



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA  
RESTAURADORA**

**“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.”**

**Natalia Lobos Lagos**

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

**TUTOR PRINCIPAL**

**Dr. Pablo Angel Aguirre**

**TUTORES ASOCIADOS**

**Dr. Javier Martín Casielles**

**Dr. Roque Arias Fredes**

Adscrito a Proyecto PRI-ODO 15/003 "Validación del análisis computacional de color de dientes naturales a través de imágenes digitales"

Santiago-Chile

2018





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

**“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.”**

**Natalia Lobos Lagos**

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

**TUTOR PRINCIPAL  
Dr. Pablo Angel Aguirre  
TUTORES ASOCIADOS  
Dr. Javier Martín Casielles  
Dr. Roque Arias Fredes**

Adscrito a Proyecto PRI-ODO 15/003 "Validación del análisis computacional de color de dientes naturales a través de imágenes digitales

Santiago-Chile

2018

## AGRADECIMIENTOS

*“Soñar el sueño imposible, luchar contra el enemigo imposible, correr donde valientes no se atrevieron, alcanzar la estrella inalcanzable, ese es mi destino.”*

*-Don Quijote*

*Para ti Tata*

Al llegar a la etapa culmine de un largo camino, no me queda más que agradecer a todas las personas que hicieron posible llegar hasta acá.

A mi familia, partiendo por la matriarca (mi abuela), tíos, primos, papás y hermano, que han sido el pilar fundamental en mi vida y en mi paso por la Universidad, sin su apoyo y amor no sería quien soy hoy en día.

Mamá, no hay palabras para agradecer todo el amor y dedicación que me has entregado. Gracias por darte el tiempo de venir a regalarnos y cuidarnos todos estos años. Siempre priorizando nuestro bienestar y felicidad antes que el tuyo propio, eso es algo que jamás podré dejar de agradecer y que solo una madre excepcional como tú lo haría.

Papá, gracias por tu amor incondicional, por tu energía inagotable y por demostrarme con hechos que el que persevera llega lejos. Por todo el sacrificio físico y emocional que has hecho por mi hermano y por mi (desde que tengo memoria) para que tengamos la mejor educación, como siempre nos dices: “la educación es mi única herencia”.

A mi hermano, por soportarme durante estos 6 años. Soportar mi mal genio y enojos y por haber sido “la puerta” por tanto tiempo. Siempre has sido mi modelo a seguir. Te admiro y quiero profundamente.

A mis amigos de la vida, Javi, Nadya, Gerald y Tomás, la familia que se elige como dicen por ahí. Gracias por todos estos años de amistad y por el apañe incondicional. Pese a la distancia siempre los sentí cerca. Este logro también es de ustedes.

A mi Lumpen, gracias por haber sido parte de este recorrido y por estar desde el principio de esta historia, siempre en las buenas, las malas y las más malas. Son de las cosas más lindas que me dejó el paso por la Casa de Bello. Espero que el “botón de emergencia Lumpen” esté por siempre.

A Nayib, por enseñarme que nunca hay que rendirse y porque fuiste un gran apoyo en los momentos más duros.

A la Dra Alejandra Fuenzalida, Dr Mauricio Ruiz y Dra Patricia Cisternas, porque más que profes, para mí fueron maestros. Me enseñaron valores y principios que jamás olvidare. Sin lugar a dudas marcaron mi paso por la Universidad.

A mis tutores, infinitas gracias por toda la ayuda y por siempre tener la mejor disposición para resolver mis dudas.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
MARCO TEÓRICO .....	5
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	14
METODOLOGÍA.....	16
RESULTADOS .....	24
DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
ANEXOS .....	47

## RESUMEN

**Introducción:** Actualmente, la odontología está fuertemente enfocada en la estética dental. Además del color, existen otras propiedades ópticas que participan en la estética dental, dentro de las cuales se encuentra la fluorescencia. La fluorescencia es un fenómeno óptico que se produce por la absorción de luz por parte de un objeto y la posterior emisión espontánea de una luz de longitud de onda mayor que la absorbida. Esta luz se conoce como fluorescencia visible inducida por luz ultravioleta y puede ser captada mediante sistemas fotográficos para su posterior estudio. En los dientes, se observa dentro del espectro del color azul y es más intensa en dentina que en esmalte, ya que la luz interactúa con el material orgánico, como el triptófano e hidroxipiridino de la dentina. Como estos tejidos experimentan cambios con la edad, se esperaría que también lo haga la fluorescencia.

**Objetivo:** Determinar la fluorescencia visible inducida por luz UV que presentan los dientes anteriores de pacientes de distintos grupos etarios.

**Metodología:** De un total de 35 participantes separados en 5 grupos de 7 individuos cada uno, se obtuvo una muestra de 70 dientes (incisivos centrales superiores), los cuales fueron fotografiados utilizando como fuente de iluminación luz UV para generar el fenómeno de fluorescencia. Se evaluó este fenómeno en cada diente dividiéndolo en tercios y considerando la corona completa. Cada imagen fue analizada en el software computacional Image J para obtener las coordenadas de color en el espacio CIELab. Los datos obtenidos fueron analizados mediante las pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis y Mann Whitney.

**Resultados:** En la corona completa y tercio cervical se encontraron diferencias estadísticamente significativas en L, a\* y b\* entre los distintos grupos etarios. En el tercio medio e incisal no se encontraron diferencias significativas en la coordenada b\* entre los 5 grupos etarios. Se observó para las 3 coordenadas de color que los grupos que presentaron mayores diferencias en las 4 áreas evaluadas fueron el grupo 1-2, con el grupo 1-5. Además, en todas las áreas evaluadas se observó que existían variaciones de las 3 coordenadas con la edad, pero que no variaban de una forma lineal continua.

**Conclusión:** Se evidenció diferencias estadísticamente significativas de fluorescencia visible inducida por luz ultravioleta medida en las coordenadas de color CIELab, al comparar los distintos grupos etarios.



## INTRODUCCIÓN

La odontología ha experimentado diversos cambios a través de su historia. Esto se ve reflejado, por ejemplo, en el cambio de paradigma en el manejo de la caries dental, pasando desde un modelo quirúrgico, que se centraba únicamente en la restauración del diente, a un modelo enfocado en la prevención y control de la enfermedad, a través de una serie de técnicas conocidas como odontología mínimamente invasiva (Francisco & Clavel, 2015). Así mismo, la concepción del diente por parte de la sociedad occidental ha cambiado. Pese a que se le sigue valorando por su importante rol en el sistema estomatognático, hoy en día el enfoque se ha desplazado hacia la estética dental (Spear, 2006).

La estética dental, u odontología estética, es una disciplina dentro de la odontología cuyo principal objetivo es la modificación o alteración de las estructuras orales de un individuo, conjuntamente con el tratamiento y prevención de la enfermedad oral estructural, funcional u orgánica. A través de ésta, la apariencia de la boca es alterada para ajustarse más estrechamente al concepto subjetivo que tiene el paciente acerca de lo que es agradable a la vista o lo que es tener una sonrisa armónica (Geissberger M, 1997). Sin embargo, la preocupación por la estética dental se viene forjando desde civilizaciones antiguas. Los egipcios, practicaban prótesis dentales con sentido estético que trataban de reemplazar piezas dentarias perdidas. Por otro lado, se han encontrado momias con rasgos de haber recibido tratamientos dentales como incrustaciones de oro, plata y diamantes que constituía un signo de poder y belleza (Baxter & Ulloa, 2001).

En el mundo civilizado moderno, las exigencias estéticas han aumentado sustancialmente. Dientes más blancos, bien alineados y restauraciones que sean casi invisibles al ojo humano son algunas de las exigencias que hoy en día demanda la sociedad. Es por esto que al momento de realizar una restauración estética es necesario reproducir a cabalidad todas las características naturales de los dientes. Dentro de éstas características se encuentran las propiedades ópticas, las cuales juegan un rol fundamental en el concepto de estética dental (Baxter & Ulloa, 2001; Varas, 2015).

Las propiedades ópticas de los dientes, están determinadas principalmente por la textura superficial de las caras vestibulares, ya que éstas descomponen y reflejan la luz incidente en diferentes direcciones, lo cual otorga naturalidad a la pieza dentaria (y a las restauraciones) y participan directamente en la percepción del color (Baxter & Ulloa, 2001). El color es una de las características ópticas más notorias al momento de evaluar si una restauración es estéticamente aceptable, sin embargo, existe otra característica que está íntimamente relacionada con el éxito estético de una restauración: la fluorescencia. Esta propiedad generalmente es ignorada por los profesionales, muchas veces por falta de conocimiento, o porque los fabricantes de los materiales restauradores, como las resinas compuestas, entregan muy poca o nula información sobre si éstas presentan o no esta propiedad, y si es similar a la fluorescencia de la pieza dentaria. Esto resulta de mucha importancia cuando se realizan restauraciones en el sector anterior, pues algunos pacientes pueden verse expuestos a fuentes de iluminación UV, y si el diente presenta una resina con un grado de fluorescencia distinto al del diente natural, puede causar graves consecuencias estéticas para el paciente, dando un aspecto muy extraño a su dentadura (Lay, 2009; Park, Lee, & Lim, 2007). En consecuencia, es importante conocer cómo se produce este fenómeno y su relevancia en el quehacer odontológico.

## MARCO TEÓRICO

### Fenómeno de fluorescencia

La fluorescencia es un fenómeno óptico que se produce por la absorción de luz por parte de un objeto y la posterior emisión espontánea de una luz de longitud de onda mayor que la absorbida. (Espinosa Ipinza & Rivas Poblete, 2011; Y. K. Lee, Lu, & Powers, 2006; Park et al., 2007)

A modo de contextualizar, hay que saber que la luz que es visible al ojo humano es sólo una fracción del espectro electromagnético (Figura 1), la cual va desde los 400 hasta los 700 nanómetros (nm). Dentro de lo que el ojo no es capaz de captar se encuentran los rayos X, radiación infrarroja, radiación UV, entre muchas otra (Schmeling, 2016).

El fenómeno de fluorescencia se produce por la absorción de luz UV. Esta es otra fracción del espectro electromagnético, que se encuentra entre los 10-400 nm. La mayor fuente de radiación UV proviene del sol, sin embargo existen fuentes de iluminación artificiales como lámparas o linternas (Espinosa Ipinza & Rivas Poblete, 2011; Takahashi et al., 2008).

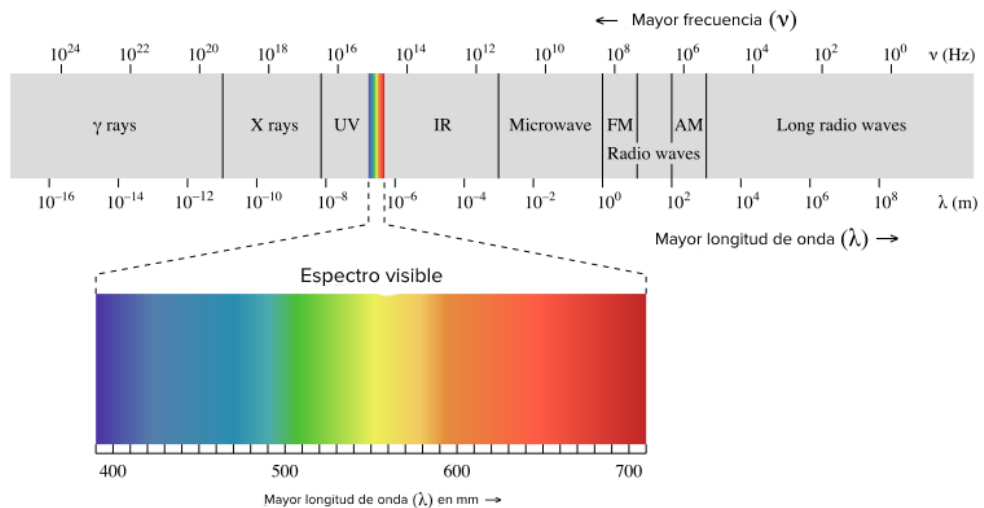


Figura 1: Rango visible, espectro electromagnético.

Algunos materiales u objetos son capaces de absorber la luz UV y transformarla en una radiación visible de onda más larga, produciendo así, fluorescencia visible inducida por luz UV (FVIUV). Cuando la radiación es absorbida por el material, los electrones son puestos de forma temporal en un estado de energía mayor, luego esta energía es liberada volviendo los electrones a su estado normal. Es esta energía radiante liberada, o fluorescencia, la que se aprecia en el espectro visible de luz dependiendo del material que sea irradiado (Espinosa Ipinza & Rivas Poblete, 2011).

Llevando esto al ámbito odontológico, los dientes naturales también tienen la capacidad de absorber la radiación UV y emitir luz visible en el espectro del azul (Y.-K. Lee, Lu, & Powers, 2005; Lim & Lee, 2007). Esta propiedad hace que los dientes se vean más blancos y brillantes bajo la luz natural del día, pero también existen diversas fuentes de radiación UV de distintas intensidades, como ampollas fluorescentes, flash de cámaras fotográficas, luz de estudios de alta intensidad y luces de entretenimiento conocidas como luz negra. Este último tipo de luz, emite radiación filtrada dentro del rango ultravioleta de 350-400 nm, que cuando es absorbida por un cuerpo fluorescente, genera la emisión de luz dentro de la región azul del espectro electromagnético (Takahashi et al., 2008; Yu & Lee, 2008).

Cuando los rayos UV inciden sobre la estructura dentaria se puede observar que la intensidad de fluorescencia en dentina es mucho mayor que la producida en esmalte, siendo en dentina de un azul intenso y en esmalte de un azul más blanquecino. Esto se debe a que la dentina posee mayor cantidad de material orgánico que el esmalte. La radiación UV, interactúa entonces, con el colágeno el cual contiene aminoácidos que emiten fluorescencia como el triptófano e hidroxipiridinio, los cuales tienen un *peak* de emisión de fluorescencia de 350 y 400 nm respectivamente (Matsumoto, Kitamura, & Araki, 1999). Se sabe que los tejidos que componen la estructura dentaria 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, el cual es una gruesa capa, translúcida y brillante (Da Silva, da Silva, de Oliveira, Melo, & de Oliveira, 2013;

Fondriest, 2003). Por el contrario, individuos entre 70-80 años disminuye considerablemente el grosor y superficie de la capa de esmalte y aumenta su translucidez. En la mayoría de los casos se exponen grandes zonas de dentina, sobre todo en el borde incisal del diente. La cámara pulpar es casi imperceptible y la dentina se vuelve cada vez más gruesa y saturada disminuyendo su opacidad (Da Silva et al., 2013; Varas, 2015). Así, como el esmalte y dentina sufren cambios con el paso de los años, se espera que la fluorescencia dental también experimente variaciones, ya que como se mencionó anteriormente, son estos 2 tejidos los responsables de producir el fenómeno de fluorescencia en los dientes naturales (Matsumoto et al., 1999). Ahora bien, la fluorescencia además de tener distinto nivel de intensidad en los tejidos que la producen, también tiene diferencias en su intensidad dependiendo de la parte del diente que se esté observando. Al observar el diente en sentido cervico-incisal y dividirlo en tercios, se puede observar que el tercio incisal es la zona con menor intensidad de fluorescencia en individuos jóvenes, ya que se encuentra compuesto, casi en su totalidad, de esmalte el cual tiene menor capacidad de fluorescer, alcanzando un máximo de intensidad a los 450 nm, decreciendo hasta 680 nm (Monsénégro, Burdairon, & Clerjaud, 1993). Por otro lado al analizar el tercio cervical, se puede apreciar una mayor intensidad de fluorescencia, ya que está compuesto casi en su totalidad sólo de dentina, la cual registra su valor más alto a los 450nm (Y.-K. Lee et al., 2005; Monsénégro et al., 1993).

Siendo la fluorescencia dentaria producida principalmente por la interacción de la luz UV con el componente orgánico fundamentalmente de la dentina, la cual experimenta cambios en su comportamiento y composición, es presumible pensar que dicho fenómeno óptico sufra cambios en su comportamiento a lo largo de la vida de un individuo. Da Silva, quién evaluó las variaciones de la fluorescencia mediante fotografía digital y un programa computacional experimental, observó que la fluorescencia dental estaría correlacionada con la edad, teniendo un comportamiento estable entre los 7 y 20 años, alcanzando su máximo valor a la edad de 26,5 años decreciendo posteriormente (Da Silva et al., 2013).

En general, los protocolos actuales para estudiar la fluorescencia dentaria se pueden apoyar en el uso de espectrofotómetros de fluorescencia que requieren

la toma de muestras de tejido, por lo que su uso está orientado fundamentalmente para la realización de estudios *in vitro* o *ex vivo* (Bush, Hermanson, Yetto, & Wieczkowski, 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. Este último método ha sido utilizado de forma satisfactoria para evaluar los efectos del blanqueamiento dental y los cambios de color experimentados, mediante estudios longitudinales (Da Silva et al., 2013).

### **Espacio de color CIELab**

Para determinar que se han producido cambios en el color de un diente, mediante el uso de fotografía digital y programas computacionales, es necesario utilizar una herramienta que logre expresar la magnitud del color. En consecuencia, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), estableció pautas que habilitan la definición de un color determinado, en donde el color es localizado mediante 3 valores: L, a\* y b\*. L representa la luminosidad y se expresa desde el 0 (negro o total absorción de la luz) hasta el 100 (blanco). Los valores a\* y b\* representan color, siendo a\* para los colores rojo (+a) y verde (-a), y b\* para los colores amarillo (+b) y azul (-b). En consecuencia, es posible definir una serie de colores visibles para el ojo humano. Mediante este sistema es posible realizar comparaciones entre 2 colores, con lo cual surge el concepto de "Diferencia total de color" ( $\Delta E$ ), una fórmula matemática la cual tiene como base los valores L (luminosidad), a\*(rojo/verde) y b\*(amarillo/azul) de los colores a comparar, que se expresa (Commission Internationale de l'Eclairage, 2004; Da Silva et al., 2013; Douglas, Steinhauer, & Wee, 2009; Holtzschue, 2011; Y. K. Lee, Lu, & Powers, 2005; Min, Inaba, & Kim, 2016):

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

$$\Delta E = \sqrt{(l_1 - l_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

Con esta fórmula se obtiene una definición precisa de la magnitud de diferencia de color entre dos objetos, por ejemplo, evaluar la diferencia de color previo y posterior a un blanqueamiento dental (Douglas et al., 2009). Sin embargo, la mera determinación de la diferencia de color entre dos objetos carece de valor clínico si no se comprende el significado de la magnitud de la diferencia de color. Diversos estudios sugieren que para valores de  $\Delta E$  entre 1 y 2 existen diferencias perceptibles por el ojo humano (tolerancia de perceptibilidad) y que sobre  $\Delta E$  3,3, el 50% de los individuos considera que la diferencia de color es inaceptable (Douglas et al., 2009; Lindsey & Wee, 2007).

Algunos estudios han utilizado el  $\Delta E$  para determinar diferencias de fluorescencia visible inducida por luz UV (FVIUV), ya sea entre dientes o entre resinas compuestas (Lim & Lee, 2007). Este fenómeno, se puede observar de forma más clara y pura en un lugar oscuro, privado de cualquier fuente de iluminación que no sea una lámpara o linterna de luz UV. De esta forma el diente estará recibiendo exclusivamente radiación UV que será absorbida y posteriormente reflejada como un haz de luz azulada dentro del espectro visible al ojo humano (430-450 nm). Este haz de luz, entonces, puede ser registrado para su posterior estudio y análisis mediante el uso de la fotografía digital, protocolo altamente valorado por su fácil acceso y utilidad clínica.

### **Fotografía digital**

La fotografía digital aplicada a la odontología clínica es una herramienta que se ha vuelto de gran utilidad sobre todo en los últimos años, ya que resulta ser un medio de registro para el profesional, muchas veces de detalles que en la clínica pasan desapercibidos. También muchas veces apoya el diagnóstico clínico, facilita el seguimiento a través de los años de los tratamientos realizados, es utilizada para marketing odontológico y constituye un registro de valor médico-legal (Ahmad, 2009a; Moreno, M., Chidiak, R., Roa, R., Miranda, S., Rodríguez-Malaver, 2005).

Pese a las múltiples ventajas que ofrece el registro fotográfico, no todos los odontólogos están familiarizados con la toma de fotografías para sus

tratamientos, principalmente por considerarlo una técnica compleja que requiere de grandes esfuerzos para alcanzar los resultados deseados (Ahmad, 2009a). En el ámbito científico, la fotografía digital ha sido un gran aporte ya que gracias a ésta se han podido realizar diversos estudios usando como base el apoyo fotográfico. Por ejemplo, es ampliamente usado en estudios para evaluar color dentario o características clínicas de restauraciones, permitiendo comparaciones y seguimientos a través del tiempo (Wander & Ireland, 2014).

Algo muy importante en la fotografía digital es conocer el funcionamiento de la cámara para poder alcanzar de forma correcta 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 (lo que vendría siendo el 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 mediante el lente. 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. Como se mencionó anteriormente, la luz es una estrecha banda del espectro electromagnético, el cual varía desde ondas largas de radio hasta ondas cortas de radiación gamma (Ahmad, 2009b).

En la fotografía digital, aplicada a la clínica odontológica, se pueden utilizar distintas fuentes de luz:

- a) **Luz-día natural:** Este tipo de luz incluye la radiación ultravioleta azulada y es utilizada para ciertas aplicaciones clínicas, como para toma de fotografías extra orales y selección de color de restauraciones cerámicas. Tiene como ventaja que es económica, de fácil acceso. Sin embargo, no es una fuente de luz predecible, ya que depende del horario en que sea utilizada (cambia la temperatura del color si es de mañana o media tarde) y de las condiciones climáticas (Ahmad, 2009b).



- b) **Flash:** Existen 2 tipos de flash, el compacto, que se coloca sobre la cámara y el de estudio. La ventaja de este tipo de fuente lumínica es que la luz que emite es predecible, instantánea y universalmente adaptable para cualquier tipo de cámara. Existen distintos tipos de formas y tamaños de flash. Uno de los más utilizados en fotografía dental es el flash tipo “ring”, que crea una ráfaga uniforme de luz, lo cual lo hace ideal para fotografiar dientes posteriores o zonas de difícil acceso (Ahmad, 2009b).
- c) **Luz LED:** Es considerada como una fuente lumínica relativamente nueva en el mercado de la fotografía digital. Posee una temperatura de color constante de 5500 °K. Dentro de sus grandes desventajas es que tiene baja intensidad lumínica que provoca un mayor rango de apertura de diafragma lo cual va en desmedro de la calidad de la imagen. Además, otra desventaja que posee es el alto consumo de batería (Ahmad, 2009b).
- d) **Luz ultravioleta (UV):** Este tipo de fuente lumínica es útil para mostrar las propiedades fluorescentes intrínsecas del diente natural y mediante ésta diferenciar restauraciones estéticas de diente, o evidenciar fracturas o porosidades de restauraciones cerámicas. Pese a la gran utilidad clínica de está luz, puede tener efectos no deseados en los ojos de las personas que se expongas a ella, es por esto que siempre debe ser utilizada con lentes de protección con filtro UV (Ahmad, 2009b).

Otro factor sumamente importante al momento de tomar una fotografía, y que para muchos, es considerada la parte más complicada de todo el proceso, es la configuración de la cámara digital. Los ítems más relevantes para analizar son: profundidad de campo, exposición, espacio de color y balance de blancos (Ahmad, 2009c) .

1. **Profundidad de campo:** Para las fotografías dentales es importante lograr enfocar todas las partes que componen la cavidad oral. Por ejemplo, para una fotografía en máxima intercuspidad (MIC), dientes anteriores, posteriores y encías deben aparecer lo más nítido posible. Esto se logra con la profundidad de campo, la cual determina que partes de la imagen estarán enfocadas. Existen 3 factores que influyen en la

mayor o menor profundidad de campo de la imagen (Ahmad, 2009c; Illescas, 2015):

- a) Apertura del diafragma ( $N^{\circ} f$ ) → cuanto más abierto esté el diafragma, es decir, mientras más pequeño sea el  $n^{\circ} f$  (mayor ingreso de luz), menor será la profundidad de campo de la imagen, por lo tanto mayor cantidad de elementos de la imagen se verán desenfocados. Al contrario, si en  $n^{\circ} f$  es más grande (menor ingreso de luz), mayor será la profundidad de campo de la imagen, y serán más los elementos que aparezcan con una nitidez aceptable. Esto último es lo que se espera lograr en las fotografías dentales, captar la mayor cantidad de elementos nítidos en la imagen.
- b) Distancia al plano de enfoque (objeto) → es la distancia que existe entre la cámara y el plano de enfoque y tiene una relación directa con la profundidad de campo. A menor distancia entre el sujeto y la cámara, menor será la profundidad de campo. Esto quiere decir que si a una misma apertura de lente y fotografiando el mismo objeto, mientras más cerca se encuentre, menor será la profundidad de campo y por ende la nitidez de la imagen.
- c) Distancia focal → mientras mayor sea la distancia focal del objetivo (mayor mm), menor será la profundidad de campo. En palabras más simples, mientras más zoom se aplique al tomar la fotografía, menor será la profundidad de campo, es decir menor cantidad de elementos nítidos en la imagen.

**2. Exposición:** la exposición de la imagen se debe a la interacción que se produce entre la luz que ingresa a través del lente y el sensor digital de la cámara, que resulta ser fotosensible (Ahmad, 2009c). Una adecuada exposición se logra controlando 2 factores de la configuración:

- a) Apertura del lente → como se mencionó anteriormente, el diafragma controla la cantidad de luz que ingresa a través del lente.

Se expresa con la letra “f” y mientras más grande sea el número, menor será la apertura del lente, por ende entrará menos luz (Ahmad, 2009c).

- b) Velocidad de obturación → corresponde a la cantidad de tiempo, en fracción de segundo, que el obturador permanece abierto. Para las fotografías dentales es importante tener una rápida velocidad de obturación (por ejemplo 1/125 segundos) para evitar que la imagen quede borrosa, producto del movimiento por parte del paciente al que se le está tomando la fotografía, o por movimientos de la cámara (Ahmad, 2009c).

- 3. Espacio de color:** Son ilustraciones de modelos de color, los cuales están compuestos de una “gama” que describe el rango de colores que puede ofrecer. Los espacios de color más utilizados son el *Adobe RGB* y el *RGB estándar*. Este último es el que más se utiliza en las cámaras digitales, sin embargo para las fotografías dentales, ambos espacios son aceptables (Ahmad, 2009c).
- 4. Balance de blancos:** Es un control de la cámara que sirve para equilibrar los niveles de los colores básicos rojo, verde y azul (RGB) para que lo más brillante de la imagen aparezca como blanco y lo menos brillante como negro. Como se mencionó anteriormente, los colores que percibe la cámara dependen del tipo de luz que reciba, por ejemplo si es luz natural o artificial, ya que estas tienen una temperatura de color diferente. A diferencia del ojo humano, la cámara digital no es capaz de compensar esta diferencia de colores que existe en la luz, es por esto que 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 (Ahmad, 2009c; León, 2014)

La fluorescencia dentaria es una propiedad óptica del diente poco valorada al momento de realizar restauraciones estéticas, y que cobra gran importancia sobre todo en el sector anterior, en personas que se ven expuestas a fuentes de iluminación que contengan radiación UV. Existen antecedentes en la literatura que la fluorescencia cambiaría su comportamiento con el paso de los años, pero aún no está del todo claro. Existen pocos estudios que relacionen la fluorescencia dentaria y su variación con la edad, y aún no hay protocolos clínicos que permitan medirla. Es por esto que se hace necesario estudiar la relación entre la fluorescencia dentaria con la edad.

## HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### Hipótesis

La fluorescencia visible inducida por luz ultravioleta (FVIUV) presenta diferencias en las coordenadas del espacio de color CIELab al ser medida en distintos grupos etarios.

### Objetivo General

Determinar la fluorescencia visible inducida por luz UV (FVIUV) que presentan los dientes anteriores de individuos de distintos grupos etarios.

### Objetivos específicos

- Determinar las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  de cada tercio dentario y corona completa, en los distintos grupos etarios, bajo una fuente lumínica UV.
- Comparar los valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  de cada tercio dentario iluminados con luz UV, entre los distintos grupos etarios.
- Determinar la diferencia total de color ( $\Delta E$ ) de cada tercio dentario iluminado con luz UV entre los distintos grupos etarios.

## METODOLOGÍA

### Tipo de Estudio

Se realizó un estudio observacional descriptivo en el que se evaluaron sujetos desde los 21-70 años para determinar si existía diferencia en la fluorescencia dental visible inducida por luz UV entre los diferentes grupos etarios.

### Determinación población de estudio

Se definió como población de estudio a los individuos atendidos en las clínicas de adultos, de los cursos de cuarto y quinto año atendidos durante el segundo semestre del año 2017, en la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

El cálculo de la muestra se hizo utilizando el software G\*Power 3.1.2 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) basado en las diferencias en valores L, a\* y b\* reportado en el estudio "Dental fluorescence: Potential forensic use" (Da Silva et al., 2013). Se realizó el cálculo de cada uno de los valores L, a\*, b\* de acuerdo a los resultados obtenidos, considerando un tamaño de efecto de 0,9 (obtenido a partir de los valores reportados y sus desviaciones estándar) un poder estadístico de 0,95 y un valor  $\alpha=0,05$ , lo que estableció que se necesitaría un número de 35 muestras (dientes). En este caso, se decidió evaluar 35 individuos y dividirlos en 5 grupos de distintos rangos etarios (21-70 años), obteniendo un total de 7 individuos por grupo. Por cada individuo se evaluaron ambos incisivos centrales superiores completando una muestra total de 70 dientes. La medición de cada diente fue realizada dividiéndolos en tercios, siendo tercio cervical (3C), tercio medio (3M), tercio incisal (3I) y considerando la corona completa.

Grupos	Individuos	Dientes
Grupo 1 (21-30 años)	7	14
Grupo 2 (31-40 años)	7	14
Grupo 3 (41-50 años)	7	14

Grupo 4 (51-60 años)	7	14
Grupo 5 (61-70 años)	7	14
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>70</b>

Los criterios de inclusión fueron:

- Sujetos entre 21-70 años
- Que presentaran los 4 incisivos superiores permanentes.
- Que presentaran los incisivos centrales superiores sin restauraciones ni rehabilitación protésica
- No haberse hecho blanqueamiento dental previo

Los criterios de exclusión fueron:

- Sujetos con dientes manchados por tetraciclina o fluorosis
- Sujetos en tratamiento de ortodoncia
- Sujetos con enfermedad periodontal evidente
- Dientes a estudiar rotados o en mala posición
- Dientes a estudiar que presentaran fracturas
- Lesiones cervicales no cariosas, en dientes a estudiar

### **Aspectos Éticos**

Este estudio fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile (Protocolo De Estudio N° 2015/08), con fecha de aprobación el 13 de Mayo del 2015.

Los sujetos que participaron de este estudio fueron evaluados mientras eran atendidos en las clínicas del adulto de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile. Los que cumplieron con los criterios de inclusión fueron invitados a participar del estudio y se les solicitó leer y firmar el consentimiento informado (Anexo 1).

## Toma de fotografías

Para el registro fotográfico se les solicitó a los participantes el uso de un separador de mejillas para adulto (Spandex, Promisee Dental Co.Ltda, Huanghua, China), que permite una visualización clara de los dientes anterosuperiores. Para asegurar la protección del sujeto a evaluar y del examinador, ambos utilizaron lentes de protección con filtro UV (Spy UV, Redline, China). Paralelamente, para obtener resultados comparables en el procesamiento posterior, se adhirió en el diente 1.2 (incisivo lateral superior derecho), un disco negro recortado de una tarjeta para balance fotográfico (OPT-DGC-Medium, Opteka™, USA). Bajo estas condiciones se realizó la toma fotográfica, en un cuarto oscuro, utilizando como fuente de iluminación una linterna con luz UV.

Para el registro fotográfico se usó una cámara digital Canon EOS Rebel SL1 (Canon Inc. Japón) (Figura 2). A la cámara se le adicionó un lente macro Canon de 100 mm (Canon Inc. Japón) (Figura 3) y a éste se le incorporó un filtro para luz UV e infrarrojo (Fotga Optical Glass, Guangdong, China) (Figura 4), para impedir que el sensor de la cámara capte estas radiaciones invisibles al ojo humano, permitiendo sólo la captación de luz visible, en este caso, la FVIUV).



Figura 2: Cámara Canon EOS Rebel SL1 (Canon Inc. Japan)



Figura 3: Lente macro Canon de 100 mm (Canon Inc. Japón)





Figura 4: Filtro luz UV-Infrarrojo 77 mm  
(Fotga Optical Glass, Guangdong, China)

### **Configuración de la cámara**

Para establecer la configuración exacta de la cámara, se realizaron distintas tomas fotográficas con diferentes configuraciones, las cuales fueron comparadas por 2 examinadores, con lo observado directamente en boca. Las fotografías fueron efectuadas en un cuarto oscuro iluminando los dientes con luz UV. Se seleccionó la configuración: que logró reproducir de mejor forma lo observado por ambos examinadores, la cual fue: velocidad de obturación de 1/160, f 2.8, ISO 800, balance de blancos 7000 °K, medición puntual, formato JPEG large. Por otro lado, se usó un lente macro Canon de 100 mm, con enfoque manual a 40 cm.

### **Determinación de fluorescencia dentaria inducida por luz UV**

Para generar el fenómeno de fluorescencia, se iluminó los dientes anterosuperiores con una linterna LED Convoy modelo Intsun SK66 S2+ (Convoy, China) (Figura 6), la cual emite una longitud de onda de 365 nm. Esta linterna permite realizar un ajuste del área que ilumina mediante un zoom, que para este caso se utilizó el de menor tamaño, para sólo iluminar los dientes a fotografiar. Se alumbró con una angulación de 45°.



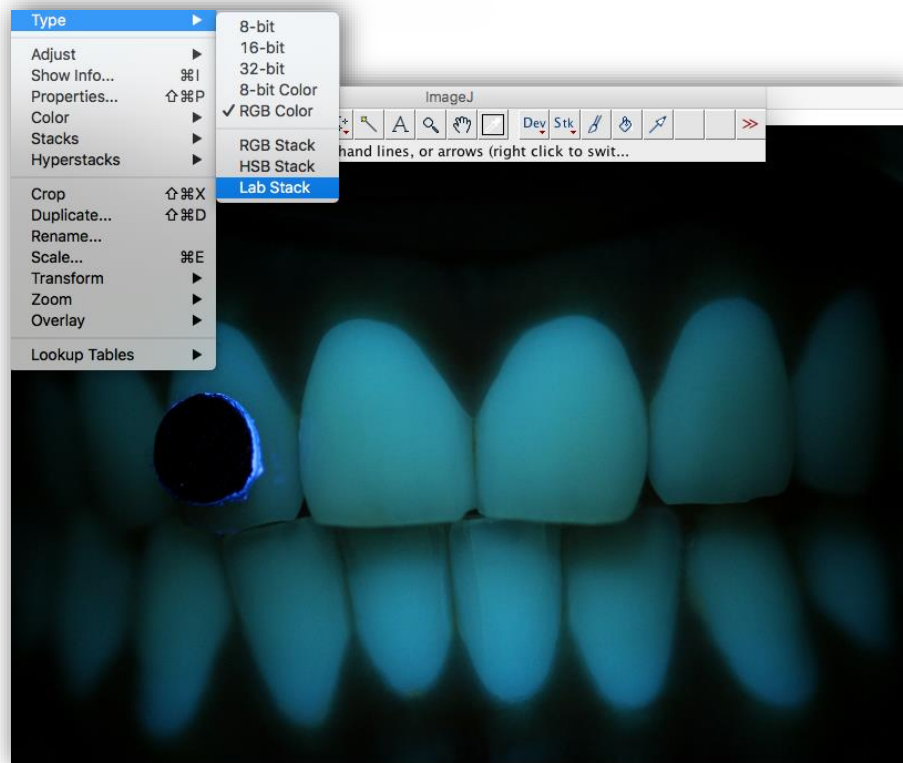
Figura 6: Linterna LED UV Intsun SK 66 S2+, (Convoy , China)

Además, a la linterna se le montó un filtro U-340 UV Shortpass IR longpass 37 mm, (Hoya Corporation, CA, USA), el cual permite sólo el paso de luz UV a través de ésta, y así evitar la salida de cualquier radiación en el rango de luz visible. Por otra parte, esta fotografía fue tomada en un cuarto oscuro privado de cualquier fuente de iluminación natural o artificial, para que de esta forma sólo existiera como fuente de iluminación la luz UV, y se produjera el fenómeno de fluorescencia de la manera más fidedigna posible.

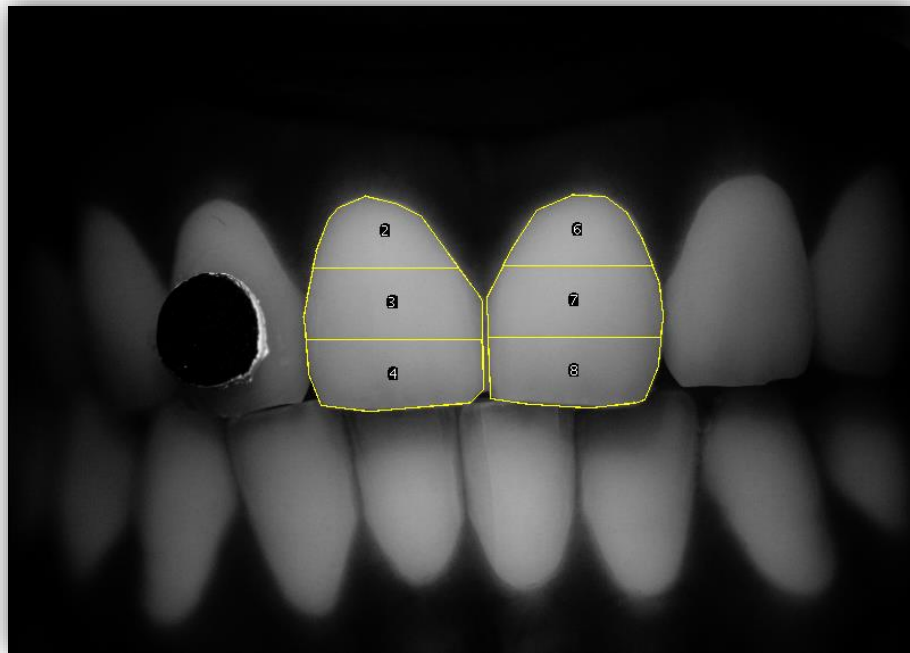
### **Procesamiento de las imágenes**

Una vez finalizado el registro fotográfico, para estandarizar el color de todas las imágenes se procedió a asignar el color negro verdadero, equivalente al valor 0 en el canal RGB de *Adobe Photoshop*. Para esto se abrió cada imagen en el programa *Adobe Photoshop CC 2015* (Adobe Systems Inc, California, USA), donde mediante el comando cmd+L en computadores Mac, se abrió un histograma con 3 herramientas de gotarios (*eye-droppers*). Se seleccionó el primer gotario, el cual corresponde al color negro, y se movió sobre la imagen para tocar el disco negro que estaba ubicado sobre el incisivo lateral superior derecho, lo que dio como resultado la corrección de color de la imagen. Posteriormente se abrió cada imagen, ya procesada por el programa *Adobe Photoshop*, en el programa Image J, el cual sólo permite fotografías en formato JPEG large para poder ser procesadas. Una vez abierta la imagen, se acudió a

la herramienta *image*, se seleccionó la opción *type* y posteriormente *Lab Stack* (imagen 1), con lo que la imagen fue leída en el espacio de color CIELab. Posteriormente con la opción “selección poligonal” ubicada en la barra de herramientas, se seleccionó cada uno de los incisivos a evaluar, marcando todo su perímetro. Una vez delimitados ambos incisivos, se utilizó la herramienta *plugin* y se seleccionó la opción *Split on 3*, lo que permitió dividir cada diente en 3 partes iguales que corresponden al tercio cervical, tercio medio y tercio incisal, conservando además la sección total del diente (imagen 2).



**Imagen 1:** Fotografía muestra la FVIUV en un individuo evaluado. Se muestra como cambiar el espacio de color desde RGB a CIELab



**Imagen 2:** Fotografía muestra la coordenada de color L y cómo fueron divididos los dientes mediante la herramienta *Split on 3*.

Automáticamente apareció una ventana con el nombre “*ROI manager*”, en el cual se pueden identificar cada una de las áreas. Dentro de esta herramienta se encuentra la opción *more* donde se seleccionó “multi measure”, el cual realizó las mediciones de los valores L,  $a^*$  y  $b^*$  para el diente total y para cada uno de los tercios. Los valores obtenidos fueron registrados en una hoja de cálculo (Microsoft Excel 2006) para su posterior análisis estadístico

### **Análisis estadísticos resultados**

Los resultados obtenidos fueron analizados (IBM SPSS Statistics 25.0). Se utilizó la prueba estadística Shapiro Wilk para determinar el tipo de distribución muestral. Los resultados de las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  no se distribuyeron de forma normal, por lo tanto se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias entre los distintos grupos

etarios. Posteriormente, se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney para establecer entre cuales grupos existía dicha diferencia. Se consideraron estadísticamente significativos valores  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

En total fueron evaluados 35 participantes, de los cuales se obtuvieron 70 muestras.

Se determinó las coordenadas de color dentario utilizando el espacio de color CIELab para los distintos grupos etarios.

En las tablas 1 a 4 se encuentran los resultados obtenidos en las coordenadas de color CIELab medidos en el tercio cervical, medio, incisal y en la corona completa respectivamente.

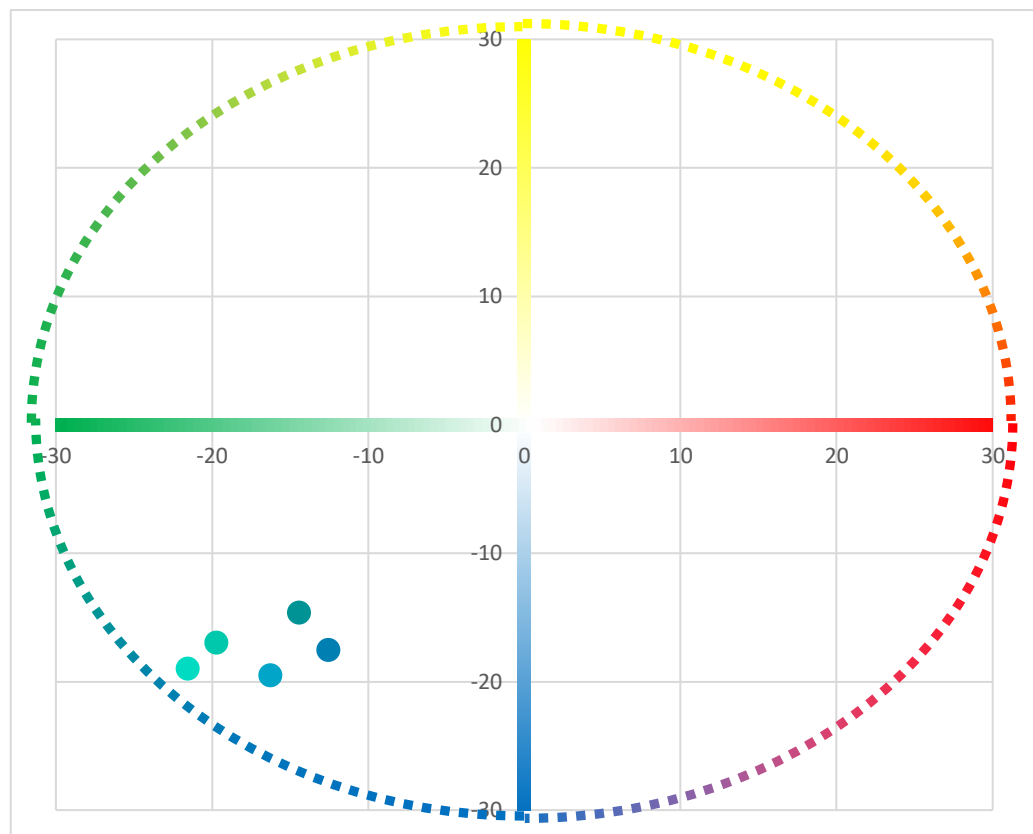
**Tabla 1: Valores L, a\* y b\* registrado en el tercio cervical expresados como su mediana (Med), mínimo (mín) y máximo (máx), separado por grupo etario**

	L*			a*			b*			
	n	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx
<b>Grupo 1</b>	14	54,55	28,26	72,12	-21,53	-25,18	-14,94	-19,03	-23,11	-5,75
<b>Grupo 2</b>	14	33,20	24,34	68,70	-12,51	-23,46	-8,61	-17,56	-24,03	-13,33
<b>Grupo 3</b>	14	45,39	26,91	62,57	-16,23	-22,06	-12,11	-19,53	-22,08	-9,01
<b>Grupo 4</b>	14	51,17	14,74	70,81	-19,70	-23,51	-10,22	-17,00	-23,75	-4,85
<b>Grupo 5</b>	14	35,68	24,41	46,60	-14,43	-17,77	-10,53	-14,67	-17,96	-7,20
<b>p (Kruskal-Wallis)</b>		0,005			<0,05			0,021		

En la tabla 1 se encuentran los valores de las coordenadas de color L, a\* y b\* medidos en el tercio cervical de los dientes evaluados, en los 5 grupos etarios. En todas las coordenadas hubo diferencias estadísticamente significativas al comparar entre los grupos ( $p < 0,05$ ).

Para la coordenada L se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el grupo 1 con el grupo de 2 y 5, siendo estos dos últimos los que mostraron los valores más bajos para esta coordenada. Por otra parte, se encontraron diferencias significativas entre el grupo 5 con el 3 y 4. El valor más alto para esta coordenada se registró en el grupo 1.

**Gráfico 1: Valores  $a^*$  y  $b^*$  registrado en el tercio cervical (mediana)**



En el gráfico 1 se observan las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  representadas según su color. El eje X se encuentra la coordenada  $a^*$  (rojo/verde) y el eje Y la coordenada  $b^*$  (amarillo/azul). En el tercio cervical, todos los grupos se distribuyeron hacia los valores negativos de cada coordenada, es decir hacia el verde ( $a^-$ ) y azul ( $b^-$ ).

Para la coordenada  $a^*$  se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el grupo 1 con el 2, 3 y 5, siendo el grupo 1 el que presentó el valor más bajo y el grupo 2 el con el valor más alto para esta coordenada. También se encontraron diferencias significativas entre los grupos 4 y 5, los cuales tienen valores cercanos a los registrados por los grupos 1 y 2.

Para la coordenada  $b^*$  se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el grupo de 5 años con el grupo 1, 2 y 3. En esta coordenada, el grupo 5 registró el valor más alto, que en términos de color sería el menos azul. Por el contrario, a lo registrado en los grupos 1 y 3 que tienen los valores más bajos.

**Tabla 2: Valores L, a\* y b\* registrado en el tercio medio expresados como su mediana (Med), mínimo (mín) y máximo (máx), separado por grupo etario**

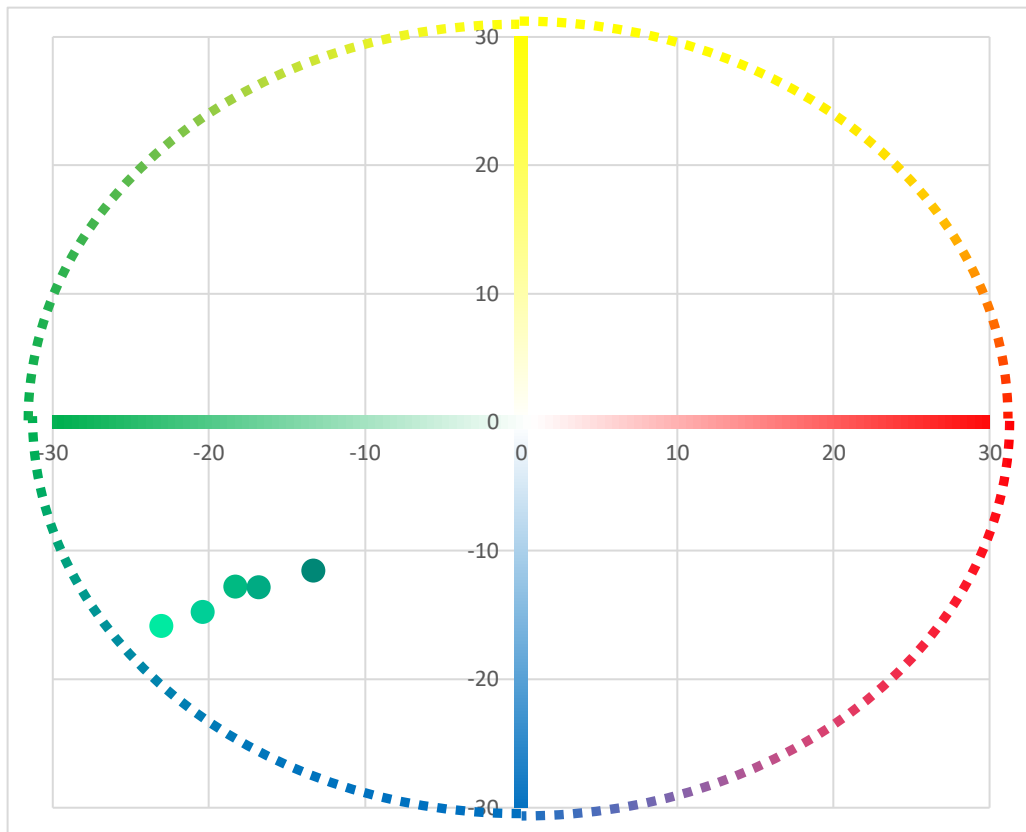
	L*			a*			b*			
	n	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx
<b>Grupo 1</b>	14	57,83	35,70	74,18	-23,02	-27,55	-18,19	-15,86	-20,37	-7,17
<b>Grupo 2</b>	14	28,70	18,91	68,15	-13,29	-25,52	-9,71	-11,59	-20,62	-7,30
<b>Grupo 3</b>	14	41,17	28,15	55,15	-18,27	-22,68	-13,50	-12,82	-17,82	-9,35
<b>Grupo 4</b>	14	48,61	18,74	63,48	-20,37	-24,44	-11,31	-14,81	-20,00	-4,01
<b>Grupo 5</b>	14	35,35	23,31	45,55	-16,78	-19,46	-11,88	-12,87	-16,43	0,05
<b>p (Kruskal-Wallis)</b>		<0,05			<0,05			0,097		

En la tabla 2 se muestran los valores de las coordenadas de color L, a\* y b\* medidos en el tercio medio de los dientes evaluados, en los 5 grupos etarios. En este tercio solo hubo diferencia en los valores de las coordenadas L y a\*, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para la coordenada b\*.

Para la coordenada L se observó que el grupo que tuvo mayor luminosidad fue el 1, que desciende drásticamente al compararlo con el grupo 2 ( $p=0,001$ ), el cual presenta el valor más bajo para esta coordenada. Posteriormente ocurre un ascenso en el valor de L en el grupo 3 (el cual es estadísticamente diferente a los grupos 1 y 2 [ $p<0,05$ ]). Este aumento en la coordenada L se mantiene en el grupo 4, pero vuelve a descender en el grupo 5 (estadísticamente distinto a los grupos 1 y 4 [ $p<0,05$ ]).



**Gráfico 2: Valores  $a^*$  y  $b^*$  registrado en el tercio medio (mediana)**



En el gráfico 2 se observan las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  representadas según su color. El eje X se encuentra la coordenada  $a^*$  (rojo/verde) y el eje Y la coordenada  $b^*$  (amarillo/azul). En el tercio medio, todos los grupos se distribuyeron hacia los valores negativos de cada coordenada, es decir hacia el verde ( $a^-$ ) y azul ( $b^-$ ).

Para la coordenada  $a^*$ , se evidenció que el grupo 2 registró los valores más altos, el cual fue estadísticamente distinto a los grupos 3 y 4 ( $p < 0,05$ ). El valor más bajo para esta coordenada se registró en el grupo 1 el cual resultó ser estadísticamente diferente con los 4 grupos restantes. Por último, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,035$ ) entre el grupo 4 y 5.

Para la coordenada  $b^*$ , se observó que el valor más alto se registró en el grupo 2, mientras que el más bajo en el grupo 1.

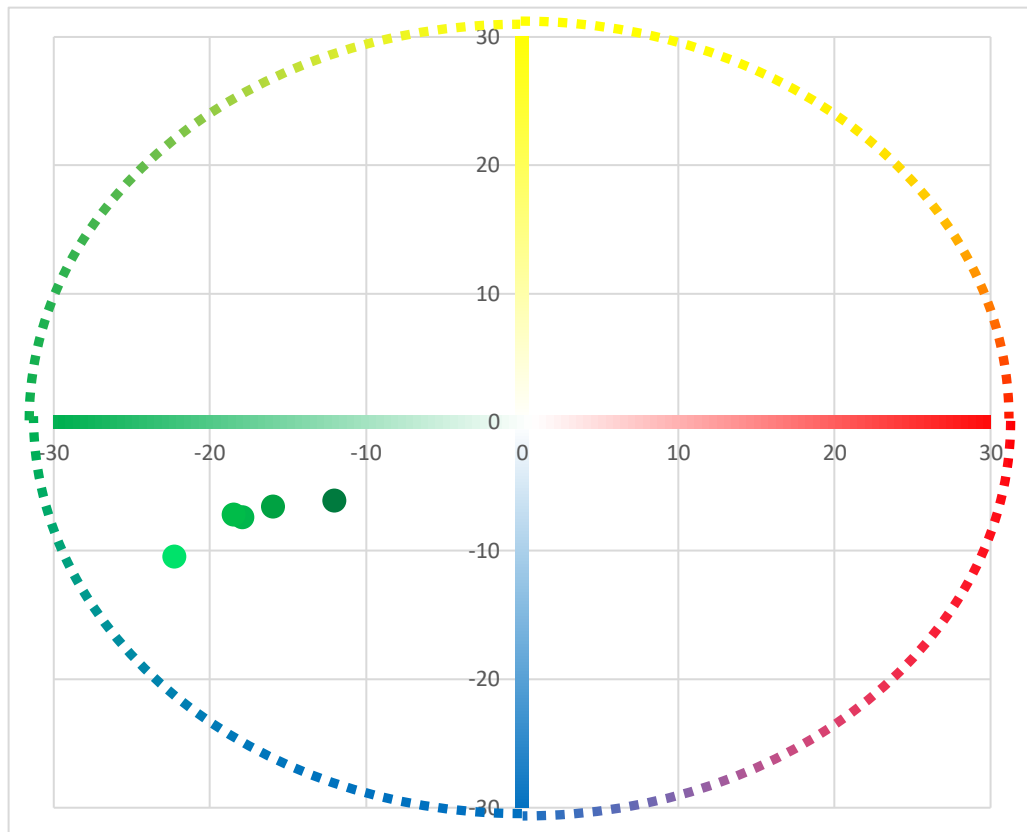
**Tabla 3: Valores L\*, a\* y b\* registrado en el tercio incisal expresados como su mediana (Med), mínimo (mín) y máximo (máx), separado por grupo etario**

	L*			a*			b*			
	n	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx
<b>Grupo 1</b>	14	48,17	29,98	65,03	-22,24	-27,76	-19,21	-10,46	-16,86	-1,28
<b>Grupo 2</b>	14	19,84	12,09	54,60	-12,00	-27,76	-19,21	-6,10	-16,23	-2,74
<b>Grupo 3</b>	14	34,68	19,50	45,63	-17,89	-20,97	-11,01	-7,40	-10,93	-3,46
<b>Grupo 4</b>	14	38,24	13,07	51,88	-18,44	-22,48	-9,49	-7,22	-13,28	-1,98
<b>Grupo 5</b>	14	29,55	16,14	37,12	-15,93	-18,75	-10,52	-6,56	-9,76	-0,27
<b>p (Kruskal-Wallis)</b>		<0,05			<0,05			0,075		

En la tabla 3 se encuentran los valores de las coordenadas de color L, a\* y b\* medidos en el tercio incisal de los dientes evaluados en los 5 grupos etarios. En este tercio solo hubo diferencia en los valores de las coordenadas L y a\*, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para la coordenada b\*.

En la coordenada L\* se registró el valor más alto, nuevamente en el grupo 1 (estadísticamente diferente a los 4 grupos restantes [ $p < 0,05$ ]). Luego se observa que el grupo 2 tiene el valor de luminosidad más bajo y es estadísticamente distinto a los grupos 3, 4 y 5. Posteriormente los valores de L vuelven a aumentar en el grupo 3 y 4, para finalmente volver a disminuir al observar el grupo 5 (estadísticamente diferente al grupo 4 [ $p = 0,039$ ]).

**Gráfico 3: Valores  $a^*$  y  $b^*$  registrado en el tercio incisal (mediana)**



En el gráfico 3 se observan las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  representadas según su color. El eje X se encuentra la coordenada  $a^*$  (rojo/verde) y el eje Y la coordenada  $b^*$  (amarillo/azul). En el tercio incisal, todos los grupos se distribuyeron hacia los valores negativos de cada coordenada, es decir hacia el verde ( $a^-$ ) y azul ( $b^-$ ).

Para la coordenada  $a^*$ , se puede observar que el grupo 1 presenta los valores más bajos, siendo estadísticamente diferente con el resto de los grupos. Posteriormente se evidencia que en el grupo 2, los valores de  $a^*$  aumentan, alcanzando los valores más altos (estadísticamente diferente a los grupos 3, 4 y 5 [ $p < 0,05$ ]). A partir de este grupo, los valores de  $a^*$  comienzan a disminuir en el grupo 3 y 4, los cuales vuelven a aumentar en el grupo 5 (estadísticamente diferente al grupo 4,  $p = 0,039$ ).

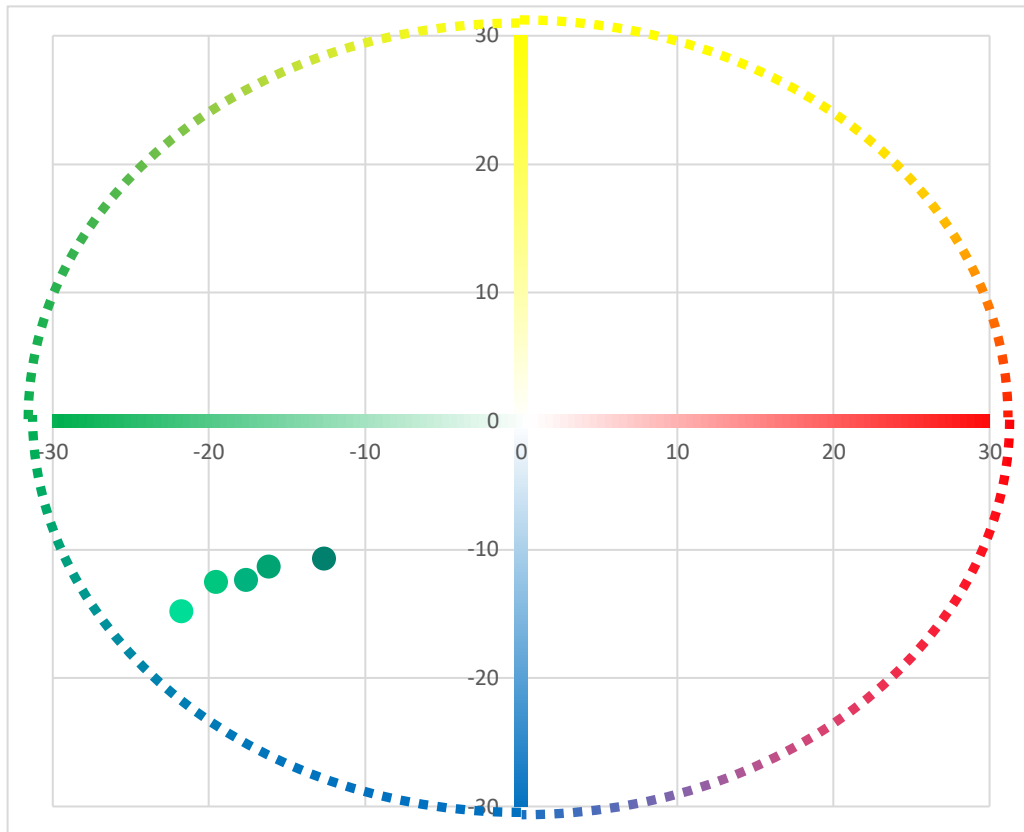
En la coordenada  $b^*$  se puede observar que el valor más alto se registró en el grupo 2, mientras que el más bajo se registró en el grupo 1.

**Tabla 4: Valores L\*, a\* y b\* registrado en la corona completa expresados como su mediana (Med), mínimo (mín) y máximo (máx), separado por grupo etario**

	L*			a*			b*			
	n	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx	Med	Mín	Máx
<b>Grupo 1</b>	14	53,55	31,76	70,39	-21,76	-26,91	-17,68	-14,81	-19,21	-4,76
<b>Grupo 2</b>	14	26,29	17,54	63,15	-12,59	-23,94	-9,17	-10,70	-19,76	-7,57
<b>Grupo 3</b>	14	40,10	24,85	52,31	-17,60	-21,58	-12,25	-12,38	-16,03	-8,00
<b>Grupo 4</b>	14	45,50	18,52	59,47	-19,54	-23,25	-10,51	-12,53	-18,02	-3,41
<b>Grupo 5</b>	14	32,73	21,02	42,84	-16,17	-18,63	-11,04	-11,37	-13,86	-1,77
<b>p (Kruskal-Wallis)</b>		<0,05			<0,05			0,048		

En la tabla 4 se encuentran los promedios de las coordenadas de color L, a\* y b\* medidos en la corona completa de los dientes evaluados, en los 5 grupos etarios. En la coordenada L se registró los valores más altos en el grupo 1 (estadísticamente diferente a los grupos 2, 3 y 5 [ $p < 0,05$ ]), mientras que los más bajos se encontraron en el grupo 2 (estadísticamente distinto al grupo 3,  $p = 0,035$ ). Luego, en los grupos 3 y 4 se evidencia un aumento en los valores de luminosidad, hasta que vuelven a descender en el grupo 5 (estadísticamente distinto al grupo 4,  $p = 0,043$ ).

**Gráfico 4: Valores a\* y b\* registrado en la corona completa (mediana)**



En el gráfico 4 se observan las coordenadas a\* y b\* representadas según su color. El eje X se encuentra la coordenada a\* (rojo/verde) y el eje Y la coordenada b\* (amarillo/azul). En la corona completa, todos los grupos se distribuyeron hacia los valores negativos de cada coordenada, es decir hacia el verde (a-) y azul (b-).

Para la coordenada a\*, se puede observar que el grupo 1 presenta los valores más negativos para esta coordenada, siendo estadísticamente diferente con el resto de los grupos. Posteriormente se evidencia que en el grupo 2, los valores de a\* aumentan, alcanzando los valores más positivos (estadísticamente diferente a los grupos 3 y 4 [ $p < 0,05$ ]). Luego, en los grupos 3 y 4 los valores de esta coordenada comienzan a disminuir, para finalmente aumentar en el grupo 5 (estadísticamente distinto al grupo 4,  $p = 0,027$ )

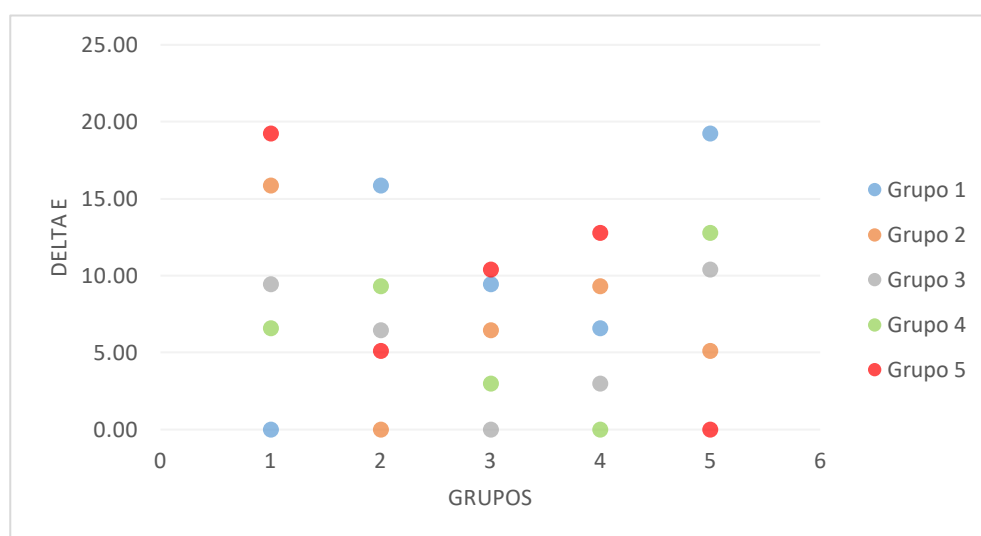
Para la coordenada b\*, se registraron los valores más negativos en el grupo 1, el cual presenta diferencias estadísticamente significativas con los grupos 2, 3 y 5 ( $p < 0,05$ ). Luego, al observar el grupo 2 ocurre un aumento en los valores de

b\*, siendo este grupo el que presenta los valores más positivos. En los grupos 3 y 4 se evidencia un aumento en los valores de la coordenada, para finalmente volver a aumentar en el grupo 5.

Por último, para la coordenada b\*, se encontraron diferencias significativas sólo al comparar el grupo 1 con el grupo 2, 3 y 5. El valor máximo se encontró en el grupo de 5 y el mínimo en el grupo 2.

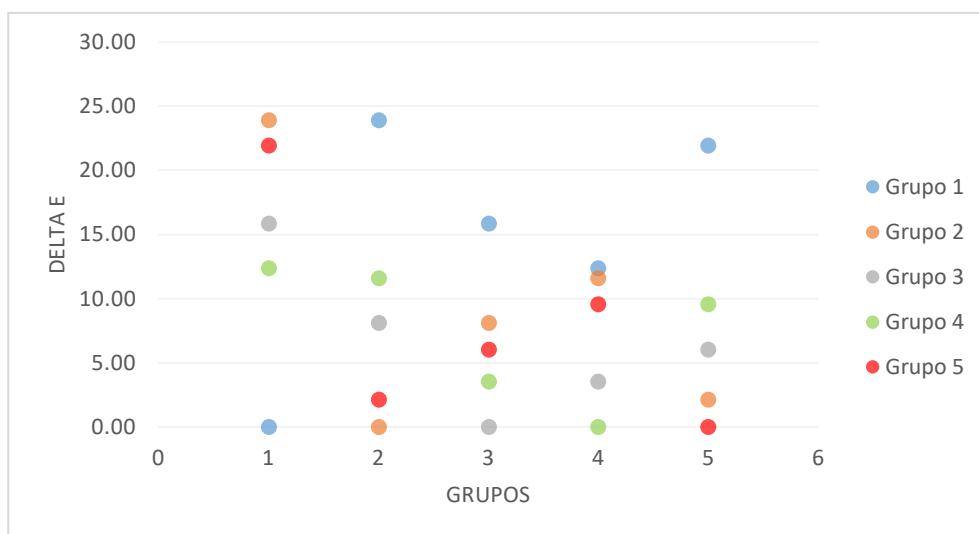
En los gráficos 5 al 8 están representados la diferencia de color (Delta E) entre los 5 grupos etarios, separados por sección del diente (3C, 3M, 3I, CC).

**Gráfico 5: Valores de Delta E entre los 5 grupos etarios, registrados en el tercio cervical**



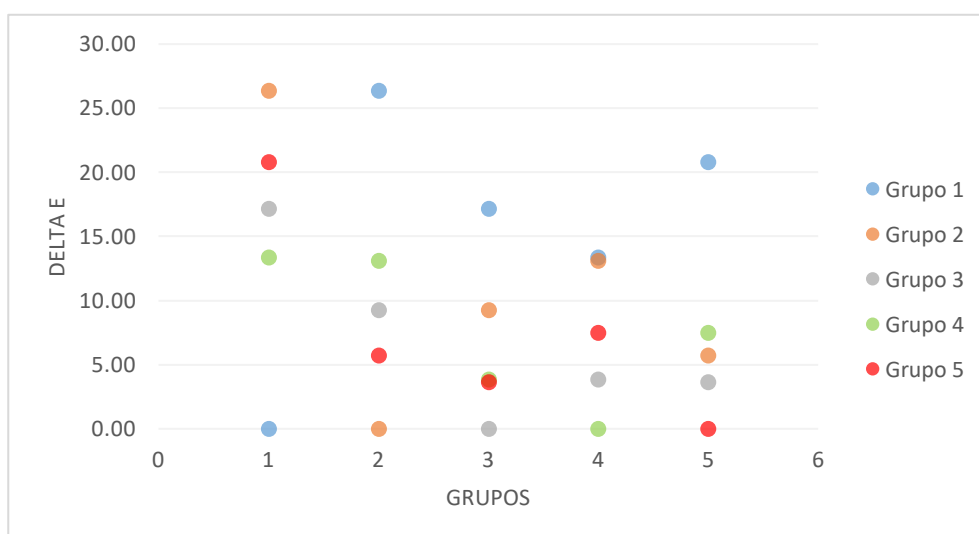
En el gráfico 5 están representadas las diferencias de color (Delta E) entre los 5 grupos etarios en el tercio cervical. De este gráfico se puede decir que el mayor Delta E se registró entre los grupos 1 y 5 (19,24) y el menor, entre los grupos 3 y 4 (2,97).

**Gráfico 6: Valores de Delta E entre los 5 grupos etarios, registrados en el tercio medio**



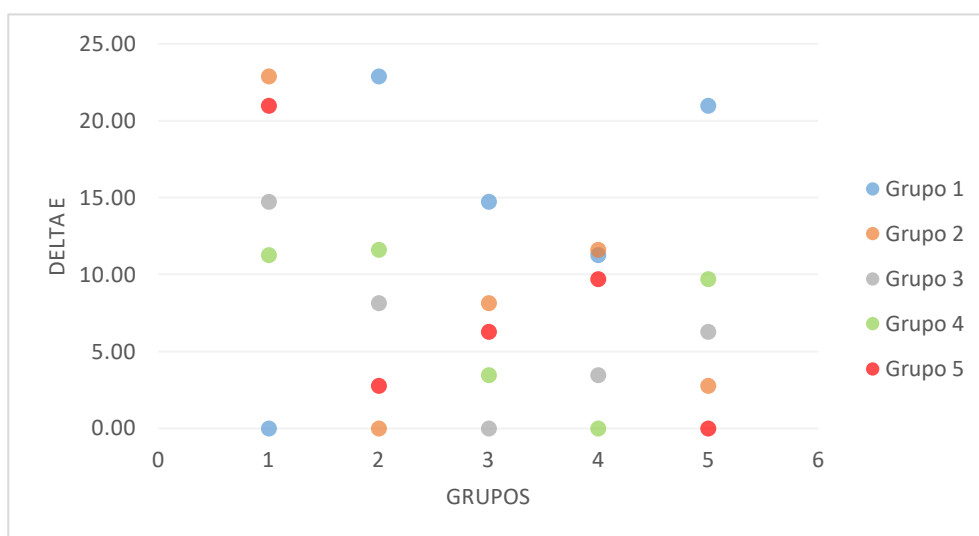
En el gráfico 6 están representados los Delta E entre los 5 grupos etarios en el tercio medio. La mayor diferencia de color se registró entre los grupos 1 y 2 (23,94), mientras que la menor, entre los grupos 2 y 5 (2,13). Entre los grupos 1 y 5 también se registró un Delta E elevado (21,94), siendo el segundo valor más alto en esta área. En general el grupo que presentó Deltas E más altos fue el grupo 1 al ser comparado con el resto, en cambio el grupo 3 presentó los valores más bajos.

**Gráfico 7: Valores de Delta E entre los 5 grupos etarios, registrados en el tercio incisal**



En el gráfico 7 están representados los Delta E entre los 5 grupos etarios, en el tercio incisal. El mayor Delta E se registró entre los grupos 1 y 2 (26,36). El valor más bajo de Delta E se registró entre los grupos 3 y 5. Nuevamente el Delta E entre el grupo 1 y 5 ocupa el segundo valor más alto (20,79). Además, se puede observar que al mirar cada grupo por separado, se evidencia que el mayor Delta E lo tienen con el grupo 1.

**Gráfico 8: Valores de Delta E entre los 5 grupos etarios, registrados en la corona completa**



En el gráfico 8 están representados los valores de Delta E entre los 5 grupos etarios medidos en la corona completa. El mayor Delta E se registró entre los grupos 1 y 2 (22,88). El valor más bajo se registró entre los grupos 2 y 5 (2,78). Entre el grupo 1 y 5 también se observó un valor de Delta E alto (20,99) y nuevamente el grupo 1 fue el que tuvo mayores diferencias de color al ser comparado con los otros grupos.



## DISCUSIÓN

Los tejidos dentarios, tales como el esmalte y la dentina, experimentan diversos cambios con el transcurso de los años. La dentina experimenta un aumento en su volumen debido a una mayor actividad celular. Este cambio afecta directamente en el traspaso de la luz a través de estos tejidos y por lo tanto en cómo ésta es reflejada, afectando en consecuencia, a la percepción del color del diente y otras propiedades ópticas como la fluorescencia (Da Silva et al., 2013). La fluorescencia junto a la fosforescencia es un fenómeno óptico que forma parte de luminiscencia. Se produce cuando un cuerpo que es expuesto a una fuente lumínica de longitud de onda corta invisible al ojo humano, emite una luz con longitud de onda más larga y visible a éste (Cabriales-Gómez, 2004). Bajo esta condición, el ojo humano percibe que es el objeto fluorescente el que está emitiendo luz, ya que la radiación que la estimula es invisible a él.

Cuando el diente es iluminado con luz UV, ésta atraviesa el esmalte, llegando hasta los agentes fotosensibles de la dentina, que son responsables del fenómeno de fluorescencia. Ésta es hasta 3 veces más intensa en dentina que en esmalte (Monsénego et al., 1993). Como la dentina experimenta cambios estructurales con el paso de los años, es esperable que la fluorescencia dentaria también sufra cambios con la edad.

Para poder medir estos cambios, se estudió la luz visible emitida por los dientes al ser iluminados con una fuente de luz UV. Esta luz visible fue captada mediante el uso de una cámara digital y posteriormente cada imagen fue procesada para obtener los valores de fluorescencia medidos en el espacio de color CIELab.

El sistema CIELab, es el sistema de color utilizado en odontología por ser recomendado por la Asociación Dental Americana. Éste se basa en 3 medidas que corresponden a las 3 dimensiones del espacio del color en los 3 ejes de coordenadas ordinales (X, Y, Z para L, a\*, b\* respectivamente). Por esto es importante discutir los valores encontrados para cada variable de forma separada.

En primer lugar, la coordenada L, que se refiere a la luminosidad del objeto, se evaluó en la corona completa, tercio cervical, medio e incisal de cada diente.

En las 4 áreas se observó mayor luminosidad en el grupo más joven (grupo 1), teniendo un comportamiento descendente hasta los 40 años. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Da Silva et al., donde encontraron que el valor máximo de luminosidad estuvo en el grupo de 21-30 años, encontrando su máximo a la edad de 29,2. En cuanto a la variación de esta coordenada con la edad, se evidenció cambios pero no de una forma lineal. Hay un descenso de la luminosidad hasta los 40 años, pero ésta vuelve a aumentar a partir de los 41 hasta los 60 años. Finalmente se observa un descenso de esta entre los 61-70 años. Esta tendencia no concuerda con lo encontrado en el estudio anteriormente mencionado, ya que en éste se observa un descenso lineal desde los 31 hasta los 63 años. Este comportamiento oscilante de la fluorescencia a través del tiempo podría asociarse a una posible diferencia de comportamiento fluorescente según sexo, variable que no fue analizada en el presente trabajo. Bajo iluminación natural, se ha visto que existen diferencias estadísticamente significativas en el color dental entre hombres y mujeres, teniendo las mujeres, dientes más luminosos y con valores de L significativamente más elevados que en los hombres (Hernández Rodríguez & Celemín Viñuela, 2009; Odioso, Gibb, & Gerlach, 2000; Perez, 2016)

Al evaluar los tercios por separado, se observa que el tercio cervical presentó los valores más altos de L para todos los grupos etarios, excepto el grupo 1 que su valor más alto se encontró en el tercio medio. Los valores más bajos se encontraron en el tercio incisal. Estos resultados se contraponen con lo encontrado en dientes bajo iluminación natural (Hasegawa, Motonomi, Ikeda, & Kawaguchi, 2000) donde se observó que los valores de L fueron más altos en el tercio medio. Concordando, sin embargo, en que los valores más bajos se encontraron en el tercio incisal.

Los resultados de luminosidad del presente estudio son congruentes con la configuración histológica dentaria (Matsumoto et al., 1999; Monsénego et al., 1993), donde en el tercio cervical se encontraron valores más altos de luminosidad que en el tercio incisal. Como se mencionó anteriormente, en el tercio cervical se encuentra el mayor espesor de dentina, principal responsable de la fluorescencia dentaria.

En relación a su variación con la edad, se puede decir que en este estudio se observó una disminución de la coordenada L al comparar el grupo más joven (grupo 1) con el resto de los grupos, donde cada grupo presentó valores de L menores que el grupo 1. Odioso y cols. (Odioso et al., 2000) evidenciaron que en un diente bajo iluminación natural, la coordenada L disminuía 0,22 unidades L por cada año de edad transcurrido, volviéndose los dientes menos luminosos a mayor edad. De igual manera, el presente estudio demuestra disminución de luminosidad bajo luz UV como fuente de iluminación, al aumentar la edad.

La coordenada  $a^*$ , que va desde el  $a^+$  (rojo) hasta el  $a^-$  (verde), presentó variaciones relacionadas con la edad. Al evaluar la corona completa, se observó que en todos los grupos la coordenada se mantuvo en el rango del color verde, siendo el más negativo o más saturado, el grupo 1. El grupo con menor saturación en el rango del color verde fue el grupo 2.

El tercio cervical, medio e incisal se comportaron de la misma manera. Hubo un descenso en la saturación desde el grupo 1 al grupo 2 (los valores fueron menos negativos). Posteriormente, se observó un aumento en la saturación en los grupos 3 y 4 que finalizó con un descenso en el grupo 5. Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Da Silva et al., donde se observó que a medida que avanzaba la edad iba aumentando la saturación del color. Además, todos los grupos etarios se mantuvieron dentro del rango del color rojo, lo cual es lo opuesto a lo encontrado en este estudio.

La coordenada  $b^*$ , que va desde el  $b^+$  (amarillo) hasta el  $b^-$  (azul), también presentó variaciones en relación con la edad. Al evaluar la corona completa, se observó que en todos los grupos la coordenada se mantuvo en el rango del color azul, siendo el grupo 1 el con los valores más negativos. Además, en esta área y en los tercios cervical, medio e incisal se evidenció una variación de los valores de la coordenada  $b^*$  relacionados con la edad, pero de forma no lineal, donde en los 2 primeros grupos se evidencia un descenso en la negatividad de los valores que se ve interrumpida al llegar a los grupos 3 y 4 (donde los valores se vuelven más negativos). Finalmente, en el grupo 5, los valores terminan siendo menos negativos. Este comportamiento difiere a lo observado por Da Silva et al., donde a partir de los 21 años los valores para la coordenada  $b^*$  comienzan a ser más negativos (mayor saturación de azul) y de forma lineal hasta los 50 años. Ambos

estudios sí coinciden en que en el rango etario de 21-30 años se alcanza el máximo de saturación del color azul, al compararlo con el resto de los grupos etarios.

Por otro lado, se observó que la saturación de color azul fue disminuyendo a medida que se avanzaba en el eje longitudinal del diente, es decir desde cervical hacia incisal. En cervical se observaron los valores azules más saturados y en incisal los menores. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Hasegawa y cols., donde se observó que en los incisivos centrales superiores, el valor de  $b^*$  iba disminuyendo en saturación desde cervical hacia incisal.

El espacio de color CIELab fue modelado en base a una teoría de color oponente, que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde o amarillo y azul al mismo tiempo. Bajo esta premisa, y sabiendo que los dientes absorben la luz UV y la reflejan como luz visible en el rango del azul, es esperable que para la coordenada  $b^*$  se obtengan resultados negativos (azules) y que para la coordenada  $a^*$  se obtengan resultados en el rango de los verdes (por su cercanía en cuanto a longitud de onda con el color azul) y no en colores amarillos y rojizos como en los dientes que no son iluminados con luz UV. En cuanto a su variación con la edad, se puede afirmar que para las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ , al comparar los rangos etarios extremos (grupos 1 y 5), el grupo 1 tuvo valores más negativos que el grupo 5, lo que se observó en las 4 áreas evaluadas. Esto quiere decir que al observar un diente del grupo 1 bajo iluminación UV éste se vería de un color azul verdoso más saturado e iluminado, que al compararlo con un diente del grupo 5. En resumen los dientes del grupo 1 (21-30 años) emiten mayor FVIUV que los dientes de adultos de mayor edad.

Para que exista un cambio de color aparente debe haber una diferencia perceptible por un observador. Este cambio de color llamado Delta E ( $\Delta E$ ) corresponde a la diferencia perceptible entre el color más claro y el más oscuro de un espacio cromático dental. Este parámetro cobra especial importancia cuando se habla de los cambios de color perceptibles al ojo humano, ya que dentro del rango de los colores dentales, los valores de Delta E pueden ser tan pequeños, que resultan ser imperceptibles. Se acepta que el ojo humano es capaz de distinguir (en condiciones controladas), diferencias en  $\Delta E$  de 1, y que

para valores  $\Delta E$  de 2 serían distinguido por el 100% de los observadores la diferencia de color. Sin embargo, se considera esta diferencia de color aceptable para valores de  $\Delta E$  de 3,3 unidades. Valores sobre 3,3 unidades se consideran inaceptables para el ojo humano e indicarían el cambio de la restauración o prótesis (Douglas et al., 2009; Ishikawa-Nagai, Yoshida, Sakai, Kristiansen, & Da Silva, 2009; Lindsey & Wee, 2007).

En este estudio se calcularon las diferencias de color dentario entre los distintos grupos etarios medidos en las diferentes áreas. El  $\Delta E$  más elevado se encontró en el tercio incisal, entre los grupos 1 y 2 (26,37), siendo clínicamente perceptible y evidente ante cualquier observador. El valor más pequeño se encontró en el tercio medio, entre los grupos 2 y 5 (2,13). Según lo expuesto anteriormente esta diferencia entre ambos grupos etarios sería perceptible por el ojo humano. Al comparar las 4 zonas evaluadas, se observó que la mayor diferencia de color siempre se mantuvo entre los grupos: 1-2 y 1-5; y el menor  $\Delta E$ , en cambio, se mantuvo entre los grupos 2-5. Estos resultados nos pueden orientar a que puede que exista alguna relación entre los rangos etarios de 31-40 años con el de 61-70 años, ya que en cuanto a coordenadas de color se comportan de manera similar. El alto valor de delta E encontrado entre los grupos 1 y 5 nos indica que existe una gran diferencia de color entre ambos grupos etarios, por lo que se podría deducir que la fluorescencia visible inducida por luz UV es muy distinta entre un grupo y otro. Se podría proyectar entonces, que los resultados estéticos, al aplicar una misma resina compuesta, en un diente del grupo 1 no serían los mismo que al aplicarla en un diente del grupo 5, por lo que sería importante considerar el uso de técnicas y materiales restauradores diferentes al enfrentarse con dientes jóvenes y adultos, ya que según la edad que tengan, exhiben fluorescencias distintas al estar expuestos a la luz UV.

Los métodos más comunes para evaluar el color en odontología, mediante el uso del sistema CIELab son el espectrofotómetro y la imagen digital mediante el uso de la fotografía. La fotografía digital cada vez es más utilizada debido a que presenta una alta confiabilidad en la medición del color dental y es considerada más económica que los espectrofotómetros. No obstante, la calidad de las imágenes pueden ser afectadas en su confiabilidad y precisión al ser

influenciadas por las condiciones ambientales del entorno, como la fuente lumínica y las especificaciones técnicas de la cámara digital (Elter, Caniklioğlu, Değer, & Ozen, 2005; Jarad, Russell, & Moss, 2005; Knösel et al., 2009). Una de las limitaciones de este estudio podría encontrarse en la imposibilidad de confirmar la longitud de onda e intensidad de la lámpara UV, ya que si bien ésta emitía una longitud de 365 nm de acuerdo a sus fabricantes, no se pudo comprobar dicha intensidad con algún aparato de medición. Por otra parte, tampoco se pudo monitorear las variaciones de intensidad que pudiera experimentar con su uso, lo que pudiera haber afectado el registro de FVIUV en los distintos individuos. Por otro lado, no existen registros que marquen una pauta para la configuración exacta de la cámara digital para generar el fenómeno de fluorescencia, lo que podría explicar las diferencias evidenciadas entre este estudio y otros.

Es importante, entonces desarrollar protocolos clínicos que faciliten la medición de FVIUV, y que sean confiables y fidedignas. En ese sentido, el presente estudio constituye un paso adelante en aquella consigna. De esta forma los Odontólogos podrán seleccionar materiales restauradores estéticos que logren replicar la cambiante situación de color dentario, considerando no solo los conceptos básicos del color, si no que también el concepto de fluorescencia dental

## **CONCLUSIÓN**

La hipótesis de este estudio es aceptada ya que se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas de FVIUV medida en las coordenadas de color CIELab, al comparar los distintos grupos etarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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>
- Baxter, Y. O., & Ulloa, A. S. (2001). Las afecciones estéticas: Un problema para prevenir. *Revista Cubana de Estomatología*, 38(2), 83–89.
- 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.
- Cabriales-Gómez, R. C. (2004). Luminiscencia en polímeros semiconductores. *Ingenierías*, VII(23), 12–16.
- Commission Internationale de l'Eclairage. (2004). *CIE 15: Technical Report: Colorimetry, 3rd edition* (Vol. 552).
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.05.001>
- Douglas, R. D., Steinhauer, T. J., & Wee, A. G. (2009). Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and cceptability of shade mismatch. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 21(2), 133–134. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2009.00246.x>
- Elter, A., Caniklioğlu, B., Değer, S., & Ozen, J. (2005). The reliability of digital cameras for color selection. *The International Journal of Prosthodontics*, 18(5), 438–440.
- 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.



- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G \* Power 3 : A flexible statistical power analysis program for the social , behavioral , and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.
- Fernández-Boza, J. (2005). El equipamiento para la fotografía digital. *Rev Esp Ortod*, 35, 75–84.
- Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 23(5), 467–479.
- Francisco, J., & Clavel, G. (2015). Paradigmas en Odontología Paradigms in Dentistry, 19, 74–75.
- Geissberger M. (1997). Introducción a los conceptos en Odontología estética. In *Odontologia Estetica* (pp. 1–2).
- Hasegawa, A., Motonomi, A., Ikeda, I., & Kawaguchi, S. (2000). Color of Natural Tooth Crown in Japanese People. *Color Research and Application*, 25(1), 43–48. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6378\(200002\)25:1<43::AID-COL6>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6378(200002)25:1<43::AID-COL6>3.0.CO;2-P)
- Hernández Rodríguez, Z. M., & Celemín Viñuela, A. (2009). Estudio clínico del color dental en la población española según sexo y edad. *Gaceta Dental: Industria Y Profesiones*, (203), 160–175.
- Holtzschue, L. (2011). Understanding Color, 272. <https://doi.org/10.1002/col.20269>
- 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, J. D. (2009). Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *Journal of Dentistry*, 37(SUPPL. 1), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.04.004>
- Jarad, F. D., Russell, M. D., & Moss, B. W. (2005). The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British Dental Journal*, 199(1), 43.
- Klukowska, M., Götz, H., White, D. J., Zoladz, J., Schwarz, B.-O., & Duschner, H. (2013). Depth profile analysis of non-specific fluorescence and color of tooth tissues after peroxide bleaching. *American Journal of Dentistry*, 26(1), 3–9.

- Knösel, M., Attin, R., Jung, K., Brunner, E., Kubein-Meesenburg, D., & Attin, T. (2009). Digital image color analysis compared to direct dental CIE colorimeter assessment under different ambient conditions. *American Journal of Dentistry*, 22(2), 67–72.
- Langford, M. (2004a). *La Fotografía paso a paso. Un curso completo* (Hermann BI, pp. 20–22). Londres.
- Langford, M. (2004b). *La Fotografía paso a paso. Un curso completo* (Hermann BI, pp. 28–30). Londres.
- 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., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Fluorescence of layered resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, 17(2), 93–100; discussion 101.
- Lee, Y. K., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Effect of surface sealant and staining on the fluorescence of resin composites. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(3), 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.12.017>
- Lee, Y. K., Lu, H., & Powers, J. M. (2006). Influence of fluorescent and opalescent properties of resin composites on the masking effect. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 76(1), 26–32. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30278>
- León, N. (2014). Balance de Blancos: Qué es y Cómo se usa. Retrieved March 2, 2018, from <https://www.dzoom.org.es/el-balance-de-blancos/>
- 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>
- 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)
- Min, J. H., Inaba, D., & Kim, B. II. (2016). Evaluation of resin infiltration using quantitative light-induced fluorescence technology. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 15, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2016.04.016>
- Monsénégo, G., Burdairon, G., & Clerjoud, 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)
- 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.
- Odioso, L. L., Gibb, R. D., & Gerlach, R. W. (2000). Impact of demographic, behavioral, and dental care utilization parameters on tooth color and personal satisfaction. *Compendium of Continuing Education in dentistry*.(Jamesburg, NJ: 1995). *Supplement*, (29), S35-41.
- 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). *Estudio Comparativo del Color Dental según Edad, Género y Tipo de Diente*. Complutense De Madrid.
- 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>
- Solheim, T. (1993). A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Science International*, 59(2), 137–147.
- Spear, F. (2006). Interdisciplinary management of anterior dental esthetics. *Journal of Clinical Orthodontics : JCO*, 6137(February), 67–68.
- 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>
- Varas, P. A. (2015). Consideraciones Estéticas en Operatoria Dental. In

*Operatoria Dental. Avances Clínicos, Restauraciones Y Estética* (5a. ed, pp. 360–374).

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>

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>

## ANEXOS

### **Anexo 1: Consentimiento informado mayores de 18 años.**

Consentimiento informado dirigido a participantes adultos en el estudio de “Estudio de la diferencia de la fluorescencia visible inducida por luz UV (FVIUV) en dientes anteriores, según edad en individuos de la Clínica Odontológica de la Universidad de Chile.”

**Investigador principal:** Pablo Angel Aguire

**Sede de Estudio:** Facultad de Odontología, Universidad de Chile. Sergio Livingstone 943, Independencia, Santiago.

#### **Nombre del participante:**

Este documento de consentimiento informado se aplicará a los participantes en el estudio, y consta de dos partes:

1. Información (proporciona información sobre el estudio para usted)
2. Formulario de consentimiento (para firmar si está de acuerdo en participar)

Usted recibirá una copia completa del documento de consentimiento informado.

Mi nombre es Pablo Angel Aguirre y soy académico de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile. Estoy realizando una investigación de la cual le proporcionaré información y a la que lo invitaré a participar. No tiene que decidir hoy si lo hará o no. Antes de tomar su decisión puede hablar acerca de la investigación con cualquier persona de su confianza. Este proceso se conoce como consentimiento informado y puede que contenga términos que usted no comprenda, por lo que siéntase con la absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez aclarada todas sus consultas y después que haya comprendido los objetivos de la investigación y si desea participar, se le solicitará que firme este formulario.

Los aspectos de este formulario tratan los siguientes temas: Justificación de la investigación, objetivos, beneficios, riesgos, tipo de intervención y procedimiento, confidencialidad y difusión de datos, criterios para selección de los participantes en el estudio y aclaraciones.

### **Justificación de la investigación**

Un número importante de los pacientes que se atienden en el dentista acuden para solucionar problemas estéticos. Para obtener dicha estética es necesario reproducir todas las características ópticas que presenta la estructura dentaria. Una de estas características es el fenómeno de fluorescencia, el cual incide en la percepción de los dientes bajo ambientes de diferente tipo de iluminación, es decir un diente se verá de color diferente bajo la iluminación artificial (no contiene radiación UV) que al ser sometido a la iluminación solar o luz natural que sí contiene radiación UV. Además se ha visto que la fluorescencia dentaria se va modificando con el paso de los años, lo cual genera un desafío mayor para la elección de materiales dentales adecuados y su correcta correlación con las características ópticas del diente.

En este estudio se pretende, mediante la fotografía digital y el uso de programas computacionales, determinar valores de fluorescencia dental en diferentes grupos etarios, y evidenciar como este fenómeno va variando con el paso de los años.

### **Objetivos**

La siguiente investigación tiene por objetivo determinar la fluorescencia visible inducida por luz UV que presentan los dientes anteriores de sujetos de distintos grupos etarios.

## **Beneficios**

Al participar del presente estudio, usted ayudará a aportar información en relación a como varía la fluorescencia dentaria con el paso de los años, lo que permitirá orientar a los odontólogos cómo se comporta el fenómeno óptico de fluorescencia dental en relación a la edad, mejorar los registros para permitir tratamientos que imiten de mejor manera las características ópticas de los dientes. Esto, en último término, constituirá un beneficio a futuro para los mismos pacientes entre los que se podrá encontrar usted mismo.

## **Riesgos**

Usted no correrá ningún riesgo durante y posterior al procedimiento de la investigación, ya que se aplicará un protocolo no invasivo que consta básicamente en obtener imágenes de sus dientes anteriores usando dos métodos distintos. Como se mencionó anteriormente, es un procedimiento no invasivo y que no genera dolor.

## **Tipo de intervención y procedimiento**

Si usted decide participar se le tomarán 2 fotografías de sus dientes anteriores las cuales se tomaran en un ambiente aislado, para otorgarle privacidad, con un sistema estandarizado. Para lograr iluminar solo los dientes, se utilizarán separadores de mejillas plásticos. La primera fotografía se realizará bajo la iluminación del flash que será montado a la cámara fotográfica. La segunda fotografía será dentro de un cuarto oscuro (privado de cualquier fuente de iluminación con luz natural), utilizando como fuente lumínica la luz de una linterna UV. El proceso total no debería extenderse más allá de 15 minutos y será realizado en 1 sola sesión, sin necesidad de controles posteriores.

## **Criterios para la selección de los participantes en el estudio**

Los criterios de inclusión son:

- Sujetos entre 21-70 años
- Que presenten los 4 incisivos superiores permanentes.
- Que presenten los incisivos centrales superiores sin restauraciones ni rehabilitación protésica
- No haberse hecho blanqueamiento dental previo
- Haber leído y aceptado (firmado) el formulario de consentimiento informado. (Anexo 1)

Los criterios de exclusión son:

- Sujetos con dientes manchados por tetraciclina o fluorosis
- Sujetos en tratamiento de ortodoncia
- Sujetos con enfermedad periodontal evidente
- Dientes a estudiar rotados o en mala posición
- Dientes a estudiar que presenten fracturas
- Lesiones cervicales no cariosas, en dientes a estudiar

## **Confidencialidad y difusión de datos**

La información obtenida de la investigación, respecto de la identificación de participantes será mantenida con estricta confidencialidad por el investigador. Su nombre y datos personales de este estudio no serán publicados en revistas científicas.

## **Aclaraciones**

1. La participación es completamente voluntaria



2. No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la intervención
3. Si usted decide puede retirarse del estudio cuando lo desee
4. No tendrá que efectuar gasto alguno como consecuencia del estudio
5. No recibirá pago por su participación
6. Usted podrá solicitar información actualizada sobre el estudio al investigador responsable
7. La información obtenida de la investigación, respecto de la identificación de pacientes, será mantenida con estricta confidencialidad por los investigadores
8. Si considera que no existen dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si lo desea, firmar la carta de consentimiento anexa al documento

### **Carta de consentimiento informado**

A través de la presente, declaro y manifiesto, libre y espontáneamente y en consecuencia acepto que:

1. He leído y comprendido la información anteriormente entregada y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria
2. Tengo conocimiento del procedimiento a realizar
3. Conozco los beneficios de participar en la investigación
4. El procedimiento no tiene riesgo alguno para mi salud
5. Además de esta información que he recibido, seré informado(a) en cada momento y al requerimiento de la evolución de mi proceso, de manera verbal y/o escrita si fuera necesaria al criterio del investigador
6. Autorizo a usar mi caso para investigación y para ser usado como material audiovisual en clases, protegiendo mi identidad
7. En caso de cualquier duda puede acudir al Dr. Pablo Angel Aguirre, departamento de odontología restauradora, facultad de Odontología, Universidad de Chile o dirigirse al Dr. Eduardo Fernández Godoy, presidente

del Comité ético científico, facultad de Odontología, Universidad de Chile al correo electrónico [cec.fouch@odontologia.uchile.cl](mailto:cec.fouch@odontologia.uchile.cl).

Doy mi consentimiento al investigador y al resto de colaboradores, a realizar el procedimiento pertinente, PUESTO QUE SE QUE ES POR MI PROPIO INTERÉS.

**Nombre del participante:**

**Firma del participante:**

**Fecha:**

Sección a llenar por el investigador principal

He explicado al Sr(a): \_\_\_\_\_ la naturaleza de la investigación, le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que conozco la normativa vigente para realizar la investigación con seres humanos y me apego a ella.

**Nombre del investigador principal:**

**Firma:**

**Fecha:**

**Identificación del investigador que toma el consentimiento informado**

**Nombre del investigador:**

**Firma:**

**Fecha:**

+