



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ÁREA DE OPERATORIA

**“VALIDACIÓN DE MÉTODO FOTOGRÁFICO-COMPUTACIONAL COMO
HERRAMIENTA DE REGISTRO DE COLOR DENTARIO”**

Hernán Andrés Lizama García

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

TUTOR PRINCIPAL

Prof. Dr. Pablo Angel Aguirre

TUTORES ASOCIADOS

Prof. Dr. Javier Martin R.

Prof Dr. Roque Arias Fredes

Adscrito a Proyecto PRI-ODO 15/003

Santiago – Chile 2019



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ÁREA DE OPERATORIA

**“VALIDACIÓN DE MÉTODO FOTOGRÁFICO-COMPUTACIONAL COMO
HERRAMIENTA DE REGISTRO DE COLOR DENTARIO”**

Hernán Andrés Lizama García

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

TUTOR PRINCIPAL

Prof. Dr. Pablo Angel Aguirre

TUTORES ASOCIADOS

Prof. Dr. Javier Martin R.

Prof Dr. Roque Arias Fredes

Adscrito a Proyecto PRI-ODO 15/003

Santiago – Chile 2019

DEDICATORIA

A mi madre y padre,
quienes me formaron al día de hoy

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por la confianza y el apoyo depositado día a día para ser una mejor persona y un mejor profesional.

A mi madre, por la incondicionalidad de siempre en cada momento vivido, por ser además de madre, la mejor tutora educacional, inculcándome grandiosos valores, y por esperarme hasta lograr que este sueño se haga realidad.

A mis amigos, por compartir las risas, los llantos, las alegrías y las penas que surgieron en el duro camino. A mi mejor amiga y ya colega Mónica, por ser mi apoyo incondicional estos últimos años de universidad, porque las experiencias de vida nos unieron desde nuestro año de ingreso universitario hasta la actualidad. Especial consideración también a mis amigos Pablo, Mauricio, Tiare y Constanza, por su enorme fuerza y apoyo para salir adelante y finalizar mis estudios de pregrado.

Al Dr. Pablo Angel, tutor principal de tesis y además ex profesor de Operatoria Dental del cual sus enseñanzas, paciencia, empatía, simpatía y carisma me hacen egresar de esta universidad con una sonrisa amplia y orgullo profundo.

A mis tutores de tesis, Dr. Javier Martin y Dr. Roque Arias, por su buena disposición, su paciencia y ayuda en todo el proyecto de investigación.

A mis compañeras tesistas Soledad Araya y Alexandra Jiménez, quienes agregaron un granito de arena para que esta investigación sea lo más meticulosa y pulcra posible.

A los docentes de las áreas Clínicas que permitieron que pudiésemos realizar el proyecto de investigación en la Clínica Odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile

ÍNDICE

Resumen	8
Introducción	9
Color	12
Concepto de Color	12
Traída del Color	12
1. Iluminación	12
2. Objeto	15
3. Observador	16
Sistemas de color	17
1. Sistema de color Munsell	17
2. Sistema de color RGB	17
3. Sistema de color CIELab	18
4. Diferencia Total de Color	19
Métodos de selección de color dentario	20
1. Método visual comparativo	20
a. Muestrarios de color	21
2. Método instrumental de selección de color	22
a. Colorímetros y espectrofotómetros	22
Cámaras digitales en odontología	26
1. Uso de cámaras digitales para toma de color	
Hipótesis y objetivos	28
Metodología	29
Resultados	35
Discusión	44

Conclusiones	49
Anexos	50
Referencias Bibliográficas	65

RESUMEN

Introducción: En la rehabilitación oral, un parámetro importante a considerar es el color dentario. El color del diente a rehabilitar debe ser lo más similar posible a los dientes adyacentes. El método visual comparativo es el método de registro de color más utilizado por los dentistas, pero éste tiene un carácter subjetivo. Los espectrofotómetros, por su parte, son instrumentos que permiten cuantificar color de manera objetiva, pero su adquisición conlleva un alto costo económico. Ante esta situación es que las cámaras digitales emergen una alternativa asequible para la toma de color.

Objetivo: Validar el uso de fotografía digital y su análisis computacional como método para determinar color dentario en una muestra de pacientes de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Materiales y métodos: Un total de 147 dientes fueron fotografiados con una cámara digital a partir de 50 pacientes de la Clínica FOUCH. Posteriormente, con los programas Adobe Photoshop e ImageJ, se obtuvo su color promedio en el espacio de color CIELab. Con motivo de comparación, se obtuvo color en sistema de color CIELab de los mismos dientes mediante el espectrofotómetro SpectroShade Micro™.

Resultados: El promedio de color obtenido en sistema CIELab del método fotográfico-computacional difiere del color obtenido mediante espectrofotómetro, en sus tres coordenadas. La diferencia en L^* es de 10,06 puntos, a^* 3,69 puntos y b^* 3,42. El ΔE_{00} fue de 8,89, superando los umbrales de perceptabilidad y aceptabilidad. La correlación en L^* fue de 0,724, de a^* de 0,803 y b^* 0,828, correspondiendo a una alta correlación entre las coordenadas de color entre ambos métodos.

Conclusiones: Este estudio muestra que el método utilizado de registro de color con cámara digital y analizada por software no es una herramienta válida para obtener color en sistema de color CIELab, puesto que los valores CIELab obtenidos mediante computadora y fotografía son distintos a los entregados al espectrofotómetro. Sin embargo, la alta correlación encontrada entre el color de ambos métodos permitiría proyectar futuras investigaciones utilizando este método.

INTRODUCCIÓN

La odontología ha experimentado cambios en los últimos cincuenta años, siendo por mucho tiempo el enfoque principal de la profesión la prevención y tratamiento de enfermedades dentales. Un cambio relevante surge a mediados del siglo XX, cuando existe una transformación de una odontología altamente metódica con enfoque de tratamiento, la “odontología basada en necesidades” (Christensen, 2000), a una “odontología basada en la elección”, donde el paciente y el odontólogo reconocen la estética como parte importante del éxito de un procedimiento. La aparición de las resinas compuestas como material restaurador fue el factor gatillante de este nuevo enfoque. A finales del siglo XX, los pacientes podían elegir entre distintos planes de tratamiento, decidiendo si deseaban o no tener restauraciones metálicas que podían comprometer la estética (Christensen, 2000).

Según la encuesta anual de la Academia Americana de Odontología Cosmética (AACD) aplicada en 2015, el 99% de los pacientes afirmó que la estética en sus tratamientos odontológicos es el factor más importante, más que el costo (88%), el dolor o incluso la cantidad de tejido dentario original a remover. En esta misma encuesta, puede verse que los procedimientos estéticos corresponden a la mayoría de los procedimientos requeridos (84%), de lo que se destacan blanqueamiento (32%), resinas directas (30%) y carillas (22%). Estos datos indican que los pacientes cada vez están más informados acerca de las nuevas tecnologías y con una alta preocupación por la estética dentaria y general (AACD, 2015).

Actualmente, la estética dentaria parece estar asociada con el color dentario, la textura, la posición, el alineamiento, la forma, el tamaño, la proporcionalidad, y la apariencia de la sonrisa general (Koidou y cols., 2018). El color dentario es una característica importante para los pacientes, demostrado esto en los estudios que muestran que la insatisfacción de color dentario varía de un 19,6% a un 65,9% (Joiner y Luo, 2017).

Al momento de rehabilitar dientes anteriores, es crítico que el color del mismo se asemeje al diente adyacente. Una selección de color inadecuada es una de las principales causas de recambio de prótesis fijas unitarias (McCracken y cols., 2019). La incoherencia entre una restauración y otra puede deberse a las características del material dental, o a la selección de color. Los avances y mejoras en los materiales dentales y sus técnicas de fabricación han permitido una amplia gama de restauraciones altamente estéticas, permitiendo restauraciones prácticamente imperceptibles, dejando a la selección de color dentario como principal causal de incoherencia en el color (Ascheim, 2014).

El método más antiguo y más ampliamente utilizado para el registro de color es el método visual comparativo, que consiste en utilizar muestrarios comerciales analizando visualmente el color. Este método es simple, de bajo costo, pero está sujeto a errores, y hay diferencias entre observadores, catalogándose como un método altamente subjetivo. Estas diferencias se deben a diferencias en la iluminación ambiental, diferencias en la percepción del observador, a las características intrínsecas del diente, así como la diferencia de los tejidos que lo componen. Además, los mismos muestrarios entre sí tienen diferencias en su tono, saturación y valor (Pop-Ciutrila y cols., 2015).

Existen otros métodos para la toma de color, el método instrumental, en el cual se usan instrumentos como colorímetros y espectrofotómetros, permitiendo un análisis de color de manera más objetiva y más reproducible. En comparación al método convencional, o por ojo humano, se ha visto que los espectrofotómetros ofrecen un 33% de mejora en la eficacia y una toma de color más objetiva en el 93,3% de los casos (Paul y cols., 2002). Una de sus principales desventajas es su moderado a alto costo.

Las cámaras digitales son dispositivos RGB que también se han utilizado como un instrumento de registro de color. Estos dispositivos se pueden utilizar para capturar una imagen, y luego, mediante un programa computacional analizar su color. Las cámaras digitales son herramientas que pueden encontrarse en una clínica odontológica, ya que se utilizan como herramientas para registrar avances

de tratamientos clínicos tanto en Ortodoncia, Endodoncia, Cirugía, Rehabilitación, entre otros (Ascheim, 2014). Diversos estudios han surgido a partir de esta idea, y se han diseñado protocolos y programas para obtener color dentario, sin embargo, pocos estudios clínicos se han realizado utilizando este método (Miyajiwala y cols., 2017). Este método combinado fotográfico-computacional, podría ser una herramienta objetiva, económica, fácil de utilizar, accesible para el odontólogo general para obtener color dentario y tener mejor comunicación con el laboratorio dental al momento de rehabilitar.

El principal objetivo de este estudio es validar el uso de la cámara digital ayudada por programa computacional como método para cuantificar color dentario en pacientes de la Clínica Odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile. Para validar el método, se obtuvo color mediante espectrofotómetro de los mismos pacientes y se compararon sus valores.

MARCO TEÓRICO

1. COLOR

A pesar de que múltiples investigadores han realizado aportes en la definición de color, esta sigue siendo compleja debido a la subjetividad del mismo. La Comisión Internacional de Iluminación (CIE), en la segunda versión de su *Vocabulario Internacional de Iluminación (2011)*, define el color percibido como la característica de la percepción visual que puede ser descrita en atributos de valor, tono, y saturación. Agrega como nota, además, que el color percibido depende de la distribución espectral del estímulo de color; el tamaño, forma, estructura, y ambiente que rodea el área del estímulo; el estado de adaptación del sistema visual del observador; y la experiencia del observador respecto a la predominancia y situaciones similares.

Por lo tanto, la literatura se refiere a la *triada de color* como los tres factores que lo varían: la luz, el objeto mismo, y el observador (Goldstein y cols., 2018).

2. TRIADA LUZ-OBJETO-OBSERVADOR

2.1. Iluminación

La luz es una onda electromagnética, y una pequeña porción de esta es la luz visible. Los “colores” pueden diferenciarse físicamente en el espectro mediante longitudes de onda, con su unidad de medida nanómetros (nm), y la luz visible está comprendida entre los 380nm a los 760 nm, pero para mediciones de color, se restringe habitualmente de los 400nm a los 700nm (Lew, 2001). Isaac Newton fue el primero en descubrir la física del color, y descubrió que es posible obtener el espectro continuo de colores cuando un haz de luz incide sobre un prisma (Figura 1). Estas longitudes de onda son percibidas por fotorreceptores especializados en el ojo humano (llamados *conos*) como variaciones de luz roja, verde y azul. El ojo

humano sólo puede percibir esas longitudes de onda, es por eso que el espectro visible es tan acotado.

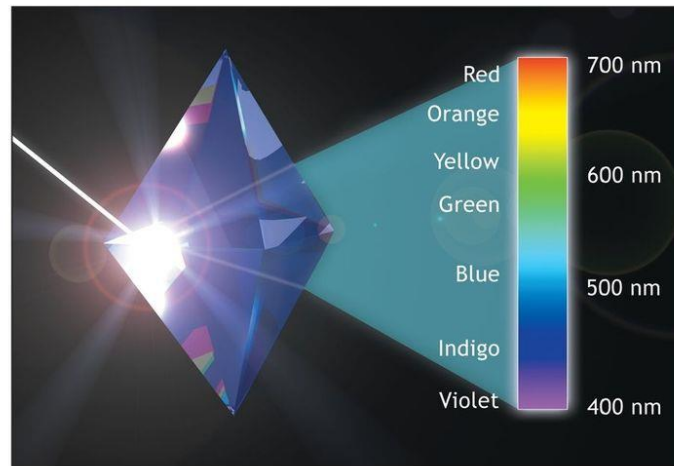


Figura 1. Haz de luz incidiendo sobre prisma, generando dispersión cromática. *Chu y cols. (2011).*

La luz del sol no es la única fuente luminosa disponible; existen fuentes luminosas artificiales, como las velas, las ampollas incandescentes, los tubos fluorescentes y las ampollas LED. Cada una de estas fuentes luminosas, distribuyen la potencia de cada longitud de onda de manera distinta, es decir, algunas fuentes luminosas entregan mayor potencia hacia los rojos, que los azules, por ejemplo (como en el caso de la ampolla incandescente); otras al contrario. Estas diferencias pueden visualizarse mediante gráficos, denominados distribuciones espectrales de potencia (Figura 2). Esto tiene gran relación con otros conceptos explicados por la CIE, como el iluminante y la temperatura de color correlacionada (Lew, 2001).

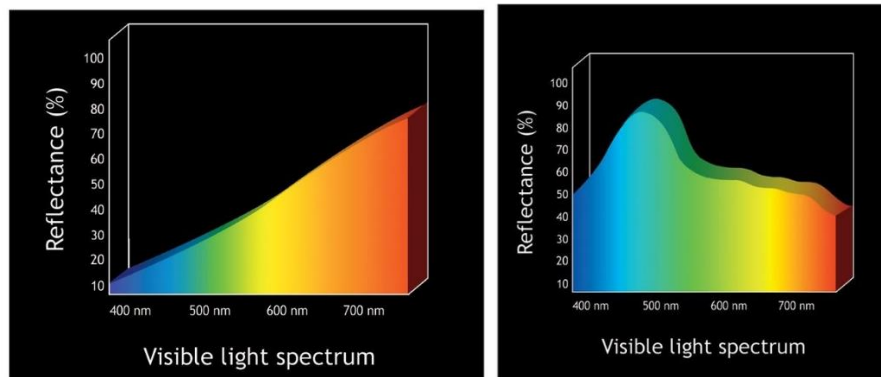


Figura 2. a) Distribución espectral para iluminante A, ampolleta incandescente. b) Distribución espectral para iluminante D50. *Chu y cols. (2011)*.

La temperatura de color correlacionada (*CCT* en sus siglas en inglés) corresponde a la apariencia de color que emitiría un radiador de cuerpo negro calentado a esa temperatura, medida en grados Kelvin. Por ejemplo, una ampolleta incandescente podría tener un *CCT* de 2800K, un tubo fluorescente típico tiene 4000K, la luz de día promedio 6500K, y un punto blanco de un monitor 9300K.

El iluminante, por otra parte, corresponde a una distribución espectral de potencia estandarizada y definida por la CIE, y está relacionada con la temperatura de color. La CIE ha establecido una cantidad de iluminantes CIE para colorimetría. Estos incluyen los iluminantes A, C, D50, D65, F2, F8 y F11 (*Chu y cols., 2011*).

El iluminante A se basa en la fuente más usual de luz artificial: la ampolleta incandescente, correspondiendo a una temperatura de color de 2850K. Los iluminantes D65 y D50 son parte de los iluminantes D CIE que han sido definidos basados en la luz de día real. El iluminante D65 representa una luz de día promedio con un *CCT* de 6500K, y el D50 representa 5000K. D65 es el más ampliamente utilizado en aplicaciones colorimétricas, mientras que D50 es más utilizado en aplicaciones de artes gráficas.

En el ámbito odontológico, los conceptos de iluminante y CCT son de importancia clínica. Chu y cols recomiendan realizar la selección de color a luz ambiental, en el horario de 10 am a 2 pm, donde la luz de día corresponde a unos 5500K, siendo esta la ideal (Chu y cols., 2011). En caso de no haber luz natural, utilizar luz artificial con iluminante D50. Si realiza la toma de color en un ambiente con fuentes luminosas con distinta CCT (como tubo fluorescente vs luz incandescente) producirán el fenómeno de *metamerismo* (Figura 3).



Figura 3. Metamerismo: Dientes cerámicos bajo luz incandescente (iluminante A) y luz corregida 5500K (iluminante D50). *Chu y cols. (2011).*

2.2. Objeto

Cuando un haz de luz blanca incide sobre un objeto, experimenta distintas interacciones: a) puede reflejarse (como los espejos); b) puede transmitirse (como un vidrio) y/o c) absorberse. Para que un objeto se vea de un color, debe absorber parte de la luz, y reflejar las longitudes de onda del color que se ve. Un material es transparente cuando permite transmitir toda la luz, y es translúcido cuando permite transmitir parte de la luz (Chu y cols., 2011).

Los dientes son estructuras policromáticas compuestas de tejidos de diferentes propiedades ópticas, y su color está determinado por la combinación de efectos de coloraciones intrínsecas y extrínsecas (Watts y Addy, 2001). El esmalte, la dentina y la pulpa tienen propiedades de absorción y dispersión de la luz que le otorgan una coloración intrínseca al mismo, sin embargo la dentina determina el color general del diente (Vieira-Junior y cols., 2018). El esmalte permite, mediante sus prismas, las características de translucidez y opalescencia, y la rugosidad superficial del mismo tiene relación con la reflectividad de los haces

luminosos. La dentina, por su parte, es la gran responsable de la fluorescencia dental debido a la mayor cantidad de pigmentación orgánica fotosensible a los rayos luminosos.

2.3. Observador

Los haces luminosos y su color deben ser interpretados por el observador. Las longitudes de onda que llegan al ojo humano son recibidas por las células fotorreceptoras, los conos y bastones (Fairchild, 2013). Los conos reciben la información de color de tono, y los bastones están más involucrados en la visión nocturna. Esta energía es transformada a impulsos eléctricos y llevada al cerebro, donde es interpretada. Esta interpretación puede variar por factores asociados al observador, como la edad, problemas de visión, la fatiga ocular, la alimentación, nutrición, fármacos e incluso estado psiquiátrico/sicológico (Chu y cols., 2011).

El observador no sólo puede ser el ojo humano, sino que también pueden ser artículos electrónicos, como colorímetros y espectrofotómetros. La reproducción de color en aparatos electrónicos ocurre mediante modelos tridimensionales de color que están basados en la manera que el ojo humano recibe el color (por los tres tipos de conos que transducen la luz en la retina) (Chu y cols., 2011). De este modo, el color puede ser representado distinto dependiendo qué modelo de color fue utilizado. Los modelos de color también son mejor denominados como *Sistemas o Espacios de Color* (Fairchild, 2013).

A través del tiempo se han desarrollado múltiples sistemas, cada uno para cierta aplicación práctica. Algunos de los sistemas de color a destacar son Munsell (H,S,V), RGB (utilizado en computadoras), XYZ, CIELab, entre otros.

3. SISTEMAS DE COLOR

3.1. Sistema de color de Munsell

El Sistema de color de Munsell (1905) es uno de los más antiguos y consta de tres ejes:

- a) el *tono*, que corresponde a la longitud de onda dominante de la distribución espectral de energía, y que lo interpretamos como “verde”, por ejemplo. Es importante que los nombres de los tonos se designaron más con la “sensación” de color (rojo carmín, turquesa)
- b) la *saturación* corresponde a la pureza o fuerza del color y se define como la proporción de luz pura con respecto a la luz blanca necesaria para producir color. En otras palabras, es la riqueza de un tono y denota qué tan puro es.
- c) El *valor* se relaciona con la intensidad (o energía) de la luz reflejada desde los objetos. Es una dimensión acromática, que va del blanco al negro, y se relacionada con la calidad de los grises de un color.

3.2. Sistema de color RGB

Establecido por la CIE en 1931, es un modelo ampliamente utilizado en cámaras digitales y de video, computadoras, aparatos electrónicos, entre otros. El color se puede definir en tres coordenadas de color: coordenada R corresponde a 700nm (rojo), G corresponde a 541 nm (verde), y B corresponde a 435,8 nm (azul), el que estipula que el color ocurre por la suma o resta de estos tres colores, similar a lo que ocurre en la retina humana por los tres tipos de conos. La intensidad de cada coordenada va en valores numéricos de 0 al 255, siendo 255 la máxima intensidad. El blanco corresponde cuando R, G y B están en 255 simultáneamente.

Una de las desventajas de RGB es que es un sistema de color *no ordenado*, vale decir, no es visualmente uniforme (Burger y Burge, 2013). Un sistema de color es *uniforme* cuando las distancias numéricas pueden relacionarse a diferencias perceptuales humanas: mientras un color se está más

cerca de otro en el espacio de color, más parecidos son. Debido a este problema, más adelante surgen sistemas de color uniformes, como CIELAB.

3.3. Sistema de color CIELAB

En 1976, la CIE propuso un nuevo sistema de color, $L^* a^* b^*$, calculado desde el sistema de color XYZ, teniendo la propiedad que mientras más cerca esté un color de otro (en coordenadas numéricas), más parecidos son. O sea, la diferencia de color es la distancia euclideana entre un punto y otro (Fairchild, 2013).

El sistema de color $L^* a^* b^*$ está basado en un sistema de tres coordenadas fundamentándose en la *teoría de los procesos oponentes*. Esta teoría de color, descrita por E. Hering en 1878, propone que los colores no están dados por la combinación de rojo, verde y azul, sino que el color se debe al emparejamiento de sensaciones de color, que operarían mediante procesos oponentes. Cada receptor en la retina produce dos respuestas antagónicas entre sí. Son tres pares antagónicos: el azul se empareja con el amarillo, el rojo con el verde, y el blanco con el negro (Fairchild, 2013).

En CIELAB, el blanco-negro está definido por la coordenada L^* , rojo-verde a^* , amarillo-azul b^* . El eje L^* corresponde a la luminosidad donde $L^* = 100$ es blanco y $L^* = 0$ es negro. Además, los rangos de a^* van del rojo $+a^*$ y verde $-a^*$; mientras que los rangos de b^* van de amarillo $+b^*$, y azul $-b^*$ (Goldstein y cols., 2018) (Figura 4).

Este sistema de color se utiliza ampliamente en investigación en color, sobre todo en investigación en color en Odontología.

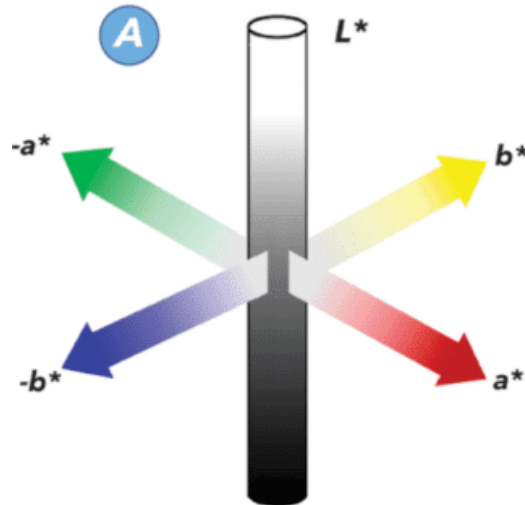


Figura 4. Representación de sistema CIELAB, en sus tres coordenadas. Los colores se ubican como puntos en este sistema tridimensional.

3.4. Diferencia Total de Color (ΔE)

En muchos campos de la ciencia, es necesario comparar un color de otro, o sea, verificar qué tan parecidos o disímiles son. Para esto, se puede obtener el color de la muestra original en coordenadas $L^* a^* b^*$, y la muestra a analizar de la misma manera. Como CIELAB es un sistema perceptualmente uniforme, se puede realizar esta comparación mediante la distancia euclidiana entre los puntos a analizar. Esta fórmula, denotada a continuación, se le ha nombrado *Diferencia Total de Color* (ΔE), descrita en 1974:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2}$$

La *perceptibilidad* y la *aceptabilidad* son conceptos que están basados en la fórmula de diferencia de color. El *umbral de perceptibilidad* se refiere a la diferencia de color más pequeña que puede ser detectada por un observador humano. Un *umbral de perceptibilidad 50:50* es la diferencia en color que puede ser detectado por un 50% de los observadores. De manera análoga, el *umbral de*

aceptabilidad 50:50 es la diferencia de color que es considerada aceptable por el 50% de los observadores (Goldstein y cols., 2018).

En odontología, muchos estudios se han publicado para encontrar los umbrales de perceptabilidad y aceptabilidad. Los valores de ΔE varían de acuerdo a la literatura para dientes, pero tienen un rango de perceptabilidad de ΔE 1.0 a 2.0, y aceptabilidad ΔE 2.7 a 3.5 (Paravina y cols., 2019).

A pesar de que CIELAB es perceptualmente uniforme, la fórmula de 1974 no es muy certera al discriminar en algunos colores, y por esto, la CIE propuso en 2001 una nueva fórmula de diferencia de color, *CIEDE 2000* (ΔE_{00}). Esta fórmula es más realista en relación a la percepción de la diferencia de color (Joiner y Luo, 2017). Actualmente la *CIEDE 2000* es el estándar ISO de la CIE para diferencia de color (Gómez-Polo y cols., 2017).

4. MÉTODOS DE SELECCIÓN DE COLOR DENTARIO

4.1. Método visual comparativo

El método de selección de color más ampliamente utilizado es el sistema convencional o visual, basado en muestrarios de color (Okubo y cols., 1998). Los muestrarios de color son tabletas estándares de dientes (cerámicos o de resina), de tejidos blandos (encía) o de color facial. Los dos últimos tipos no se utilizan rutinariamente en odontología (Bayindir y cols., 2009).

El método visual comparativo consiste en utilizar una tableta del muestrario y compararlo simultáneamente con el espécimen, hasta encontrar la tableta que se asemeje de mejor manera, en las mismas condiciones ambientales. Este método es el más ampliamente utilizado, porque es de fácil utilización y bajo costo, pero tiene carácter subjetivo, pues como se mencionó anteriormente, el color depende del observador, de la luz, y del mismo objeto.

4.1.1 Muestrarios de color

Los muestrarios de color son tabletas de color con un número determinado de tabletas o dientes de muestra para comparar el color dentario, y con un supuesto orden. A través de la historia han existido muchos, sin embargo los primeros creados carecían de orden lógico y distribución de color adecuada (Goldstein y cols., 2018). Los actuales muestrarios de color cumplen estos dos objetivos y se dividen en tres principales grupos:

1. VITA Classical A1-D4
2. VITA 3D Master
3. Otros especiales de la marca (Ivoclar Chromascop, por ejemplo).

En el muestrario VITA Classical, la gama de colores se presenta en 16 tabletas, clasificadas según su tono: A para rojo-café, B para rojo-amarillos, C para grises y D para grises-rojizos. Este sistema ha sido el gold estándar para selección de color en odontología, y probablemente sigue siendo el sistema más utilizado, sin embargo, existen algunas inconveniencias en este muestrario de color, sobretodo en comparación para pre y post blanqueamiento: no está ordenado según luminosidad, tiene una distribución de color inconsistente, no relaciona bien la saturación, carece de tabletas claras, especialmente para dientes blanqueados (Paravina y cols., 2007).

El muestrario VITA 3D Master fue una revolución en los muestrarios de color, porque se basó en las investigaciones de color de dientes naturales (Chu y cols., 2011). Este muestrario tiene 26 tabletas y utiliza un sistema de tres caracteres: número-letra-número (2M3, por ejemplo), representando valor, hue y saturación, respectivamente. Se ha visto que el muestrario VITA 3D Master es el más completo, y permite diferenciar color entre tabletas de manera más óptima, en comparación a otros muestrarios como VITA Classical y Ivoclar Chromascop (Bayindir y cols., 2009; Cocking y cols., 2009; Pop-Ciutrla y cols., 2015).

4.2. Método instrumental de selección de color

En vista de la subjetividad del método visual comparativo, se han desarrollado nuevos instrumentos basados en la tecnología para obtener de mejor manera el registro de color. Las determinaciones de color son repetibles y estandarizadas gracias a este instrumento que actúa de “observador” en la triada de color.

Muchos estudios clínicos afirman que el análisis de color asistido por medios tecnológicos es mucho más certero y consistente en comparación al visual comparativo (Paul y cols., 2002; Pop-Ciutrla y cols., 2015). Incluso algunos estudios los usan como patrón de comparación o referencia por su sensibilidad, exactitud y representabilidad (Lasserre y cols., 2011).

Dentro de los instrumentos están los colorímetros, espectrofotómetros y cámaras digitales o cámaras RGB.

4.2.1. Colorímetros y espectrofotómetros

Los colorímetros y espectrofotómetros son instrumentos electrónicos de la misma familia, porque obtienen color mediante una solución química que es capaz de absorber fotones de luz de manera selectiva a ciertas longitudes de onda, para posteriormente cuantificar la intensidad luminosa de manera numérica (Cheesbrough, 2005). Estas soluciones químicas son denominados “filtros”, y es la gran diferencia entre un colorímetro y espectrofotómetro: un colorímetro tiene sólo tres filtros (rojo, verde y azul), en el que capta un rango amplio de longitudes de onda; un espectrofotómetro tiene de 16 a 31 filtros, por lo que da mayor información sobre la intensidad de luz en cada rango de longitud de onda (aproximadamente 10 nm) (Figura 5).

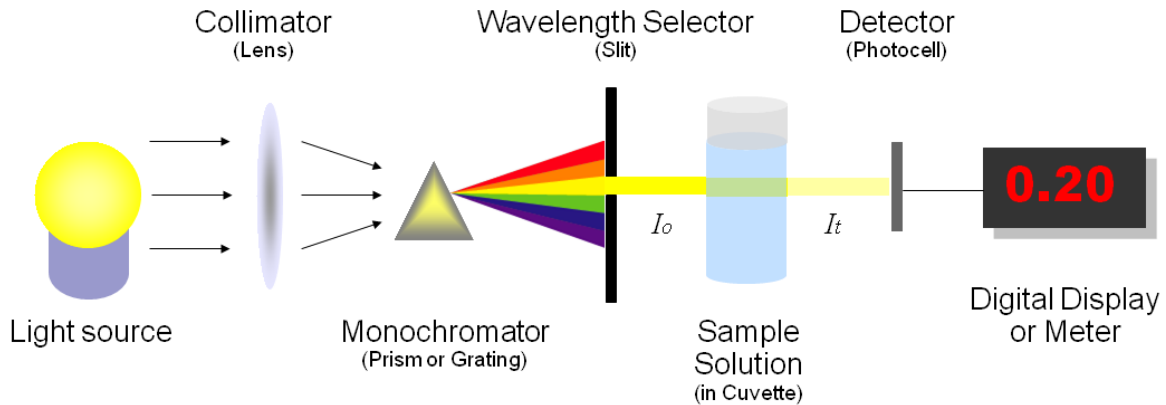


Figura 5. Mecanismo de acción de un espectrofotómetro o colorímetro. Imagen ilustrada por Heesung Chim.

Se han creado colorímetros y espectrofotómetros para uso odontológico, y uno de los ejemplos más conocidos de colorímetros es el sistema X-Rite ShadeVision (Freedman, 2012). A pesar de que un colorímetro es inferior a un espectrofotómetro, estudios afirman que un colorímetro bien diseñado podría tener la misma efectividad que un espectrofotómetro (Cho y cols., 2007).

Los espectrofotómetros miden las longitudes de onda reflejadas de un objeto en muchos puntos del espectro electromagnético de luz visible, y estas mediciones producen una información de color espectral. Esta distribución espectral luego es transformada a un sistema de color: CIELAB (más ampliamente utilizado) o LCh. Esta información en CIELab es utilizada posteriormente, comparándola con cada una de las tabletas de los muestrarios más utilizados (como VITA Classic y 3DMaster), mediante la fórmula ΔE , entregando el “color VITA” más cercano.

Los espectrofotómetros deben iluminar al objeto a evaluar para tener una iluminación estándar. Esto lo hacen mediante dos ampolletas, que sus rayos luminosos reflejan contra el objeto y llegan al receptor del aparato. La manera en cómo la iluminación se ubica en relación al objeto se le denomina *geometría óptica*, y existen tres tipos: esférica, iluminación a 0° y 45° el observador ($0^\circ/45^\circ$), iluminación a 45° y observador a 0° ($45^\circ/0^\circ$). Dado el limitado acceso a la cavidad

oral, la opción $45^\circ/0^\circ$ es la única posible (Figura 6) (Chu y cols., 2011; Goldstein y cols., 2018).

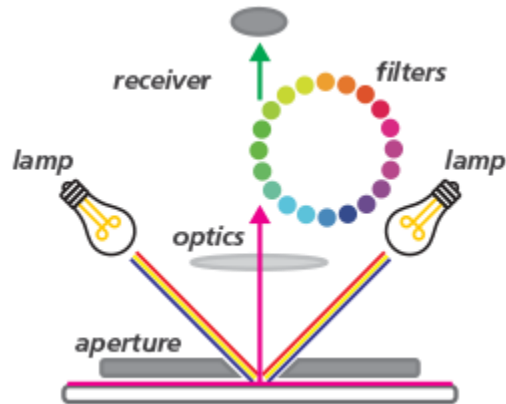


Figura 6. Geometría óptica de un espectrofotómetro $45^\circ/0^\circ$, para obtener intensidad de longitudes de onda mediante filtros. Obtenido desde <https://www.xrите.com/es/blog/colorimeter-vs-spectrophotometer>

Dentro de los espectrofotómetros odontológicos más investigados en el mercado se encuentran SpectroShade Micro (MHT Optic Research) y VITA EasyShade V (VITA).

SpectroShade Micro es un espectrofotómetro que analiza la superficie completa del diente, a diferencia de otros aparatos que son del tipo puntual. Es un aparato inalámbrico con una pantalla touch, que tiene una cámara digital conectada al espectrofotómetro, y un software interno que permite calcular de manera inmediata el color deseado.

Dentro de las especificaciones técnicas de SpectroShade Micro, emite un espectro de luz de aproximadamente de 410 nm a 680 nm y su imagen tomada colecta datos calibrados de 400 nm a 720 nm con pasos de 10 nm. Tiene dos iluminantes en geometría óptica $45^\circ/0^\circ$, con filtros polarizadores para eliminar el brillo de la superficie medida y su iluminante correspondiente es D65. La imagen resultante consiste de 307.200 píxeles. Con el espectrofotómetro SpectroShade

Micro se puede obtener color dentario por cada tercio dentario o por el diente completo, en valores CIE Lab, y su equivalente en términos de diferentes muestrarios (VITA Classic, VITA 3D Master, Ivoclar, entre otros) (Figura 7). Esta conversión de CIE Lab a los diferentes muestrarios ocurre a través del software del dispositivo, o a través de un software instalable en una computadora.

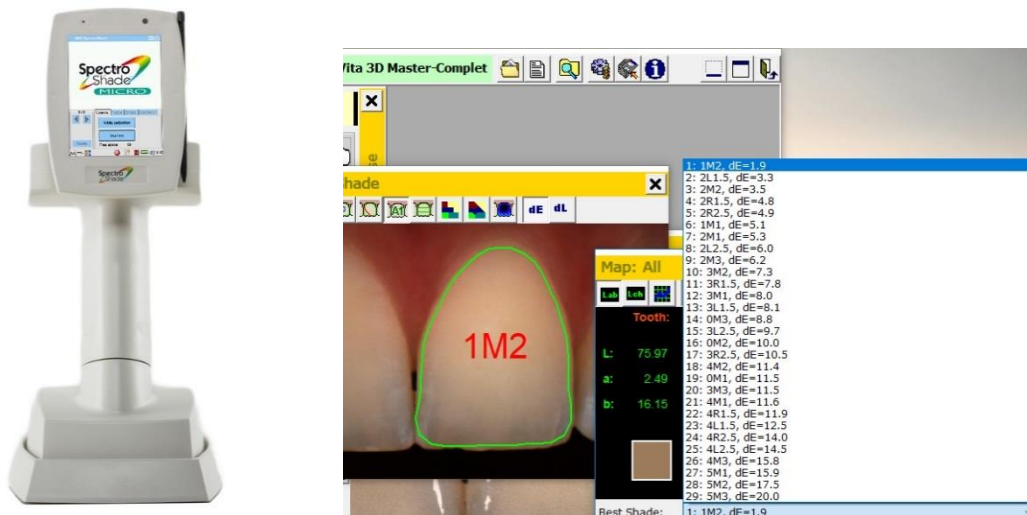


Figura 7. Espectrofotómetro SpectroShade Micro y software del instrumento.

Sin embargo, a pesar de la mayor exactitud en comparación al método visual, estudios afirman que los espectrofotómetros no son completamente exactos (Cho y cols., 2007) y su uso en la práctica profesional se limita debido a su alto costo y su utilización se ha restringido principalmente en investigación.

5. CÁMARAS DIGITALES EN ODONTOLOGÍA

La fotografía digital se ha vuelto una herramienta importante en la profesión odontológica, desde la ficha clínica, planificación de tratamientos, entre otros, pero donde es quizá más importante su uso es en la Odontología Estética (Tam y Lee, 2012).

Los usos de la fotografía digital son variados, entre ellos el control de calidad, donde al capturar una fotografía y amplificar la imagen es posible pesquisar imperfecciones que no son posible de visualizar a simple vista. Otro uso es el de guardar la información importante para la ficha clínica, como radiografías, planificación de tratamientos, historial médico. Además, puede ser utilizado como herramienta para presentación de casos clínicos, comunicación con el laboratorio (en prótesis fija, es posible enviar al laboratorio una fotografía del diente a restaurar con la tableta de color más cercano y ser de ayuda para el laboratorio), comunicación con otras especialidades (patología o cirugía), educación para el paciente, marketing y consideraciones médico-legales (Ascheim, 2014).

5.1. Uso de cámaras digitales como dispositivo para toma de color

Diversos estudios afirman el potencial uso de dispositivos RGB como cámaras digitales y cámaras de video como herramienta de toma de color dentario mediante análisis con software computacional. Estos dispositivos capturan las imágenes expresando el color en combinaciones de intensidades de rojo, verde y azul y son un acercamiento a la toma de color electrónica sin necesidad de recurrir a espectrofotómetros, a pesar de que necesitan cierta verificación subjetiva con el ojo humano (Dancy y cols., 2003).

Numerables estudios se han publicado respecto al uso de cámaras digitales como herramienta única de toma de color. Wee y cols., en 2006, realizaron un estudio con cámaras digitales comerciales, capturando fotografías de muestrarios. Estas fotografías, mediante software computacional fueron transformadas a sistema de color CIE Lab y se comparó la diferencia de color entre ellas, concluyendo que todas las capturas entre cámaras mostraban una diferencia de color significativa, por lo que no era válido utilizarlo de manera rutinaria debido posiblemente al tipo de iluminante, dejando luz a un potencial uso futuro (Wee y cols., 2006).

Jarad y cols., por otra parte, realizaron un estudio en 2006 en el que compararon el método visual comparativo, método espectrofotométrico y el nuevo “método computacional mediado por cámara digital”. El método computacional se ejecutó tomando una fotografía a muestrarios VITA Classical y tomando una fotografía a la muestra a comparar. Estas fotografías digitales, en espacio de color RGB fueron transformados a sistema de color CIELAB, para utilizar la fórmula ΔE y realizar la selección de color con el que tenía menor valor. Se concluyó en el estudio que el método computacional acertaba en un 61% de todas las muestras respecto al espectrofotómetro, y el método visual comparativo en un 43% respecto al mismo. Además se compararon los coeficientes de correlación de las tres coordenadas de $L^*a^*b^*$ entre el método computacional y el espectrofotómetro, mostrando alta correlación ($R=0.846-0.961$). Estos resultados indican un potencial uso de la cámara digital como herramienta de toma de color (Jarad y cols., 2005).

Las cámaras digitales también se pueden utilizar para la obtención de toma de color pre y post blanqueamiento. Bengel y cols, en 2003, realizaron un protocolo para tomar fotografías con cámara digital, obtener imágenes, y con el software Adobe Photoshop transformar el color en sistema RGB a CIELab, para comparar imágenes pre y post blanqueamiento (Bengel, 2003). Este protocolo ha servido de guía como método computacional para obtener color con cámaras digitales en estudios como los publicados por Jarad (2005) y Wee (2006), como también para Lee (2011). Angel y cols. en 2016, obtuvieron color promedio de tabletas de muestrarios VITA Classical en sistema de color $L^*a^*b^*$, utilizando una modificación de este protocolo (Angel y cols., 2016).

Sin embargo, la mayoría de los estudios publicados han sido realizados in-vitro, con dientes cerámicos o dientes extraídos. A raíz de esto, Miyajiwala (2017) realizó un estudio clínico y encontró que el método fotográfico-computacional en comparación a un espectrofotómetro da resultados similares a los encontrados en estudios in-vitro, y con fuerte correlación de sus correspondientes datos (Miyajiwala y cols., 2017).

HIPÓTESIS

El uso de fotografía digital mediante análisis en Adobe Photoshop e ImageJ es una herramienta válida para medir color en espacio de color CIELAB.

OBJETIVO GENERAL

Validar el uso de fotografía digital y su análisis computacional como método para establecer color dentario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un método fotográfico-computacional para la determinación de color en odontología.
- Determinar color dentario en espacio de color CIELab mediante el método fotográfico-computacional.
- Comparar los resultados de medición de color obtenido con el método fotográfico computacional con un gold standard.
- Evaluar si existe correlación entre el color medido con el método fotográfico computacional y un gold standard.

METODOLOGÍA

Tipo de Estudio:

El presente estudio fue diseñado como experimental, comparativo, cuantitativo y transversal.

Muestra:

Durante el período comprendido entre Marzo de 2016 a Junio de 2016, se invitó a participar en el proyecto de investigación PRI-ODO 15/003 a los pacientes atendidos en las clínicas de Operatoria, Periodoncia, Odontopediatría Básica, Prótesis Fija y Clínica Integral del Adulto en la Clínica Docente de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile. Los participantes del estudio debieron firmar un el consentimiento y/o asentimiento informado y cumplir con los criterios de inclusión.

La muestra total quedó constituida por 50 pacientes, de los cuales, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvieron 147 dientes anteriores a estudiar

A cada paciente se le fotografió con cámara digital sus seis dientes anteriores, o los que cumplieran los criterios de inclusión, y se le registró color dentario con espectrofotómetro SpectroShade Micro.

Criterios de inclusión:

- Tener entre 7 a 65 años
- Dentición permanente
- Dientes sanos
- Dientes sin tinciones extrínsecas
- No haberse realizado blanqueamiento dental previo

- Buena higiene oral (obtenido mediante I.H.O. en ficha clínica)
- Haber leído y aceptado (firmado) el consentimiento informado

Criterios de exclusión:

- Sujetos en tratamiento de ortodoncia
- Sujetos con enfermedad de sus encías
- Dientes rotados o en mala posición
- Dientes manchados por tetraciclina o fluorosis
- Dientes con restauraciones directas o indirectas de cualquier tipo

Uso de espectrofotómetro SpectroShade Micro

Los pacientes fueron sometidos a medición con el espectrofotómetro SpectroShade Micro para medir los parámetros CIE L*, a* y b*. Durante las mediciones, se les solicitó a los participantes mantener su lengua en una posición relajada lejos de los dientes maxilares, apoyar su cabeza en el cabezal del equipo dental y mantener su boca ligeramente abierta, esto se realizó con el objeto de evitar el movimiento que podría afectar las mediciones.

Posterior al posicionamiento del paciente, el instrumento fue calibrado según las indicaciones del fabricante. La boquilla fue desinfectada y se procedió a efectuar la medición. Durante la medición, la pieza de mano fue cuidadosamente posicionada sobre incisivos centrales, laterales y caninos. La visualización de la pantalla visora permite al operador ver los dientes completos en el ángulo correcto, lo que es verificado por la presencia de una línea horizontal verde (representando exactitud geométrica); después de esto el color fue registrado.

Después del registro, los datos fueron descargados al computador mediante el software del fabricante. El software permite dividir al diente en tres partes (cervical, medio e incisal) de manera automática posterior a la detección automática de los contornos del diente. En caso de que la selección de contornos no sea adecuada, el software permite al usuario corregir el contorno. Una vez

detectada la corona, el software entrega los valores CIELab promedio de la corona, los cuales fueron registrados en una base de datos.

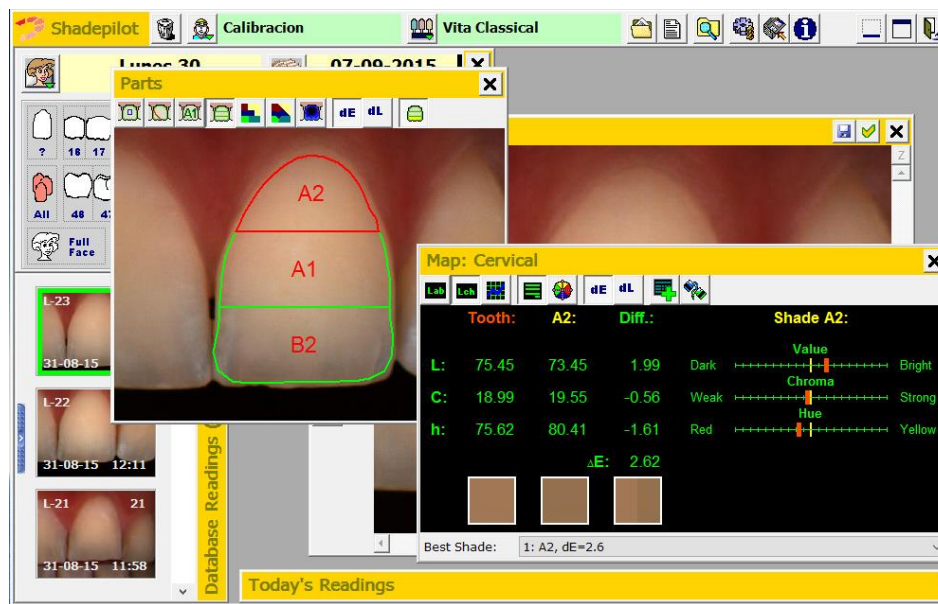


Figura 8. Software SpectroShade Micro. Selección de contornos y entrega de valores de color.

Toma de fotografías con cámara digital y análisis computacional

Los mismos pacientes fueron sometidos a fotografía digital centrada en los dientes anteriores, siguiendo el protocolo de calibración de *Bengel* (Bengel, 2003). Las fotografías se tomaron siempre en la misma habitación sin iluminación natural directa. La cámara utilizada fue Canon EOS 450 con lente Canon macro 100mm a una distancia de 40 cm estandarizada (mediante un posicionador estandarizado), en calidad JPEG con balance de blancos modalidad flash, valores de color de la cámara estándar (0,0,0,0) usando un flash anillo circular SIGMA EM-140 macro regulado en modo manual y potencia 1/1. El flash utilizado presenta una temperatura de color equivalente a 5500K, es decir iluminante D55. Se utilizó una apertura de diafragma f32 y velocidad de obturación de 1/200 con sensibilidad ISO 100.



Figura 9. Canon EOS 450 y flash anillo circular SIGMA EM-140.

Con ayuda de un separador de labios, se tomaron dos fotografías: una fotografía frontal con centro focal en dientes anteriores, y otra idéntica pero se le adhirió al diente 1.1 una pieza circular recortada de una tarjeta de gris neutro al 18% (qpcard, <http://www.qpcard.com>), la cual sirvió posteriormente para estandarizar la imagen estableciendo el gris neutro. La estrategia de tomar dos fotografías se utilizó con el fin de poder captar la mayor cantidad de muestras, puesto que al adherir la pieza gris a uno de los dientes, se perdía un diente como muestra.

Luego de capturar las fotografías, las dos imágenes fueron cargadas en el software Adobe Photoshop CS6. Este software solamente se utilizó para calibrar el balance de blancos mediante la lámina gris pegada.

Ambas imágenes fueron enderezadas mediante la herramienta Regla y en la fotografía con la lámina gris, se seleccionó la pieza circular gris, se copió y se pegó en la otra imagen capturada sin lámina gris en algún lugar de la imagen. Luego se acoplaron capas y se utilizó esta lámina gris para establecer un gris neutro. Para realizar la corrección de color de la imagen, se utilizó la herramienta Niveles, seleccionando el pincel central (gris) en el diálogo y seleccionando la pieza gris que existe en la foto (Figura 10).

Una vez realizada la corrección de color, se seleccionó y recortó cada corona dental y se exportó a un archivo único. Esta exportación fue en formato JPG, con calidad 100%.

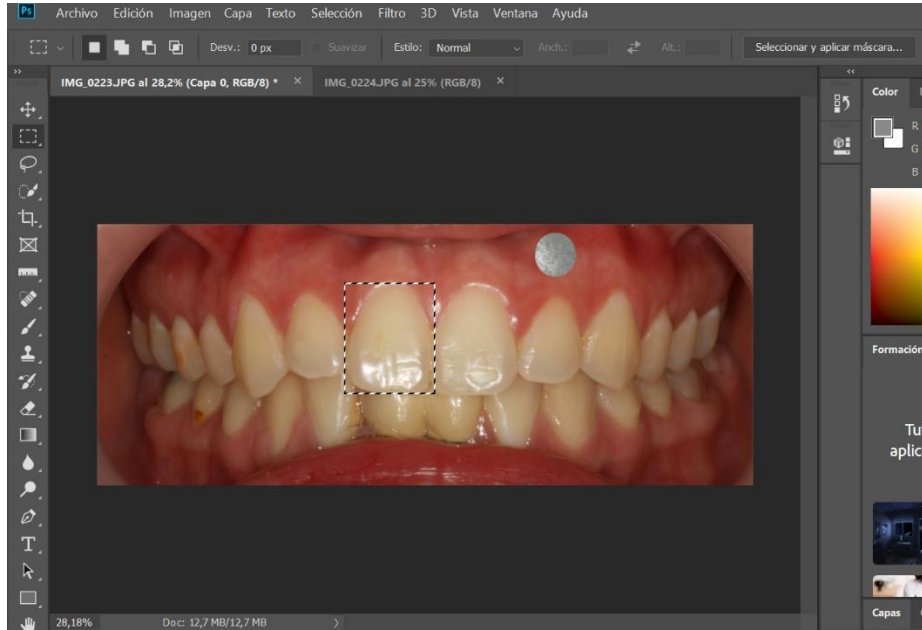


Figura 10. Uso de Adobe Photoshop para calibrar blancos mediante lámina gris.

Para determinar el color en espacio de color CIELAB, se utilizó el software ImageJ, de dominio público con fines de investigación en Salud, disponible desde <https://imagej.nih.gov/ij/>, y se abrió la imagen previamente guardada. Con la herramienta *Polygon Selections* se trazó el contorno del diente, y posteriormente los reflejos en la corona fueron eliminados con la misma herramienta, pero con el botón Alt presionado para eliminar reflejos. El trazo fue guardado en el diálogo ROI Manager mediante la combinación de teclas Control+T.

La imagen fue transformada de espacio de color RGB a CIELab, en Image -> Type -> LAB Stack. Con la herramienta *Measure* (Control+M) fue posible encontrar los valores L^* , a^* y b^* de la selección (Figura 11).

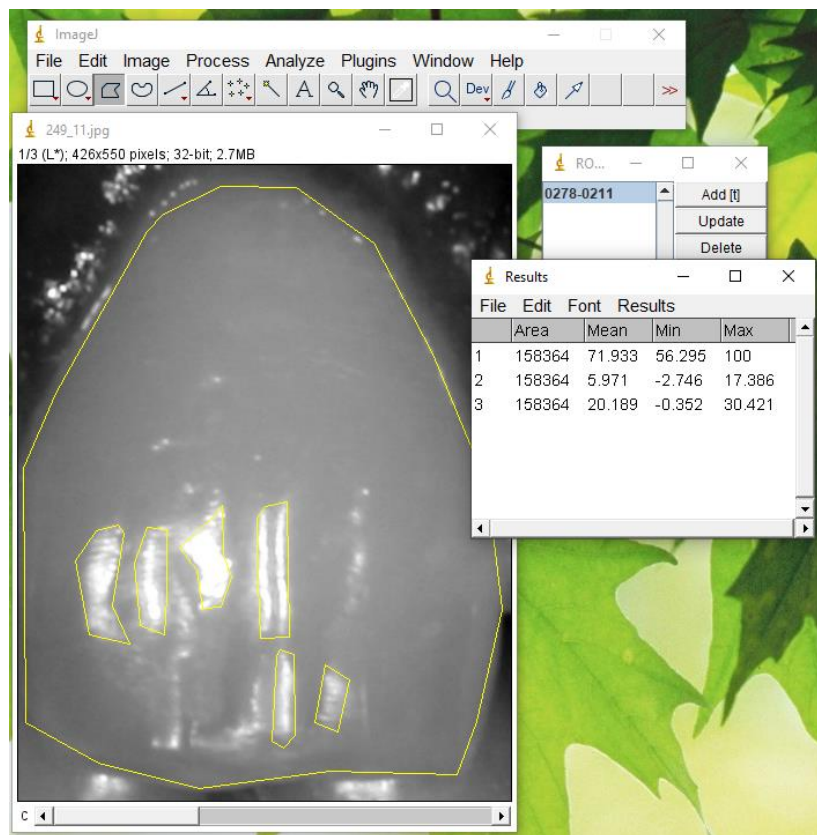


Figura 11. Uso de ImageJ para determinar valores L^* , a^* y b^* promedios de una selección.

Todos los análisis se realizaron con el programa Statistica 13.0 (TIBCO Software Inc.).

RESULTADOS

De los pacientes que aceptaron participar en el estudio, 72 pacientes fueron evaluados, y de estos, 22 fueron excluidos en la fase de selección de registros debido a criterios de exclusión, quedando un total de 50 pacientes, obteniéndose 147 muestras.

De las 147 muestras, 106 correspondieron a mujeres, y 41 hombres. Según la distribución por tipo de diente, 47 dientes fueron incisivos centrales, 50 dientes incisivos laterales, y 50 dientes fueron caninos.

1. Distribución del espacio muestral y comparación entre método espectrofotométrico y computacional para obtener color dentario

Se utilizó el *test de Shapiro-Wilk* para evaluar si los datos se distribuían de forma normal, indicando que alguno no cumplían con esta condición, por lo que se decidió utilizar un método no paramétrico, el *test de Wilcoxon*, para evaluar la hipótesis. Los resultados de este test arrojaron un valor de $p < 0,05$ para L^* , a^* y b^* , indicando que ambos métodos miden color de manera distinta en coordenadas L , a y b (Tablas 1, 2 y 3).

		L^*			
	n	Mediana	Mínimo	Máximo	Amplitud intercuartil
Espectrofotómetro	147	72,03	63,60	79,89	5,64
Fotografía digital	147	61,97	45,80	76,81	10,36
p (test de Wilcoxon)		<0,05			

Tabla 1. Resultados de medida de tendencia central y de dispersión para L^* en ambos métodos.

		a^*			
	n	Mediana	Mínimo	Máximo	Amplitud intercuartil
Espectrofotómetro	147	4,23	1,64	8,02	2,50
Fotografía digital	147	7,92	3,86	12,40	3,87
p (test de Wilcoxon)		<0,05			

Tabla 2. Resultados de medidas de tendencia central y de dispersión para a^* en ambos métodos.

	N	b*			
		Mediana	Mínimo	Máximo	Amplitud intercuartil
Espectrofotómetro	147	19,25	11,60	26,02	4,79
Fotografía digital	147	22,67	14,67	28,57	4,33
p (test de Wilcoxon)		0,000			

Tabla 3. Resultados de medidas de tendencia central y de dispersión para b* en ambos métodos.

La más alta diferencia entre las coordenadas de los dos métodos se encuentra en L*, teniendo una diferencia entre sus medianas de 10,06 puntos, en comparación a a* con una diferencia de 3,69 puntos, y b* con la menor diferencia de 3,42 puntos.

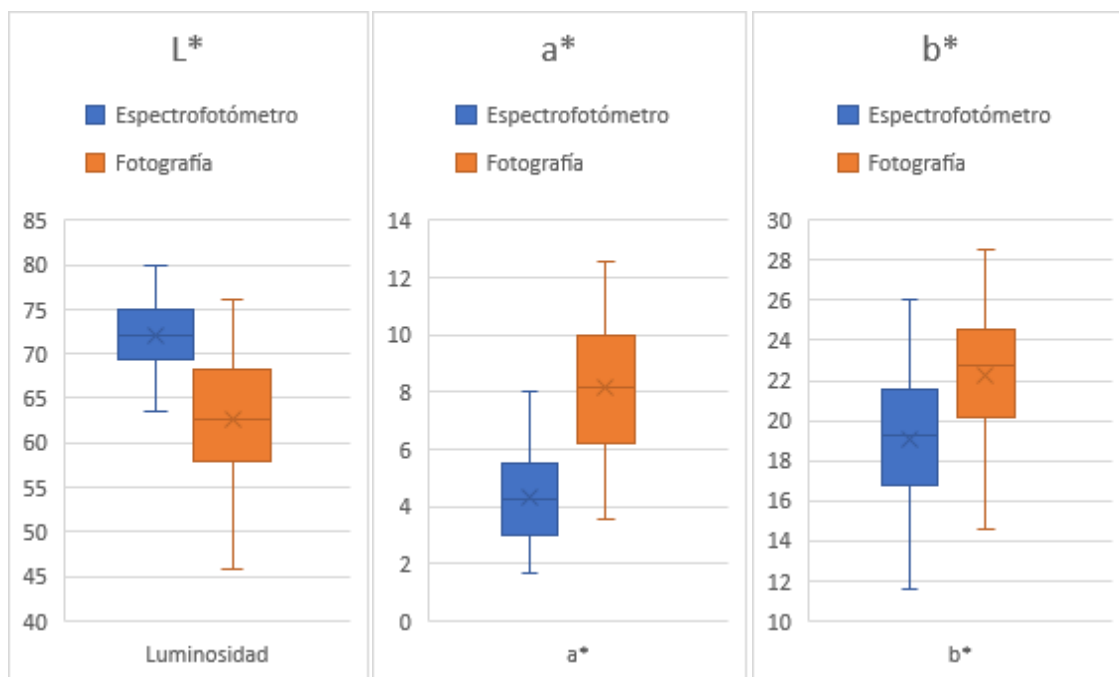


Gráfico 1. Diagrama de cajas para atributo L*, a* y b* en ambos métodos.

2. Correlación entre método espectrofotométrico y método fotográfico-computacional.

Para evaluar la correlación entre los resultados de color entregados por los dos métodos, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, por ser un test no paramétrico. La mayor correlación fue dada para la coordenada b^* con un valor de $r=0,828$, considerado como *fuerte* correlación según Chan Y.H. (Akoglu, 2018). De manera similar, a^* tuvo una fuerte correlación de $r=0,803$ y L^* tuvo la correlación más baja con $r=0,724$, clasificada como *moderada*. Para las tres correlaciones, el p fue de 0,00, por lo tanto la correlación entre ambos métodos es estadísticamente significativa.

	ρ (Spearman)	P
L*	0,724	0,000
a*	0,803	0,000
b*	0,828	0,000

Tabla 4. Correlación entre ambos métodos para cada atributo de color.

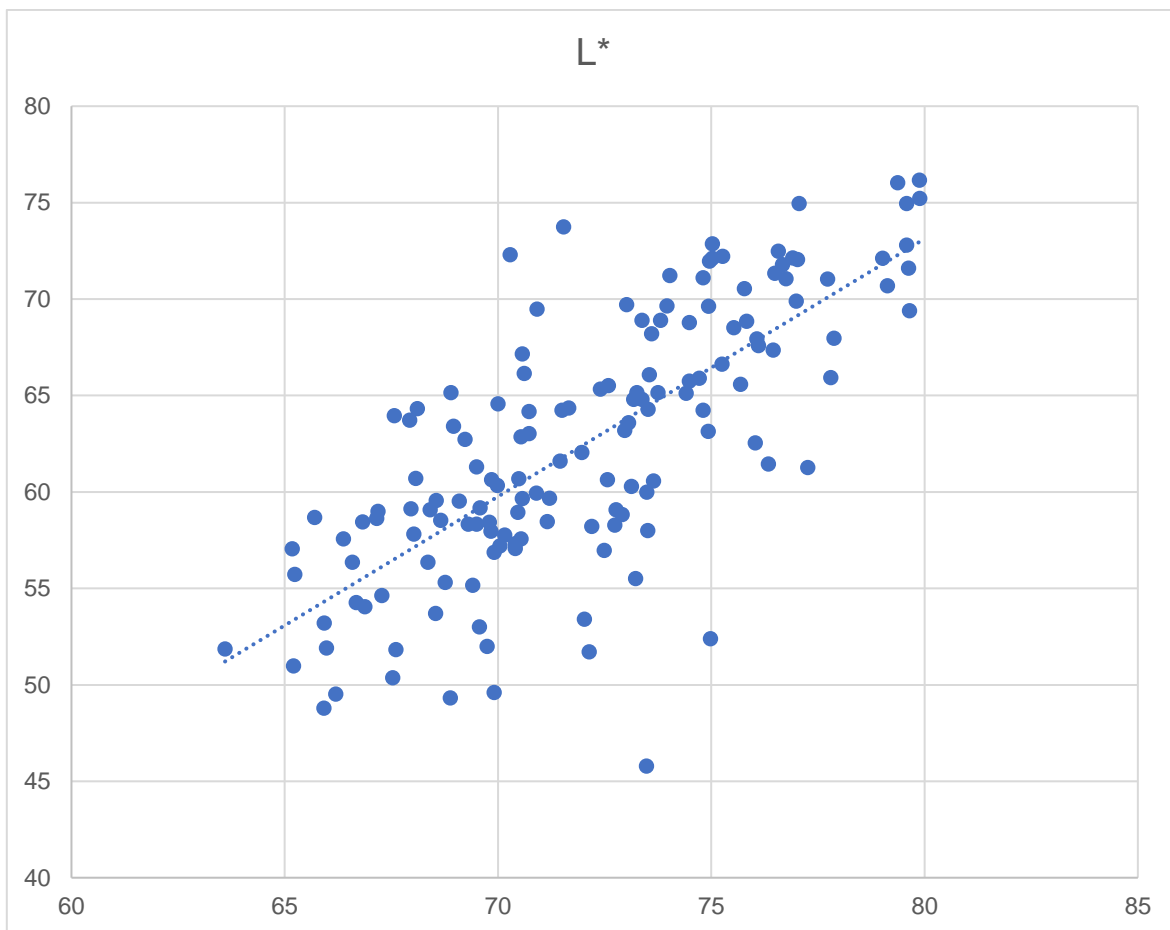


Gráfico 2. Dispersión de datos para L^* en los dos métodos.

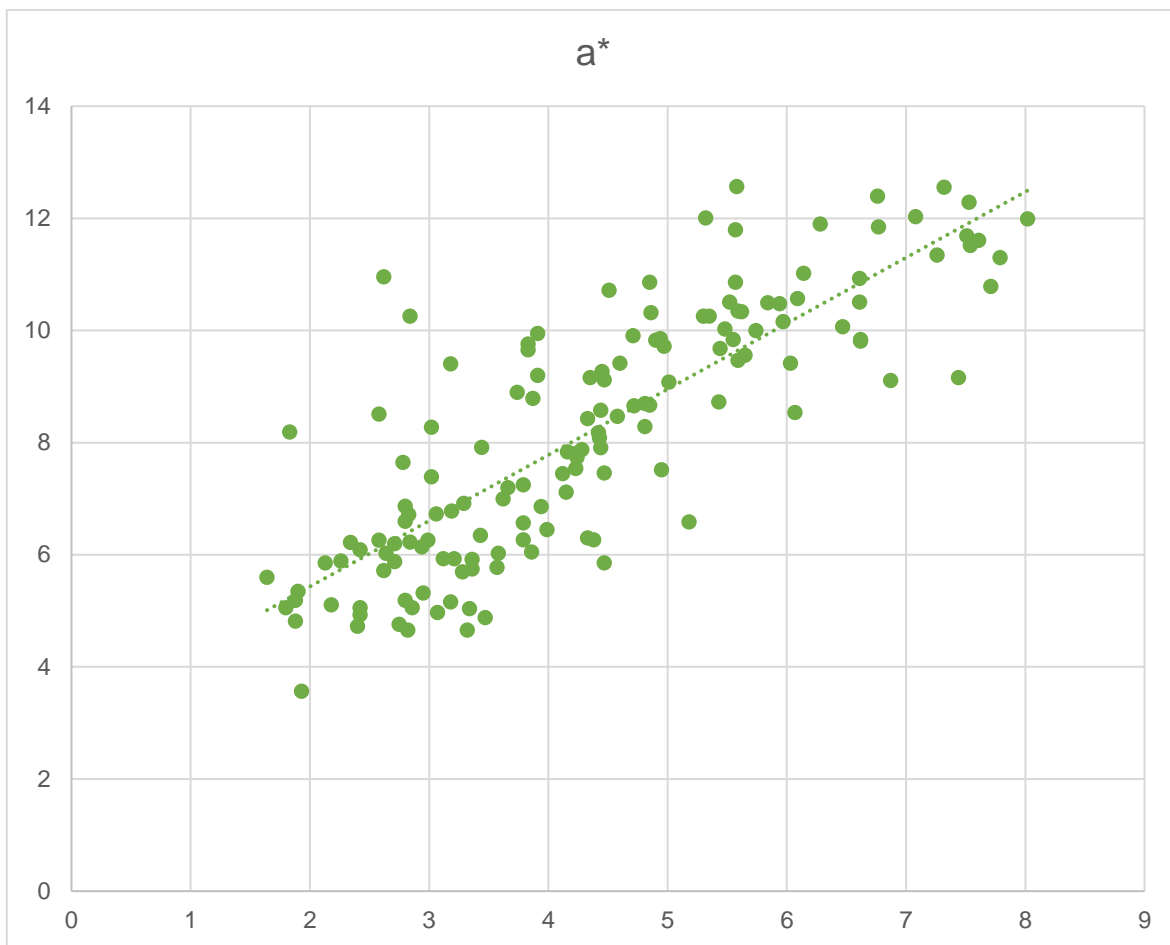


Gráfico 3. Dispersión de datos para a^* en los dos métodos.

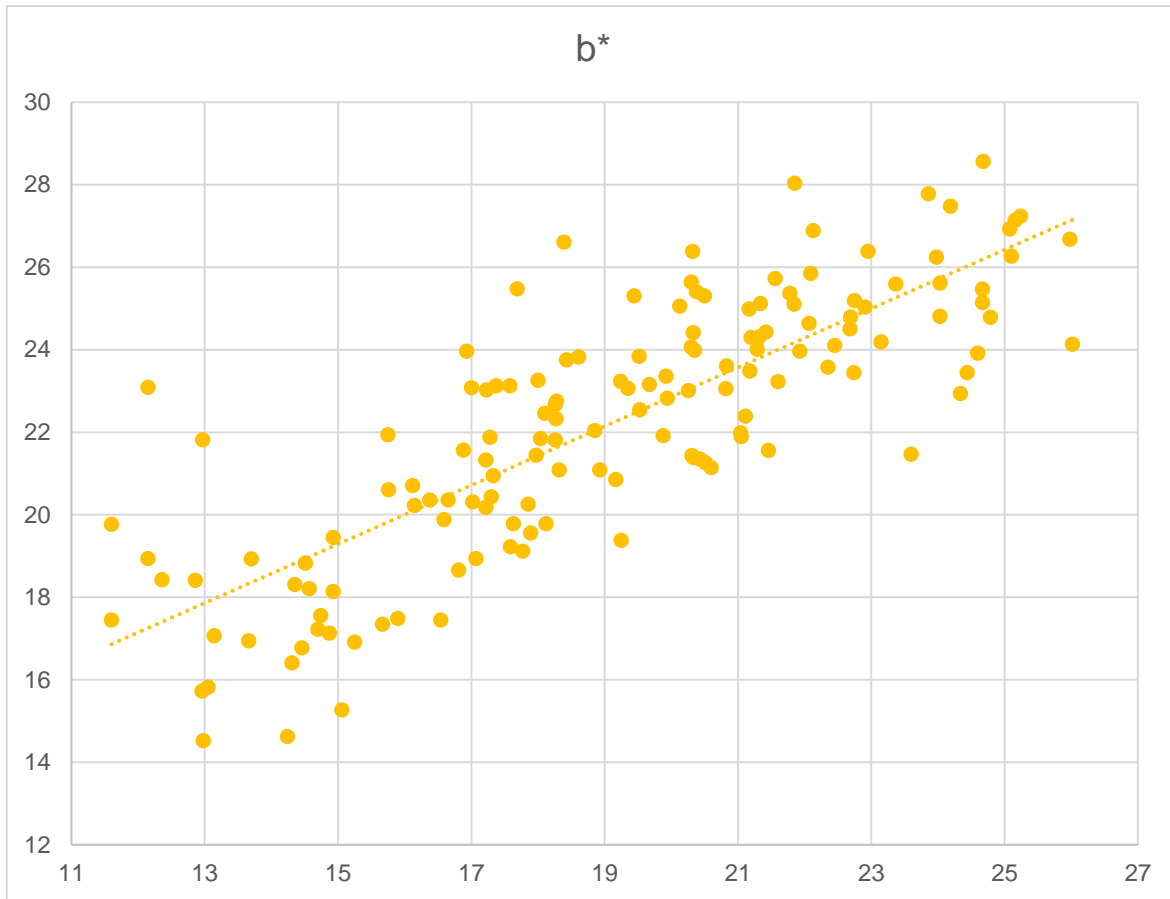


Gráfico 4. Dispersión de datos para b^* en los dos métodos.

Se realizaron gráficos de Bland-Altman para cada uno de los atributos CIELab de los dos métodos (Gráficos 5, 6 y 7), obteniéndose que en L^* el promedio de las diferencias entre los dos sistemas es 9,56 unidades ($\pm 4,79$) con límites superior e inferior 18,95 y 0,17 respectivamente (intervalo de confianza para la media al 95%). Es posible notar una tendencia, al aumentar el promedio de L^* , disminuye la diferencia de L^* .

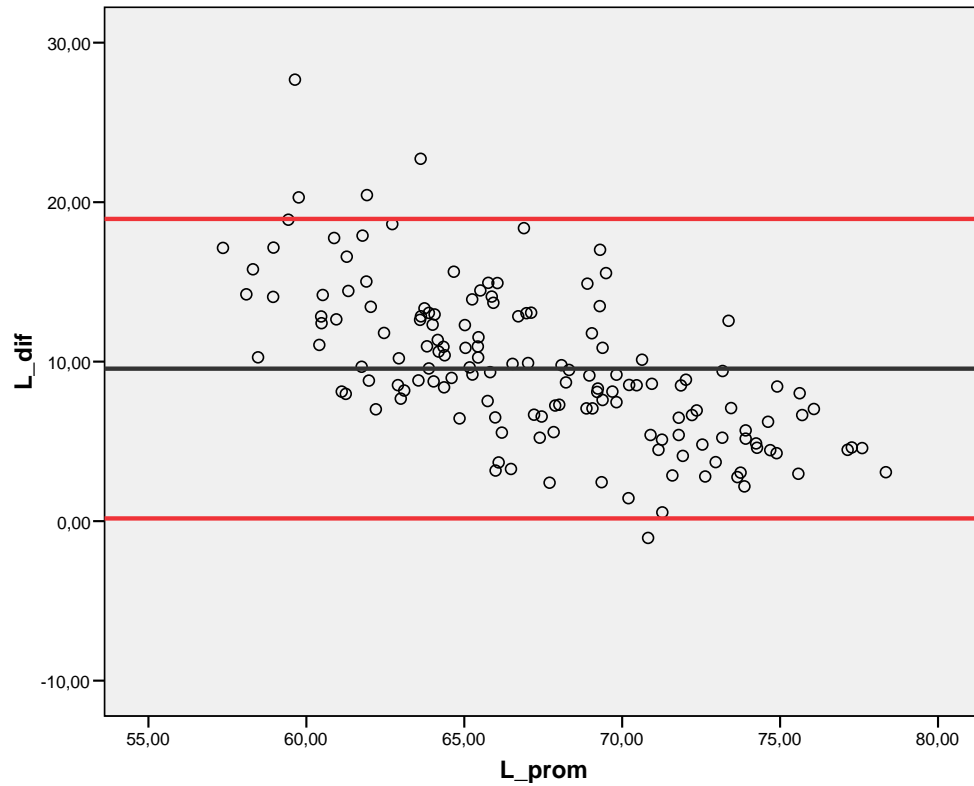


Gráfico 5. Bland-Altman Plot para atributo L* en ambos métodos.

En tanto para el atributo a^* , el promedio de las diferencias entre los valores de los métodos es de $-3,76 (\pm 1,28)$ unidades, con límites superior e inferior $-1,25$ y $-6,27$ respectivamente (intervalo de confianza para la media al 95%). En el gráfico de Bland-Altman, se obtiene una alta dispersión entre los datos, sin ningún patrón observable.

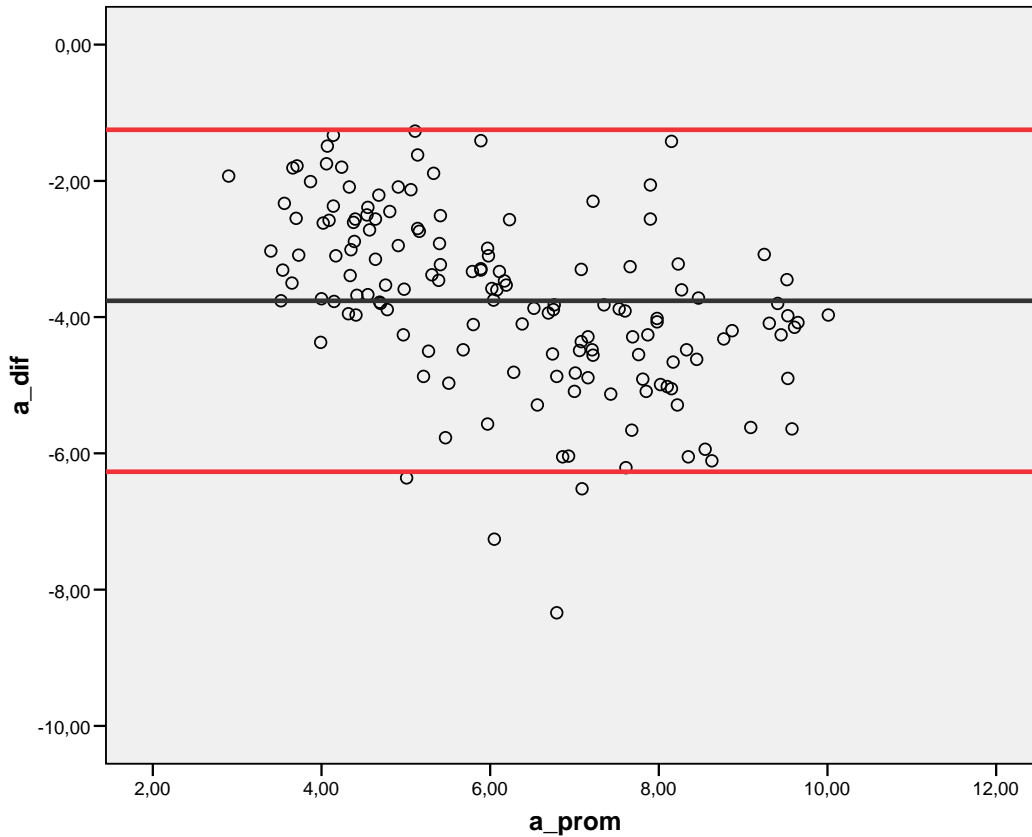


Gráfico 6. Bland-Altman Plot para atributo a* en ambos métodos.

Para el atributo b*, el promedio de las diferencias entre los valores de los 2 sistemas es -3,15 unidades ($\pm 2,06$), con límites superior e inferior 0,88 y -7,19 respectivamente (intervalo de confianza para la media al 95%). En el gráfico de Bland-Altman, no existe algún patrón específico, y se muestra gran dispersión.

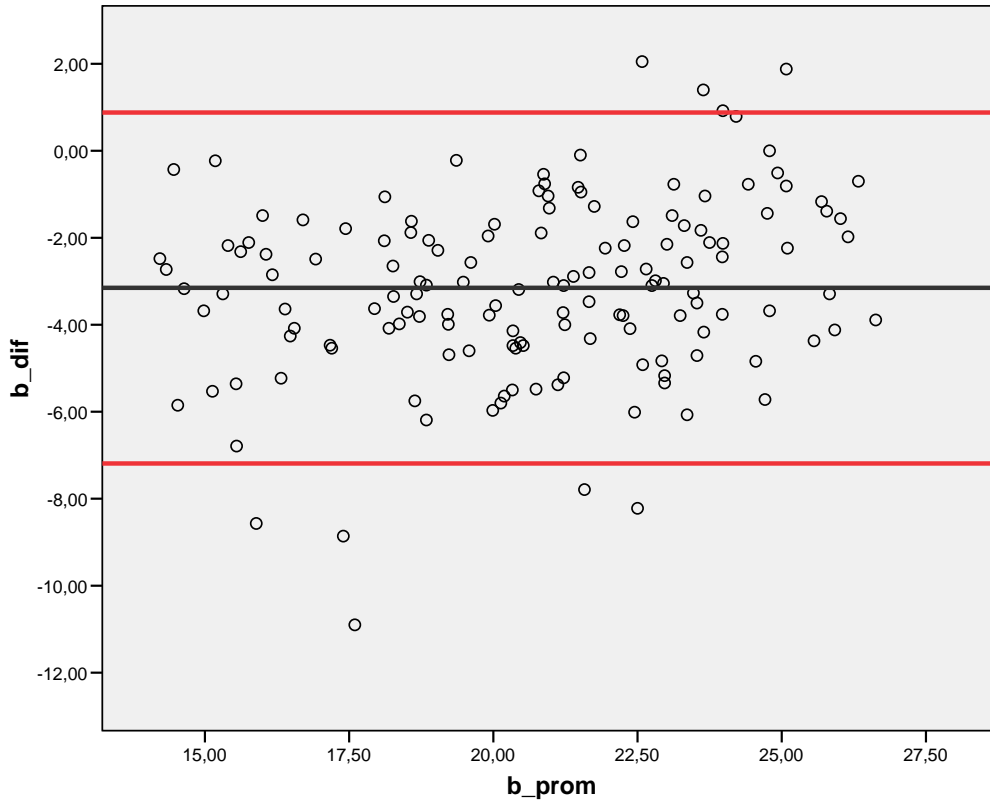


Gráfico 7. Bland-Altman Plot para atributo b* en ambos métodos.

Al aplicar la fórmula de diferencia de color ΔE CIEDE2000, entre valores de L, a* y b* entre ambos métodos, arroja un valor de $\Delta E_{00} = 8,89$, con desviación estándar de 3,91 unidades. Esto supera los valores de perceptibilidad y susceptibilidad mencionados anteriormente.

DISCUSIÓN

El registro de color en Odontología es un procedimiento habitual para el odontólogo general. El método más comúnmente utilizado es el método visual comparativo, mediante muestrarios de color. Sin embargo, este método es altamente subjetivo y depende en gran parte de la experiencia y educación en color del profesional, así también por otros factores anteriormente mencionados (Chu y cols., 2011).

El método instrumental para la toma de color tiene un carácter objetivo, mediante el uso de espectrofotómetros, colorímetros y dispositivos RGB. Lamentablemente, estos instrumentos son difíciles de acceder para muchos practicantes por su elevado precio y baja disponibilidad en el mercado (Goldstein y cols., 2018).

En el actual estudio, evaluamos el potencial de la cámara digital para cuantificar color en dientes anteriores. Bengel en 2003 propuso un método para obtener valores CIELab a partir de una fotografía con cámara digital y el uso de Adobe Photoshop, sin embargo, este artículo es de tipo descriptivo, sin ejecutar el protocolo mediante un experimento (Bengel, 2003). Otros investigadores se basaron en este protocolo para realizar experimentos in-vitro y de manera clínica (Farah, 2016; Jarad y cols., 2005; Lakhanpal y Neelima, 2016; Miyajiwala y cols., 2017). El método de Bengel propone utilizar Adobe Photoshop para calibrar blancos y para obtener color en sistema de color RGB, y luego este ser transformado a CIELab mediante una ecuación lineal arbitraria que el mismo artículo propone. La transformación de RGB a CIELab no puede explicarse mediante un modelo lineal, puesto que debe transformarse a sistema de color XYZ primero y luego de este sistema a CIELab, correspondiendo a ecuaciones complejas. Es por esta razón que el presente estudio propone otro software, ImageJ, que realiza la transformación de RGB a CIELab de manera adecuada utilizando las ecuaciones correspondientes a lo propuesto por la CIE y de fácil transformación para el usuario. ImageJ utiliza el iluminante D65 como referencia

de blanco para XYZ y a una geometría óptica a 2° para transformar de RGB a CIELab (ImageJ, 2008). Otros software para obtener valores CIELAB desde una foto, como Matlab, transforman de RGB a CIELab utilizando otros iluminantes como referencia del blanco, como en el caso del estudio publicado por Lakhanpal (2016) con D50 de referencia, entregando valores de L^* a^* b^* completamente distintos (Lakhanpal y Neelima, 2016).

El espectrofotómetro utilizado, SpectroShade Micro, se puede catalogar como dual: tiene una cámara digital conectada al espectrofotómetro que permite al usuario una mejor experiencia de usuario, y además permite obtener el color CIE L^* a^* b^* promedio de la corona completa, a diferencia de otros espectrofotómetros que son del tipo puntual, como Vita EasyShade V, utilizado en otros estudios (Lasserre y cols., 2011; Miyajiwala y cols., 2017). Los espectrofotómetros de tipo puntual podrían ser no tan precisos como los que miden la corona completa, puesto que calcula promedios de valores CIELab.

La diferencia de valores CIELAB estadísticamente significativos entre espectrofotómetro y cámara del presente estudio coincide con estudios realizados por Jarad (2005), Seymour (2009), Lakhanpal (2016), Farah (2016) y Miyajiwala (2017). Al utilizar la fórmula CIEDE 2000, esta diferencia de color tiene un valor de 8,91, el cual sobrepasa los umbrales de aceptabilidad y perceptibilidad.

Estas diferencias numéricas CIELab de la cámara en relación al espectrofotómetro se podrían deber a diversos factores.

Un primer factor podría ser la profundidad de color. La profundidad de color para JPG es de 8 bits por canal, siendo el formato más ampliamente utilizado en cámaras digitales. Este valor se considera bajo para medir color, agregando mucho ruido a la imagen y obteniendo valores promedios RGB (Seymour, 2009). Una profundidad de color hipotética de 12 bits se considera adecuada para evitar el ruido y llegar a una información más fidedigna de valores de color. Esta profundidad de color es dada por el formato RAW (Long, 2008), sin embargo, para muchos usuarios este formato es poco amigable, como para el odontólogo general.

Otro posible factor es la calibración del blanco y negro, dado que el balance de blanco seleccionado en la cámara no es siempre el adecuado, y contribuye errores en la información de color. En el actual estudio, la cámara se configuró con balance de blancos en modalidad flash y para evitar cualquier error, se utilizó una corrección posterior al gris neutral en Adobe Photoshop usando la lámina gris al 18%, el cual corresponde al estándar usado rutinariamente para indicar a la cámara el balance de blancos y cuyo origen se basa en que la lámina refleja un 18% de la luz (Rand y Litschel, 2002).

La dispersión de la luz es otro factor que puede contribuir al error en la medición de color, correspondiendo de un 1 a 2% de dispersión, causando diferencias en la coordenada L^* desde 9 a 15,5 puntos (Seymour, 2009).

El proceso de conversión de señal analógica a digital se considera que es una conversión no lineal, y que aplica una corrección basada en tablas, contribuyendo a otro posible factor (Seymour, 2009). Chu y cols (2009), coinciden en este punto, argumentando que existen muchos supuestos para transformar el color a RGB.

La intensidad del iluminante es otro factor importante a considerar. El flash automático de las cámaras digitales pueden variar su intensidad en el tiempo y pequeños cambios de intensidad provocan grandes cambios de delta L (Seymour, 2009). En nuestro estudio, esto fue minimizado utilizando un flash de tipo circular con una intensidad establecida, sin embargo no necesariamente es la misma intensidad lumínica de las fuentes luminosas del espectrofotómetro.

La reflectancia es uno de los factores más fuertemente discutidos como fuente de alteración de la lectura de color (Chu y cols., 2011; Seymour, 2009), puesto que el flash produce muchas reflexiones sobre todo en superficies lisas, como los dientes naturales o restauraciones cerámicas. Esto es difícil de manejar, pero el uso de un flash de tipo anillo circular, como el usado en el presente estudio, que tiene una potencia no extremadamente alta (GN 14) (SIGMA, 2009) y una cubierta difusora, disminuye en gran parte las reflexiones en los dientes naturales. En nuestro estudio, además, quitamos de manera selectiva los reflejos

en las imágenes a través del software ImageJ antes de realizar las mediciones de color.

El espacio de color RGB es otro posible factor que está influyendo puesto que es un espacio de color no-uniforme y su transformación al sistema XYZ y CIELAB no es tan certera, basándose en fórmulas estandarizadas (Seymour, 2009).

En los resultados obtenidos de este estudio, la diferencia de L^* es alta (10,06 puntos), considerando que es una escala que va del 0 al 100, en comparación de a^* y b^* que van en una escala de -128 a 127 (Green, 2010). Esta diferencia en la luminosidad podría deberse, además de lo anteriormente mencionado, por el iluminante CIE utilizado: el espectrofotómetro SpectroShade Micro utiliza un iluminante D65, con un CCT de 6500K, mientras que el flash utilizado en cámaras digitales corresponde a un D55, con un CCT de 5500K. En los gráficos de distribución espectral de estos iluminantes, el iluminante D65 entrega mayor potencia lumínica a tonos más azulados que el D55 en la misma longitud de onda de tonos azulados, influyendo de manera directa en la luminosidad: a mayor CCT, mayor luminosidad, y mayores valores de L^* (Huang y cols., 2017).

A pesar de las diferencias numéricas de L^* , a^* y b^* entre ambos métodos, su correlación con el coeficiente de correlación de Spearman obtenida es considerada alta, para las coordenadas a^* y b^* , y moderada para la coordenada L^* . Esto coincide con el estudio de Jarad 2005, en el que se encontró alta correlación para las tres coordenadas de color en relación a un espectrofotómetro.

Al evaluar los gráficos de Bland-Altman, es interesante notar que a medida que aumenta el L^* promedio, la diferencia entre ambos es menor, o sea, son más similares. Miyajiwala (2017) en su estudio obtuvo una conclusión similar: al parecer las muestras con un color más luminoso como A1, tenía una mayor cantidad de aciertos en el método fotográfico-computacional que dientes que tenían L^* menor. Se necesitan estudios posteriores para ratificar este comportamiento.

Dentro de las limitaciones del presente estudio se puede mencionar que el costo de los instrumentos utilizados en este protocolo aún tiene un valor comercial elevado para el usuario promedio, considerando el cuerpo de la cámara, la lente macro utilizada y el flash. Se suma a lo anterior la licencia del software Adobe Photoshop. Sin embargo, el costo de estos elementos cada vez está más al alcance de los consumidores promedio.

Otra limitación es que los seis dientes fueron fotografiados de manera frontal y conjunta, situación que podría generar diferencias de iluminación especialmente en los dientes más posteriores. Una manera alternativa para aplicar el protocolo fotográfico sería tomar cada una de las fotografías abarcando solo dos dientes por imagen, lo cual deberá ser motivo de una nueva investigación.

Otra de las maneras en que se podría potenciar el presente estudio sería agregando como variable el uso de un filtro polarizador en el lente objetivo. Al respecto, Lakhanpal (2016) comparó tomar fotografías con cámara digital con y sin filtro polarizador utilizando el método fotográfico-computacional, y encontró que con el uso de filtro polarizador la diferencia de color respecto al espectrofotómetro era menor que sin filtro (Lakhanpal y Neelima, 2016).

Nuestra hipótesis de trabajo que sostiene que el uso de fotografía digital mediante análisis en Adobe Photoshop e ImageJ es una herramienta válida para medir color en espacio de color CIELAB es rechazada, dado que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de L^* , a^* y b^* . Sin embargo, se abre una luz de esperanza en la investigación al obtener coeficientes de correlación altos, al igual que encontrado en otros estudios *in-vitro*.

CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados, con la muestra seleccionada, el método aplicado y las limitaciones del estudio, se concluye:

1. El método fotográfico-computacional presentado no es una herramienta válida para obtener color en sistema de color CIELab, puesto que los valores CIELab obtenidos mediante computadora y fotografía son distintos a los entregados al espectrofotómetro.
2. La diferencia de color en la coordenada L^* entre el espectrofotómetro y el método fotográfico-computacional es la mayor respecto a las otras coordenadas a^* y b^* .
3. Existe una alta correlación entre los valores CIELab del método fotográfico-computacional respecto a los valores entregados por el espectrofotómetro

ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento Informado mayores de 18 años

Consentimiento Informado dirigido a participantes adultos en el estudio de “Prevalencia de color dental según edad y sexo en pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad de Chile”

Título del Protocolo: “Distribución y frecuencia del color dental según edad y sexo en pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad de Chile”

Investigador Principal: Pablo Angel Aguirre

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:

- Información (proporciona información sobre el estudio para usted).
- Formulario de Consentimiento (para firmar si está de acuerdo en participar).

Ud. recibirá una copia completa del Documento de Consentimiento Informado.

Mi nombre es Pablo Ángel 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 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, Objetivo, Beneficios, Tipo de Intervención y procedimiento, Riesgos, 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 de apariencia estética. Dentro de estos tratamientos el mejoramiento de color de tapaduras o los blanqueamientos dentales son de alta demanda. Habitualmente para la selección de color de las nuevas tapaduras o el control de los blanqueamientos, el dentista usa unas muestras de color que compara con los dientes del paciente. Sin embargo, este proceso es altamente dependiente de las habilidades del dentista para detectar diferencias o similitudes de color haciendo el proceso altamente subjetivo. Una manera de mejorar esta práctica es usando aparatos de medición de color llamados espectrofotómetros, los cuales debido a su alto costo y dificultad de uso no son incorporados a la práctica diaria habitual.

Se pretende validar un método simple y accesible para tomar color que permita mediciones similares al espectrofotómetro, de tal manera de eliminar el factor subjetivo y propender a logra tratamientos estéticos mejor integrados con información detallada para el dentista, laboratorio y paciente si éste la requiere.

Objetivo

La presente investigación tiene por objetivo validar el uso de fotografía digital estandarizada en conjunto con el programa Adobe Photoshop para medir color dental.

Beneficios

Al participar del presente estudio, usted ayudará a aportar información en relación al color de los dientes anteriores en individuos chilenos, permitiendo valorar un nuevo procedimiento de registro que permitirá almacenar una imagen de sus dientes junto con información científica de su color, lo que permitirá orientar a los odontólogos para verificar cómo se comporta el color de los dientes en relación a la edad, mejorar los registros para permitir tratamientos que imiten mejor el color de sus dientes, y validar científicamente este nuevo método de determinación de color. Esto, en último término, constituirá un beneficio a futuro para los mismos pacientes entre los que se podrá contar usted mismo. Adicionalmente, usted recibirá una evaluación dental, recibiendo interconsultas y derivaciones en caso de ser necesario tratamiento.

Tipo de Intervención y Procedimiento

Si usted decide participar se le realizarán un set de fotografías dentales de sus dientes anteriores las cuales se tomarán en un ambiente aislado para privacidad con un sistema estandarizado. Para lograr iluminar sólo los dientes, se usará un separador plástico, las fotografías se realizarán bajo iluminación del flash de la cámara. Posteriormente, se registrará el color del diente usando un aparato medidor de color (espectrofotómetro). El proceso total no debiera extenderse más allá de 15 minutos. Todo el procedimiento se realizará en una sola sesión, no necesitando controles.

Riesgos

Usted no correrá ningún riesgo durante y posterior al procedimiento de la investigación debido a que se aplicará un procedimiento protocolizado, no invasivo que consiste básicamente en obtener imágenes de sus dientes anteriores usado dos métodos distintos. El proceso para tomar las imágenes es no invasivo y no produce dolor.

Criterios para selección de los participantes en el estudio

Los criterios de inclusión serán:

- Tener entre 7 a 65 años
- Presentar todos sus dientes anteriores sin restauraciones

- No tener patologías que alteren el color de sus dientes como fluorosis, tinciones por tetraciclina o hipoplasias avanzadas
- No haberse hecho blanqueamiento dental previo^[1]_{SEP}
- Haber leído y aceptado (firmado) el consentimiento informado.

Los criterios de exclusión serán:

- Sujetos con dientes manchados por tetraciclina o fluorosis
- Sujetos en tratamiento de ortodoncia^[1]_{SEP}
- Malposición dentaria
- Sujetos con enfermedad de sus encías

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 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 Informado anexa al documento.

Carta de Consentimiento Informado

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

9. He leído y comprendido la información anteriormente entregada y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria.
10. Tengo conocimiento del procedimiento a realizar.
11. Conozco los beneficios de participar en la Investigación.
12. El procedimiento no tiene riesgo alguno para mi salud
13. 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 y al criterio del investigador.
14. Autorizo a usar mi caso para investigación y para ser usado como material audiovisual en clases, protegiendo mi identidad.
15. En caso de cualquier duda puede acudir a Dr. Pablo Ángel Aguirre, Departamento de Odontología Restauradora, Sergio Livingstone Polhammer 943 los días lunes y martes o vía telefónica al 29781742 o dirigirse a la Dra. María Angélica Torres, presidente del Comité Ético Científico, Facultad de Odontología, Universidad de Chile al correo electrónico 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 la realizar la investigación con seres humanos y me apego a ella.

Nombre del Investigador Principal:

Firma: _____

Fecha: _____

Nombre del Director del establecimiento donde realiza la investigación o de su representante

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 2: padres y tutores

Consentimiento Informado dirigido a padres y tutores de menores de 18 años en el estudio de “Prevalencia de color dental según edad y sexo en pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad de Chile”

Título del Protocolo: “Prevalencia de color dental según edad y sexo en pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad de Chile”

Investigador Principal: Pablo Angel Aguirre

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 padres o tutores de menores de 18 años que participarán en el presente estudio, y consta de dos partes:

- Información (proporciona información sobre el estudio para usted).
- Formulario de Consentimiento (para firmar si está de acuerdo en participar).

Ud. 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 su hijo(a) o pupilo(a) ha sido invitado a participar. No tiene que decidir hoy si lo autorizará. 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 aclarar sus dudas al respecto.

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

Los aspectos de este formulario tratan los siguientes temas: Justificación de la Investigación, Objetivo, Beneficios, Tipo de Intervención y procedimiento, Riesgos, 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 de apariencia estética. Dentro de estos tratamientos el mejoramiento de color de tapaduras o los blanqueamientos dentales son de alta demanda. Habitualmente para la selección de color de las nuevas tapaduras o el control de los blanqueamientos, el dentista usa unas muestras de color que compara con los dientes del paciente. Sin embargo, este proceso es altamente dependiente de las habilidades del dentista para detectar diferencias o similitudes de color haciendo el proceso altamente subjetivo. Una manera de mejorar esta práctica es usando aparatos de medición de color llamados espectrofotómetros, los cuales debido a su alto costo y dificultad de uso no son incorporados a la práctica diaria habitual.

Se pretende validar un método simple y accesible para tomar color que permita mediciones similares al espectrofotómetro, de tal manera de eliminar el factor subjetivo y propender a logra tratamientos estéticos mejor integrados con información detallada para el dentista, laboratorio y paciente si éste la requiere.

Objetivo

La presente investigación tiene por objetivo validar el uso de fotografía digital estandarizada en conjunto con el programa Adobe Photoshop para medir color dental.

Beneficios

Al participar del presente estudio su hijo(a) o pupilo(a), ayudará a aportar información en relación al color de los dientes anteriores en individuos chilenos, permitiendo valorar un nuevo procedimiento de registro que permitirá almacenar una imagen de sus dientes junto con información científica de su color, lo que permitirá orientar a los odontólogos para verificar cómo se comporta el color de los dientes en relación a la edad, mejorar los registros para permitir tratamientos que imiten mejor el color de sus dientes, y validar científicamente este nuevo método de determinación de color. Esto, en último término, constituirá un beneficio a futuro para los mismos pacientes entre los que se podrá contar usted mismo. Adicionalmente, su hijo o pupilo recibirá una evaluación dental, recibiendo interconsultas y derivaciones en caso de ser necesario tratamiento.

Tipo de Intervención y Procedimiento

Si usted decide autorizar la participación de su hijo(a) o pupilo(a) se le realizarán un set de fotografías dentales de sus dientes anteriores las cuales se tomarán en un ambiente aislado para privacidad con un sistema estandarizado. Para lograr iluminar sólo los dientes, se usará un separador plástico, las fotografías se realizarán bajo iluminación del flash de la cámara. Posteriormente, se registrará el color del diente usando un aparato medidor de color (espectrofotómetro). El proceso total no debiera extenderse más allá de 15 minutos y sólo se realizará en una sesión, no necesitando controles.

Riesgos

Su hijo(a) o pupilo(a) no correrá ningún riesgo durante y posterior al procedimiento de la investigación debido a que se aplicará un procedimiento protocolizado, no invasivo que consiste básicamente en obtener imágenes de sus dientes anteriores usado dos métodos distintos. El proceso para tomar las imágenes es no invasivo y no produce dolor.

Criterios para selección de los participantes en el estudio

Los criterios de inclusión serán:

- Tener entre 7 a 65 años
- Presentar todos sus dientes anteriores sin restauraciones
- No tener patologías que alteren el color de sus dientes como fluorosis, tinciones por tetraciclina o hipoplasias avanzadas
- No haberse hecho blanqueamiento dental previo^[1]_{SEP}
- Haber leído y aceptado (firmado) el consentimiento informado.

Los criterios de exclusión serán:

- Sujetos con dientes manchados por tetraciclina o fluorosis
- Sujetos en tratamiento de ortodoncia^[1]_{SEP}
- Malposición dentaria
- Sujetos con enfermedad de sus encías

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. El nombre y datos personales de usted y/o su hijo(a) de este estudio no serán publicados en revistas científicas.

Aclaraciones

1. La participación es completamente voluntaria.
2. No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted o su hijo(a) o pupilo(a), en caso de no aceptar la intervención.
3. Si usted o su hijo(a) o pupilo(a) lo deciden puede retirarse 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 la participación de su hijo(a), puede, si lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado anexa al documento.

Carta de Consentimiento Informado

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

9. He leído y comprendido la información anteriormente entregada y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria.
10. Tengo conocimiento del procedimiento a realizar.
11. Conozco los beneficios de participar en la Investigación.
12. El procedimiento no tiene riesgo alguno para la salud de mi hijo(a) o pupilo(a).

13. Además de esta información que he recibido, seré informado(a) en cada momento y al requerimiento de la evolución del proceso, de manera verbal y/o escrita si fuera necesaria y al criterio del investigador.
14. Autorizo a usar el caso de mi hijo(a) para investigación y para ser usado como material audiovisual en clases, protegiendo su identidad.
15. En caso de cualquier duda puede acudir a Dr. Pablo Angel Aguirre, Departamento de Odontología Restauradora, Sergio Livingstone Polhammer 943 los días lunes y martes o vía telefónica al 29781742 o dirigirse a la Dra. María Angélica Torres, presidente del Comité Ético Científico, Facultad de Odontología, Universidad de Chile al correo electrónico 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: _____

Nombre del padre, madre o tutor legal: _____

Firma del, padre, madre o tutor legal: _____

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 la participación de su hijo o pupilo. He contestado a las preguntas y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que conozco la normativa vigente para la realizar la investigación con seres humanos y me apego a ella.

Nombre del Investigador Principal:

Firma: _____

Fecha: _____

Nombre del Director del establecimiento donde realiza la investigación o de su representante:

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 3: Asentimiento Informado

Proyecto de Investigación **“Prevalencia de color dental según edad y sexo en pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad de Chile”**

Académico Responsable: Pablo Angel Aguirre

Asentimiento informado – Participantes de entre 12 a 18 años de edad

Antecedentes Generales

Ud. ha sido invitado a participar en el estudio titulado **“Prevalencia de color dental según edad y sexo en pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad de Chile”**

En la realización de obturaciones, tapaduras o grandes reconstrucciones dentarias, los dentistas debemos seleccionar el color de los materiales a usar para que se parezcan lo más posible a los dientes naturales del paciente. Como esto es un proceso dificultoso, a través de los años se han buscado usar diferentes aparatos de alto costo para realizarlo en forma exacta.

El objetivo de esta investigación es validar la efectividad y exactitud del método fotográfico sumado al uso de un programa de medición de color como es Photoshop para medir color dentario. Para ello, se incluirán en este estudio pacientes voluntarios de entre

7 a 65 años, que asistan a atención a la Clínica Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile, que tengan todos sus dientes anteriores sanos, completamente erupcionados, que no presenten otras alteraciones de color en la superficie del diente (como por ejemplo fluorosis) y que no sean portadores de aparatos fijos de ortodoncia.

Procedimiento del examen y fotografía

La selección de los participantes será al azar y su participación implica que será examinado/a por un investigador y luego se le realizarán un set de fotografías dentales de sus dientes anteriores las cuales se tomarán en un ambiente aislado para privacidad con un sistema estandarizado. Para lograr iluminar sólo los dientes, se usará un separador plástico, las fotografías se realizarán usando flash de la cámara. Posteriormente, se tomará el color del diente usando un aparato medidor de color (espectrofotómetro). El proceso total no debiera extenderse más allá de 15 minutos. Todo el procedimiento se realizará en una sola sesión, no necesitando controles y no tiene ningún costo económico para Ud.

Todos los datos obtenidos serán registrados e identificados por el Investigador Responsable mediante códigos para la utilización en este proyecto de investigación. Sus datos personales e identificación serán confidenciales.

En caso de manifestar interés en conocer los resultados de esta investigación, Ud. puede tener acceso a esta información solicitándolo al Investigador Responsable.

Su participación es voluntaria y en cualquier momento puede decidir dejar de participar en este estudio.

Beneficios de Participar en el Estudio

Al participar del presente estudio, usted ayudará a aportar información en relación al color de los dientes anteriores en jóvenes chilenos, permitiendo valorar un nuevo procedimiento de registro que permitirá almacenar una imagen de sus dientes junto con información científica de su color, lo que permitirá orientar a los dentistas al verificar cómo se comporta el color de los dientes en relación a la edad, mejorar los registros para permitir tratamientos que imiten mejor el color de sus dientes, y validar científicamente este nuevo método de determinación de color. Esto, en último término, constituirá un beneficio a futuro para los mismos pacientes entre los que se podrá contar usted mismo.

Adicionalmente, usted recibirá una evaluación dental, recibiendo interconsultas y derivaciones en caso de ser necesario tratamiento.

Riesgos de participar en el estudio

El presente estudio no presenta riesgo alguno para los participantes. Su participación será voluntaria y no habrá retribución económica por ello. En caso de tener preguntas o comentarios durante el estudio, Ud. puede contactarse con el Dr. Pablo Angel Aguirre, Investigador Responsable del proyecto, en el teléfono (562) 29781742.

FORMULARIO DE ASENTIMIENTO INFORMADO

Declaro haber comprendido las explicaciones que se me han facilitado, en un lenguaje claro y sencillo, que mi participación es voluntaria y que en cualquier momento sin necesidad de dar explicación alguna puedo revocar el consentimiento que ahora doy para participar en el presente Proyecto de Investigación, sin consecuencias negativas para mí.

También se me explicó que toda información será confidencial y que mi nombre no aparecerá en los informes finales.

En caso de tener preguntas o comentarios durante el estudio, se me ha informado que puedo contactarme con el Dr. Pablo Angel Aguirre, Investigador Responsable del proyecto, en el teléfono 29781742 y que frente a cualquier duda puedo además consultar con el Presidente del Comité de Ética de la Facultad de Odontología, Dra. M. Angélica Torres Quintana al mail mantorres@odontologia.uchile.cl , teléfono 2978 1791.

Por lo tanto, acepto voluntariamente participar en este estudio.

Identificación del participante

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: __/__/__

Identificación del investigador que toma el CI

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: __/__/__

BIBLIOGRAFÍA

- AACD. (2015). 2015 State of the Cosmetic Dentistry Industry Survey. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.
- Akoglu, H. (2018, septiembre 1). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*. Emergency Medicine Association of Turkey. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Angel, P., Arias, R., Martin, J., & Lizama, H. (2016). Uso de fotografía estandarizada digital y un programa computacional como medio de medición de color dentario. *Revista Dental de Chile*, 107.
- Ascheim, K. W. (2014). Esthetic dentistry: A clinical approach to techniques and materials. En *Esthetic dentistry: A clinical approach to techniques and materials* (Third). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-09176-3.00001-2>
- Bayindir, F., Bayindir, Y. Z., Gozalo-Diaz, D. J., & Wee, A. G. (2009). Coverage error of gingival shade guide systems in measuring color of attached anterior gingiva. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(1), 46–53. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60290-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60290-5)
- Bengel, W. M. (2003). Digital photography and the assessment of therapeutic results after bleaching procedures. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 15 Suppl 1, S21-32; discussion S32. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15000901>
- Burger, W., & Burge, M. (2013). *Principles of Digital Image Processing: Advanced Methods*. *Principles of Digital Image Processing*. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-919-0>
- Cheesbrough, M. (2005). *District Laboratory Practice in Tropical Countries*. Cambridge: Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511581304>

- Cho, B. H., Lim, Y. K., & Lee, Y. K. (2007). Comparison of the color of natural teeth measured by a colorimeter and Shade Vision System. *Dental Materials*, 23(10), 1307–1312. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.11.008>
- Christensen, G. J. (2000). Elective vs. Mandatory Dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 131(10), 1496–1498. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0063>
- Chu, S., Goldstein, R., & Lee, A. (2011). *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. Quintessence international (Berlin, Germany : 1985) (2nd ed., Vol. 13). Quintessence Pub Co.
- Cocking, C., Cevirgen, E., Helling, S., Oswald, M., Corcodel, N., Rammelsberg, P., ... Hassel, A. J. (2009). Colour compatibility between teeth and dental shade guides in Quinquagenarians and Septuagenarians. *Journal of Oral Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2009.02003.x>
- Dancy, W. K., Yaman, P., Dennison, J. B., O'Brien, W. J., & Razzoog, M. E. (2003). Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 15(2), 114–21; discussion 122. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00327.x>
- Fairchild, M. D. (2013). Color Appearance Models. En *Color Appearance Models*. Wiley.
- Farah, R. I. (2016). Agreement between digital image analysis and clinical spectrophotometer in CIEL*C*h° coordinate differences and total color difference (ΔE) measurements of dental ceramic shade tabs. *The international journal of esthetic dentistry*, 11(2), 234–245.
- Freedman, G. (2012). *Contemporary Esthetic Dentistry*. Contemporary Esthetic Dentistry. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-39360-5>
- Goldstein, R., Chu, S., Lee, A., & Stappert, C. (2018). *Ronald E. Goldstein's*

Esthetics in Dentistry. Ronald E. Goldstein's Esthetics in Dentistry (3^a ed.).
<https://doi.org/10.1002/9781119272946>

- Gómez-Polo, C., Montero, J., Gómez-Polo, M., & Martín Casado, A. (2017). Comparison of the CIELab and CIEDE 2000 Color Difference Formulas on Gingival Color Space. *Journal of Prosthodontics*. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/jopr.12717>
- Green, P. (2010). *Color Management: Understanding and using ICC Profiles*. Color Management: Understanding and using ICC Profiles. John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470688106>
- Huang, Y.-S., Luo, W.-C., Wang, H.-C., Feng, S.-W., Kuo, C.-T., & Lu, C.-M. (2017). How Smart LEDs Lighting Benefit Color Temperature and Luminosity Transformation. *Energies*, 10(4), 518. <https://doi.org/10.3390/en10040518>
- ImageJ. (2008). Color Space Converter - ImageJ Documentation. Recuperado 12 de diciembre de 2019, a partir de <https://imagej.nih.gov/ij/plugins/color-space-converter.html>
- 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), 43–49; discussion 33. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4812559>
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67, S3–S10. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>
- Koidou, V. P., Chatzopoulos, G. S., & Rosenstiel, S. F. (2018). Quantification of facial and smile esthetics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(2), 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.04.002>
- Lakhanpal, S., & Neelima, M. S. (2016). Accuracy of Three Shade-matching Devices in Replicating the Shade of Metal Ceramic Restorations: An in vitro Study. *The journal of contemporary dental practice*, 17(12), 1003–1008. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27965487>
- Lasserre, J. F., Pop-Ciutrla, I. S., & Colosi, H. A. (2011). A comparison between a

- new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *Journal of Dentistry*, 39(SUPPL. 3), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.11.002>
- Lew, M. S. (2001). *Principles of visual information retrieval. Perception* (Vol. 66). Springer. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2010.12.002>
- Long, B. (2008). *The Canon EOS Digital Rebel XSi/450D Companion*. (U. O'Reilly Media, Inc, Ed.) (1^a ed.). Sebastopol, United States.
- McCracken, M. S., Litaker, M. S., Gordan, V. V., Karr, T., Sowell, E., & Gilbert, G. H. (2019). Remake Rates for Single-Unit Crowns in Clinical Practice: Findings from The National Dental Practice-Based Research Network. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), 122–130. <https://doi.org/10.1111/jopr.12995>
- Miyajiwala, J. S., Kheur, M. G., Patankar, A. H., & Lakha, T. A. (2017). Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: A clinical evaluation. https://doi.org/10.4103/jips.jips_342_16
- Okubo, S. R., Kanawati, A., Richards, M. W., & Childress, S. (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of prosthetic dentistry*, 80(6), 642–648. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(98\)70049-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70049-6)
- Paravina, R. D., Johnston, W. M., & Powers, J. M. (2007). New shade guide for evaluation of tooth whitening - Colorimetric study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(5), 276–283. https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00118_1.x
- Paravina, R. D., Pérez, M. M., & Ghinea, R. (2019, marzo 1). Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/jerd.12465>
- Paul, S., Peter, A., Pietrobon, N., & Hämmerle, C. H. F. (2002). Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of Dental Research*, 81(8), 578–582. <https://doi.org/10.1177/154405910208100815>

- Pop-Ciutrita, I.-S., Colosi, H. A., Ducea, D., & Badea, M. E. (2015). Spectrophotometric color evaluation of permanent incisors, canines and molars. A cross-sectional clinical study. *Clujul medical (1957)*, *88*(4), 537–44. <https://doi.org/10.15386/cjmed-497>
- Rand, G., & Litschel, D. (2002). *Black & white photography*. Delmar/Thomson Learning.
- Seymour, J. (2009). Color measurement with an RGB camera. Recuperado 19 de septiembre de 2019, a partir de https://www.researchgate.net/publication/230583324_Color_measurement_with_an_RGB_camera
- SIGMA. (2009). SIGMA EM-140DG Instructions Manual. Recuperado 12 de diciembre de 2019, a partir de <https://www.sigmaphoto.com/em-140-dg-macro-flash>
- Tam, W. K., & Lee, H. J. (2012). Dental shade matching using a digital camera. *Journal of Dentistry*, *40*(SUPPL.2), e3–e10. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.06.004>
- Vieira-Junior, W. F., Vieira, I., Ambrosano, G. M. B., Aguiar, F. H. B., & Lima, D. A. N. L. (2018). Correlation between alteration of enamel roughness and tooth color. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, *10*(8), e815–e820. <https://doi.org/10.4317/jced.54881>
- Watts, A., & Addy, M. (2001). Tooth discolouration and staining: A review of the literature. *British Dental Journal*, *190*(6), 309–316. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4800959>
- Wee, A. G., Lindsey, D. T., Kuo, S., & Johnston, W. M. (2006). Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, *22*(6), 553–9. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.011>