dentina - Dentina y Esmalte - Dentina**. Las estratificaciones estuvieron conformados por capas de 0,3 mm o 0,6 mm.

En fondo negro las estratificaciones conformadas por capas de 0,6 mm eran más luminosas que las estratificaciones de 0,3 mm, tanto para las resinas de color A1 como A2.

En fondo blanco, la luminosidad de las estratificaciones realizadas con resina de color A1 conformadas por capas de 0,3 mm eran muy similares a las de 0,6 mm; diferente a lo encontrado con las estratificaciones con resina de color A2 donde las estratificaciones con capas de 0,3 mm son en general más luminosas que las estratificaciones conformadas con capas de 0,6 mm.

Tal como se había observado anteriormente cuando se evaluó la luminosidad de las resinas al aumentar su espesor, los discos estratificados, con capas de 0,6 mm fueron más luminosos sobre fondo negro porque estas en conjunto contienen más partículas de relleno que los discos con capas de 0,3 mm; por lo tanto la reflexión del fondo será menor. En fondo blanco, el impacto del color del fondo en las resinas delgadas es mayor que en las resinas de mayor espesor, por lo tanto se verán más luminosos. (Jarad FD. 2008)

En fondo negro, la luminosidad de la estratificación con resinas Esmalte – Dentina – Dentina fue mayor que la estratificación Esmalte – Dentina y la estratificación Esmalte – Cuerpo – Dentina fue mayor que la estratificación Esmalte – Cuerpo - Cuerpo, tanto para estratos de 0,3 mm y 0,6 mm como para los colores A1 y A2. Mientras que en fondo blanco, la luminosidad de las todas las estratificaciones evaluadas fue muy similar, tanto para estratos de 0,3 mm y 0,6 mm como para los colores A1 y A2.

Al tener la estratificación Esmalte – Dentina – Dentina, una capa doble de la resina opaca Dentina, esta doble capa evitaría que el fondo se refleje, permitiendo que en fondo negro la estratificación se vea más luminosa que las otras estratificaciones. Lo mismo sucede en la estratificación Esmalte – Cuerpo – Dentina, que al tener una capa de resina opaca Dentina, en lugar de resina Cuerpo; esta capa de resina opaca evitaría que el fondo refleje, observándose la

estratificación más luminosa sobre un fondo negro. En fondo blanco ni la opacidad de la resina ni el espesor de las capas subyacentes a la capa de resina Esmalte influyeron en el color final, por lo menos en espesores de 0,3 y 0,6 mm. La carga de relleno de la estratificación no sería suficiente como para evitar la reflexión del fondo blanco. Si se aumentara más el espesor de las capas de resina posiblemente las estratificaciones con capas subyacentes más opacas serían más oscuras que las estratificaciones con capas más translúcidas sobre un fondo blanco.

La variación de la luminosidad de estas estratificaciones a base de resina translúcida sobre resina opaca pudo ocurrir por la dispersión de la luz, la cual es propio de los objetos translúcidos. (Campbell PM.1986), (ten Bosch JJ.1995), (Lee YK.2007 (a)) El responsable del aumento de la dispersión de la luz fue la aplicación de la resina translúcida sobre la resina dentina. Cuando ocurre esta dispersión, la luz se refleja de manera difusa, regresando aleatoriamente desde la superficie de la muestra, generalmente más allá del rango de observación del instrumento. Tal como sucede con el método de observación visual, la luz al incidir sobre el diente se desplaza de uno a unos cuantos milímetros hacia los lados en el interior del diente antes de que emerja del diente. Por lo tanto, cuando el color es medido con un instrumento, como un espectrofotómetro, que tiene una ventana pequeña (de unos pocos milímetros), que es utilizado tanto para la iluminación como la recogida de luz, una fracción considerable de luz que entra al diente se pierde, porque cuando sale a la superficie esta sale fuera de la ventana de medición y por lo tanto esta se excluye de la medición; a esto es lo que se conoce como “pérdida de borde”. (Van der Burgt TP.1990) (ten Bosch JJ.1995)

En cuanto al croma, al comparar los valores a^* de las diferentes estratificaciones realizadas con resinas de color A1 y A2 en general fueron muy similares tanto en fondo negro como en fondo blanco.

También, tanto en fondo negro como en fondo blanco, los valores b^* de la estratificación Esmalte – Dentina – Dentina fueron mayores que las de la estratificación Esmalte - Dentina, tanto para estratos de 0,3 mm y 0,6 mm como para los colores A1 y A2. Además, los valores b^* de la estratificación Esmalte – Cuerpo – Dentina fueron mayores que las de la estratificación Esmalte – Cuerpo

- Cuerpo, excepto para las estratificación con capas de 0,6 mm del color A1, sobre fondo blanco, donde la estratificación Esmalte – Cuerpo – Cuerpo tuvo un valor b^* ligeramente mayor que la estratificación Esmalte – Cuerpo - Dentina.

Tal como se observó al evaluar el color de las resinas de diferente espesor, en los discos estratificados, los valores a^* en general no tiene cambios significativos al compararlo entre diferentes espesores y fondos.

Los valores b^* de la de la estratificación Esmalte – Dentina – Dentina y Esmalte – Cuerpo – Dentina fueron mayores que las otras estratificaciones, debido a que estaba conformada por dos capas de resina opaca o una capa de resina Dentina opaca en lugar de una capa de resina Cuerpo, que es menos opaca; que como ya se había observado antes, el valor b^* es más alto en las resinas opacas que en el de las resinas más translúcidas. Además, al aumentar el espesor de una resina, como en el caso de la estratificación Esmalte – Dentina – Dentina, que es de doble capa de resina dentina, el valor b^* es mayor.

Por lo tanto la doble capa de resina Dentina, le dará a una estratificación unas características amarillentas. (Kamishima N. 2005)

En este estudio también se observó que en fondo negro, tanto para las estratificaciones con resina A1 como con las resinas A2, no había diferencias de color entre las estratificaciones Esmalte – Cuerpo – Cuerpo y Esmalte – Cuerpo – Dentina, pero si hubo diferencias de color entre las estratificaciones Esmalte – Dentina y Esmalte – Dentina – Dentina; ya sean las estratificaciones conformadas por capas de 0,3 mm o de 0,6 mm de espesor.

Lo mismo fue encontrado por Vichi y colaboradores quienes al evaluar cuatro colores base (A1, A2, A3 y A4) de la resina Point4 (Sybron-Kerr) observaron que si se mantiene el espesor y el color de la capa translúcida y se altera el espesor de la capa base, sobre un fondo gris, se producen cambios perceptibles. Ellos evaluaron 6 espesores de resina dentina desde 0,5 mm hasta 3 mm de espesor. (Vichi A. 2007) Por lo tanto, la influencia del espesor de la capa de color base es más dominante que el de la capa translúcida. Además, influye más el cambio de espesor de la capa base que el cambio de las opacidades de la capa base.

En fondo blanco, no había diferencia de color entre las diferentes estratificaciones, ya sean de color A1 como A2 o estén hechas con capas de 0,3

mm o de 0,6 mm. Esto se debería a que ni el espesor, ni la opacidad de las capas de resina de la estratificación son suficientes como para evitar el reflejo del fondo blanco.

También se encontró que la estratificación Esmalte – Cuerpo – Cuerpo presentaba el mayor parámetro de translucidez en comparación con la estratificación Esmalte – Cuerpo - Dentina y la estratificación Esmalte – Dentina – Dentina era más opaca que la estratificación Esmalte - Dentina, tanto para las estratificaciones con resina A1 como con las resinas A2 y sean estratificaciones conformadas por capas de 0,3 mm o de 0,6 mm de espesor.

El mayor parámetro de translucidez lo tiene la estratificación Esmalte – Cuerpo – Cuerpo debido a que está conformado por capas translúcidas. De la misma manera la mayor opacidad de la estratificación Esmalte – Dentina – Dentina se debe a que las capas subyacentes a la capa de resina Esmalte es una doble capa de la resina opaca Dentina.

No se han encontrado estudios que evalúen el parámetro de translucidez en muestras estratificadas utilizando resinas de diferentes opacidades. Un estudio realizado por Horie y colaboradores evaluaron el parámetro de translucidez de los colores A2 y OA2 de las resinas compuestas Estelite Sigma (Tokuyama Dental), Beautifil II (Shofu) y Clearfil Majesty (Kuraray Medical). Para ello prepararon las resinas de dos maneras, en un solo bloque de dos milímetros de espesor y de manera estratificada, mediante dos capas de un milímetro de espesor cada capa. A diferencia de nuestro estudio, Horie y colaboradores realizaron las estratificaciones utilizando la resina de la misma opacidad. Ellos observaron que las muestras estratificadas mostraron valores reducidos en su Parámetro de Translucidez en comparación con las muestras fabricadas en un solo bloque. Esto indicaría que la difusión de la luz ocurre en la capa de unión resina – resina provocando una reducción de la translucidez. La capa de unión en muestras más delgadas podría afectar fuertemente las propiedades ópticas de la resina compuesta. (Horie K. 2012)

Clínicamente, la colocación de la resina por incrementos sin usar tiras de celuloide deja una superficie de unión no uniforme y rugosa. Provocando, el aumento de la difusión de luz en la capa de unión, llevando a una reducción en la

translucidez y a un cambio de color en la resina compuesta estratificada. La técnica incremental sin usar tiras de celuloide (Horie en su estudio usó tiras de celuloide) llevaría a un aumento de la capa de oxígeno inhibido en la superficie de resina compuesta, la cual podría tener más efectos en las características de transmisión de luz que los resultados que se sugieren en el estudio de Horie. La unión resina-resina formada con la técnica estratificada lleva a un aumento en la transmisión de luz difusa de las resinas compuestas estratificadas y a una reducción en la translucidez. (Horie K. 2012)

Un aumento en la transmisión de luz difusa de las resinas estratificadas y una reducción en su translucidez podría ser útil no sólo para minimizar el efecto del color de fondo, sino también para mejorar la compatibilidad del color de la restauración por la reflexión del diente que le rodea. (Horie K. 2012)

A pesar del aumento del número de colores y opacidades disponibles, la selección del color para las resinas compuestas frecuentemente es difícil. Aún con un color “correcto”, los cambios en el fondo y el espesor de una resina compuesta pueden alterar su apariencia. Además, las propiedades de reflexión y absorción son diferentes entre las resinas compuestas con diferente tipo y tamaño de partículas de relleno. (Knispel G.1991), (Swift EJ.1994)

El principal elemento en la selección del color es la habilidad del clínico para visualizar el color y los determinantes histológicos de la dentición natural que va a ser imitado y luego correlacionarlos con las resinas de restauración. (Fahl N Jr. 1995) Debemos recordar que “la mano es capaz de reproducir sólo lo que al ojo se le ha enseñado a reconocer”. (Fahl N Jr. 1996)

Actualmente, una restauración estéticamente satisfactoria, y de apariencia natural resulta principalmente de una secuencia de tratamiento sistemático y comprensivo, en lugar de ser sólo una expresión del sentido artístico y habilidad del clínico. (Dietschi D.. 2001)

Se recomienda realizar más estudios que investiguen el balance apropiado entre las características de transmisión de luz y la capacidad de enmascaramiento en las restauraciones con las resinas estratificadas para así lograr una compatibilidad óptima entre la resina compuesta y la estructura dental. Así como también, estudios que investiguen los efectos de los métodos técnicos que se

realizan durante la restauración de las piezas dentales, en el color final de la restauración estratificada; como el pulido de la resina o la aplicación de tintes.

6. CONCLUSIONES

- El color final de la resina compuesta se modifica cuando se cambia la opacidad, intensidad y espesor.
- Cuando la resina es más opaca, aumenta su luminosidad y valor b^* , sobre un fondo negro y sobre fondo blanco la luminosidad disminuye y su valor b^* aumenta.
- Cuando la resina tiene mayor intensidad, disminuye su luminosidad y aumenta su valor b^* , sobre fondo negro y blanco.
- Cuando la resina tiene mayor espesor, aumenta su luminosidad y valor b^* , sobre fondo negro y sobre fondo blanco la luminosidad disminuye y su valor b^* aumenta.
- El valor a^* no presenta una variación constante cuando se cambia la opacidad, intensidad y espesor de la resina compuesta.
- Existe una gran asociación entre la opacidad, intensidad y espesor y los valores CIELab final de la resina compuesta.
- La resina compuesta Esmalte tiene el mayor parámetro de translucidez, seguida de la resina compuesta de Cuerpo y finalmente el de Dentina.
- Para las tres opacidades de resinas, conforme aumenta su espesor, el parámetro de translucidez disminuye.
- Existe una gran asociación entre la opacidad, intensidad y espesor y los valores del parámetro de translucidez de la resina compuesta.
- En los discos de resina estratificados, no se encontraron diferencias en el color, en fondo negro, con mínimas variaciones de la opacidad (dentina frente a cuerpo) manteniendo el mismo espesor e intensidad.
- En los discos de resina estratificados, se encontraron diferencias en el color, en fondo negro, cuando se aumentó el espesor de la capa de dentina de 0,3 mm a 0,6mm, manteniendo la misma intensidad.
- En los discos de resina estratificados, no se encontraron diferencias en el color, en fondo blanco, con mínimas variaciones de la opacidad (dentina frente a cuerpo) manteniendo el mismo espesor e intensidad.

- En los discos de resina estratificados, no se encontraron diferencias en el color, en fondo blanco, cuando se aumentó el espesor de la capa de dentina de 0,3 mm a 0,6mm, manteniendo la misma intensidad.
- Existe una gran asociación entre la opacidad, intensidad y espesor y los valores CIELab final de la resina compuesta estratificada.
- Las estratificaciones con capas subyacentes más opacas presentaron un menor parámetro de translucidez tanto en las resinas A1 como con las resinas A2 y sean estratificaciones conformadas por capas de 0,3 mm o de 0,6 mm de espesor.
- Para todos los discos estratificados, al aumentar el espesor de sus capas, el parámetro de translucidez disminuye.
- Se observó una gran asociación entre opacidad, intensidad y espesor de la resina compuesta estratificada y los valores del parámetro de translucidez de la resina compuesta estratificada.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ahmad I. Three-dimensional shade analysis: perspectives of color--Part I. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1999;11(7):789-96.

Ahmad I. Three-dimensional shade analysis: perspectives of color--Part II. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;12(6):557-64.

Al-Jazairy YH, El-Hejazi AA. The color differences between different thicknesses of resin veneered over amalgam. *J Contemp Dent Pract* 2005; 6(4):38-45.

Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. *J Prosthet Dent* 2004;92(4):371-6.

Arikawa H, Fujii K, Kanie T, Inoue K. Light transmittance characteristics of light-cured composite resins. *Dent Mater* 1998;14(6):405-11.

Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Ban S, Homma T, Takahashi H. Optical and color stabilities of paint-on resins for shade modification of restorative resins. *Dent Mater J* 2004;23(2):155-60. (a)

Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Ban S, Takahashi H. Light-attenuating effect of dentin on the polymerization of light-activated restorative resins. *Dent Mater J* 2004;23(4):467-73. (b)

Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. *Dent Mater J* 2007;26(1):38-44.

Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura K, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dent Mater* 2010;26(11):1090-7.

Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R. Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *Dent Mater* 2009;25(12):1564-8.

Baratieri LN, Araujo E, Monteiro S Jr. Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects. *Eur J Esthet Dent* 2007;2(2):172-86.

Bayindir F, et al. Coverage error of gingival shade guide systems in measuring color of attached anterior gingiva. *J Prosthet Dent* 2009;101(1):46–53.

Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc* 1994;125(6):687-701.

Bengel WM. Digital photography and the assessment of therapeutic results after bleaching procedures. *J Esthet Restor Dent* 2003;15 Suppl 1:S21-32.

Bengel W, Devigus A. Preparing images for publication: Part 2. *Eur J Esthet Dent* 2006;1(2):112-127.

Borges AB, Marsilio AL, Pagani C, Rodrigues JR. Surface roughness of packable composite resins polished with various systems. *J Esthet Restor Dent* 2004;16(1):42-7.

Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *J Prosthet Dent* 2002;87(3):264-70.

Buda M. Form and color reproduction for composite resin reconstruction of anterior teeth. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14(1):34-47.

Cal E, Sonugelen M, Guneri P, Kesercioglu A, Kose T. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. *J Oral Rehabil* 2004;31:483–91.

Campbell PM, Johnston WM, O'Brien WJ. Light scattering and gloss of an experimental quartz-filled composite. *J Dent Res* 1986;65(6):892-4.

Carter K, Landini G, Walmsley AD. Automated quantification of dental plaque accumulation using digital imaging. *J Dent* 2004;32:623–8.

Catalogo Filtek™ Z350 XT.

<http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=66666UF6EVsSyXTtOXfIxMcEVtQEVs6EVs6EVs6E666666-->). Consultado el 20 de octubre 2013.

Chen MH. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res* 2010;89(6):549-60.

Chiche G, Pinault A. Prótesis fija estética en dientes anteriores. Barcelona: Ed. Masson, 1998.

Chiche GJ, Hitoshi A. *Smile Design: A Guide for Clinician, Ceramist, and Patient*. Chicago: Quintessence; 2004.

Chu SJ, Tarnow DP. Digital shade analysis and verification: A case report and discussion. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13(2):129-136.

Chu SJ. Precision shade technology: Contemporary strategies in shade selection. *Pract Proced Aesthet Dent* 2002;14(1):79-83.

Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010;38 Suppl 2:e2–16.

Commission Internationale de l'Éclairage. International Lighting Vocabulary. Nº 845-02-59, CIE 17.4; 1987.

Conceição EN. Restaurações estéticas: compósitos, cerâmicas e implantes. Porto Alegre: Ed Artmed; 2005.

Da Costa J, Fox P, Ferracane J. Comparison of various resin composite shades and layering technique with a shade guide. J Esthet Restor Dent 2010;22(2):114-124.

Davis N. A nanotechnology composite. Compend Contin Educ Dent 2003;24(9):662-70.

De Gee AJ, Pallav P, Davidson CL. Effect of abrasion medium on wear of stress-bearing composites and amalgam in vitro. J Dent Res 1986;65(5):654-8.

Denehy GE. Composite resins. Compend Contin Educ Dent 2009;30(6):366-7.

Devigus A. La medición digital del color en odontología. Quintessence (ed. esp.) 2004; 17(5):281-286.

Dietschi D. Free-hand composite resin restorations: a key to anterior aesthetics. Pract Periodontics Aesthet Dent 1995;7(7):15-25.

Dietschi D. Free-hand bonding in the esthetic treatment of anterior teeth: creating the illusion. J Esthet Dent 1997;9(4):156-64.

Dietschi D. Layering concepts in anterior composite restorations. J Adhes Dent 2001;3(1):71-80.

Dietschi D, Ardu S, Krejci I. A new shading concept based on natural tooth color applied to direct composite restorations. Quintessence Int 2006;37(2):91-102.

Dietschi D. Optimising aesthetics and facilitating clinical application of free-hand bonding using the 'natural layering concept'. *Br Dent J* 2008;204(4):181-5.

dos Santos GB, Alto RV, Filho HR, da Silva EM, Fellows CE. Light transmission on dental resin composites. *Dent Mater* 2008;24:571-6.

Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent* 2007;97(4):200-8.

Đozic A, Kleverlaan CJ, Aartman IHA, Feilzer AJ. Relation in color of three regions of vital human incisors. *Dent Mater* 2004;20(9):832-8.

Đozic A, Kleverlaan CJ, Aartman IHA, Feilzer AJ. Relation in color among maxillary incisors and canines. *Dent Mater* 2005;21(3):187-91.

Đozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color measuring devices. *J Prosthodont* 2007;16:93-100.

Echevarría JJ, Pumarola J. *Manual de odontología*. 2 ed. Barcelona: Editorial Elsevier Masson; 2008.

Eliades GC, Caputo AA. The strength of layering technique in visible light-cured composites. *J Prosthet Dent* 1989;61:31-8.

Emami N, Sjö Dahl M, Söderholm KJ. How filler properties, filler fraction, sample thickness and light source affect light attenuation in particulate filled resin composites. *Dent Mater* 2005; 21:721-730.

Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dent Mater J* 2010;29(2):213-223.

Fahl N Jr, Denehy GE, Jackson RD. Protocol for predictable restoration of anterior teeth with composite resins. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1995;7(8):13-21.

Fahl N Jr. Predictable aesthetic reconstruction of fractured anterior teeth with composite resins: a case report. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8(1):17-31.

Fahl N Jr. Achieving ultimate anterior esthetics with a new microhybrid composite. *Compend Contin Educ Dent Suppl* 2000;26:4-13.

Fahl N Jr. A polychromatic composite layering approach for solving a complex Class IV/direct veneer-diastrama combination: part I. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006;18(10):641-5.

Fahl N Jr. A polychromatic composite layering approach for solving a complex Class IV/direct veneer/diastrama combination: Part II. *Pract Proced Aesthet Dent* 2007;19(1):17-22.

Ferracane JL. Resin composite – state of art. *Dent Mater* 2011;27(1):29-38.

Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodont Restor Dent* 2003;23:467–79.

Goldstein GR, Schmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. *J Prosthet Dent* 1993;69(6):616-9.

Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1987;58(5):535-42.

Gürel G. The Science and Art of Porcelain Laminate Veneers. Quintessence Publishing: Chicago; 2003.

Haddad HJ, Jakstat HA, Arnetzl G, et al. Does gender and experience influence shade matching quality?. J Dent 2009;37 Suppl 1:e40-4.

Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. J Prosthet Dent 2000;83(4):418-423.

Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006;11:E215-20.

Hidalgo RC. Técnica de estratificación de capas naturales a mano alzada con resinas compuestas. Vis Dent 2008; 11(3) : 412 – 418

Horie K, Nakajima M, Hosaka K, Kainose K, Tanaka A, Foxton RM, Tagami J. Influences of composite-composite join on light transmission characteristics of layered resin composites. Dent Mater 2012;28(2):204-11.

Hosoya Y, Shiraishi T, Oshiro M, Ando S, Miyazaki M, Garcia F. Color characteristics of resin composites in different color modes and geometries. J Oral Sci 2009;51(1):123-30.

Hugo B, Witzel T, Klaiber B. Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. Clin Oral Invest 2005;9(4):244-250.

Ikeda T, Murata Y, Sano H. Translucency of opaque-shade resin composites. Am J Dent 2004; 17: 127–130.

Ikeda T, Sidhu SK, Omata Y, Fujita M, Sano H. Colour and translucency of opaque-shades and body-shades of resin composites. Eur J Oral Sci 2005;113(2): 170-3.

Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 1996;21:73-80.

Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Sakai M, Kristiansen J, Da Silva JD. Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e57-63.

Ishikawa-Nagai S, et al. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns. Part 1. Analysis and interpretation of tooth color. *J Esthet Restor Dent* 2010;22:42–52.

Jahangiri L, Reinhardt SB, Mehra RV, Matheson PB. Relationship between tooth shade value and skin color: An observational study. *J Prosthet Dent* 2002;87(2):149-152.

Jarad FD, Griffiths CE, Jaffri M, Adeyemi AA, Youngson CC. The effect of bleaching, varying the shade or thickness of composite veneers on final colour: an in vitro study. *J Dent* 2008;36(7):554-9.

Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68(5):819-22.

Johnston WM, Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater* 1997;13(2):89-97.

Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e2–6.

Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004;32 Suppl 1:3-12.

Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and translucency of resin composites for layering techniques. *Dent Mater J* 2005;24(3):428-32.

Karamouzos A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 2007;34(8):613-21.

Kim HS, Um CM. Color differences between resin composites and shade guides. *Quintessence Int* 1996;27(8):559-67.

Kim SJ, Son HH, Cho BH, Lee IB, Um CM. Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. *J Dent* 2009;37(2):102-7.

Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence Int* 1991;22(7):525-31.

Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979;4:83-91.

Lee YK, Powers JM. Calculation of colour resulting from composite/composer layering techniques. *J Oral Rehabil* 2004;31(11):1102-1108.

Lee YK, Lim BS, Kim CW. Difference in the colour and colour change of dental resin composites by the background. *J Oral Rehabil* 2005;32(3):227-33.

Lee YK, Kim SH, Powers JM. Changes in Translucency of Resin Composites after Storage in Salivary Esterase. *J Esthet Restor Dent* 2005;17(5): 293–302. (b)

Lee YK. Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dent Mat* 2007;23(1):124-31. (a)

Lee YK, Powers JM. Influence of background color on the color changes of resin composites after accelerated aging. *Am J Dent* 2007;20(1):27-30. (b)

Leinfelder KF, Wilder AD Jr, Teixeira LC. Wear rates of posterior composite resins. *J Am Dent Assoc* 1986;112(6):829-33.

Li R, Ma X, Liang S, Sa Y, Jiang T, Wang Y. Optical properties of enamel and translucent composites by diffuse reflectance measurements. *J Dent* 2012;40 Suppl 1:e40-7.

Lim YK, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Influence of filler distribution on the color parameters of experimental resin composites. *Dent Mater* 2008;24:67–73.

Lindsey DT, Wee AG. Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *J Dent* 2007;35(7):593-9.

Lombardo SK. Mastering the product development maze. *Dentistry* 1987;7(4):14-7.

Lu H, Lee YK, Villalta P, Powers JM, García-Godoy F. Influence of the amount of UV component in daylight simulator on the color of dental composite resins. *J Prosthet Dent* 2006;96(5): 322-327.

Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent* 1983;50(4):480-8.

Magne P, Holz J. Stratification of composite restorations: Systematic and durable replication of natural aesthetics. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8(1):61-8.

Magne P, Douglas WH. Rationalization of esthetic restorative dentistry based on biomimetics. *J Esthet Dent* 1999;11(1):5-15.

Magne P, Belser U. Restauraciones de porcelana adherida en los dientes anteriores. Método biomimético. Barcelona:Quintessence;2004.

Magne P, So WS. Optical integration of incisoproximal restorations using the natural layering concept. *Quintessence Int* 2008;39(8):633-43.

Mikhail SS, Schricker SR, Azer SS, Brantley WA, Johnston WM. Optical characteristics of contemporary dental composite resin materials. *J Dent* 2013;41(9):771-8.

Miller L. Organizing color in dentistry. *J Am Dent Assoc* 1987;115:26E-40E.

Miller LL. Shade matching. *J Esthet Dent* 1993;5(4):143-53.

Miller LL. Shade selection. *J Esthet Dent* 1994;6(2):47-60.

Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 2003;134(10):1382-90.

Miyagawa Y, Powers JM, O'Brien WJ. Optical properties of direct restorative materials. *J Dent Res* 1981;60(5):890-4.

Miyagawa Y, Powers JM. Prediction of color of an esthetic restorative material. *J Dent Res* 1983;62(5):581-4.

Monsénégo G, Burdairon G, Porte C, Naud C. Fluorescence of dental porcelain: material and methods. *Cah Prothese* 1990;(70):79-85.

Muia PJ. *Esthetic restorations improved dentist-laboratory communication*. Illinois: Quintessence Publishing, 1993.

Musanje L, Darvell BW. Curing-light attenuation in filled-resin restorative materials. *Dent Mater* 2006;22(9):804-19.

Nakamura T, Saito O, Mizuno M, Kinuta S, Ishigaki S. Influence of abutment substrates on the colour of metal-free polymer crowns. *J Oral Rehabil* 2003;30(2):184-8.

Odor TM, Watson TF, Pitt Ford TR, McDonald F. Pattern of transmission of laser light in teeth. *Int Endod J* 1996;29(4):228-34.

O'Keefe KL, Pease PL, Herrin HK. Variables affecting the spectral transmittance of light through porcelain veneer samples. *J Prosthet Dent* 1991;66(4):434-8.

Paravina RD. Evaluation of a newly developed shade matching apparatus. *Int J Prosthodont* 2002;15:528-34.

Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Color compatibility of resin composites of identical shade designation. *Quintessence Int* 2006;37(9):713-719.

Paravina RD, Johnston WM, Powers JM. New shade guide for evaluation of tooth whitening-colorimetric study. *J Esthet Restor Dent* 2007;19(5):276-83. (a)

Paravina RD, Majkic G, Imai FH, Powers JM. Optimization of tooth color and shade guide design. *J Prosthodont* 2007;16(4):269-76. (b)

Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e15-e20. (a)

Paravina RD. Critical appraisal. Color in dentistry: match me, match me not. *J Esthet Restor Dent* 2009;21(2):133-9. (b)

Paravina RD, Majkic G, Del Mar Perez M, Kiat-Amnuay S. Color difference thresholds of maxillofacial skin replications. *J Prosthodont* 2009;18(7):618-25. (c)

Paravina RD, O'Neill PN, Swift EJ Jr, Nathanson D, Goodacre CJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 2009. *J Dent* 2010;38 Suppl 2:e34-40.

Pianelli C, Devaux J, Bebelman S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. *J Biomed Mater Res* 1999;48(5):675-81.

Pontons-Melo JC, Furuse AY, Mondelli J. A direct composite resin stratification technique for restoration of the smile. *Quintessence Int* 2011;42(3):205-11.

Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of direct restorative resins. *J Dent Res* 1978;57(9-10):876-80.

Preston JD, Bergen SF. *Color Science and Dental Art: A Self-Teaching Program*. St Louis: Mosby, 1980.

Ragain JC, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Res Appl* 2000;25:278-85.

Raygada J. La comunicación odontólogo-laboratorio como instrumento de la selección de color. En: Henostroza G, editor. *Operatoria Dental y Biomateriales 2000*. Lima; Asociación Peruana de Odontología Restauradora y Biomateriales; 2000. p. 124.

Reis A, Higashi C, Loquercio AD. Re-anatomization of anterior eroded teeth by stratification with direct composite resin. *J Esthet Restor Dent* 2009;21(5):304-16.

Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater* 2003;19(1):12-8.

Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3(5):246-51.

Ruyter IE. Unpolymerized surface layers on sealants. *Acta Odontol Scand* 1981;39:27-32.

Sagel PA, Gerlach RW. Application of digital imaging in tooth whitening randomized controlled trials. *Am J Dent* 2007;20 Spec No A:7A–14A.

Schemeling M, Meyer-Filho A, de Andrada MA, Baratieri LN. Chromatic influence of value resin composites. *Oper Dent* 2010;35(1):44-9.

Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 1990;64(4):425-31.

Seghi RR, Hewlet ER, Kim J. Visual and instrument colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68(12):1760-4.

Segura Egea JJ, Jiménez Rubio-Manzanares A, Valle Rodríguez M. Fundamentos de colorimetría aplicados a la toma de color subjetiva en odontología. *Quintessence (ed. esp.)* 1999;12(2):75-83.

Sensi LG, Strassler HE, Webley W. Direct composite resins. *Inside Dentistry* 2007;3(7):76.

Shawkat ES, Shortall AC, Addison O, Palin WM. Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dent Mater* 2009;25(11):1338-46.

Sieber C. *Voyage: Visions in color and form*. Chicago: Quintessence, 1994.

Sidhu SK, Ikeda T, Omata Y, Fujita M, Sano H. Change of color and translucency by light curing in resin composites. *Oper Dent* 2006;31(5):598-603.

Simon H, Magne P. Clinically based diagnostic wax-up for optimal esthetics: the diagnostic mock-up. *J Calif Dent Assoc* 2008;36(5):355-62.

Smith RN, Collins LZ, Naeeni M, Joiner A, Philpotts CJ, Hopkinson I, Jones C, Lath DL, Coxon T, Hibbard J, Brook AH. The in vitro and in vivo validation of a mobile non-contact camera-based digital imaging system for tooth color measurement. *J Dent* 2008;36 Suppl 1:S15–20.

Suh BI. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2004;16(5):316-23.

Swift EJ, Hammel S, Lund PS. Colorimetric evaluation of vita shade resin composites. *Int J Prosthodont* 1994;7(4):356-61.

Taira M, Okazaki M, Takahashi J. Studies on optical properties of two commercial visible-light-cured composite resins by diffuse reflectance measurements. *J Oral Rehabil* 1999;26(4):329-37.

Tashkandi E. Consistency in color parameters of a commonly used shade guide. *Saudi Dent J* 2010;22(1):7–11.

Ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res* 1995;74(1):374-80.

Terry DA, Geller W, Tric O, Anderson MJ, Tourville M, Kobashigawa A. Anatomical form defines color: function, form, and aesthetics. *Pract Proced Aesthet Dent* 2002;14(1):59-67.

Terry DA. Application of nanotechnology. *Pract Proced Aesthet Dent* 2004;16(3):220-2.

Terry DA. Color matching: Part I – Subjective methods. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005;17(5):347-348. (a)

Terry DA. Color matching: Part II – Objective method. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005;17(6):401-402. (b)

Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int* 1991;22(5):377-86.

Ubassy G. Shape and color. Keys to successful ceramic restorations. Chicago: Quintessence, 1993.

Vaarkamp J, ten Bosch JJ, Verdonchot EH. Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Res* 1995;29(1):8-13.

Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth colour. *J Prosthet Dent* 1990;63(2):155-62.

Vanini L. Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8(7):673-82.

Vanini L, Mangani F, Klimovskaia O. Conservative restoration of anterior teeth. Viterbo: ACME; 2005.

Vargas MA, Lunn PS, Fortin D. Translucency of human enamel and dentin. *J Dent Res* 1994; 73:320 . AADR Abstracts (Abstract No. 1747).

Vasudeva G. Monomer systems for dental composites and their future: a review. *J Calif Dent Assoc* 2009;37(6):389-98.

Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater* 2004;20(6):530-4.

Vichi A, Fraioli A, Davidson CL, Ferrari M. Influence of thickness on color in multi-layering technique. *Dent Mater* 2007;23(12):1584-9.

Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB Jr. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent* 2011;23(2):73-87.

Wasson W, Shuman N. Color vision and dentistry. *Quintessence Int* 1992;23(5):349-353.

Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater* 2006;22(6):553-9.

Westland S. Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2003;15 Suppl 1:S5-12.

Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vanherle G. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent Mater* 1992;8(5):310-9.

Williams G. Los composites del siglo XXI. Quintessence edición española 1995;8(6):351-157.

Winter R. Visualizing the natural dentition. *J Esthet Dent* 1993;5(3):102-17.

Xia CM, Shi CX, Chen JH, Lan Y, Yu J, Han X, Wang W. Analysis of infinity optical thickness between nine kinds of composite resins with the same color mark. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2002;11(3):219-21.

Yamamoto M. The value conversion system and a new concept for expressing the shades of natural tooth. *Quintessence Dent Technol* 1992;19(1):2-9.

Yaman BC, Efes BG, Dörter C, Gömeç Y, Erdilek D, Büyükgökçesu S. The effects of halogen and light-emitting diode light curing on the depth of cure and surface microhardness of composite resins. *J Conserv Dent* 2011;14(2):136-9.

Yap AU. Color attributes and accuracy of Vita-based manufacturers' shade guides. *Oper Dent* 1998;23(5):266-271.

Yeh CL, Miyagawa Y, Powers JM. Optical properties of composites of selected shades. *J Dent Res* 1982;61(6):797-801.

Yoshida A, et al. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns. Part 2. Color reproduction and its transfer from in vitro to in vivo. *J Esthet Restor Dent* 2010;22(1):53-63.

Zijp JR, ten Bosch JJ, Groenhuis RA. HeNe-laser light scattering by human dental enamel. *J Dent Res* 1995;74(12):1891-8.