



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA RESTAURADORA**

**ESTUDIO ANALÍTICO *IN VITRO* DE FLUORESCENCIA VISIBLE INDUCIDA
POR LUZ ULTRAVIOLETA EN RESINAS COMPUESTAS PARA TÉCNICA
ESTRATIFICADA**

Ismael Abdón Cerda Durán

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA**

TUTOR PRINCIPAL

Dr. Pablo Angel Aguirre

TUTORES ASOCIADOS

Dr. Javier Martín Casielles

Dr. Cristian Bersezio Miranda

**Adscrito a Proyecto PRi-ODO 15/003 “Validación del análisis computacional
de color de dientes naturales a través de imágenes digitales.”**

Santiago - Chile

2019



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA RESTAURADORA**

**ESTUDIO ANALÍTICO *IN VITRO* DE FLUORESCENCIA VISIBLE INDUCIDA
POR LUZ ULTRAVIOLETA EN RESINAS COMPUESTAS PARA TÉCNICA
ESTRATIFICADA**

Ismael Abdón Cerda Durán

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA**

TUTOR PRINCIPAL

Dr. Pablo Angel Aguirre

TUTORES ASOCIADOS

Dr. Javier Martín Casielles

Dr. Cristian Bersezio Miranda

**Adscrito a Proyecto PRi-ODO 15/003 “Validación del análisis computacional
de color de dientes naturales a través de imágenes digitales.”**

Santiago - Chile

2019

*“Hasta el viaje más largo comienza con un solo paso.”
Proverbio Japonés.*

A mi mamá y papá, que sin su incentivo y apoyo nada de esto hubiese sido posible.

Cuando uno entra a la universidad, recordando el día en que me matriculé, jamás espera llegar a este momento, lo ve especialmente lejano, con el paso del tiempo te vas dando cuenta que esta etapa es solo la base para lo que será nuestro futuro, que donde terminar muchas veces se vio muy difícil. Muchas personas pasaron por nuestro camino y nosotros por el camino de ellas, y es por esto que quiero agradecer a toda persona que me apoyó durante esta etapa.

Mi papá Abdón, que sin él probablemente hubiese costado demasiado este camino, cuando lo necesitaba siempre estaba presente de una u otra manera.

A mi mamá Mireya, que a pesar de las muchas peleas, discusiones, cariños y preocupaciones ocurridas por el paso en esta carrera jamás, ningún solo día, dejó de darlo todo y otorgarme el apoyo para poder finalizar este ciclo.

A mis primos Cotón y Kimyen, y a mis tíos Iris y Enrique, que siempre estuvieron preocupados por mí. ¡Tardó, pero se pudo!

En el año 2015 conocí quien sería un gran apoyo hasta el día de hoy, Sigrid, que en donde si yo debía correr para entregar un trabajo de laboratorio, corría conmigo, o estar a primera hora conmigo para ayudarme en clínica, jamás falló. Un cariño infinito y una deuda hacia ti.

Y una dedicación muy especial a mi amigo Álvaro, que al día de hoy está en una situación muy delicada de salud producto de una cirugía, cada semana no faltaba su broma por mi estrés, por mis fotos compartidas por redes sociales y mi afición a cosas odontológicas.

A todos los amigos que tuve y mantengo en la Universidad, al choclón por ayudarme a tener un pasar más ameno por esta facultad.

Un agradecimiento especial a la Dra. Mónica Ricart, por tenerme muchos años como su ayudante, confiar en mi y ayudarme a crecer como persona y como profesional.

Y a mis tutores, que soportaron mi dificultad para escribir esta tesis, mi desorden inicial al escribirla y siempre estuvieron dándome consejos, y resolviendo mis dudas sin problemas.

ÍNDICE

❖ Resumen	7
❖ Introducción	9
❖ Marco Teórico	11
❖ Hipótesis y Objetivos	24
❖ Materiales y métodos	25
❖ Resultados	31
❖ Discusión	40
❖ Conclusiones	45
❖ Referencias bibliográficas	46

1) RESUMEN:

Introducción: La fluorescencia visible inducida por luz UV es una de las propiedades de un material restaurador estético para obtener un buen biomimetismo. Esta propiedad es importante en ambientes ricos en radiación UV.

En el ámbito dental este fenómeno es generado principalmente por el colágeno y sus proteínas, es por esto que la dentina, es la principal responsable de la fluorescencia dentaria.

Los fabricantes especifican que sus resinas compuestas poseen fluorescencia parecida al diente, mas no detallan cómo es esa fluorescencia en términos de color ni intensidad.

Por lo tanto, este estudio busca determinar el color resultante y comportamiento en las resinas para estratificación esmalte y dentina individualmente y luego, qué resina compuesta predomina en el comportamiento fluorescente al ser estratificada.

Materiales y métodos: Se seleccionaron tres marcas de resina compuesta presentes en el mercado nacional, Z350XT, Miris 2 y ENA-HRi, de las cuales se seleccionaron 3 resinas para dentina y 4 resinas para esmalte, se realizaron discos estandarizados, de cada resina por separado y luego discos estratificados con las distintas combinaciones posibles esmalte-dentina para cada marca. Posteriormente fueron fotografiados en una sala oscura iluminadas únicamente con una linterna de luz UV de 365nm. Se realizó fotografía digital para su posterior medición y análisis en el espacio de color CIELab.

Resultados: Se observó que todas las marcas de resina emiten fluorescencia dentro del rango de luz visible. En términos de color inducido por UV, en la resina Z350XT la resina dentina es diferente a la resina esmalte y el color de estas dos es diferentes al de las resinas estratificadas.

En Miris 2 las tres resinas presentan valores L, a* y b* diferentes, siendo solo la comparación entre Esmalte y Estratificada el valor a* igual estadísticamente.

Finalmente, en la resina ENA-HRi la resina esmalte es diferente que la resina dentina, y ambas son diferentes a la estratificación.

Conclusiones: Se observó que la resina para dentina no predomina. Al estratificar, el color resultante de la fluorescencia visible inducida por luz UV es diferente tanto de la resina para esmalte como de la resina para dentina.

2) INTRODUCCIÓN:

En el mundo de la odontología, con el paso del tiempo se ha buscado mantener la mayor cantidad de dientes en boca por el máximo tiempo posible, buscando así soluciones para todas las enfermedades bucales que puedan ocurrir.

Con el fin de evitar la progresión de la enfermedad caries se han utilizado diversos materiales de obturación, pasando por eugenatos, amalgamas hasta lo más reciente, resinas compuestas (Spear, 2006).

Estos materiales, siempre buscando mejorar sus características, siguen actualmente en uso. El mayor avance se ha manifestado con las resinas compuestas, en sus propiedades mecánicas y ópticas. (Spear, 2006).

En busca de mejorar las propiedades mecánicas de las resinas ha ocurrido una evolución que trajo consigo una variación en el tamaño de sus rellenos y en las características de su matriz orgánica. En relación con sus propiedades ópticas, los fabricantes se han empeñado en fabricar materiales que repliquen los tejidos dentarios a reponer, tanto en los aspectos de color como en los aspectos de translucidez (Baxter 2001) junto con la opalescencia y fluorescencia dental. Por esto, las resinas actuales son organizadas en kits que ofrecen resinas para ser usadas en reemplazo de dentina y otras para ser usadas en reemplazo del esmalte, a las cuales se suman algunas resinas para efectos. Esto para tratar de imitar los efectos naturales de los dientes con el objetivo de lograr restauraciones biomiméticas.

Para poder imitar esta fluorescencia, distintas compañías han incorporado algunos compuestos, llamados fluoróforos, con el objetivo de replicar el comportamiento dentario, especialmente en ambientes ricos en luz UV. (Lay, 2009) (Park, Lee, Lim, 2007).

La fluorescencia es un fenómeno de absorción de luz por parte de un objeto y la posterior emisión espontánea de una luz de longitud de onda mayor que la absorbida. En los dientes ésta se produce fundamentalmente por la estimulación de compuestos orgánicos especialmente proteínas del colágeno como por ejemplo el triptófano (Matsumoto, Kitamura, Araki, 1999) y por eso la dentina, al tener una mayor composición orgánica, es el principal responsable de la fluorescencia dental.

Esta fluorescencia, sin embargo, no es constante a lo largo de la vida y experimenta variaciones, donde en pacientes jóvenes y adultos tienen una mayor fluorescencia en la dentina dado el mayor componente orgánico. Como se pudo apreciar al medir la Fluorescencia visible inducida por luz UV (FVIUV) en diferentes grupos etarios. (Lobos N. 2018) (Monsénégo, Burdairon, Clerjaud, 1993) (Perez, M. 2016).

Es importante recalcar que los fabricantes solo determinan en sus respectivas fichas técnicas que sus productos tienen un grado de fluorescencia parecida a los tejidos dentarios naturales. Sin embargo, el odontólogo no cuenta con información más detallada respecto del grado de fluorescencia que presentan las distintas marcas de resinas o si hacen alguna diferenciación según sea material para esmalte o dentina y finalmente, si su estratificación produce un efecto aditivo o sustractivo.

Si la información entregada por los fabricantes es correcta, el uso de estos materiales biomiméticos debiera seguir el mismo patrón de los tejidos dentarios naturales: La resina para dentina (RD) debiera poseer mayor fluorescencia que la resina para esmalte (RE) y la estratificación de ambas resinas generaría un efecto de fluorescencia que debiese originarse fundamentalmente en la capa de dentina a pesar de estar recubierta por una capa de esmalte.

Este estudio busca observar, determinar y comparar el color resultante y comportamiento en la fluorescencia visible inducida por luz UV diferentes resinas de estratificación, en diferentes tonalidades y opacidades, permitiendo así obtener información necesaria y suficiente para tomar la mejor decisión en la terapéutica de nuestros pacientes.

3) MARCO TEÓRICO:

Resinas compuestas

Las resinas compuestas han sido uno de los mayores aportes en términos de restauración dental, ya que además de ser sumamente estéticos, ofrecen propiedades adhesivas al tejido dentario y requieren una preparación mínimamente invasiva, propiedad que materiales tales como la amalgamas, no ofrecen. La adhesión a las estructuras dentarias ayuda a disminuir la sensibilidad postoperatoria, la microfiltración marginal y reforzar al remanente dentinario. Por otro lado, el material presenta algunas desventajas, como su contracción de polimerización y su técnica más sensible a la humedad. (Rodríguez G. Pereira S., 2007)

Los componentes de la resina compuestas actuales son (Rodríguez G. Pereira S., 2007):

1. **Matriz:** Material de resina plástica que forma una fase continua.
2. **Relleno:** Partículas / fibras de refuerzo que forman una fase dispersa.
3. **Agente de conexión o acoplamiento**, que favorece la unión del relleno con la matriz (Silano).
4. **Sistema activador** - iniciador de la polimerización
5. **Pigmentos** que permiten obtener el color semejante de los dientes.
6. **Inhibidores de la polimerización**, los cuales alargan la vida de almacenamiento y aumentan el tiempo de trabajo.

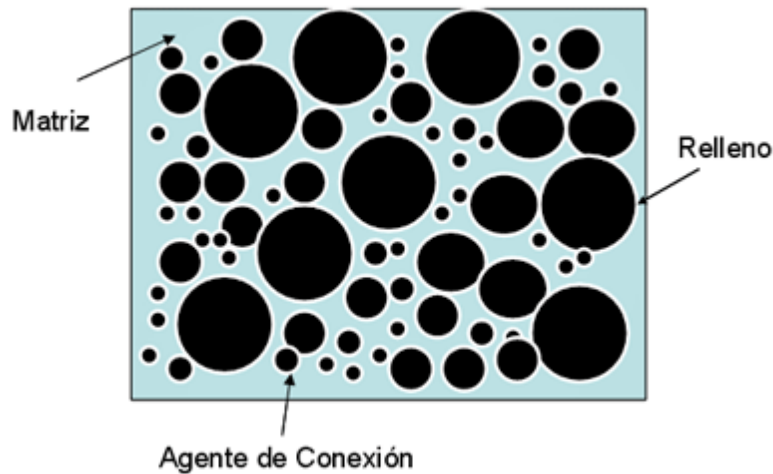


Figura 1. Diagrama componentes resina compuesta (Rodríguez G., Pereira S., 2007)

La matriz se conoce que está compuesta por un 70% de BIS-GMA y 30% de TEGDMA, ambos monómeros de resina, el relleno en cambio es la que confiere las características a la resina de resistir a las fuerzas masticatorias, aumentar la resistencia al desgaste, facilitar la manipulación y aumentar la longevidad en las restauraciones, siendo los componentes de relleno el cuarzo, cristal de bario, estroncio y circonio de sílice. (Hosseinalipour M, Javadpour J, Rezaie H., 2010)

Por su parte el Silano es el agente de conexión de la fase inorgánica con la orgánica. Como inhibidor de la polimerización el compuesto actualmente más usado es el éter monometílico de hidroquinona, ya que previamente la hidroquinona causaba pérdida de coloración de restauraciones, por lo que fue dejado de usar. (Azzopardi N, Moharamzadeh K, et al. 2009).

Además, dentro de las resinas compuestas, se han modificado para poder obtener un color, translucidez y opacidad más parecida a las estructuras dentarias y poder mimetizarse. (Rodríguez G. Pereira S., 2007)

Fenómenos de la luz y color sobre el tejido dentario

La interacción de la luz con diferentes tejidos dentarios origina el color perceptible de los dientes. El color es un fenómeno donde existen tres actores: luz, un objeto y el observador. La luz actúa sobre un objeto, según las características de éste, la luz se refleja y el observador interpreta el color, esto hace que la percepción del color

sea subjetiva, ya que cada individuo procesa de manera distinta la información. (X-Rite, Incorporated 1998)

LUZ

No toda la luz es visible por el ojo humano. Nuestro órgano visual, los ojos, solo son capaces de interpretar parte del espectro electromagnético, viendo alrededor desde la longitud de onda de los 400 nanómetros (nm) hasta los 700 nm. Fuera de este rango se encuentran muchos tipos de rayos dentro de los cuales están la radiación UV, la infrarroja o los rayos X. (Schmeling, 2016).

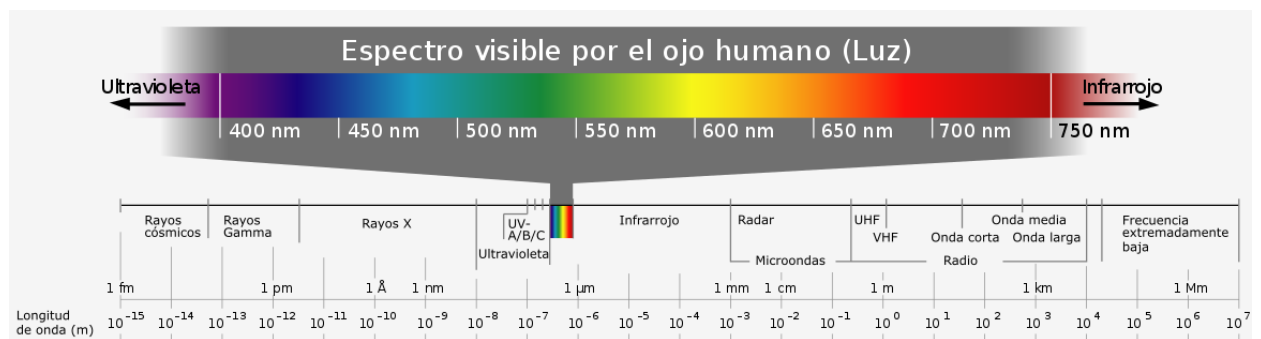


Figura 2. Rango visible y espectro electromagnético (Horst Frank, 2006)

El objeto en este caso es el diente, donde el esmalte al poseer un mayor grado de translucidez permite percibir el color de la dentina subyacente, por lo cual el color dentario visible se ve determinado por la conjunción de color entre esmalte y dentina. (Ishikawa-Nagai S, Yoshida A. et al, 2009).

Y como observador podemos tener tanto el ojo humano como una cámara digital.

Fluorescencia como fenómeno óptico.

Como fue dicho anteriormente el ser humano no puede ver todo el espectro electromagnético. No obstante, al incidir luz UV sobre los objetos puede producirse un efecto llamado fluorescencia. La fluorescencia es un fenómeno óptico dado por la absorción de la luz por un objeto y su posterior emisión de luz en una longitud de onda mayor que la absorbida, produciendo así la fluorescencia visible inducida por luz UV (FVIUV). Esta luz UV que incide sobre el objeto se encuentra en los rangos de 10nm a 400nm de longitud de onda, siendo el sol su principal fuente de radiación,

no obstante, existen más fuentes artificiales de luz UV, tales como lámparas, linternas, ampollas fluorescentes, flashes de cámaras fotográficas o luces de entretenimiento (Espinosa, Ipinza, Rivas Poblete, 2011). (Lim, Lee. 2007) (K. Lee, Lu, Powers. 2005).

En términos físicos, los electrones son puestos temporalmente en un estado mayor de energía cuando están siendo iluminados, esta energía al ser liberada es la que se puede apreciar en el espectro de luz visible. (Takahashi et al., 2008).

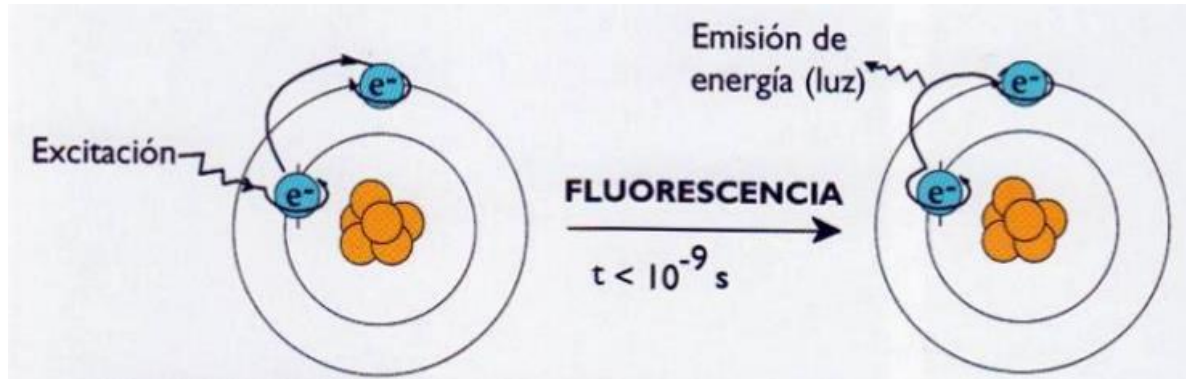


Figura 3. Fenómeno de fluorescencia

Fluorescencia Dental

Los dientes también tienen la capacidad de absorber luz UV y emitir luz visible. Siendo esta propiedad la que hace que los dientes se vean más brillantes bajo la luz natural del día, pareciendo más blancos y claros en la presencia de luz UV.

(Lim, Lee. 2007, Y.-K. Lee, Lu, Powers. 2005). Por lo tanto, al interactuar con el colágeno presente en los dientes, los aminoácidos triptófano e hidroxipiridinio, entre otros, emiten fluorescencia, siendo su *peak* de fluorescencia de 350nm y 400nm respectivamente. (Matsumoto, Kitamura, Araki. 1999). Se sabe también que los tejidos dentarios van sufriendo cambios a medida que pasan los años. Los jóvenes tienen dientes con una cámara pulpar amplia, dentina opaca cubierta por completo de esmalte, la cual es una gruesa capa, translúcida y brillante. Por el contrario, individuos entre 70-80 años disminuye considerablemente el grosor y superficie de la capa de esmalte y aumenta su translucidez. (Da Silva, da Silva, de Oliveira, Melo, de Oliveira, 2013)

Como fue dicho anteriormente el esmalte dentario es una estructura translúcida y sin color base, pero se ha visto que presenta una tonalidad característica en toda

su extensión, esta coloración se da por la diferente disposición del componente principal que este posee, la hidroxiapatita, donde al estar en diferente ubicación espacial refleja el color visible de diferentes formas. Con iluminación directa los cristales permiten el pasaje de las ondas largas, principalmente el rojo y el naranja, las ondas cortas (verde, violeta y azul) son reflejadas dando al esmalte un efecto azul-grisáceo (Lee YK, Powers JM. 2006)

En general, los protocolos actuales para estudiar la fluorescencia dentaria se apoya en el uso de espectrofotómetros de fluorescencia, que necesitan la toma de muestras de tejido, por lo que su uso está orientado principalmente en la realización de estudios de laboratorio *in vitro* o *ex vivo* (Bush, Hermanson, Yetto, Wiczkowski. 2010) (Klukowska et al., 2013) (Matsumoto et al., 1999) (Solheim, 1993), no siendo útiles para su uso clínico directo. Es por esto que protocolos alternativos utilizando fotografía digital y programas computacionales para estudiar la fluorescencia dentaria humana *in vivo* son altamente valorados. (Da Silva et al., 2013).

Con respecto a la fluorescencia de las distintas marcas de resinas compuestas, los distintos fabricantes afirman que sus productos poseen una fluorescencia parecida a los dientes, mas no especifican mayores detalles con respecto a su origen ni tampoco refieren estudios que soporten sus afirmaciones (3M; 2017) (Coltène/Whaledent Inc.; 2017) (Synca; 2013). Por esto, varios fabricantes han usado agentes luminóforos del grupo de las Tierras Raras como europio, terbio y cerio en la composición de las resinas permitiendo reproducir la fluorescencia de los dientes naturales. (Higashi C, Mongruel G et al, 2011)

Color

Ya en el año 1905, el pintor norteamericano Albert Munsell propuso un sistema de color denominado HVC [*Hue*: matiz; *Value*: valor y *Chroma*: saturación], el cual es utilizado actualmente. (Park JH, Lee YK et al. 2006) (Adrian Y. et al, 1998)

- Matiz: se refiere al nombre del color propiamente tal, por lo tanto, a la longitud de onda que ese objeto no absorbe y refleja (rojo, azul, verde etc.) Actualmente, la mayoría de los sistemas resinosos utiliza la clasificación de VITA Classical (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania)

- Valor: es considerado la dimensión “sin color” o acromática del color, es dicho también como grado de luminosidad u oscuridad, existen dos valores, blanco y negro. Por lo que un mismo matiz puede tener diferente valor al ser más luminoso o más oscuro.
- Croma: habla sobre el grado de saturación del color o la cantidad de pigmentos que este posee. (Sappi Fine Paper North America, 2013)

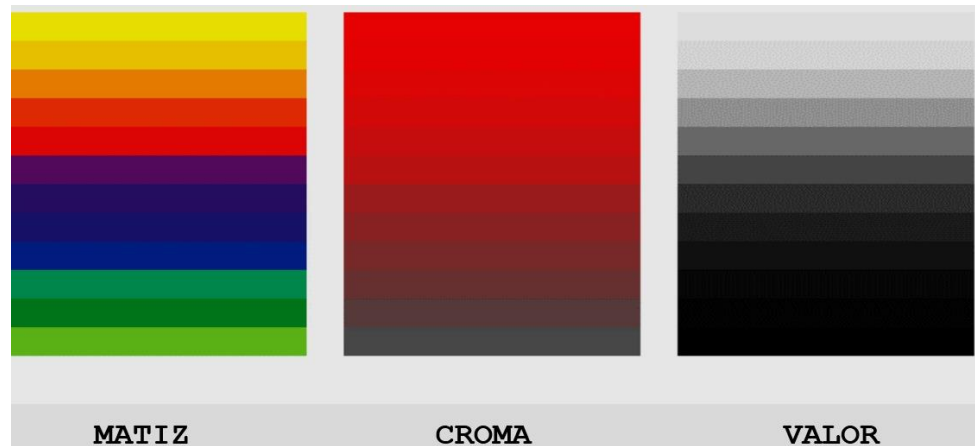


Figura 4. Dimensiones del color.

Espacio de Color CIELab

En el año 1978, la Comisión Internationale de l'Eclairage (CIE) creó el sistema CIELab de medición de color. Este sistema toma el color como un espacio tridimensional, cuyas coordenadas son L, a^* y b^* . L corresponde al brillo o al *value* de Munsell que varía de 0 a 100, a^* es la cantidad de rojo o verde que varía de -128 a +128 y b^* corresponde a la cantidad de amarillo o azul que varía de -128 a +128. Ambas coordenadas, a^* y b^* , son coordenadas de cromaticidad y no se corresponden al *hue* y al *chroma* de Munsell. (Abhay S., Trista G., 2003)

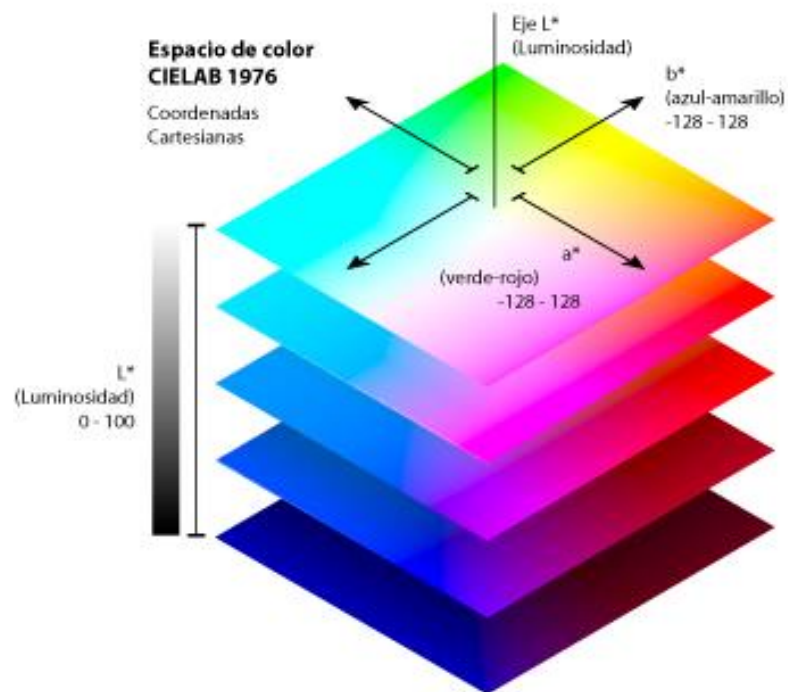


Figura 5. Espacio de color CIELab

Dado que al espacio de color CIELab es un espacio tridimensional, para poder calcular la diferencia entre cada color, se debe calcular la distancia dentro de un sistema de coordenadas tridimensional. La fórmula para poder calcular dicha distancia, y por lo tanto la diferencia entre dos colores es:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Donde:

$$\Delta L: L_2 - L_1$$

$$\Delta a: a^*_2 - a^*_1$$

$$\Delta b: b^*_2 - b^*_1$$

Los valores L_1 , a^*_1 y b^*_1 son las coordenadas de color de la muestra número 1 y L_2 , a^*_2 y b^*_2 , son las coordenadas de color de la muestra número 2. Entonces el valor ΔE , corresponde a la diferencia total de color en los tres ejes, L , a^* y b^* , o mejor dicho la distancia que existe entre dos puntos ubicados en el espacio tridimensional de color. (Cretu C., Lingen E, 1998) (Rade D. Paravina, John M. Powers., 2002)

En odontología, la diferencia de color (ΔE), es finalmente cuán diferente es un color de otro, ya sea en una resina compuesta, en un diente de acrílico o en cerámica. No obstante, el ojo humano no es capaz de percibir dos colores muy cercanos como diferentes, de esta manera existe el término Perceptibilidad el que se define como la diferencia perceptible para el ojo humano en el cual se puede decir que dos colores son diferentes, donde un ojo entrenado es capaz de ver dos colores diferentes siendo el ΔE entre esos dos colores de $\Delta E=1,0$. Ahora, para que dos colores se puedan aceptar iguales existe otro término que es Aceptabilidad, donde en numerosos estudios, se acepta un valor máximo de $\Delta E=3,3$ como diferencia de color, donde un observador pueda decir que ambos colores son parecidos sin la necesidad de ya sea cambiar la resina o cambiar el color de un diente acrílico, por lo que un valor mayor a este es percibido como diferente por el observador y

generalmente el tratante podría decidir hacer un cambio. (Hee Sun KIM, Chung Moon Um. 1996) (Yong-Keun Lee et al, 2005) (Yong-Keun Lee et al, 2002) (Douglas, Steinhauer, Wee. 2009)

Existen diferentes formas de medir el color, variando desde espectrofotómetros, colorímetros y cámaras digitales, donde este último es cada vez más popular y exacto. La ventaja es que se puede medir la apariencia del color de un objeto en términos de imagen, en lugar de captar una zona de color del objeto. (Paravina, RD. Powers 2004)

Fotografía Digital

Dentro de la odontología clínica se ha visto que la fotografía digital es una gran herramienta que se ha vuelto de mucha utilidad en los últimos años, ya que es importante para poder plasmar en el tiempo la evolución del tratamiento, ayudar en el diagnóstico clínico, observar detalles que el clínico podría pasar por alto durante la atención o estudios basados en el apoyo fotográfico (como evaluar color, evolución en un tratamiento de blanqueamiento o control de características clínicas de restauraciones), siendo posible su comparación a través del tiempo. Por último, también se ha utilizado en marketing odontológico y además en el registro medicolegal (Ahmad, 2009a) (Moreno, M., Chidiak, R., Roa, R., Miranda, S., Rodríguez-Malaver, 2005). (Wander, Ireland. 2014).

La fotografía digital es una imagen que se obtiene por un proceso de tres etapas: Captura o toma, procesamiento y muestra. Durante la toma la luz es percibida por un sensor que contiene unidades fotosensibles llamadas píxeles, estos detectan la luz y su intensidad. Esta luz es procesada por el software de la cámara para poder ser llevada a formato digital y ser mostrada ya sea en pantalla externa o en la misma cámara en caso de tener visor. (Ugalde, 2005; Ahmad, 2009).

Existen tres tipos de cámaras: compactas, bridge o intermedias y Reflex-Digital, siendo estas última las más adecuadas para fotografía clínica ya que cuentan con un sensor de mayor tamaño, mayor definición, objetivos intercambiables e incluso objetivos de longitud focal fija. (Freeman, 2003; Ahmad, 2009).

Algo importante en la fotografía digital es conocer el funcionamiento de la cámara para poder alcanzar el objetivo deseado. A simple vista la cámara fotográfica y el ojo humano son similares en cuanto a su funcionamiento; la luz llega al ojo a través de la córnea y la pupila, y la cantidad de luz que pasa es regulada por el iris. La luz llega a la cámara a través de la abertura del lente que puede graduarse a través del diafragma equivalente al iris en el ojo (Langford, 2004a). El diafragma se encuentra por detrás del lente y tiene por función ajustar la cantidad de luz que ingresa, esta se expresa con la letra “*f*” y es inverso a la cantidad de luz que entra, es decir que mientras más pequeño sea este valor, mayor es la cantidad de luz que atraviesa por el lente (Fernández-Boza, 2005; Langford, 2004b). Gran parte del éxito de una fotografía, sobre todo en las fotografías dentales, está en el correcto uso de la luz. (Ahmad, 2009b).

A grandes rasgos en la fotografía existen varios tipos de iluminación, de los que podemos nombrar, la luz de día o natural, la luz de un Flash, la luz LED o luz UV.

- **La luz de día o natural:** es la que tiene todos los espectros lumínicos, incluidos los que no vemos a simple vista, su gran inconveniente es la variación que puede presentar por el clima o por la hora. (Ahmad, 2009b).
- **La luz de Flash:** es una fuente de luz predecible, instantánea y además universalmente adaptable a todo tipo de cámara. Existen variadas formas y estilos de Flash, siendo el circular o tipo “ring” el más utilizado en la odontología. (Ahmad, 2009b)
- **La luz Led:** Fuente bastante nueva en el mercado, con temperatura de color constante, pero de intensidad lumínica baja. (Ahmad, 2009b)
- **Luz UV:** Útil para mostrar propiedades ópticas de los dientes, restauraciones o evidenciar fracturas. (Ahmad, 2009b)

Otro factor en la fotografía son los parámetros a utilizar al momento de la toma fotográfica, considerado por gran parte de las personas el más difícil, ya que al variar pueden cambiar considerablemente la imagen obtenida.

1. **Profundidad de campo:** Es la distancia dentro de la imagen que se encuentra nítida o enfocada (Illescas, 2015). En el caso de los dientes esto es sumamente importante ya que debemos tener enfocados desde los incisivos centrales hasta los molares. Los factores que influyen en este ítem son (Ahmad, 2009b):
 - a. **Apertura de diafragma o f :** A mayor f , más cerrado estará el diafragma y mayor será la profundidad de campo, por el contrario, a menor f , más abierto estará y la profundidad de campo será menor.
 - b. **Distancia de plano de enfoque:** Dicha como la distancia que hay entre el objeto que se quiere fotografiar y la cámara. A menor distancia entre el objeto y la cámara, menor profundidad de campo.
 - c. **Distancia focal:** Distancia entre el centro óptico del objetivo o lente y el foco u objeto a fotografiar, expresado en mm. Dicho de manera simple, mientras más zoom se aplique en una fotografía menor será la profundidad de campo. (Illescas, 2015)

2. **Exposición:** Es en términos prácticos la cantidad de luz que ingresa a través del lente y que el sensor digital logra captar. Una adecuada exposición se logra con dos factores:
 - a. **Apertura de diafragma:** Como fue dicho anteriormente, donde a mayor apertura, o menor f , más luz entra y, al contrario, con menor apertura, o mayor f , menos luz entra al sensor digital.
 - b. **Velocidad de obturación:** Es el tiempo donde el obturador queda abierto para que ingrese luz, siendo estas velocidades entre aproximadamente 1/3000 (tresmilésima parte de un segundo) hasta a decisión del operador, pudiendo ser minutos e incluso horas (Ahmad, 2009c)

3. **Sensibilidad ISO:** Es el valor que utiliza la cámara para determinar la sensibilidad a la luz que ingresa. Esto quiere decir que si se aumenta la sensibilidad (Mayor ISO) mayor luz es capaz de captar con el mismo diafragma o velocidad de obturación. Esto se ocupa mucho en situaciones de luz insuficiente (Ahmad, 2009c).
4. **Espacio de color:** Es el sistema utilizado para interpretar el color, compuestos por una gama que describe el rango de estos. El más utilizado es el Estándar RGB (sRGB) y el Adobe RGB, aunque en fotografía dental ambos espacios están aceptados. (Ahmad, 2009c)

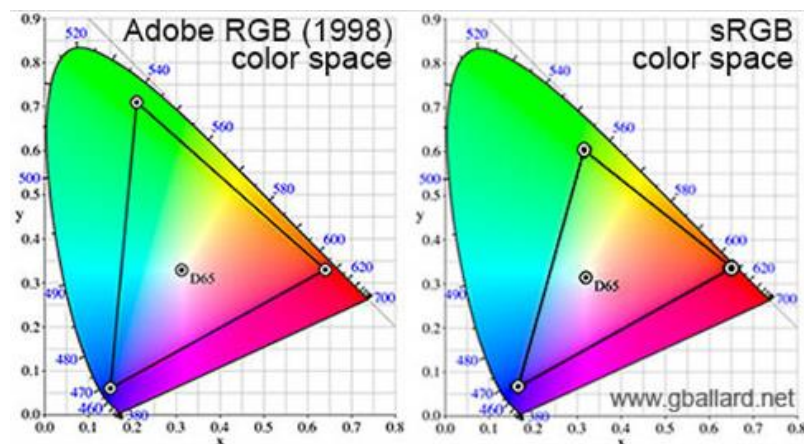


Figura 6. Espacios de color Adobe RGB y sRGB

5. **Balance de blancos:** Es la forma en que la cámara determina que lo más brillante de la imagen sea blanco y lo menos brillante sea negro. Esto debido a que la cámara no puede compensar la diferencia de colores en las imágenes captadas, así el balance de blancos sirve para decirle a la cámara qué temperatura de color hay en el ambiente, para que pueda establecer cuál es el color blanco y a partir de él ajustar el resto de los tonos de la fotografía y así lograr alcanzar una homogeneidad en la distribución de los 3 colores básicos rojo, verde y azul (RGB). (Ahmad, 2009c). En parámetros odontológicos es muy difícil fotografiar y que los colores capturados por la cámara sean exactamente los mismos observados por el clínico. Para esto se utilizan cartas de estandarización, ellas se usan al momento de procesar

las fotos en un software, donde se realiza la estandarización del gris en el programa, para coincidir con la carta y que la temperatura de color sea la correcta. Estas cartas, llamadas Cartas de Gris al 18% están creadas con altos estándares en calidad e impresas con la mejor tecnología de reproducción de color posible. Las cartas de gris al 18% de uso odontológico por lo general son autoclavables y del tamaño de una tarjeta de crédito. (Ahmad, 2009c)

Evaluación de Fluorescencia en resinas compuestas

Finalmente, se ha visto muchas veces que las restauraciones extensas en sector anterior no velan siempre por la fluorescencia. Existen pocos antecedentes de FVIUV en dientes naturales y en menor cantidad sobre las resinas compuestas y su comportamiento bajo fuentes de luz UV. (3M; 2017) (Coltène/Whaledent Inc.; 2017) (Synca; 2013) (Bo-Ra Kim 2016).

Variados estudios determinan la fluorescencia de algunas resinas y su color en su FVIUV, pero no está estandarizado ni existen guías clínicas que ayuden a la decisión de qué resina utilizar para el tipo de color de FVIUV del paciente. (Yong-Keun lee et all. 2005)

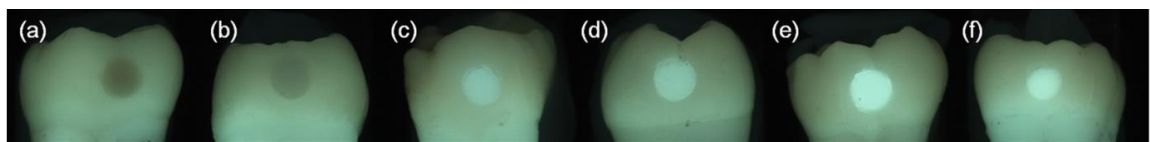


Figura 7. Resinas iluminadas con luz UV y su diferencia de color en FVIUV en estudio de Bo-Ra Kim 2016.

Por lo tanto, asumiendo que los fabricantes de las diferentes resinas compuestas utilicen la fluorescencia en sus resinas como es en los dientes naturales se esperaría que la capa de Resina para dentina (RD) predomine por sobre la capa de resina para esmalte (RE) y que además el color de ese FVIUV sea lo más cercano posible a los dientes naturales. En caso contrario se podrían observar dos opciones, el primero es que el color resultante sea el de la RE, y por otra parte que sea un color nuevo, diferente a las resinas que lo conforman.

3) HIPÓTESIS Y OBJETIVOS:

El color inducido por luz ultravioleta (FVIUV) de la capa de resina para dentina predomina en el color final de la estratificación esmalte-dentina.

Objetivos:

Objetivo general: Determinar el color resultante y comportamiento de la fluorescencia visible inducida por luz UV a 365nm en distintas resinas para técnicas de estratificación esmalte-dentina.

Objetivos específicos:

1. Determinar las coordenadas L, a*, b* de las distintas resinas para esmalte de tres marcas diferentes bajo una fuente de luz UV.
2. Determinar las coordenadas L, a*, b* de las distintas resinas para dentina de tres marcas diferentes bajo una fuente de luz UV.
3. Determinar las coordenadas L, a*, b* de las distintas resinas en técnica estratificada esmalte-dentina dentro de cada marca bajo una fuente de luz UV.
4. Comparar los valores L, a*, b* de las resinas en técnica estratificada esmalte-dentina con sus resinas sin estratificar dentro de cada marca bajo una fuente de luz UV.
5. Determinar la diferencia total de color (ΔE) entre las resinas de técnica estratificada y las resinas de esmalte y dentina por separado en las tres diferentes marcas de resina, todas bajo una fuente de luz UV.

4) MATERIALES Y MÉTODOS:

Se realizó un estudio experimental analítico con su posterior observación en el que se midieron discos de resina de diferentes marcas y tonalidades para determinar cómo es el color en la fluorescencia visible inducida por luz ultravioleta en la resina de técnica estratificada versus sus resinas por separado.

Se seleccionaron tres kits de resinas compuestas para estratificación disponibles en el mercado: Z350XT 3M ESPE (Lote N852070), Miris 2 Coltène (Lote I17625) y ENA-HRi Micerium (Lote 2017000162), de los cuales se seleccionaron tres tonalidades de esmalte y cuatro de dentina arbitrariamente, basado en las saturaciones de más presencia en los kits de venta dentro del mercado nacional, buscando descartar posibles diferencias de comportamiento según saturación.

Confección de discos

Usando formadores estandarizados, se confeccionaron 3 discos para cada tonalidad de dentina con un diámetro de 10mm y una altura de 1mm (tabla 1) en un solo incremento siendo presionados entre una loseta de vidrio y un portamatriz. De igual manera, se confeccionaron 3 discos para cada tonalidad de esmalte con igual diámetro, pero con altura de 0,5mm. Finalmente se realizaron todas las combinaciones entre tonalidades dentina y esmalte para cada marca en discos de 10mm de diámetro por 1,5mm de altura. Éstos se realizaron fabricando un disco esmalte de 0,5mm directamente sobre discos dentina de 1mm polimerizados al momento de la fabricación, de tal manera que ambos quedaran unidos adhesivamente.

Marca	Esmalte	Dentina	Estratificación		
Filtek Z350 XT	A1E	A1B	A1B/A1E	A1B/A2E	A1B/A3E
	A2E	A2B	A2B/A1E	A2B/A2E	A2B/A3E
	A3E	A3B	A3B/A1E	A3B/A2E	A3B/A3E
		A3.5B	A3.5B/A1E	A3.5B/A2E	A3.5B/A3E
Miris 2	NR	S1	S1/NR	S1/IR	S1/WB
	IR	S2	S2/NR	S2/IR	S2/WB
	WB	S3	S3/NR	S3/IR	S3/WB
		S4	S4/NR	S4/IR	S4/WB
ENA HRI	UE1	UD1	UD1/UE1	UD1/UE2	UD1/UE3
	UE2	UD2	UD2/UE1	UD2/UE2	UD2/UE3
	UE3	UD3	UD3/UE1	UD3/UE2	UD3/UE3
		UD3.5	UD3.5/UE1	UD3.5/UE2	UD3.5/UE3

TABLA 1. Tonalidades según marca y código de color.

En total se confeccionaron 171 discos de resina compuesta, de los cuales 36 correspondieron a resinas dentina (RD), 27 a resina esmalte (RE) y 108 en que se realizó estratificación esmalte-dentina (RED). (Tabla 1.)

Luego de su confección los discos fueron medidos para confirmar sus dimensiones e hidratados con suero fisiológico a 37°C por un tiempo de 24 horas, para emular la hidratación de la resina compuesta que ocurre habitualmente en las primeras horas dentro de la cavidad oral.

Al momento de la medición se retiraron de su hidratación, siendo depositados sobre una gasa absorbente y se retiró el exceso de agua sin frotar.

Medición Fluorescencia visible inducida con luz UV

La medición del nivel de fluorescencia visible inducida por luz UV se realizó en un ambiente de sala oscura, con una cámara Canon EOS 7D Digital SLR Body (Canon Inc. Japan) y objetivo fijo macro Canon EF 100mm f/2.8L Macro IS USM(Canon Inc. Japan), con la toma de la fotografía en un ángulo de 90° con respecto a la superficie a fotografiar sobre una carta de color negro (OPT-DGC-Medium, Opteka TM , USA), los valores utilizados en la cámara fueron: velocidad de obturación de 1/60seg y apertura de diafragma de f2.8, la temperatura de color utilizada fue de 7000°K y un

ISO de 800, la distancia de enfoque fue de 0,39m. Todos estos valores fueron ratificados tanto en la cámara como en el programa EOS Utility 3 al momento de realizar la toma fotográfica, los valores fueron tomados por el protocolo visto en tesis de Lobos, N. (2018), donde se hicieron tomas fotográficas con distintos valores, luego dos observadores compararon subjetivamente con qué valores se asemejaba más a lo visto en boca. En la cámara además se utilizó un filtro UV e infrarrojo (Fotga Optical Glass, Guangdong, China), permitiendo así solo captar la longitud de onda visible por el ojo humano.



Figura 8. Convoy modelo Intsun SK66 S2+

Se utilizó una linterna Convoy modelo Intsun SK66 S2+ (Convoy, China) con un filtro U-340 UV Shortpass IR longpass 37 mm, (Hoya Corporation, CA, USA) el que solo permite el paso de luz UV a través de esta, siendo así la longitud de onda utilizada de 365nm.

La intensidad medida en Lux con el espectrofotómetro Sekonic LiteMaster Pro-L-478DR-U-PX (North White Plains, NY 10603 United States) fue de 170lux medidos cada 10 tomas. La posición de esta linterna fue de 45° con respecto a la superficie a fotografiar a una distancia de 15cm

Procesado de Imagen

El posterior procesamiento de la imagen se realizó en el software Adobe Photoshop CC (Adobe Inc. California, EE. UU. 2015), con valores de 0 para todos los ajustes y al momento de guardar la imagen se realizó en formato JPEG con calidad 12 y formato estándar. (Figura 9 y 10)

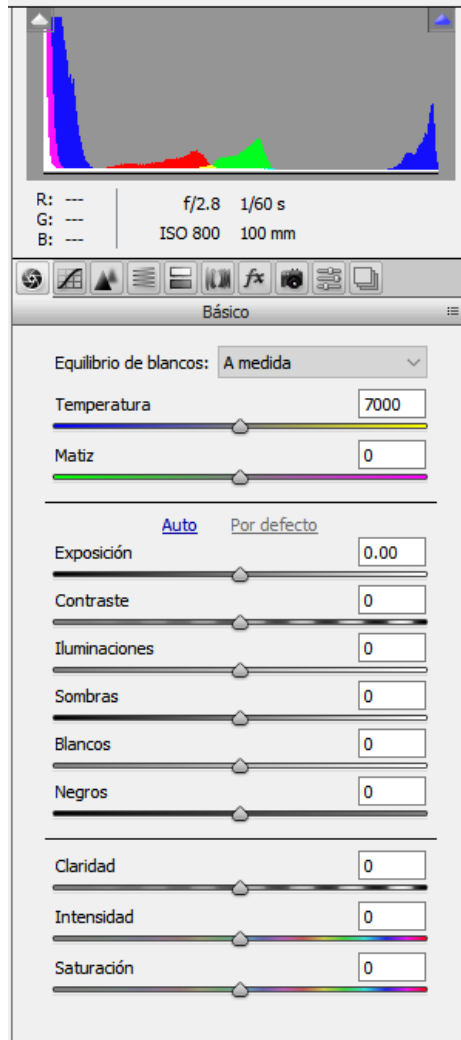


Figura 9. Ajustes de RAW en Photoshop CC.

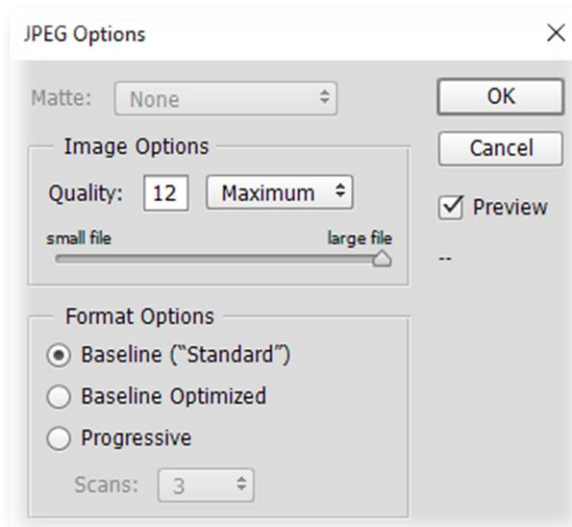


Figura 10. Opciones al guardar imagen a JPEG en Photoshop CC.

Luego con la herramienta ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland. 2016) se realizó el cambio de espacio de color sRGB (*RGB Stack*) a CIELab (*Lab Stack*) donde posteriormente se tomó la medición de los valores L, a* y b*. (Figura 11)

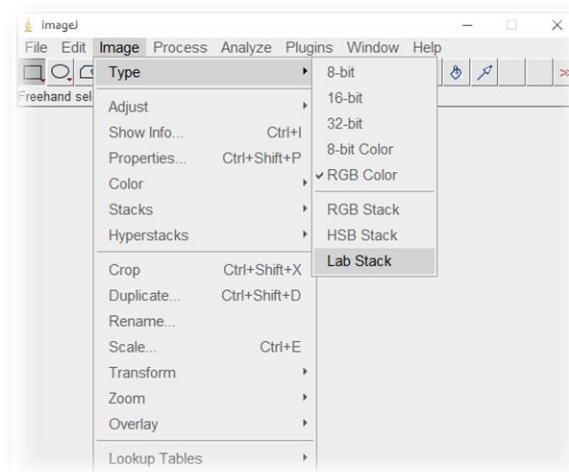


Figura 11. Cambio de espacio de color desde RGB a CIELab en ImageJ

En la herramienta ImageJ el área medida fue ligeramente menor que la del disco, esto para evitar errores con los extremos del disco, siendo asignado el valor de medición lo más cercano a 700000 unidades de área del programa ImageJ. (Figura 12)

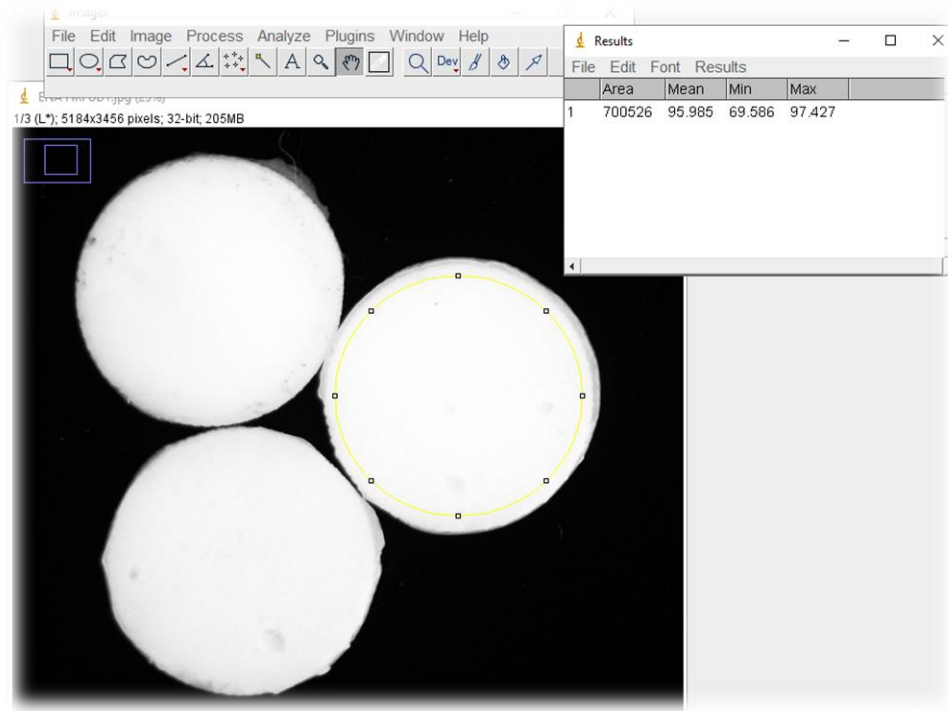


Figura 12. Coordenada de color L y medición de área mediante herramienta circular de selección.

Esta medición se realizó en los tres valores en los discos de manera consecutiva, siendo luego de esto tabulados en el programa Excel 2019 (v19.0) donde fueron analizados.

Se compararon los valores L, a^* y b^* del color de la FVIUV de RE, RD y RED (prueba de ANOVA y post hoc de Tukey) (Spiegel M.R., 2007) (Montgomery D., 2013) separado por marca para determinar si en alguna hay diferencia en su misma marca.

5) RESULTADOS:

Se determinaron las coordenadas L, a* y b* de los discos de cada tonalidad en espacio de color CIELab de las tres resinas y su correspondiente diferencia de color (ΔE)

Z350XT

Z350XT	n	L	a*	b*
Esmalte	9	22,57 \pm 3,93	15,57 \pm 0,66	-43,48 \pm 2,63
Dentina	12	55,94 \pm 7,10	6,59 \pm 6,23	-56,03 \pm 3,95
Estratificada	36	61,76 \pm 7,50	-2,38 \pm 5,97	-49,13 \pm 3,84

Tabla 2. Media(\pm) de los valores L, a* y b* para la resina compuesta Z350 XT

Al realizar la comparación de los valores L, a* y b* para la resina Z350XT de la RED con las RD y RE se aprecia que las tres coordenadas en las tres resinas presentan valores estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).



(a) (b) (c)
Figura 13. Discos Z350XT de Resina A1E(a), A3B(b) y A3B+A1E(c).

Los gráficos 1, 3 y 5 muestran la ubicación en el espacio de los valores a^* y b^* en cuatro cuadrantes (rojo-amarillo, rojo –azul, verde-azul y verde-amarillo)

En el gráfico 1, con respecto a la resina Z350XT, se puede observar que los colores de la FVIUV están en el cuadrante rojo-azul cercano al límite con el cuadrante verde-azul, teniendo la estratificación un comportamiento diferente a los dos estratos ubicándose en el cuadrante verde-azul

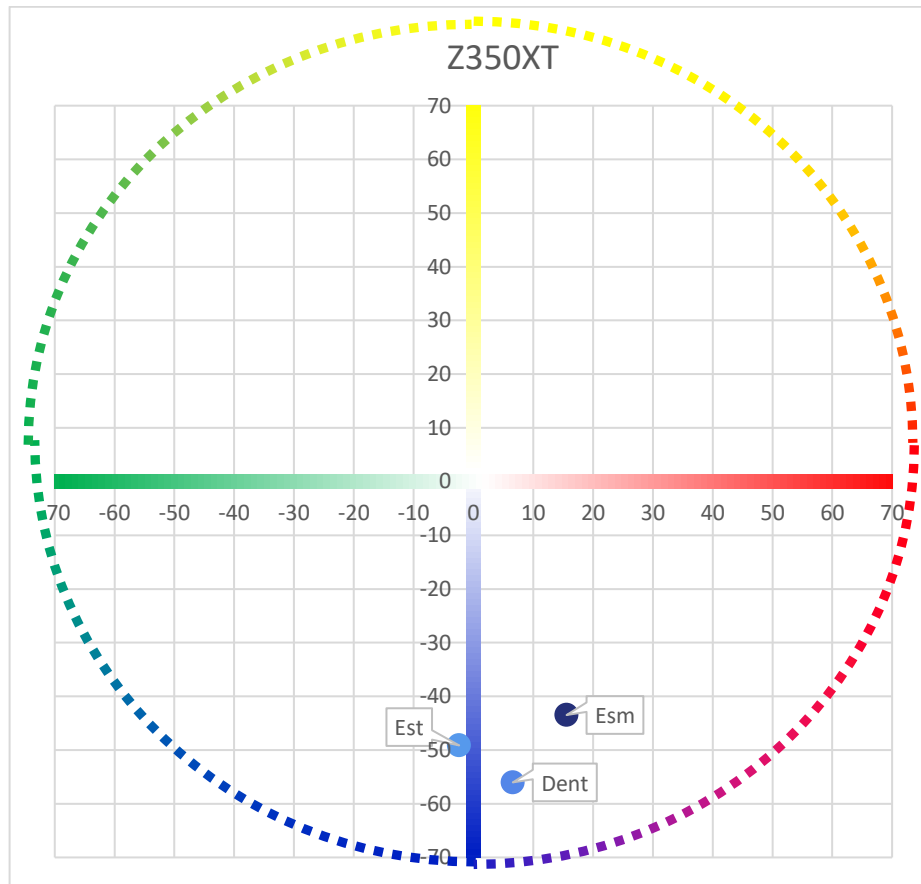


Gráfico 1. Representación gráfica de los valores (a^* , b^*) en el espacio de dentina (Dent), esmalte (Esm) y estratificado (Est) de las resinas Z350XT

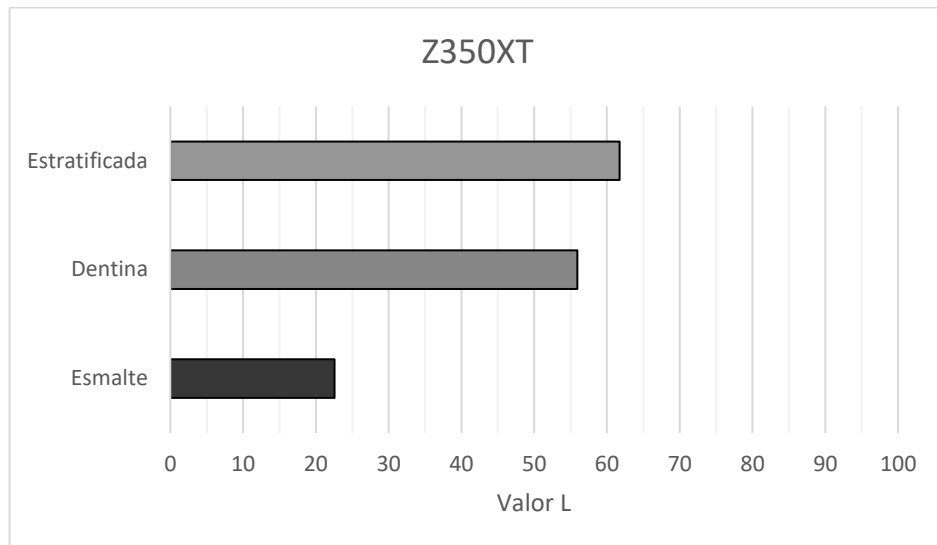


Gráfico 2. Representación valores L de luminosidad de la resina Z350XT

Se observa en el gráfico 2 que el valor L de la resina para dentina es de 55,9 y al estratificar con un esmalte de valor de 22,5 esta se ve modificada hacia el valor 61,6.

Al medir la diferencia total de color (ΔE) de las RE y RD con respecto a su estratificación en el espacio CIELab se obtuvieron los siguientes resultados

ΔE	Estratificada
Esmalte	43
Dentina	14

Tabla 3. Diferencia total de color en resinas 3M Z350XT

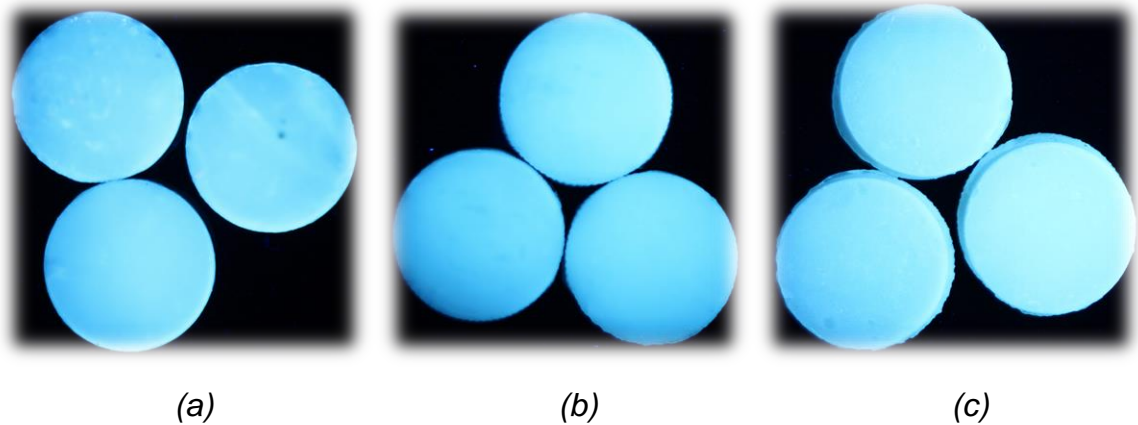
La tabla 3 muestra una diferencia de color de 43 unidades de delta E entre la Resina Estratificada y la RE, y una diferencia de color de 14 unidades entre la Resina Estratificada y la RD

Miris 2

Miris 2	n	L	a*	b*
Esmalte	9	83,57 ± 2,45	-18,60 ± 1,36	-23,70 ± 3,66
Dentina	12	83,75 ± 5,21	-21,29 ± 1,71	-23,21 ± 6,22
Estratificada	36	89,31 ± 2,95	-19,45 ± 0,71	-15,89 ± 4,38

Tabla 4. Media (\pm) de los valores L, a* y b* para la resina compuesta Miris 2

En la tabla 4 tenemos los valores L, a* y b* de las resinas Miris 2, la RED al ser comparada con la RE se observa que el valor L y b* son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$), mientras que el valor a* es el único estadísticamente igual ($p > 0,05$). Al comparar la RED con la RD se observa que las tres coordenadas son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$). Comparando entre la Resina para Esmalte (RE) y Resina para Dentina (RD), se observa que el valor L y b* son estadísticamente iguales ($p > 0,05$), mientras que el valor a* es diferente ($p < 0,05$).



(a) (b) (c)
Figura 14. Discos Miris 2 de Resina IR(a), S3(b) y S3+IR(c).

La gráfica 3 muestra que en las RE, RD y RED los colores están en el cuadrante verde-azul, estando las coordenadas a^* y b^* cercanas dentro de ese cuadrante.

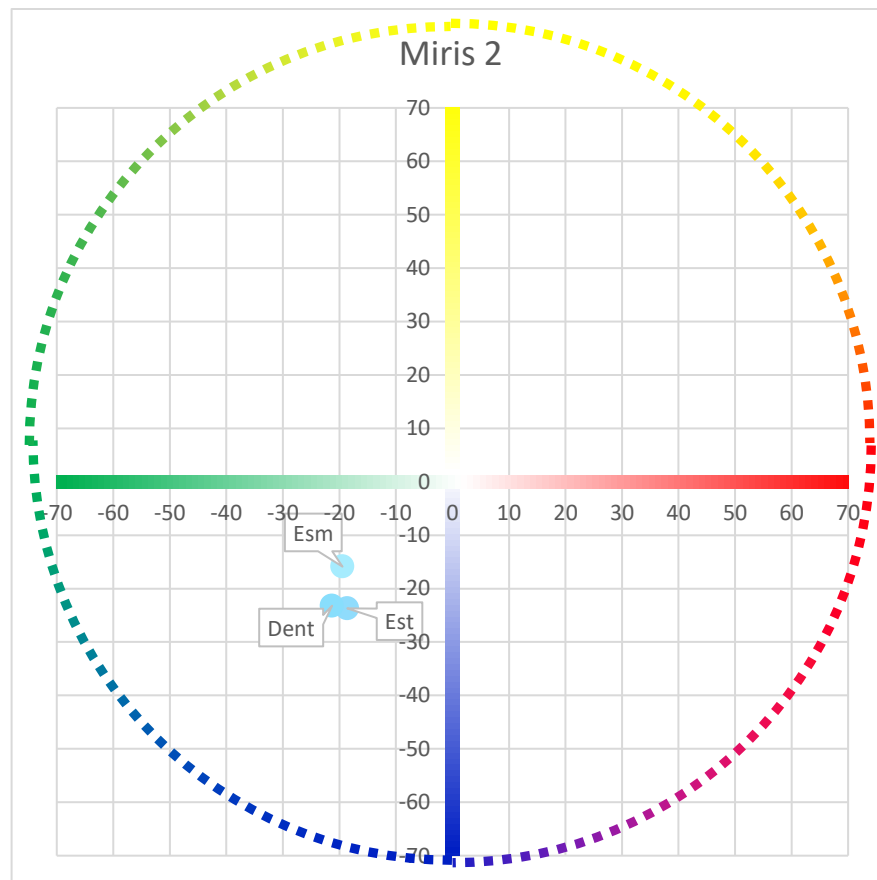


Gráfico 3. Representación gráfica de los valores (a^* , b^*) en el espacio de dentina (Dent), esmalte (Esm) y estratificado (Est) de las resinas Miris 2.

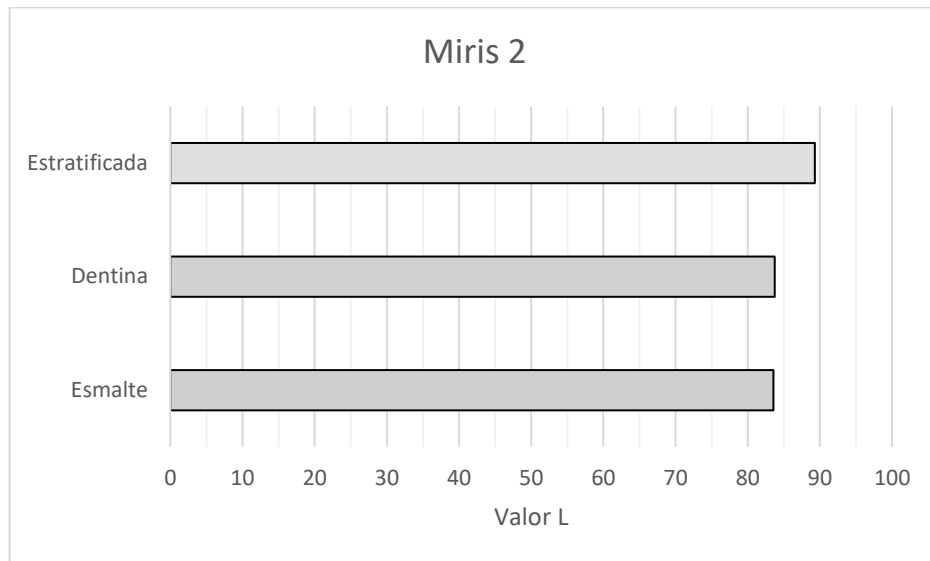


Gráfico 4. Representación valores L de luminosidad de la resina Miris 2

En el gráfico 4 se observa que el valor de luminosidad para dentina es igual al de esmalte, y al estratificar esta aumenta en 6 unidades.

Al medir la diferencia total de color (ΔE) de las RE y RD con respecto a su estratificación en el espacio CIELab se obtuvieron los siguientes resultados

ΔE	Estratificada
Esmalte	10
Dentina	9

Tabla 5. Diferencia total de color en Resinas Miris 2.

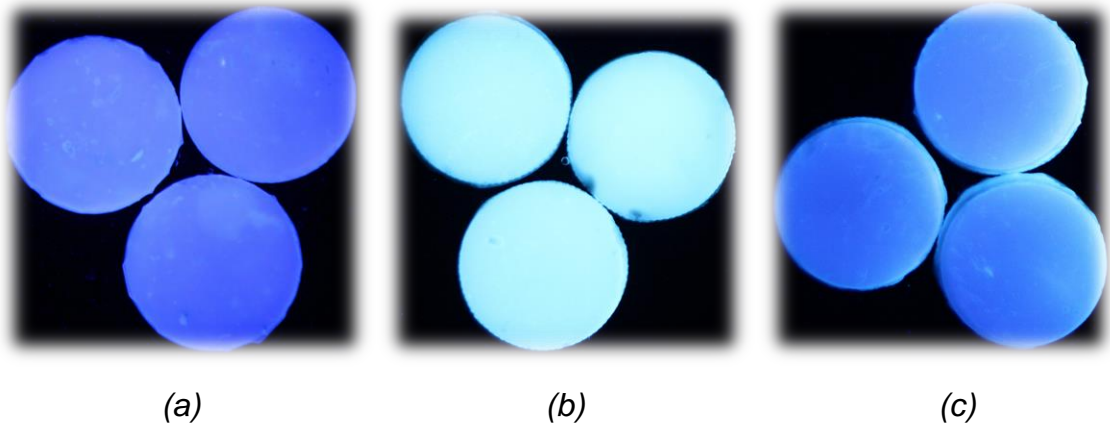
La tabla 5 muestra una diferencia de color entre Resina Estratificada y RE de 10 unidades de ΔE y una diferencia de color entre Resina Estratificada y RD de 9 unidades.

ENA-HRi

ENA-Hri	n	L		a*		b*	
Esmalte	9	57,55	± 4,25	29,27	± 4,95	-64,99	± 6,84
Dentina	12	93,20	± 1,64	-17,74	± 0,87	-10,06	± 2,39
Estratificada	36	63,04	± 7,19	13,94	± 8,56	-55,70	± 9,77

Tabla 6. Media (\pm) de los valores L, a* y b* para la resina compuesta ENA-HRi

Comparando las coordenadas L, a* y b* de la resina ENA-HRi en su RED con la RE podemos observar que las tres coordenadas son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$) al igual que al comparar la RED con la RD. Mientras que entre RD y RE se observa que también son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).



(a) (b) (c)
Figura 15. Discos ENA-HRi de Resina UE1(a), UD3(b) y UD3+UE1(c).

El gráfico 5 muestra que los colores de la RE y RD están en cuadrantes diferentes, la RE en el cuadrante rojo-azul y la RD está en el verde-azul, con una marcada diferencia en sus coordenadas. La RED está en el cuadrante rojo-azul, pero con menores valores que RE.

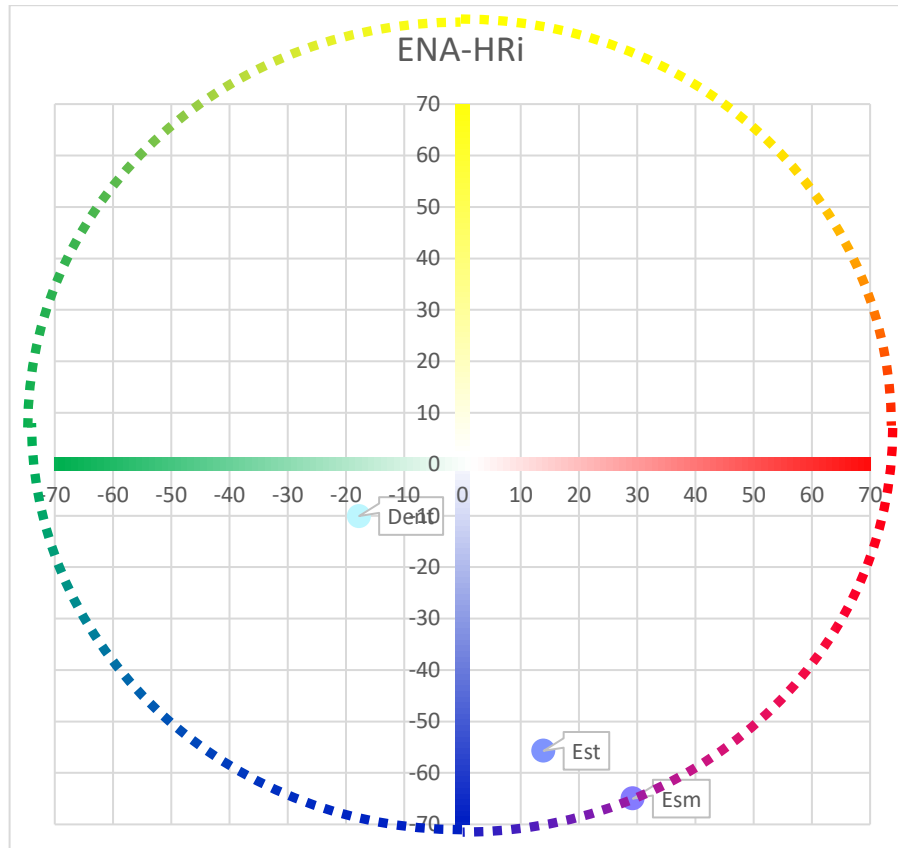


Gráfico 5. Representación gráfica de los valores (a^*, b^*) en el espacio de dentina(Dent), esmalte(Esm) y estratificado(Est) de las resinas ENA-HRi.

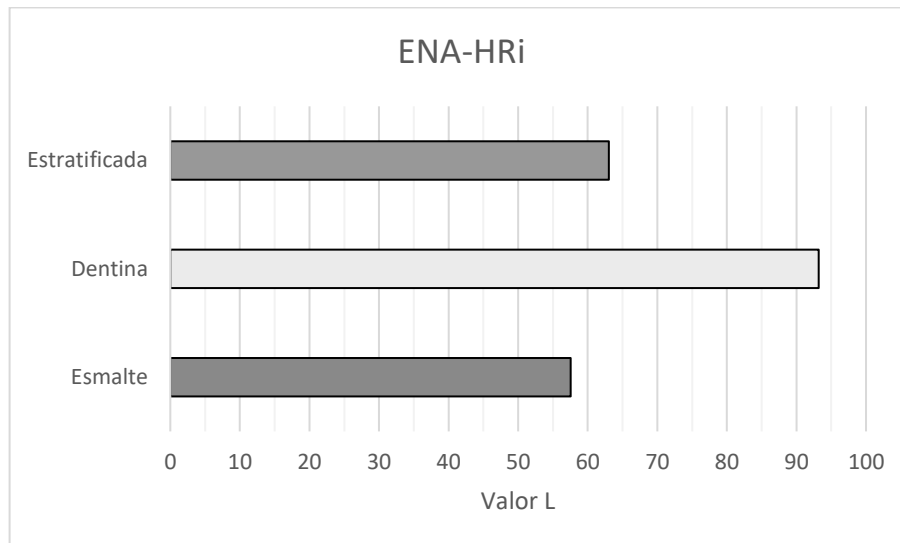


Gráfico 6. Representación valores L de luminosidad de la resina ENA-HRi

Se observa en el gráfico 6 que la luminosidad de la resina para dentina es la mayor con un valor de 93,2, la resina para esmalte presenta un valor L de 57,5 y al estratificar muestra un valor de 63.

Al medir la diferencia total de color (ΔE) de las RE y RD con respecto a su estratificación en el espacio CIELab se obtuvieron los siguientes resultados

ΔE	Estratificada
Esmalte	19
Dentina	63

Tabla 7. Diferencia total de color en resinas ENA-HRi.

La Tabla 7 muestra una diferencia de color (ΔE) de 19 unidades entre la Resinas Estratificada y la RE y un ΔE de 63 unidades entre la Resina Estratificada y la RD

6) DISCUSIÓN:

Las resinas compuestas, como materiales restauradores, han ido mejorando a través del tiempo en sus propiedades y manejo clínico. Dentro de sus propiedades ópticas destacan la similitud a los tejidos naturales dentarios, tanto en color como translucidez y actualmente en su comportamiento fluorescente. Estudios recientes sobre este tema no detallan exactamente cómo se comporta cada resina, sólo que pueden ser más o menos fluorescentes con respecto al diente (Bo-Ra Kim, 2016) (Yong-Keun Lee et al, 2005). Además, las resinas actuales, como las usadas en este estudio, tienen un comportamiento fluorescente que puede variar con la longitud de onda estimulante, como se muestra en estudios previos (Yong-Keun Lee et al, 2005) (Da Silva T et al, 2013) (Tani K. et al, 2003)

Se ha podido verificar que la gran mayoría de resinas compuestas al ser estimuladas con una fuente de luz UV generan una respuesta en el rango de color visible por el ojo humano, siendo así posible detectarlas (Sensi et al, 2019), sin embargo, se ha recomendado como la mejor fuente de iluminación una longitud de onda cercana a los 365nm, la cual se ha visto que es la longitud de onda que más utilidad presentaría al diferenciar resinas compuesta (Da Silva T et al, 2013)

Para poder cuantificar la luz visible en respuesta a la luz UV, se han implementado diferentes protocolos (Yong-Keun Lee et al, 2005) (Da Silva T et al, 2013) (Tani K. et al, 2003). El método usado en este estudio fue la fotografía digital y manejo con programa computacional, método previamente utilizado en la tesis de Lobos N. (2018).

El objetivo de esta tesis fue determinar el color resultante y cómo es el comportamiento fluorescente visible inducido por luz UV de las resinas para esmalte y para dentina por separado, para luego, conociendo el comportamiento de esas mismas resinas estratificadas, determinar qué estrato de resina, iluminado con luz UV, predomina al estratificar. La predominancia de un estrato sobre otro en el color final se determinó comparando los valores L, a* y b* de la Resina Esmalte y la

Resina Dentina con la Resina Estratificada, siendo la que no tiene diferencia, definida como predominante. Aplicando la definición de predominio de la Real Academia Española: Poder, superioridad, influjo o fuerza dominante que se tiene sobre alguien o algo. (Real Academia Española, 2019)

Producto de los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis del estudio, ya que cada una de las marcas de resinas tienen un comportamiento fluorescente diferente.

Con respecto a a^* y b^* , los resultados muestran que en las RE y RD de Z350XT, producto de la estratificación, hay un comportamiento no esperado en el que la RE modifica el color de la RD, provocando una desviación hacia otro cuadrante, el cuadrante verde-azul, generando un color de fluorescencia diferente a los dos anteriores.

En Miris 2, el comportamiento de la resina es el único donde una sola coordenada CIELab es igual a su estratificación, siendo la resina para esmalte en su coordenada a^* . Mientras que las demás comparaciones con estratificación y coordenadas es diferente. De todas formas, el color obtenido al estratificar la resina es un color totalmente nuevo, no existiendo una predominancia de la resina para dentina por sobre la resina para esmalte.

Finalmente, en ENA-HRi, los resultados son que todas las resinas son diferentes. Por lo que producto de la estratificación, se verifica que la RE modifica el color de la RD de base, provocando una desviación hacia el cuadrante rojo-azul, siendo este un color de fluorescencia totalmente nuevo.

Observando los resultados de este estudio se determina que el color en las resinas de Esmalte y Dentina son diferente entre ellas, al comparar estos resultados con la literatura, se afirma este hecho, pero no lo cuantifican, solo aprecian la diferencia (Sensi L. et al, 2019). La fluorescencia de las resinas en algunos estudios ha sido diferenciada cualitativamente usando como referencia un diente natural, en: Ausente, ideal y exagerada, siendo así las ausentes, resinas que presentan baja fluorescencia, la ideal, serían las resinas que se acercan a la fluorescencia natural

del diente, y las exageradas presentan más fluorescencia que el diente natural. (Campuzano J. 2015) (Sensi L. et al, 2019).

Estos resultados de resina muestran que podrían estar tratando de imitar el comportamiento de los tejidos dentarios naturales, ya que es previamente conocido que el esmalte tiene una fluorescencia menor que la dentina, donde esta última es la que genera el mayor porcentaje de FVIUV dada su composición en colágeno y presencia de aminoácidos. (Matsumoto, H., Kitamura, S., Araki, T. 1999). En este trabajo los resultados obtenidos de resina para esmalte y resina para dentina son distintos que en diente naturales, donde la resina para dentina no predominó por sobre la resina para esmalte, ya que el resultado al estratificar es un comportamiento fluorescente totalmente diferente. Es importante destacar que, de acuerdo a los límites de perceptibilidad, la diferencia entre las resinas para dentina y resinas para esmalte serían claramente percibidos y considerada inaceptable (Douglas et al., 2009; Lindsey, Wee. 2007). Por lo que el color fluorescente de cada resina por sí sola no sería determinante al momento de realizar la restauración, debiendo generarse así un protocolo de las resinas estratificadas para poder comparar con el diente natural cumpliendo con los requisitos estéticos de una restauración.

En el ámbito de la luminosidad dentaria natural, las luminosidades de estas tres marcas se encuentran por sobre esta, viéndose todas más luminosas que el diente natural. (Lobos N., 2018).

Dentro de cada marca de resina, comparando individualmente mediante ΔE las distintas tonalidades (ej. A1B vs A2B o A1E vs A2E) dentro del grupo de las RE y las RD, se observó que cada una de ellas tuvo distinto comportamiento en cuanto a su color inducido por UV (FVIUV), así por ejemplo la resina Z350XT presentó diferencia promedio entre sus RD de 8,7 unidades y de 4 unidades en sus RE. Por este motivo, debido a la distinta respuesta según tonalidad, se podría conjeturar que la cantidad de fluoróforo presente en cada tonalidad es distinta, siendo esto posible de objeto de estudio.

El presente estudio abre el camino para, mediante el uso del actual protocolo, estudiar un número mayor de resinas de tal manera de poder contar con una base de datos científica que permitan al clínico poder tomar mejores decisiones con las que satisfacer de manera acabada los requerimientos de los pacientes.

Por otra parte, se debe recordar que en este estudio se utilizó una sola longitud de onda para evaluar la fluorescencia, de 365nm, la cual se ha visto que es la longitud de onda que ha presentado alta utilidad para discriminar resinas compuesta entre sí (Da Silva T et all, 2013). A pesar de lo anterior, no se debe olvidar que la radiación UV se extiende entre los 10nm y 400nm (Schmeling, 2016) y debe quedar claro que una fuente rica en distintas longitudes de UV podría producir alguna variación de los patrones de color obtenido. sin embargo, esto atentaría contra la simplicidad de la metodología de estudio.

Este método de recolección de colores de la FVIUV mediante la fotografía digital y el espacio de color CIELab, buscaría poder estandarizar la medición del color dental y de resinas para así abrir la posibilidad mucho más económica y práctica de obtener datos fidedignos al clínico.

Desde el punto de vista de aplicación clínica, los resultados de este estudio aportan información relevante y de alta utilidad al analizar las características de color en base a la FVIUV de las resinas usadas. A manera de simplificación se podría afirmar que los colores de las Resinas Estratificadas inducidos por luz UV variaron entre cian (cuadrante verde-azul, luminosidad alta), azul (límite cuadrante verde-azul/rojo-azul, luminosidad media-alta) y púrpura (cuadrante rojo-azul, luminosidad media-alta), mientras que los dientes naturales se encuentran en el cuadrante verde-azul con luminosidad que varía según edad (Lobos N. 2018) (Bo-Ra Kim, 2016), por esto, sólo las dos primeras marcas se acercarían ligeramente al color dentario natural siendo la resina Miris 2 la más parecida a los dientes naturales, y por ello el clínico dispuesto a obtener el máximo biomimetismo de su restauración bajo diferentes fuentes luminosas que incluyan la luz UV, especialmente en lugares ricos en ésta, debiera inclinarse a seleccionar alguna de estas dos. Por lo

previamente expuesto, se puede afirmar que no basta con aseverar que la resina compuesta posee fluorescencia visible, sino que también es necesario que ésta esté dentro del rango de los dientes naturales y el protocolo propuesto en la presente tesis, debido a su accesibilidad, simplificaría el juicio del clínico para tomar esa decisión.

Finalmente, esta tesis sentaría base para el estudio simplificado, por la metodología aplicada, con respecto a conocer la respuesta fluorescente de nuestros pacientes y elegir la resina que más se mimetice, siendo importante entonces validar el presente protocolo con estudios de mayor n tratando de incluir todas las resinas presentes en el mercado local, de tal manera de poder generar un estándar o muestrario que permita al clínico seleccionar el mejor producto de acuerdo a las características particulares de cada paciente. Asimismo, los resultados de color inducida por luz UV podrían orientar a los fabricantes para seleccionar tipo y cantidad de fluoróforos que permitan mejor biomimética con respecto al diente humano.

7) **CONCLUSIONES:**

La hipótesis de este estudio es rechazada, ya que se evidenció que la resina para dentina no predomina al ser estratificada con resina para esmalte. Asimismo, esta resina estratificada es estadísticamente diferente en sus coordenadas CIELab a las resinas para dentina y para esmalte, de modo que el color resultante de la fluorescencia visible inducida por luz UV es diferente tanto de la resina para esmalte como de la resina para dentina.

8) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 3M.com (Internet) 3M™ Filtek™ Z350 XT Restaurador Universal Perfil técnico del producto. 3M; 2017 [Citado 30 Oct 2018]. Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/media/725177O/technical-product-profile-filtek-z350-xt.pdf>
- X-Rite Incorporated (2016). A Guide to Understanding Color. Disponible en: https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/l10-01_a_guide_to_understanding_color_communication/l10-01_understand_color_en.pdf 2016
- Abhay S., Trista G. (2003). "CIELab: measuring color on many different media". American Printer 2003. Western Michigan University.
- Adrian Yap (1998) "Color attributes and accuracy of Vita-based manufacturers shade guides". Operative Dentistry. 23: 266-271.
- Ahmad, I. (2009a). Digital dental photography. Part 2: Purposes and uses. British Dental Journal, 206(9), 459–464. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.366>
- Ahmad, I. (2009b). Digital dental photography. Part 5: Lighting. British Dental Journal, 207(1), 13–18. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.558>
- Ahmad, I. (2009c). Digital dental photography. Part 6: Camera settings. British Dental Journal, 207(2), 63–69. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.607>
- Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R. (2009) Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. Dent Mater.;25(12):1564–8.
- Baxter, Y. O., Ulloa, A. S. (2001). Las afecciones estéticas: Un problema para prevenir. Revista Cubana de Estomatología, 38(2), 83–89.

- Bo-Ra Kim, Si-Mook Kang, Gyung-Min Kim, Baek-II Kim (2016). Differences in the intensity of light-induced fluorescence emitted by resin composites. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 13, 114–119
- Bush, M. A., Hermanson, A. S., Yetto, R. J., Wieczkowski, G. (2010). The use of ultraviolet LED illumination for composite resin removal: an in vitro study. *General Dentistry*, 58(5), e214-8.
- Campuzano J, J. Isaza L., D. Peláez E, A. (2015) Fluorescencia de las resinas compuestas. Tesis Universidad CES
- Coltène/Whaledent Inc. (2017) Brochure Miris 2.: [Citado 30 Oct 2018]. Disponible en: <https://lam.coltene.com/pim/DOC/BRO/docbro003727-miris2-12-17-essesaindv1.pdf>
- Cretu C., Lingen E. (1999) “Coloured Gold Alloys”. *Gold Bulletin* 1999, 32(4)
- Da Silva T, de Oliveira H, Severino D, Balducci I, Huhtala M, Gonçalves S. (2013). Direct spectrometry: a new alternative for measuring the fluorescence of composite resins and dental tissues. *Operative Dentistry*, 39-1.
- Da Silva, R. D., da Silva, M. A. D., de Oliveira, O. B., Melo, A. C. M., de Oliveira, R. N. (2013). Dental fluorescence: Potential forensic use. *Forensic Science International*, 231(1–3), 167–171.
- Douglas, R. D., Steinhauer, T. J., Wee, A. G. (2009). Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 21(2), 133–134. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2009.00246.x>
- Espinosa Ipinza, F., Rivas Poblete, V. (2011). Fluorescencia visible inducida por radiación UV: sus usos en conservación y diagnóstico de colecciones: una revisión crítica TT - Visible fluorescence induced by UV radiation: its uses in conservation and diagnosis of collections: a critical review. *Conserva*, (16) 27–38.

- Freeman M. (2003). Guía completa de fotografía digital, Editorial Blume.
- Hee Sun KIM, Chung Moon Um. (1996) "Color differences between resin composites and shade guides". Quintessence International 27: 559-567, 1996.
- Higashi C, Mongruel G, Garcia E, Mongruel O, Gomes J (2011). Color y características ópticas para restauraciones estéticas de dientes anteriores. Acta Odontol. Venez . Vol 49, N°4, Art 17.
- Hosseinalipour M, Javadpour J, Rezaie H. (2010) Investigation of Mechanical Properties of Experimental Bis-GMA / TEGDMA Dental Composite Resins Containing Various Mass Fractions of Silica Nanoparticles. 2010; 19:112–7.
- Illescas, S. (2015). La Profundidad de Campo Explicada con Ejemplos. Retrieved March 2, 2018, from <https://www.dzoom.org.es/profundidad-de-campo/>
- Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Sakai M, Kristiansen J, Da Silva JD. (2009) Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. Dental Material Journal. 2009;37(SUPPL. 1):57–63.
- Lay, D. C. (2009). Estudio comparativo, in vitro, del grado de fluorescencia de resinas compuestas presentes en nuestro mercado. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/135177>
- Lee Y. K., Powers JM. (2006) Influence of opalescence and fluorescence properties on the light transmittance of resin composite as a function of wavelength. Am J Dent.2006 Oct; 19(5):283-8.
- Lim, Y. K., Lee, Y. K. (2007). Fluorescent emission of varied shades of resin composites. Dental Materials, 23(10), 1262–1268. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.11.022>

- Lindsey, D. T., Wee, A. G. (2007). Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer simulated teeth. *Journal of Dentistry*, 35(7), 593–599. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.03.006>
- Lobos, N. (2018). Estudio de la fluorescencia visible inducida por luz ultravioleta en dientes anteriores, según edad en pacientes de la clínica odontológica de la Universidad de Chile.
- Matsumoto, H., Kitamura, S., Araki, T. (1999). Autofluorescence in human dentine in relation to age, tooth type and temperature measured by nanosecond time-resolved fluorescence microscopy. *Archives of Oral Biology*, 44(4), 309–318. [https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(98\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(98)00126-5)
- Monsénégo, G., Burdairon, G., Clerjaud, B. (1993). Fluorescence of dental porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69(1), 106–113. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(93\)90249-N](https://doi.org/10.1016/0022-3913(93)90249-N)
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments* (8th ed.). Wiley.
- Moreno, M., Chidiak, R., Roa, R., Miranda, S., Rodríguez-Malaver, A. (2005). Importance and Requirements of the Clinic Photography in Dentistry. *Revista Odontológica de Los Andes*, 1, 35–43.
- Paravina, RD. Powers. (2004) “Esthetic Color Training in Dentistry”. Ed. 2004.
- Park J.H., Lee Y.K., Lim B.S. (2006) Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *J Prosthet Dent*. 2006 Dec; 96(6):402-11.
- Park, M. Y., Lee, Y. K., Lim, B. S. (2007). Influence of fluorescent whitening agent on the fluorescent emission of resin composites. *Dental Materials*, 23(6), 731–735. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.06.028>
- Perez, M. (2016). Tesis. Estudio Comparativo del Color Dental según Edad, Género y Tipo de Diente. Complutense De Madrid.

- Paravina R.D., Power J. M. (2002) "Color comparison of two shade guides". *Int J Prosthodont.* 2002 Jan-Feb;15(1):73-8.
- Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.2 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [22/05/2019].
- Sappi Fine Paper North America (2013) *Defining and Communicating Color: The CIELAB System.* Printer Technical Service.
- Schmeling, M. (2016). Color Selection and Reproduction in Dentistry Part 1: Fundamentals of Color Color Selection and Reproduction in Dentistry. *Odovtos-Int J Dent Sc*, 18(1), 23–32. <https://doi.org/10.15517/ijds.v0i0.23486>
- Sensi, L., Marson, F., Narciso L. (2019). Fluorescence of Composite Resins: Clinical Considerations.
- Spear, F. (2006). Interdisciplinary management of anterior dental esthetics. *Journal of Clinical Orthodontics : JCO*, 6137(February), 67–68.
- Spiegel M.R.; Schiller J.; Srinivasan R. A. (2007). «9. Análisis de la varianza». *Probabilidad y Estadística [Schaum's Outline of Theory and Problems of Probability and Statistics]*. Schaum (2^a edición). México D.F.: McGraw-Hill. pp. 335-371. ISBN 978-970-10-4231-1.
- Synca (2013). ENA HRi esthetic restorative system - Instructions for use. [citado 30 Oct 2018]. Disponible en: https://www.synca.com/pdf/ena_hri_instructions.pdf
- Takahashi, M. K.; Vieira, S.; Rached R. N.; Almeida, J. B.; Aguiar, M. Souza, E. M. (2008). Fluorescence Intensity of Resin Composites and Dental Tissues Before and After Accelerated Aging: A Comparative Study. *Operative Dentistry*, 33(2), 189–195. <https://doi.org/10.2341/07-74>
- Tani K, Watari F, Uo M, Morita M. (2003) Discrimination between composite resin and teeth using fluorescence properties. *Dental Material Journals.* 2003 Dec;22(4):569-80.

- Ugalde M. (2005). La imagen digital aplicada a la clínica de ortodoncia. *Revista Asociación Dental Mexicana*, LXII, 230-239.
- Wander, P., Ireland, R. S. (2014). Dental photography in record keeping and litigation. *British Dental Journal*, 217(3), 133–137. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.649>
- Lee Y. K., Lu H., Powers J.M. (2005). “Fluorescence of Layered Resin Composites”. *J Esthet Restor Dent* 17:93–101.
- Lee Y. K., Lim B. S., Kim C. W. (2005) “Difference in the colour and colour change of dental resin composites by the background”. *Journal of oral Rehabilitation* 32: 227-233, 2005
- Lee Y. K., Yoon T. H., Lim B. S., Kim C. W., Powers J. M. (2002) “Effects of colour measuring mode and light source on the colour of shade guides”. *Journal of Oral Rehabilitation* 29: 1099-1107, 2002.
- Yu, B., Lee, Y. K. (2008) Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *Journal of Dentistry*, 36(10), 840–846. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.06.003>