



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

# **PRECISIÓN Y ACUERDO DE LOS MÉTODOS VISUAL Y DIGITAL EN LA SELECCIÓN DE COLOR**

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Odontólogo

Autores: Br. Luis Felipe Rondón Ordóñez

Tutor: Od. Esp. PhD. Robert Antonio Ramírez Molina

Mérida – Venezuela, septiembre 2019

En esta página la versión digital del veredicto del jurado (escaneo), previamente firmado por los tres jurados.

## **DEDICATORIA**

Es opcional, no mayor de una página.

## **AGRADECIMIENTOS**

No debe exceder una página. Se refieren al reconocimiento a personas o instituciones que hayan contribuido con el desarrollo de la investigación es opcional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1 Definición y contextualización del problema .....	3
1.2 Objetivos de la investigación .....	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 Objetivos específicos .....	7
1.3 Justificación.....	8
CAPÍTULO II .....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Antecedentes .....	10
2.2 Bases conceptuales.....	22
2.2.1 Color .....	22
2.2.2 Dimensiones del Color.....	22
2.2.3 Otras propiedades ópticas .....	23
2.2.4 Métodos de selección de color.....	24
2.2.5 CIELab: $\Delta E^*_{ab}$ y CIEDE2000( $\Delta E_{00}$ ).....	27
CAPÍTULO III.....	29
MARCO METODOLÓGICO .....	29
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	29
3.2 Población y muestra .....	29
3.2.1 Población .....	29

3.2.2	Muestra .....	29
3.3	Sistemas de variables .....	30
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.4.1	Validación del instrumento.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.4.2	Confiabilidad del instrumento .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.5	Procedimientos, materiales, equipos e instrumentos .....	30
3.5.1	Materiales, equipos e instrumentos.....	30
3.5.2	Procedimiento .....	30
3.6	Análisis de resultados.....	33
CAPÍTULO IV.....		34
RESULTADOS.....		34
4.1	Presentación de los resultados.....	34
4.1.1	Estadística Descriptiva.....	35
4.1.2	Prueba de los efectos-intersujetos.....	38
4.1.3	Kappa multi-observador de márgenes libres (Multirater $k_{free}$ ) .....	40
4.1.4	Acuerdo entre los métodos .....	41
CAPÍTULO V .....		43
DISCUSIÓN .....		43
CAPÍTULO VI.....		54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		54
6.1	Conclusiones .....	54
6.2	Recomendaciones.....	54
REFERENCIAS.....		55
APÉNDICE A.....		65
ANEXO A.....		67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Valores CIELab y $\Delta E^*_{ab}$ $\Delta E^*_{00}$ paciente joven y adulto .....	34
<b>Tabla 2.</b>	Estadística descriptiva Método visual .....	35
<b>Tabla 3.</b>	Estadística descriptiva Método digital .....	36
<b>Tabla 4.</b>	Gran media Método visual .....	37
<b>Tabla 5.</b>	Gran media Método digital.....	37
<b>Tabla 6.</b>	Media aritmética, desviación y error estándar. $\Delta E^*_{ab}$ y $\Delta E^*_{00}$ set de guías digitales	38
<b>Tabla 7.</b>	Pruebas de los efectos inter-sujetos .....	39
<b>Tabla 8.</b>	Pruebas de los efectos inter-sujetos.....	39
<b>Tabla 9.</b>	Multirater $k_{free}$ Método visual.....	40
<b>Tabla 10.</b>	Multirater $k_{free}$ Método digital.....	40
<b>Tabla 11.</b>	Porcentaje de acuerdo general Método visual .....	41
<b>Tabla 12.</b>	Porcentaje de acuerdo general Método digital.....	41
<b>Tabla 13.</b>	Selecciones más populares para el método visual y digital .....	42



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

## PRECISIÓN Y ACUERDO DE LOS MÉTODOS VISUAL Y DIGITAL EN LA SELECCIÓN DE COLOR

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Odontólogo

Autores: Luis Felipe Rondón Ordóñez

Tutor: Robert Ramírez

Mérida – Venezuela, septiembre 2019

### RESUMEN

**Introducción:** La selección de color para restauraciones directas e indirectas es un procedimiento clave en el que pueden influir múltiples factores, como el tipo de método utilizado, visual o instrumental. **Objetivo:** Comparar los métodos visual y digital en la selección de color. **Metodología:** 50 Estudiantes de pregrado y postgrado, realizaron la selección de color de dos incisivos centrales superiores izquierdo de un paciente joven (PJ) y un paciente adulto (PA), a través de los métodos visual (MV) y digital (MD) con la utilización de la guía VITA 3-D Master, en 2 sesiones para cada uno de los métodos con una semana de separación entre cada una. Para luego realizar un análisis a través de estadística descriptiva, análisis de anova multivariado (AM) en 3 niveles, kappa multiobservador de márgenes libres (K) y acuerdo entre las selecciones más populares entre los métodos (A). **Resultados:** En el PJ la media aritmética (MA) fue 4,64 y la desviación estándar (DE) 2,44, mientras en el PA la MA= 6,48 y DE= 3,06 a través del MV. Para el MD la MA= 3,35 y DE = 0,98 en el PJ, mientras en el PA MA= 1,71 y DE= 1,59. En el AM no se encontró diferencia estadísticamente significativa excepto para la intersección de los métodos  $P= 0$  en ambos pacientes. El K en el PJ fue de 0.13 en el MV y 0.77 en el MD, mientras en el PA fue 0.05 en el MV y 0.39 en el MD. El A tuvo concordancia en el PJ para las 2 primeras selecciones, mientras en el PA solo hubo coincidencia entre la primera del MV y la tercera del MD. **Conclusiones:** El MD demostró mayor precisión que el MV, el MD puede complementar el MV en la selección de color. El MD puede ser utilizado como instrumento experimental.

**Palabras Clave:** Selección de color, toma de color, fotografía de polarización cruzada.



## INTRODUCCIÓN

La estética dental se ha convertido en un elemento de importancia para la mayoría de los pacientes que acuden a la clínica odontológica. Esto ha sido influenciado en gran manera por los avances en ciencia, tecnología y redes sociales de las últimas décadas, que han elevado la exigencia estética para el odontólogo restaurador, especialmente en el sector anterior, donde se requiere una mayor exactitud en la reproducción de las características del diente natural.

Una de las claves del éxito estético está relacionada con la correcta reproducción del color por parte de odontólogos y técnicos dentales, que brinda naturalidad a la sonrisa y se refleja inmediatamente en confianza por parte del paciente. Este resultado del tratamiento se considera el olimpo para el odontólogo restaurador.

Por estas razones, la selección del color es un procedimiento clave en odontología estética, en el que además pueden influir múltiples factores, por lo que es considerada como una tarea clínica de elevada complejidad.

Los métodos para la selección de color empleados en odontología se pueden clasificar en visual e instrumental. El método visual es el más empleado, pero puede presentar algunos factores que pueden influir en su desempeño como: la educación, entrenamiento, género, iluminación, entre otros.

En cuanto al método instrumental podemos encontrar equipos que han sido diseñados para obtener una selección más objetiva del color, en los que encontramos los espectrofotómetros, colorímetros y más recientemente cámaras digitales.

En la última década han aumentado los estudios implementando cámaras digitales con la ayuda de programas para la selección, evaluación, comunicación y reproducción del color. Las mayores ventajas que presenta este equipo son su versatilidad de usos en el área odontológica y el menor costo que puede tener en comparación con los otros instrumentos.

Al revisar las diferentes bases de datos no se han encontrado estudios en cuanto a la precisión y acuerdo de los métodos visual y digital (cámaras digitales) en la selección de color, que pueden representar una alternativa viable para el uso clínico y experimental en la evaluación de color.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se contextualiza la selección del color en odontología, seguidamente se delimita el problema de estudio para luego plantear los objetivos, y se procede además a justificar los motivos de la realización de esta investigación.

### **1.1 Definición y contextualización del problema**

Hoy en día, avances en ciencia, tecnología y redes sociales, han afectado en gran manera la sociedad moderna y paralelamente la odontología contemporánea<sup>1</sup>, esto ha implicado que la estética dental se convierta en un elemento de elevada importancia para la mayoría de los pacientes durante el tratamiento odontológico. Es por ello que la mimetización del material restaurador con la estructura dentaria debe ser uno de los objetivos principales del odontólogo restaurador<sup>2</sup>.

La creciente demanda de restauraciones estéticas ha significado un desafío para la odontología moderna, exigiendo de mayor exactitud en la reproducción del color por parte de odontólogos y técnicos dentales. Es por esto que el acierto en la selección del color es uno de los elementos más importantes en el éxito estético<sup>3</sup> y que generalmente se considera como una tarea complicada durante la ejecución de restauraciones directas e indirectas. Debido a la complejidad que se le otorga al entendimiento del fenómeno físico color y los múltiples factores que pueden influir al momento de su selección<sup>4-8</sup>, como el tipo de método implementado<sup>9</sup>, iluminación del ambiente<sup>10,11</sup>, género<sup>12,13</sup>, educación y entrenamiento del operador<sup>14-18</sup>.

El fenómeno del color es una sensación psicofísica producida por el espectro de luz visible, que es una forma de energía electromagnética radiante en el rango de longitudes de onda de aproximadamente 400 a 700 nanómetros (nm), que penetra en el

ojo humano estimulando los fotorreceptores (bastones y conos) situados en la retina y crea un impulso nervioso que es interpretado por el cerebro<sup>2,16</sup>.

Para el año 1905, el pintor norteamericano Albert Henry Munsell desarrolló un método para expresar el color, clasificándolo en tres dimensiones: matiz, valor y croma, denominado sistema de color de Munsell<sup>20-22</sup>, con el propósito de proveer mayor objetividad para la comunicación del color y se ha utilizado por más de un siglo<sup>23,24</sup>.

El matiz es la dimensión del color más fácil de reconocer y corresponde al color como lo conocemos propiamente dicho, distingue una familia de color de otra, por ejemplo: rojo, verde, azul, amarillo, entre otros. Es también descrito como la longitud de onda dominante, las variaciones entre matices en la estructura dentaria son pequeñas, los cuales generalmente están limitados a variaciones entre amarillo y rojo<sup>24-26</sup>.

Por otra parte, el croma se define como el grado de saturación, intensidad, pureza o cantidad de un tono específico (matiz). Si un objeto refleja mayores longitudes de onda de un tono específico, mayor será el croma de ese matiz. En el diente natural puede variar dependiendo de la zona y edad del paciente<sup>24,25,27</sup>.

La última dimensión es la luminosidad o valor, que representa la cantidad de luz reflejada por un objeto, es decir, a mayor cantidad de luz reflejada por un objeto mayor será su luminosidad. Además, en odontología es considerada la dimensión del color más importante, debido a la mayor agudeza que parece presentar el ojo humano ante esta dimensión<sup>24,25,28</sup>.

La determinación del color de la estructura dentaria es una tarea difícil, debido a que no existe un patrón único en la dentición natural. El color de la estructura dentaria no es uniforme sino que varía en diferentes áreas de su superficie y entre distintas unidades dentarias, como consecuencia de las diferencias en espesores de esmalte, dentina y su estructura histológica<sup>29,30</sup>.

Para una mejor comprensión del color en odontología, es necesario tomar en cuenta otras propiedades ópticas presentes como: translucidez, opalescencia y fluorescencia<sup>25,30</sup>. Teniendo en consideración la importancia óptica que tienen estas propiedades, el material restaurador a utilizar debe reproducirlas, para poder lograr un

resultado estético óptimo en el tratamiento odontológico<sup>25,31-34</sup>. Logrando el correcto entendimiento de las propiedades ópticas de la estructura dentaria, se alcanzará de una forma más exacta la selección del color de la restauración.

Los métodos para la toma de color implementados en odontología se clasifican en dos categorías; visual e instrumental<sup>35-36</sup>. El método más frecuentemente utilizado es el visual<sup>37</sup>, que se lleva a cabo comparando el diente a reproducir con múltiples estándares de diferente matiz, croma y luminosidad, que usualmente son representados con guías de color. La selección realizada a través de esta técnica es influenciada por la habilidad del observador que escoge la guía de color que más se asemeje al diente<sup>38</sup>.

Estas guías de color comercialmente disponibles presentan ciertos contratiempos, ya que no cubren todos los rangos de color presentes en la estructura dentaria<sup>39</sup>, además de presentar diferencias entre tabletas con la misma designación de diferentes guías, es por ello que se recomienda utilizar la guía de color del sistema cerámico específico con el que se vaya a ejecutar la restauración<sup>40,41</sup>. Otro elemento a tomar en consideración es el oscurecimiento que pueden sufrir debido a la esterilización, lo que puede alterar también la selección del color<sup>42</sup>.

En vista de los contratiempos que se pueden presentar empleando el método visual<sup>43</sup>, se han creado instrumentos para una selección de color más objetiva, en los que encontramos espectrofotómetros, colorímetros y más recientemente cámaras digitales, que engloban el método instrumental de la selección del color<sup>1</sup>.

La amplia utilización de cámaras digitales en la odontología contemporánea ha provocado un aumento de las investigaciones utilizando estos equipos junto a programas (software) en el proceso de medición del color<sup>44-60</sup>. Las imágenes capturadas a través de estos equipos permiten observar la policromacidad, forma, textura, translucidez y detalles de los tejidos. Esto mejora la percepción óptica para odontólogos y técnicos dentales al momento de realizar las restauraciones.

Varios espacios de color han sido diseñados para cuantificar y expresar el color numéricamente, logrando así desempeñar tareas experimentales y clínicas de una forma más exacta y precisa. El espacio de color L\* a\* b\* conocido como CIELab fue creado en 1976 por la Comisión Internacional de Iluminación (*Commission International*

*l'Éclairage, CIE*), es uno de los más utilizados en todas las áreas para la medición del color. En este espacio de color,  $L^*$  situado en el eje vertical del sistema, indica el valor o luminosidad (blanco/negro), mientras que  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (azul/amarillo) son coordenadas de cromacidad horizontales perpendiculares a  $L^*$ . Las diferencias de color pueden ser expresadas a través de un único valor numérico con las fórmulas CIELab  $\Delta E^*$  ( $\Delta E_{ab}$ ) y CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ )<sup>19</sup>.

Múltiples investigaciones han concluido que la fórmula de diferencia de color CIEDE2000 provee un mejor acuerdo en cuanto a la evaluación de diferencias color que la fórmula CIELAB  $\Delta E^*$ , proporcionando mejores indicadores de la perceptibilidad y aceptabilidad humana en las diferencias de color de dientes<sup>61-63</sup>, sin embargo, CIELAB  $\Delta E^*$  sigue siendo la más utilizada en investigación odontológica<sup>18,59</sup>, esto puede ser debido a su facilidad de implementación tanto en tareas clínicas como de investigación.

Dos aspectos importantes que debería cumplir el método de selección de color son la precisión y exactitud. La precisión comprende la repetibilidad del método en el tiempo y la exactitud indica la capacidad del método de proveer los datos o selecciones de color más cercanos al color real de la estructura<sup>67</sup>.

Tradicionalmente, en la práctica diaria la selección del color se realiza a través del método visual, sin embargo, múltiples estudios han demostrado que los espectrofotómetros pueden representar una herramienta eficaz en la selección, evaluación, comunicación y reproducción del color<sup>68-72</sup>. Asimismo, en investigación son el instrumento utilizado como referencia en la mayoría de estudios junto a los colorímetros, debido a la elevada precisión que pueden brindar<sup>9,73-78</sup>. No obstante, también presentan desventajas como el alto costo, diferencias en las mediciones entre distintos dispositivos<sup>62,75,76,79-84</sup> y fallas en la comunicación con el laboratorio de algunos equipos que no proporcionan imágenes digitales<sup>1</sup>.

Igualmente se han encontrado diversas publicaciones que emplean las cámaras digitales como instrumento de complemento para la selección, evaluación, comunicación y reproducción del color<sup>46,85-89</sup> en el ámbito clínico, así como también otros estudios han utilizado las cámaras fotográficas como instrumento de evaluación

experimental<sup>40,41,90,91</sup>.

Un punto a destacar en el procedimiento de selección de color es que ambos métodos; visual e instrumental deben ser usados de manera conjunta, debido a que son un complemento para obtener un resultado estético predecible<sup>62</sup>.

En la actualidad el método visual sigue siendo el más implementado en odontología, por otra parte las cámaras digitales se han convertido en una herramienta útil en la selección de color, debido a su facilidad de adquisición y versatilidad de usos en odontología, al revisar las diferentes bases de datos no se han encontrado estudios con respecto a la precisión y acuerdo entre el método visual y digital (cámaras digitales) en la selección de color, que puede representar una alternativa viable a los espectrofotómetros y colorímetros, con un costo menor y mayor versatilidad de aplicaciones, para el uso clínico y experimental.

En base a esta interrogante se considera realizar una investigación comparando los métodos visual y digital en la selección de color, y de esta manera contribuir a estudiantes y profesionales del área sobre los posibles alcances que pueden brindar las cámaras digitales en la evaluación del color, ya sea en el área clínica o experimental.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Comparar los métodos visual y digital en la selección del color.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Describir las diferencias entre el método visual y digital en la selección de color en estudiantes para un paciente adulto y un paciente joven.
- Describir cómo se comporta la variable método visual para selección de color en los niveles género, grado de instrucción, sesión de toma de color para un paciente adulto y un paciente joven.
- Describir cómo se comporta la variable método digital para selección de color en los niveles género, grado de instrucción, sesión de toma de color para un paciente adulto y un paciente joven.

- Describir la precisión del método visual en la selección de color en estudiantes para un paciente adulto y un paciente joven.
- Describir la precisión del método digital en la selección de color en estudiantes para un paciente adulto y un paciente joven.
- Establecer diferencias de precisión entre los métodos visual y digital en la selección de color en estudiantes para un paciente adulto y un paciente joven.
- Describir el acuerdo entre los métodos visual y digital en la selección de color en estudiantes para un paciente adulto y un paciente joven.

### **1.3 Justificación**

Considerando la importancia de la estética en la actualidad; la selección, evaluación, comunicación y reproducción del color se ha convertido en un tópico de alta relevancia en odontología restauradora, debido a múltiples factores que pueden intervenir, entre ellos la falta de comprensión del color como fenómeno psicofísico por parte del operador, factores modificadores de la percepción del color en el área clínica, la elección del tipo de método de selección y presencia de distintos materiales restauradores<sup>2</sup>. Por estas razones representa una tarea compleja para el odontólogo y el técnico dental poder alcanzar las expectativas del paciente, especialmente en la ejecución de restauraciones en el sector anterior. Este tipo de restauraciones son complejas, demanda un alto desempeño y grado de conocimiento por parte de los profesionales, además, el paciente es sometido a prolongados tiempos de trabajo en el sillón odontológico lo que puede provocar estrés y ansiedad. Aunado a esto el factor económico juega un papel importante, debido a los altos costos de este. Por todas estas razones las expectativas del paciente aumentan por el resultado final, que en ocasiones no es el esperado a causa de la selección, evaluación, comunicación y reproducción del color.

La combinación de los métodos visual e instrumental se recomienda para obtener una mayor exactitud y precisión en la selección de color<sup>62</sup>. Las cámaras digitales emergen como una opción del método instrumental, con el uso de imágenes calibradas<sup>46</sup>, y por su mejor relación costo-beneficio en comparación con los



espectrofotómetros, debido a las múltiples aplicaciones que puede tener la fotografía en odontología.

Por lo anteriormente mencionado, se pretende con este estudio brindar una comparación entre el método de selección de color más utilizado en odontología como el visual y el método instrumental con cámaras digitales, herramienta de amplio uso en la odontología contemporánea, y de esta manera describir la precisión y acuerdo que puede existir entre los métodos, con lo que se podrían obtener resultados clínicos predecibles y una posible herramienta de evaluación experimental.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

El estudio del color comenzó con Newton y con el pasar del tiempo su evolución histórica ha servido a la ciencia para lograr aportes en diversas áreas. En la odontología el estudio de la selección de color se ha llevado a cabo de distintas maneras. Hoy en día, los estudios científicos han sido ampliados y llevados a profundidad con el objetivo de lograr la perfección del tratamiento restaurador, mejorar el entrenamiento del profesional y satisfacer las expectativas del paciente. En tal sentido, en este capítulo se realizará una selección minuciosa de estudios científicos analizados a profundidad, buscando aportes y detalles que contribuyan con el desarrollo de este proyecto de investigación en orden temático comenzando por estudios sobre el método visual, seguido por el método instrumental y por último estudios que comparan ambos métodos.

Ozat *et al*, realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la repetibilidad y confiabilidad del ojo humano en la selección de color. En su investigación participaron 54 odontólogos entre 22 y 35 años de edad (29 hombres y 25 mujeres), que realizaron la selección de color con la guía Vita 3D-Master bajo condiciones estandarizadas, de un incisivo central superior derecho de un único paciente. Antes de cada procedimiento de selección de color la identificación de las tabletas de las guías se ocultó con una banda opaca y fueron colocadas de manera aleatoria. Todo el procedimiento se volvió a realizar un mes después para asegurar que la memoria visual no afectara la investigación. Los resultados indicaron un desempeño insuficiente con respecto a la repetibilidad en las 2 sesiones, aunque fueron capaces de seleccionar tabletas clínicamente aceptables<sup>43</sup>.

Similar al estudio anterior, pero con algunas variaciones metodológicas Curd *et*

*al.* llevaron a cabo una investigación con el propósito de valorar la habilidad de estudiantes de odontología para la selección de color bajo luz natural y luz correctiva. Un total de 165 hombres y 51 mujeres con edad promedio de 26 años participaron en el estudio, cada uno llenó un quiz de toma de color con 14 ítems a seleccionar, cada uno con 5 opciones disponibles y 1 correcta, el procedimiento lo realizaron bajo luz natural y luz correctiva. En los resultados los autores pudieron observar que las habilidades de selección de color fueron mejor bajo luz correctiva y que el género y la experiencia no fueron factores para los aciertos <sup>10</sup>.

En estrecha relación con esta investigación, Gasparik *et al.* evaluaron el desempeño de la selección de color de estudiantes con diferentes niveles de experiencia (estudiantes de pregrado y postgrado), utilizando un nuevo equipo de luz correctiva con filtros de polarización (Smile Lite, Switzerland). Un total de 26 observadores (20 estudiantes de pregrado y 6 de postgrado) realizaron la selección de color de los dientes anteriores de un paciente bajo 3 condiciones de iluminación: luz de día (A), luz de día y un equipo de luz correctiva (B), luz de día y un equipo de luz correctiva con filtros polarizadores(C), utilizando dos guías de color VITA Clásico y VITA 3D-Master. En los resultados de la investigación se encontró una diferencia significativa de la selección de color bajo las 3 condiciones de luz, los mejores resultados para la selección de color se encontraron en el grupo B. Los autores pudieron concluir que la habilidad en la selección de color fue mejor cuando se utilizó el equipo de luz correctiva y la adición de filtros polarizadores no significó un beneficio<sup>11</sup>.

Por otra parte, Wee *et al.* presentaron un estudio con el propósito de determinar el procedimiento de selección de color, interés en educación continua, calidad y cantidad de luz ambiente utilizada durante la selección de color a través del método visual en la práctica privada de odontólogos de la región centro-oeste de los Estados Unidos de América. En este estudio fueron consideradas 28 prácticas privadas de odontología restauradora, cada una completó una encuesta sobre el procedimiento de toma de color en su clínica, además un espectrofotómetro se utilizó para medir la luz ambiente, recolectando datos de temperatura de color, índice de reproducción cromática y la intensidad de la luz de la práctica privada. Los resultados demostraron

que la mayoría de las prácticas clínicas utilizan el método visual en la selección de color, 87,5% mostró interés en asistir a cursos de educación continua con un 56.3% que prefiere cursos de demostración clínica. La temperatura de color promedio en las salas clínicas fue de 4152.9 °K, que es significativamente diferente del estándar que es 5500 °K. Por lo descrito anteriormente los autores pudieron concluir que la luz ambiente medida en la mayoría de las 32 prácticas privadas no era ideal para la selección del color<sup>5</sup>.

De manera similar Dudia *et al.* evaluaron la influencia del color del fondo/áreas adyacentes, iluminación, género y competencia en la discriminación de colores en la calidad de selección de color, para analizar la frecuencia de errores en la selección de las tabletas de la guía de color. Diez observadores con una competencia a la discriminación del color, promedio o superior según ISO TR 28642:2011, realizaron la selección de 48 tabletas de 3 guías de color VITA clásico en un stand de observación bajo dos fuentes de luz: D65 y D50, en conjunto con un área de fondo que simulaba varias situaciones clínicas de color gris, negro, blanco, rojo y azul claro. Fueron realizados 10 procedimientos de selección por cada observador (5 fondos y 2 fuentes de luz). Dentro de las limitaciones del estudio los autores pudieron concluir que no hubo influencia del fondo/áreas adyacentes en la calidad de la selección del color, entre los fondos acromáticos no se encontró diferencia y los peores resultados fueron cuando se utilizó el fondo azul. Los observadores con competencia para la discriminación de color superior presentaron mejores resultados que los de competencia promedio y las fallas en la selección del color fueron más frecuentes en las tabletas A3.5, B3, B4 y D4<sup>8</sup>.

Por otra parte, Llena *et al.* desarrollaron un estudio con el propósito de evaluar el uso del Tooth Training Box (TTB) para el entrenamiento de estudiantes en la identificación de color. Formaron parte del estudio 74 estudiantes que asistieron a un seminario sobre la guía VITA 3D-Master (3DM) y el sistema TTB, antes del comienzo del entrenamiento. Al finalizar el entrenamiento debían realizar la prueba final del TTB. Para complementar, los participantes desarrollaron la selección de color de 10 tabletas de la guía 3DM antes y después del entrenamiento con el TTB. El porcentaje

de respuestas correctas obtenidas con la guía 3DM, antes y después del entrenamiento mostró una correlación positiva. Resultados altos en el TTB fueron asociados con números elevados de respuestas correctas en la selección de color de las tabletas de la guía 3DM<sup>16</sup>.

Para profundizar en el tema Ristic *et al.* evaluaron la influencia de la educación y el entrenamiento en la calidad de la selección de color. Un grupo de 174 estudiantes de odontología (20 – 25 años de edad) fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos: experimental (127 estudiantes) y control (47 estudiantes). Seleccionaron el color de 8 tabletas utilizando la guía VITA 3D-Master en un stand de observación en 2 sesiones. El grupo experimental recibió entrenamiento y educación en color entre las sesiones. El grupo control no recibió ningún tipo de educación o entrenamiento entre las sesiones. Los resultados de la selección de color en el grupo experimental fueron significativamente mejores después de la educación y el entrenamiento. Dentro de las limitaciones del estudio, los autores pudieron concluir que la educación y entrenamiento mejoraron las habilidades para la selección del color de los estudiantes<sup>6</sup>.

Directamente relacionado con el estudio anterior, Alfouzan *et al.* evaluaron el efecto del entrenamiento en la calidad de la selección de color en estudiantes de odontología de ambos géneros y estudiaron la necesidad de los estudiantes de participar en lecturas y ejercicios de selección de color. Se consideraron 120 estudiantes (60 hombres y 60 mujeres) del tercer año de odontología y fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos. Se les pidió que realizaran la selección de color de cuatro tabletas de la guía VITA 3D-Master en dos sesiones con cuatro semanas de separación. Entre las semanas, el grupo 1 asistió a una breve lectura y un ejercicio de entrenamiento acerca de selección de color, el grupo 2 solo asistió a la lectura y el grupo 3 solo recibió el ejercicio de entrenamiento, el grupo 4 no participó en ninguna actividad y sirvió como control. Se encontró una diferencia significativa entre los valores de la prueba inicial y final para todos los grupos en la calidad de la selección de color. Los autores pudieron probar la efectividad del entrenamiento en la selección de color, que mejora la calidad de la toma de color en los estudiantes de ambos géneros<sup>17</sup>.

Al igual que en el estudio anterior, en el que la educación y el entrenamiento juegan un papel importante Corcodel *et al.* realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el éxito de dos estrategias de aprendizaje en la selección de color en un ambiente clínico. Se seleccionaron 71 estudiantes de preclínica los cuales fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos (TTB y GL). Los participantes de ambos grupos se organizaron en parejas para seleccionar entre ellos 3 dientes predeterminados, luego el grupo (TTB) aprendió selección de color utilizando un equipo estandarizado (Tooth Guide Training Box, TTB) en un ambiente artificial. El otro grupo (GL) realizó selección de color en un ambiente clínico predefinido en grupos de 4 estudiantes. Después de los distintos entrenamientos, ambos grupos realizaron la misma selección de color en parejas del principio del estudio. El color de los dientes predeterminados fue seleccionado por 2 prostodoncistas con experiencia y tomados como patrón de oro. En el grupo TTB, la diferencia de valores  $\Delta E$  antes y después del entrenamiento fue 0.03 el cual no es significativo. En el grupo GL la diferencia  $\Delta E$  fue 0.98 menor después del entrenamiento, el cual fue significativo. Con estos resultados los autores pudieron concluir que la habilidad en la selección de color puede ser mejorado utilizando un enfoque de aprendizaje en grupo en un ambiente clínico y la implementación de este método de aprendizaje debería ser considerado en pregrado y postgrado<sup>14</sup>.

Poniendo en contexto las investigaciones descritas anteriormente, Olms *et al.* llevaron a cabo una investigación con el objetivo de probar que la diferenciación visual de color puede aprenderse utilizando Toothguide Trainer (TT) y Toothguide Training Box (TTB), independientemente de la guía de color utilizada. En el estudio fueron incluidos 72 estudiantes, se agruparon aleatoriamente en 2 grupos, uno de estudio conformado por 42 estudiantes y otro de control formado por 36 estudiantes. El grupo de estudio comenzó con una prueba de introducción a doble ciego, seguido por el entrenamiento TT y TTB, culminando con la prueba final. El grupo control solo realizó la prueba inicial y después de un receso, la prueba final. Fueron escogidas aleatoriamente 8 tabletas de color, 7 de la guía VITA Clásico y 1 de la guía VITA 3D-Master, que fueron marcadas con códigos de barras. La selección de color se organizó con la escala de la Vita Clásico. Los resultados de la prueba inicial y final se

combinaron para ambos grupos, para cada muestra de color el valor de  $\Delta E$  fue determinado. Las diferencias entre la prueba inicial y final revelaron el éxito del aprendizaje, en el grupo de estudio 47.6% mostró resultados estadísticos significativamente mejores que el grupo control 33%. Con estos resultados los autores demostraron un efecto positivo del entrenamiento en la selección del color independientemente de la guía de color utilizada<sup>15</sup>.

En relación con la investigación anterior, Jaju *et al.* evaluaron la habilidad de selección de color de estudiantes de odontología de distintos niveles de educación y experiencia clínica. Participaron en este estudio 65 estudiantes, representando los 4 niveles de experiencia de cada año de la facultad de odontología de Harvard. Como primera tarea realizaron una selección de color preclínica utilizando únicamente tabletas de guías de color, luego hicieron una selección de color de un incisivo central en 3 pacientes, la selección de color en pacientes fue diseñada para tener un caso simple, moderado y complejo. En promedio, 51% de los estudiantes fue capaz de seleccionar correctamente el color en la tarea preclínica. En la selección de color del diente natural 49.2% de los estudiantes seleccionó tabletas clínicamente aceptables. Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a los niveles de educación y experiencia, los resultados de selecciones correctas para el diente natural mejoraron progresivamente de estudiantes de primero a cuarto año para el caso complejo. De esta manera el estudio reveló que para casos complejos, la educación y el conocimiento de la ciencia del color combinado con experiencia clínica, mejoran la habilidad para la selección de color en el ambiente clínico<sup>4</sup>.

Teniendo en cuenta la influencia del sexo en la selección del color, Haddad *et al.* evaluaron la influencia del género y el nivel de experiencia en la calidad de la selección de color. El estudio se desarrolló en 15 universidades de 9 países, un total de 614 participantes con visión normal completaron todas las fases del experimento, 305 mujeres y 309 hombres, 319 estudiantes de odontología y 295 profesionales dentales (odontólogos y técnicos). Una lectura sobre selección de color en odontología les fue otorgada a todos los participantes. El entrenamiento inicial fue desarrollado usando el software Toothguide Trainer (TT), el Toothguide Training Box (TTB) fue usado como

entrenamiento y prueba para evaluar la selección de color de los participantes. La tarea de prueba fue emparejar correctamente el color de 15 tabletas con sus homólogas. El desempeño femenino fue mejor en la prueba final y la diferencia entre sexos fue estadísticamente significativa. La diferencia entre el grupo de estudiantes y profesionales dentales no fue estadísticamente significativa. Dentro de las limitaciones del estudio, los autores pudieron concluir que las mujeres logran una mejor selección de color que los hombres, indicando que el sexo juega un rol importante y el nivel de experiencia no fue un aspecto significativo en la selección del color<sup>12</sup>.

Siguiendo con la misma corriente, Pecho *et al.* realizaron un trabajo de investigación con el propósito de evaluar el desempeño en la selección de color realizado por mujeres y hombres, utilizando la guía VITA Clásico y dos diferencias métricas de color (CIELAB y CIEDE2000 2:1:1). Se seleccionaron 100 observadores (65 mujeres y 35 hombres), los cuales realizaron la selección de color de 4 incisivos centrales superiores extraídos (ICS) con la guía VITA clásico (VC). Además, se midió con un espectroradiómetro los valores de reflexión espectral de los 4 ICS y 16 tabletas de la guía VC, las mediciones fueron realizadas sobre un fondo gris, dentro de un stand de observación y bajo una iluminación D65. La selección instrumental del color fue desarrollada utilizando las dos diferencias métricas de color ya mencionadas. Sin tener en cuenta la diferencia métrica de color utilizada, la selección de color realizada por las mujeres mostró mayor éxito que la de los hombres, sin embargo, esa diferencia entre género solo fue estadísticamente significativa cuando se usó CIEDE2000 (2:1:1) para la diferencia métrica de color<sup>13</sup>.

Complementando con el tópico, Clary *et al.* desarrollaron un estudio *in vitro* con el objetivo de comparar resultados de la selección de color utilizando lámparas portátiles con y sin filtros polarizadores con los resultados utilizando un stand de observación profesional, además analizaron la influencia de la educación y el entrenamiento en el resultado de la selección de color. Un total de 96 estudiantes de odontología fueron aleatoriamente separados en 4 grupos, a cada grupo le fue asignado 1 de 2 lámparas portátiles sin y con filtros polarizadores. Cada grupo realizó un ejercicio de selección de color utilizando lámparas portátiles y un stand de observación



que se utilizó como control. El ejercicio consistió en realizar la selección de color de un diente en un typodont. Cada grupo realizó el ejercicio 4 veces en un periodo de 9 semanas. Una lectura sobre selección de color fue realizada en la quinta semana del estudio entre los procedimientos de selección de color. Dentro de las limitaciones del estudio, los resultados de la selección de color con lámparas portátiles fueron significativamente mejores que los resultados obtenidos con el stand de observación. La utilización de filtros polarizadores no influyó el resultado de la selección de color. Los resultados promedio en la selección de color mejoraron significativamente después del entrenamiento y educación. La luz combinada con la educación y el entrenamiento, demostraron un aumento en la calidad de la selección de color<sup>7</sup>.

Para profundizar en el tema de la selección de color con el método fotográfico, Wee *et al.* llevaron a cabo un estudio con el propósito de evaluar la exactitud del color de varios modelos de calibración de 3 cámaras comerciales DSLR (Digital Single Lens Reflex) utilizadas en odontología y compararon la exactitud de la calibración con la de la configuración de medición de color. Se realizó la medición de los valores de CIELAB de 264 parches de color y 65 tabletas de guías de color con un espectroradiómetro, imágenes digitales de las muestras fueron tomadas con las cámaras Nikon D100, CanonD60 y Sigma SD9, 4 modelos de regresión fueron formulados de los valores de las imágenes digitales y CIELAB de los parches de color. Los valores de CIELAB de las tabletas se predijeron aplicando los valores de las imágenes digitales en los modelos de calibración y posteriormente comparándolos con los valores CIELAB medidos. Con esta investigación los autores pudieron concluir que cada una de las cámaras y modelos de regresión mostraron una diferencia estadísticamente significativa de la configuración de medición de color<sup>52</sup>.

Contrario a lo anteriormente expuesto, Carney *et al.* llevaron a cabo un trabajo de investigación con el fin de correlacionar datos RGB (red, green, blue) de la guía VITA Linearguide 3D Master y VITA Bleached Guide 3D Master con sus correlaciones espectroradiométricas a través de un modelo de regresión y además indicar una metodología para la validación de la precisión de los sistemas de imágenes digitales, y como objetivos adicionales proporcionar datos RGB resumidos y

determinar una relación entre luminosidad y valores RGB para estas guías de color. Imágenes digitales y mediciones de energía radiante fueron tomadas con una cámara Canon Rebel T3i con un Macro Ring Lite MR-14EX y un espectroradiómetro respectivamente para cada tableta de las guías. Datos RGB fueron extraídos utilizando Image J y comparadas con las mediciones espectroradiométricas. Una relación entre datos RGB y luminosidad de las tabletas de guías de color fue encontrada. Se desarrollaron modelos de regresión que permiten que la información del color del diente sea trasladada de imágenes digitales a una correlación precisa de las tabletas de guías de color con propósitos de selección de color en odontología. Esto permite una precisión de color óptima cuando se utilizan imágenes digitales para traducir la información de color y proporciona un método de validación de sistemas de imágenes digitales para la precisión del color<sup>51</sup>.

Por su parte, Jarad *et al.* realizaron una investigación con el objetivo de desarrollar un método de selección de color basado en imágenes digitales y comparar la habilidad de los observadores utilizando este método y el visual, empleando como patrón de oro un espectrofotómetro. Dos sets de guías de color VITA Lumin se usaron para realizar la selección de color entre ellas. Se implementó una cámara Nikon Coolpix 990 con un ring flash para la obtención de las imágenes digitales de las guías, que fueron procesadas utilizando Adobe Photoshop software. Diez observadores realizaron la selección de color de las imágenes digitales en una pantalla de computadora y también realizaron la selección a través del método visual. Además los valores CIELAB de las imágenes digitales obtenidos a través de Adobe Photoshop fueron relacionados con los valores CIELAB del espectrofotómetro. Los resultados demostraron para el método computarizado, diferencias estadísticamente mejores en comparación con el método visual, una diferencia estadísticamente significativa entre observadores en ambos métodos y una correlación estadísticamente significativa de los valores CIELAB con los métodos de medición de color. Los autores pudieron concluir que el desempeño en la toma de color mejoró con el método computarizado, hubo una amplia variación en la habilidad de la selección de color de los observadores y las cámaras digitales se pueden utilizar como medio para la medición del color<sup>44</sup>.

Complementando el tema, Tung *et al.* realizaron un estudio con el propósito de verificar la necesidad de personalizar el balance de blancos de la cámara digital para las fotografías de selección de color. Quince discos de cerámica de diferentes colores fueron fabricados y fotografiados con una cámara digital (Nikon D1, Tokio, Japón) con configuración automática (A) y personalizada (P) del balance de blancos, bajo una iluminación de un diodo emisor de luz (LED) y un ring flash. Los valores CIELAB de las imágenes fueron derivados del software Photoshop y sirvieron como guías de color digitales, para probar la validez un espectrofotómetro fue utilizado como patrón de oro para medir los valores CIELAB de cada disco de cerámica. En el estudio se pudieron encontrar coeficientes de correlación significativamente altos entre los valores del espectrofotómetro y las imágenes digitales tomadas con la configuración P del balance de blancos. La exactitud de la selección del color utilizando guías de color digitales mejoró significativamente cuando las fotografías fueron tomadas con el balance de blancos P y LED como iluminación. En conclusión, la confiabilidad de la selección de color con imágenes digitales es influenciada por la iluminación y la configuración del balance de blancos. Las guías de color digitales tomadas bajo luz LED y balance de blancos P demostraron potencial aplicable en el campo de la evaluación de color<sup>48</sup>.

En relación directa con la investigación anterior, Cal *et al.* investigaron la aplicabilidad de un software gráfico en el análisis de color y la confiabilidad de guías de color comerciales utilizando técnicas digitales. Tres guías de color del mismo fabricante fueron fotografiadas en luz de día y en ambiente de estudio, con una cámara digital y guardadas en formato de archivo de imagen etiquetado (TIFF). El análisis de color de cada fotografía se realizó utilizando Adobe Photoshop 4.0, luminosidad y valores RGB de cada tableta de las guías se midieron. Los resultados demostraron que los valores de luminosidad y RGB de las fotografías tomadas en luz de día difirieron significativamente de las tomadas en ambiente de estudio, en ambas condiciones los valores de las tabletas fueron significativamente diferentes. Se concluyó que bajo condiciones de ambiente controladas para la toma de fotografías, el programa Adobe Photoshop 4.0 podría ser utilizado para el análisis de color de imágenes, por otra parte, la exactitud del color de las tabletas de las guías de color ampliamente utilizadas para

selección de color debería ser revisada<sup>47</sup>.

Con respecto a la comparación de los métodos de selección de color, Schropp, evaluó la eficacia de fotografías digitales y un software gráfico para la selección de color en comparación con el método visual. Nueve examinadores realizaron la selección de color con la guía VITA 3D-Master, el procedimiento fue realizado a través del método visual y fotográfico. Se debía realizar la selección de color de 12 tabletas, cada una colocada de manera individual en una cabeza de maniquí. El tiempo dedicado a ambos métodos fue registrado. Un software gráfico fue utilizado para el análisis de color, los valores de matiz, croma y luminosidad fueron extraídos de las imágenes, de acuerdo al sistema de color CIE L\*C\*h, las diferencias de color entre las tabletas de la prueba y sus selecciones fueron calculadas. Los resultados arrojaron que 8 de 12 tabletas fueron seleccionadas correctamente por el método del software gráfico siendo significativamente mejor que los resultados del método visual y las fotografías, no existió correlación entre el tiempo dedicado y la frecuencia de selecciones correctas. Los autores pudieron concluir que la selección de color asistida por fotografías digitales y software gráfico fue significativamente más confiable que el método visual<sup>45</sup>.

Teniendo en cuenta los métodos visual e instrumental, Della Bona *et al.* pusieron a prueba la hipótesis que el acuerdo entre la selección visual del operador y la identificación instrumental es mayor utilizando la guía VITA 3D-Master que con la guía VITA Clásico. Tres poblaciones realizaron la selección de color: observadores no relacionados con la odontología realizaron la selección de color entre tabletas de las guías de color, estudiantes de odontología y odontólogos realizaron una selección de color in vivo de un incisivo central superior derecho natural. Todos los observadores (600) utilizaron ambas guías de color VITA 3D-Master y Clásica, en 2 condiciones de iluminación: luz blanca fluorescente fría y luz natural. Las guías de color y el diente natural fueron identificadas usando un espectrofotómetro intraoral (VITA Easyshade) para determinar el acuerdo instrumental y visual en la selección de color. Los dentistas demostraron el más alto porcentaje de acuerdo visual-instrumental para ambas condiciones de luz y guías de color, de esta manera rechazando la hipótesis<sup>36</sup>.

En otro estudio sobre ambos métodos, Gómez-Polo *et al.* evaluaron el acuerdo

entre la selección de color visual e instrumental. En esta investigación 1361 incisivos centrales superiores fueron empleados para la selección del color a través del método visual con la guía VITA 3D-Master y posteriormente comparados con la selección realizada por el espectrofotómetro VITA Easy-Shade Compact. En los resultados se observó una gran correlación entre los métodos en la dimensión de luminosidad (Kappa 0.6587), seguido por el matiz (Kappa 0.4337) y finalmente croma (Kappa 0.3578). El estudio reveló diferencias entre las mediciones de color del método visual e instrumental. De acuerdo a los resultados, la luminosidad o valor presentó el mejor acuerdo, la cual es la dimensión de color más importante para el ojo humano<sup>28</sup>.

Con un vínculo directo con el trabajo anterior, Pecho *et al.* realizaron un estudio para comparar los métodos visual e instrumental en la selección de color utilizando dos guías de color y 3 fórmulas de diferencia de color. Cien estudiantes de odontología (65 mujeres y 35 hombres) participaron en el estudio. La reflectancia espectral de 4 incisivos centrales superiores extraídos y las tabletas de color de las guías VITA Clásico y VITA 3D-Master fueron medidas con un espectralradiómetro y espectrofotómetro. Los estudiantes de odontología realizaron la selección de color a través del método visual utilizando ambas guías de color y bajo las mismas condiciones experimentales utilizadas para el espectralradiómetro. Fueron utilizadas tres diferencias métricas de color (CIELAB, CIEDE2000 (1:1:1) y CIE2000 (2:1:1)) para calcular la mejor selección de color del método instrumental basándose en la menor diferencia de color. Los resultados mostraron un porcentaje mayor de acuerdo entre métodos visual e instrumental cuando se usó el espectralradiómetro (25-75%) que con el espectrofotómetro (0-25%). El porcentaje de selección correcta para el método visual fue más consistente cuando se usó la guía VITA Clásico (22-35%) que la 3D (19-34%). El mejor desempeño se encontró utilizando la guía VITA Clásico y el espectralradiómetro, y el CIEDE2000 (2:1:1) demostró ser la fórmula de diferencia de color con mejor estimación para la percepción visual de estudiantes de odontología. Los autores pudieron concluir que ninguna fórmula de diferencia de color fue 100% eficiente, aun así, el uso de CIEDE2000 (2:1:1) y la guía VITA Clásico representó de manera más cercana la percepción visual de los estudiantes y se recomienda que la

selección de color instrumental sea siempre acompañada con la percepción visual experimentada<sup>62</sup>.

Para finalizar y relacionándose estrechamente con la presente investigación, Igiel *et al.* hicieron un estudio para evaluar la precisión intrasujeto y entre-sujetos de la selección de color a través del método visual e instrumental. Cuarenta individuos con percepción normal del color participaron en el estudio. El incisivo central superior derecho de un modelo de aprendizaje fue preparado y restaurado con 10 coronas cerámicas de distintos colores. La sesión de selección de color consistió en realizar visualmente la mejor selección utilizando las guías Vita Clásico y VITA Toothguide 3D Master, y el espectrofotómetro VITA Easyshade Advance intraoral para obtener las selecciones de ambas guías. Tres sesiones de selección de color fueron llevadas a cabo con 4 a 6 semanas entre ellas. Precisión intrasujeto fue evaluada basándose en el porcentaje de acuerdo del mismo observador en las 3 sesiones, mientras que la precisión entre-sujetos fue calculada como el porcentaje de acuerdo promedio entre diferentes observadores. Los resultados exhibieron una inconsistencia de moderada a alta para el método visual en comparaciones intra y entre sujetos. El espectrofotómetro mostró una precisión significativamente mejor comparada con el método visual en la selección de color<sup>9</sup>.

## **2.2 Bases conceptuales**

### **2.2.1 Color**

El fenómeno del color es una sensación psicofísica producida por el espectro de luz visible, que es una forma de energía electromagnética radiante, en el rango de longitudes de onda de 400 a 700 nm aproximadamente, que es capaz de estimular los foto-receptores (conos y bastones) situados en la retina, creando un impulso nervioso que es interpretado por el cerebro<sup>25</sup>.

### **2.2.2 Dimensiones del Color**

El pintor norteamericano Albert Henry Munsell desarrolló un método para expresar el color, basándose en tres dimensiones: matiz, croma y luminosidad,

denominado sistema de color de Munsell, con el propósito de proveer mayor objetividad para la comunicación del color<sup>21</sup>.

#### *2.2.2.1 Luminosidad o Valor*

Representa la cantidad de luz reflejada por un objeto, es decir, a mayor cantidad de luz reflejada por un objeto mayor será su luminosidad. Se puede definir también como la relativa claridad u oscuridad de un matiz. El rango del valor está limitado en su extremo superior por el blanco, siendo el color más claro posible, reflejando todas las longitudes de onda, en su extremo más bajo se encuentra el negro, color más oscuro, que no refleja ninguna longitud de onda, entre estos dos extremos se encuentra una escala de diferentes tonalidades de grises<sup>25,86</sup>.

#### *2.2.2.2 Croma*

El croma se define como el grado de saturación, intensidad, pureza o fuerza de la tonalidad (matiz). Si un objeto refleja mayores longitudes de onda de un matiz específico, mayor será el croma de ese matiz<sup>25</sup>. Contrario a la luminosidad que ocurre independientemente del matiz, el croma está únicamente presente cuando existe el matiz<sup>86</sup>. En la dentición natural puede variar dependiendo del área, ubicación del diente y edad del paciente<sup>25</sup>.

#### *2.2.2.3 Matiz*

El matiz corresponde al color como lo conocemos propiamente dicho, distingue una familia de color de otra, por ejemplo: violeta, azul, verde, amarillo, entre otros<sup>25</sup>. Es también descrito como la longitud de onda dominante en el espectro visible que proporciona el color percibido. El color base de la dentina determina primariamente el color del diente<sup>86</sup>, las variaciones de matices en la estructura dentaria son pequeñas, generalmente limitadas entre amarillo y rojo<sup>26</sup>.

### **2.2.3 Otras propiedades ópticas**

#### *2.2.3.1 Translucidez*

La translucidez es definida como un gradiente entre transparencia (completa transmisión de luz a través de un objeto) y opacidad (completa absorción y reflexión de luz). Se ha demostrado que la transmisión de luz del esmalte es dependiente de la longitud de onda que recibe, edad y estado de hidratación del diente<sup>86</sup>

### 2.2.3.2 *Opalescencia*

La opalescencia se basa principalmente en la reflexión de las longitudes de onda cortas y la transmisión de las longitudes de onda largas<sup>25</sup>. Esta característica se le atribuye al efecto dicróico del esmalte en los bordes incisales, que es causado por partículas dispersantes con dimensiones más pequeñas que las longitudes de onda de la iluminación implementada. Los cristales de mineral presentes en los prismas del esmalte (8µm largo - 4µm ancho) cumplen con estos requerimientos debido a que las subunidades de cristales de hidroxiapatita exhiben espesores de 25 a 40 nm y anchos de 40 a 90 nm<sup>86</sup>.

### 2.2.3.3 *Fluorescencia*

Este fenómeno ocurre a través de la absorción de fotones e inmediatamente la emisión espontánea de nuevos fotones con menor energía de los que fueron absorbidos previamente. La fluorescencia es percibida de mejor manera en la presencia de radiación ultravioleta (UV), especialmente en las ondas largas de UV (320-400 nm), popularmente conocida como luz negra. Los dientes son objetos naturalmente fluorescentes, debido a que la luz ultravioleta es absorbida fácilmente por especies luminiscentes presentes en la estructura dentaria como la pirimidina, el triptófano, tirosina, hidroxipiridina, piridinolina, ditrosina y un complejo de hidroxiapatita y piridinolina. El Esmalte y la dentina son tejidos fluorescentes, este último presentado 3 veces mayor fluorescencia que el primero, debido a su mayor contenido orgánico<sup>92</sup>. La fluorescencia provee de luminosidad y vitalidad adicionales al diente natural, características que también deben estar representadas en el material restaurador<sup>86</sup>.

## 2.2.4 **Métodos de selección de color**

Los métodos de selección de color en odontología para restauraciones directas e indirectas se pueden clasificar en dos categorías: visual e instrumental<sup>9</sup>.

### 2.2.4.1 *Método visual*

Es un procedimiento realizado por el clínico o técnico dental, que se lleva a cabo visualmente comparando el diente a reproducir con múltiples estándares que usualmente son representados como guías de color, presentando diferentes grados de luminosidad, croma y matiz según la casa fabricante. La selección de color realizada a



través de esta técnica es influenciada por la habilidad del operador que escoge la guía de color que más se asemeje al diente<sup>25</sup>. Históricamente el método visual se ha caracterizado por varias contratiempos como: metamerismo, iluminación y colores del ambiente, fatiga del operador, alteraciones en la visión y medicación que pueden alterar la percepción del color<sup>7,8,13</sup>.

#### 2.2.4.2 *Método instrumental*

Instrumentos para la selección de color se han introducido al mercado con la finalidad de reducir o superar las imperfecciones e inconsistencias de la selección de color a través del método visual, en los que podemos encontrar: espectrofotómetros, colorímetros y cámaras digitales<sup>1</sup>.

##### 2.2.4.2.1 Espectrofotómetros

Miden la cantidad de energía luminosa reflejada de un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro de luz visible. Un espectrofotómetro contiene una fuente de radiación óptica, un medio para dispersar la luz, un sistema óptico para medir, un detector y un medio que pueda convertir la luz captada en una señal que pueda ser analizada.

Los datos obtenidos a través de un espectrofotómetro deben ser manipulados y traducidos a una forma útil para su implementación en odontología, las mediciones obtenidas son frecuentemente relacionadas con guías de color, dando como resultado una selección específica de la guía. Estos equipos se encuentran entre los instrumentos más precisos, sin embargo, presentan como desventajas sus altos costos y errores de lectura en superficies curvas y translúcidas<sup>1</sup>.

##### 2.2.4.2.2 Colorímetros

Son dispositivos RGB, esto quiere decir que miden valores triestímulos y filtran la luz en las longitudes del rojo, verde y azul del espectro de luz visible. Los colorímetros no registran la reflectancia espectral y pueden ser menos precisos que los espectrofotómetros<sup>1</sup>.

#### 2.2.4.2.3 Cámaras digitales

Las imágenes digitales para uso en selección de color es un tema de interés y continuo desarrollo en el presente, debido a que las cámaras digitales son equipos de fácil uso, multipropósito, económicos y ampliamente disponibles. Estos dispositivos adquieren información RGB que es utilizada para crear una imagen a color, esta imagen obtenida es dependiente de la cámara utilizada, es por esto que se requiere de una calibración y ajustes apropiados para obtener una información precisa que sea de utilidad para el odontólogo y técnico<sup>1</sup>.

##### 2.2.4.2.3.1 Fotografía de polarización cruzada de reflexión

La luz posee tres propiedades características: color, brillo y polarización. Las dos primeras determinan lo que observamos a simple vista mientras la polarización es casi imposible de ver sin ayuda. La luz natural presenta ondas que vibran en múltiples direcciones, si estas ondas vibraran en una única dirección estaríamos en presencia de luz polarizada. Cuando la luz pasa a través de un filtro de polarización linear es convertida en luz polarizada linear<sup>93</sup>.

La técnica de fotografía de polarización cruzada utiliza 2 filtros de polarización linear, uno en el objetivo y otro en la fuente de luz (en este caso puede variar el numero dependiendo de la cantidad de fuentes de luz). Si los filtros son colocados paralelos entre sí, proveen alguna mejora en la visión de la superficie, pero no elimina esas zonas de alta reflexión de luz que es su función principal. Para lograr esto, los filtros deben formar un ángulo de 90° entre sí, formando planos de polarización perpendiculares o cruzadas, eliminando las zonas de reflexión especular, permitiendo la observación del color de la dentina de base y características sutiles del esmalte, proporcionando un mapa cromático con contraste natural<sup>93</sup>.

##### 2.2.4.2.3.2 Calibración y evaluación de imágenes digitales

Para la utilización correcta de imágenes digitales en la evaluación de color es necesario de una calibración de las imágenes obtenidas, que se puede realizar con la ayuda de una tarjeta de grises en la fotografía y programas (Photoshop o lightroom). Para realizar este proceso es necesario capturar las imágenes en formato RAW, que es

un formato crudo que no sufre ningún tipo de procesamiento por parte de la cámara, permitiendo la utilización de toda la información del color capturada<sup>49</sup>.

Durante el proceso de calibración de la imagen se utiliza la tarjeta de grises para ajustar el balance de blancos y la luminosidad de la imagen con los valores CIELab preestablecidos dependiendo de la tarjeta. Para la evaluación de color de la imagen ya calibrada, se pueden utilizar programas que nos permiten obtener los valores CIELab de zonas de la imagen como: Classic color meter, Digital color meter o Photoshop<sup>46,49</sup>. El primero nos permite poder adaptar la ventana de evaluación de la imagen a magnificaciones de mayor área pudiendo obtener una evaluación más exacta. De esta manera se pueden obtener los valores CIELab de las estructuras y realizar una evaluación con base en las fórmulas CIELab  $\Delta E$  y CIEDE2000, para facilitar esta tarea se puede utilizar el programa Jpereira que permite ingresar los valores CIELab de dos estructuras e inmediatamente calcular sus diferencias.

### 2.2.5 CIELab: $\Delta E^*_{ab}$ y CIEDE2000( $\Delta E^*_{00}$ )

El sistema de color  $L^* a^* b^*$  conocido como CIELab fue creado en 1976 por la Comisión Internacional de Iluminación (*Commission International l'Éclairage, CIE*) y es uno de los más utilizados en todas las áreas para la medición del color. En este espacio de color,  $L^*$  situado en el eje vertical del sistema, indica el valor o luminosidad (blanco/negro), mientras que  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (azul/amarillo) son coordenadas de croma y matiz.

Actualmente, existen diferentes fórmulas para calcular diferencias de color que proveen una representación cuantitativa de las diferencias de color percibidas entre dos objetos, entre ellas la más implementada es la fórmula derivada del sistema de CIELab  $\Delta E^*_{ab}$ <sup>66</sup>.

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

La diferencia de color puede ser expresada en un único valor numérico ( $\Delta E^*$ ) que indica la diferencia de color entre 2 objetos, pero no en qué dirección los colores son diferentes<sup>19</sup>. Mientras más alto sea el valor numérico de  $\Delta E^*$  más perceptible es la diferencia de color para el ojo humano.

Con el objetivo de mejorar las diferencias de color computarizadas y humanas, la CIE recomienda el uso de la fórmula de color CIEDE2000, que incorpora correcciones específicas para la no uniformidad del espacio de color CIELAB (las llamadas funciones de peso:  $S_L$ ,  $S_C$ ,  $S_H$ ), además de un término de rotación ( $R_T$ ) que se utiliza para la interacción de diferencias de croma y matiz en la región del azul y una modificación de la coordenada  $a^*$ , la cual afecta principalmente a colores con baja cromacidad (colores neutrales), junto a esto también se implementan factores paramétricos ( $K_L$ ,  $K_C$ ,  $K_H$ .) que toman en cuenta la influencia de la iluminación y condiciones de visión en la evaluación de la diferencia de color<sup>64</sup>

La diferencia de color entre dos objetos es de poco valor clínico y experimental sin una determinación de los umbrales perceptibilidad y aceptabilidad de diferencia de color del ojo humano.

#### *2.2.5.1 Umbrales de perceptibilidad y aceptabilidad del color en odontología*

La calidad de concordancia de color entre una restauración y un diente natural se relaciona en gran medida con la magnitud y dirección de la diferencia de color de las dos estructuras.

El umbral de perceptibilidad se refiere a la diferencia de color más pequeña que puede ser detectada por un observador. El umbral de perceptibilidad 50:50% tiene como base una situación en la cual 50% de los observadores notan una diferencia de color entre dos objetos mientras el otro 50% no notan diferencia alguna. De manera similar, el umbral de aceptabilidad se refiere a la diferencia de color que es perceptible pero que es aceptable estéticamente, es decir, el umbral de aceptabilidad 50:50% se basa en que 50% de los observadores considerarían que la restauración requiere una corrección del color, mientras que el otro 50% lo consideraría una diferencia de color aceptable<sup>94,95</sup>.

La interpretación de las diferencias de color entre la estructura dentaria y materiales restauradores para el umbral de perceptibilidad es  $\leq 0.8$  para la fórmula  $\Delta E_{00}$  y  $\leq 1.2$  para  $\Delta E_{ab}$ , en cuanto al umbral de aceptabilidad se encuentra en el rango  $>0.8$  y  $\leq 1.8$  para  $\Delta E_{00}$  y para  $\Delta E_{ab}$  entre  $>1.2$  y  $\leq 2.7$ <sup>95,96</sup>.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El presente estudio es de tipo comparativo, debido a que tiene como propósito describir las diferencias y similitudes que existen entre dos o más conceptos, categorías o variables<sup>97</sup>. En este estudio en particular, los métodos de selección de color visual y digital.

El diseño de la presente investigación es de campo, evolutivo, contemporáneo, unieventual no experimental<sup>97</sup>, debido a que se desarrollará en las condiciones habituales de práctica clínica, en el presente, haciendo selección de la muestra en varias ocasiones, de un mismo evento en este caso: la selección de color.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **3.2.1 Población**

La población es un conjunto de elementos, seres y eventos concordantes entre sí, en cuanto a una serie de características de las cuales se desea obtener alguna información<sup>97</sup>. En el presente estudio la población estuvo constituida por estudiantes de pregrado de cuarto año, quinto año y de postgrado (Maestría en Ciencias Odontológicas mención Restauradora y Estética y Rehabilitación Bucal) de la Facultad de Odontología de la Universidad de Los Andes.

##### **3.2.2 Muestra**

La muestra es un subgrupo de la población del cual se recolectarán los datos y debe ser representativa de la misma<sup>98</sup>. En este estudio, la muestra es probabilística simple y estuvo conformada por 35 estudiantes de pregrado y 15 estudiantes de postgrado (Rehabilitación Bucal y Maestría en Ciencias Odontológicas mención Restauradora y Estética) que se obtuvo por medio del procedimiento de números aleatorios en el

programa STATS<sup>®</sup>, a través de la utilización de listados de la Facultad de Odontología de los estudiantes de pregrado y postgrado.

### **3.3 Sistemas de variables**

Según los objetivos planteados en esta investigación, se tomaron en cuenta las variables cualitativas nominales: género, grado de instrucción (estudiantes de 4to año, 5to año y postgrado). La variable cuantitativa nominal: sesión de toma de color. Finalmente, las variables cuantitativas en escala numérica: selección de color método visual y digital.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En esta investigación se utilizó como técnica de recolección de datos la observación directa.

El instrumento de recolección de datos fue diseñado por el investigador para registrar información y datos sobre las variables de la investigación, en este caso, identificación, el grado de instrucción y género del operador, el número de sesión y la selección de color del método visual y digital (Apéndice A).

### **3.5 Procedimientos, materiales, equipos e instrumentos**

#### **3.5.1 Materiales, equipos e instrumentos**

En el presente estudio se utilizó la guía VITA (3D-Master<sup>®</sup>), lámparas (Ottlite<sup>®</sup>) y abrebocas para realizar la selección de color con el método visual. Además, se implementó la cámara fotográfica Nikon 3400 (Nikon<sup>®</sup>), lente macro 105 mm (Sigma<sup>®</sup>), flashes Nikon Speedlight SB-R200 (Nikon<sup>®</sup>), tarjeta de grises (WhiBal<sup>®</sup>), hojas polarizadas, filtro polarizador (amazon basics) y abrebocas para realizar la selección de color a través del método digital.

#### **3.5.2 Procedimiento**

Cada participante realizó la selección de color de un incisivo central superior izquierdo de un paciente de 25 años (paciente joven) y un paciente de 79 años (paciente adulto), sin historia de restauraciones, endodoncia o blanqueamiento en los últimos 6

meses. Se implementó el método visual y digital con la guía Vita 3D Master®, en 2 sesiones diferentes para cada método, con una separación de una semana entre cada una. Para evitar sesgos, el código de identificación de las guías fue cubierto y se personalizó con números aleatorios en cada sesión.

Todos los participantes recibieron una clase de color en odontología y se les aplicó la prueba de Ishihara para evaluar deficiencias en la visión del color.

#### *3.5.2.1 Descripción del método visual*

Cada participante realizó una comparación visual del incisivo central superior izquierdo de cada uno de los pacientes y las muestras de la guía de color (Vita 3D Master®). El criterio de selección estuvo dado por la tableta que más se asemejó al diente según la percepción visual del operador <sup>25</sup>.

En el momento de la selección de color los pacientes fueron sentados a la misma altura del operador, bajo una iluminación de 5000°K asistida por lámparas (Ottlite®) a 45 cm aproximadamente del paciente y permitiendo una geometría óptica de 45°/0°. Las prendas de vestir utilizadas por los pacientes fueron de color neutro y se sugirió evitar el uso de maquillaje para evitar contrastes. Las selecciones de color fueron realizadas con los retractores de labios colocados y se permitió su retiro entre cada uno de los participantes para evitar la deshidratación <sup>25</sup>.

A los operadores se les indicó que colocaran la tableta de la guía de color en el mismo plano vertical del diente para realizar la comparación visual de ambas estructuras, basándose en el tercio medio de la muestra de la guía de color y de la estructura dentaria en un tiempo no mayor a 15 segundos <sup>25</sup>.

#### *3.5.2.2 Descripción del método digital*

Un operador entrenado en el área realizó la toma de fotografías de polarización cruzada de reflexión con la cámara fotográfica Nikon 3400, Flashes Nikon Speedlight SB-R200 con hojas polarizadas y lente macro Sigma 105 mm con filtro polarizador (Amazon basics), con los siguientes parámetros:

- 1.- Configuración manual.
- 2.- Velocidad de obturación de 1/125.
- 3.- ISO 100.

- 4.- Diafragma F32.
- 5.- Balance de blancos en modo flash.
- 6.- Espacio de color AdobeRGB.
- 7.- Formato RAW.
- 8.- Potencia flash 1/1 y angulación de 45°.
- 9.- Magnificación 1:2.

Se realizó una fotografía de cada una de las muestras de la guía de color (Vita 3D Master®) junto a la tarjeta de grises (WhiBal®) en el mismo plano vertical, en intervalos de un minuto, para permitir la recarga del flash.

Igualmente, se realizó una fotografía enfocándose en el incisivo central superior izquierdo de los dos pacientes con la tarjeta de referencia (WhiBal®) en el mismo plano vertical del diente.

Esta serie de fotografías se realizaron para cada una de las sesiones, es decir, fueron realizadas dos veces.

Luego de obtenidas las fotografías se realizó el revelado digital para calibrar las imágenes en Camera RAW de Adobe Photoshop® CC 2014 (Adobe). Con la herramienta de balance de blancos se procedió a calibrar la imagen haciendo click sobre la tarjeta de referencia (WhiBal®), visualizando que las coordenadas a y b de CIELab marquen 0, después con la herramienta muestra de color se realizó nuevamente click sobre la tarjeta de referencia para ajustar el valor de L de CIELab que debió marcar 75/76 si no fue así, este pudo ser ajustado utilizando la opción de exposición.

Una vez realizada la calibración de las imágenes, cada una de las fotografías de las muestras de la guía de color fue recortada y ordenada para crear una guía de color digital.

A continuación, todas las muestras fueron colocadas en el programa Keynote (Apple) en un fondo gris neutro, con identificación y orden aleatorio, junto a las fotografías de los pacientes para realizar una toma de color digital con ayuda del programa Classic color meter (Ricci Adams) y Delta E calculator (José Pereira), de la siguiente manera:



1. Los participantes pudieron realizar una comparación visual, entre las muestras digitales y el incisivo central superior izquierdo de los pacientes.
2. Se realizó una evaluación de los valores CIELab seleccionando el tercio medio de las muestras y el tercio medio de las estructuras dentarias a través del programa Classic color meter, con una magnificación de 1x, una vez obtenidos estos datos fueron registrados en el programa Delta E calculator. De este modo se realizó la selección de color basándose en el delta E más bajo que se encontró entre las muestras y las estructuras dentarias.

### **3.6 Análisis de resultados**

Los resultados se evaluaron a través del instrumento de selección de color (Apéndice A) que realizaron los estudiantes, donde a través de la estadística descriptiva se determinó la media aritmética, la desviación estándar, la gran media, el error típico y los intervalos de confianza del 95% de las selecciones de color realizadas a través del método visual y digital, así como también se llevó a cabo un análisis de anova multivariado en 3 niveles (género, grado de instrucción y sesión de toma de color) con un nivel de significancia de  $P < 0,05$  todo esto a través del programa IBM SPSS Statistics 19. Conjuntamente, para determinar la precisión de los métodos visual y digital se realizó un análisis Kappa multiobservador de márgenes libres a través del programa Online Kappa Calculator. Para finalizar se realizó un análisis comparando el acuerdo entre la tres selecciones más populares realizadas a través de los dos métodos. Todos los análisis se realizaron por separado para cada uno de los pacientes (joven y adulto).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Presentación de los resultados

Los datos se almacenaron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft) para posteriormente ser procesados en el paquete estadístico SPSS 19 y Online Kappa Calculator.

Las coordenadas de color (CIE L\*, a\*, b\*, C\*, h\*)  $\Delta E^*_{ab}$  y  $\Delta E^*_{00}$  de los dos incisivos centrales superiores izquierdo del paciente joven (IJ) y paciente adulto (IA) medidos a través del método digital están representados en la tabla 1, donde se pueden apreciar las diferencias de luminosidad, cromacidad y matiz entre las dos estructuras evidenciadas por el  $\Delta E^*_{ab}$  de 8.66 y  $\Delta E^*_{00}$  de 6.38 mayores a los umbrales de aceptabilidad.

El IJ representa una estructura dentaria de mayor luminosidad y menor cromacidad con respecto al IA que muestra una menor luminosidad y mayor cromacidad, consiguiéndose un mayor contraste de las dimensiones del color abarcando diferentes niveles de luminosidad y cromacidad.

**Tabla 1.** Valores CIELab y  $\Delta E^*_{ab}$   $\Delta E^*_{00}$  paciente joven y adulto

Método Digital	L*	a*	b*	C*	h*	$\Delta E^*_{ab}$	$\Delta E^*_{00}$
Paciente Joven	74,37 ± 0,24	5,62 ± 0,09	15,70 ± 0,39	15.81	71.57	8.66	6.38
Paciente Adulto	67,81 ± 0,19	4,24 ± 0,27	20,86 ± 0,12	20.4	78.69		

#### 4.1.1 Estadística Descriptiva

A través de la estadística descriptiva, se obtuvieron las medidas de tendencia central y dispersión que en el presente estudio fueron media aritmética y desviación estándar respectivamente. En las tablas 2 y 3, se pueden observar las medias aritméticas y desviaciones estándar de los valores  $\Delta E^*ab$  de los métodos visual y digital en las dos tomas y promedio general.

Los promedios generales de la media aritmética y desviación estándar del método visual fueron las siguientes: 4,6436 y 2,4474 respectivamente en el IJ, mientras que en el IA fueron de 6,4895 y 3,0669 respectivamente.

Para el método digital los valores fueron de 3,3502 y 0,9853 para los promedios de media aritmética y desviación estándar en el IJ, mientras que en el IA fueron de 1,7114 y 1,5925 respectivamente.

**Tabla 2.** Estadística descriptiva Método visual

<b>Estadística descriptiva</b>				
<b>Método Visual</b>				
Paciente	Sesión	Media aritmética	Desviación estándar	N
Joven	Toma 1	4,574	2,6624	50
	Toma 2	4,7132	2,2368	50
	General	4,6436	2,4474	100
Adulto	Toma 1	6,2138	3,4058	50
	Toma2	6,7652	2,6924	50
	General	6,4895	3,0669	100

**Tabla 3.** Estadística descriptiva Método digital

<b>Estadística descriptiva</b>				
<b>Método digital</b>				
Paciente	Sesión	Media aritmética	Desviación estándar	N
Joven	Toma 1	3,5164	1,3778	50
	Toma 2	3,184	0,08221	50
	General	3,3502	0,9853	100
Adulto	Toma 1	2,0042	1,8337	50
	Toma 2	1,4186	1,2595	50
	General	1,7114	1,5925	100

En las tablas 4 y 5 se muestran la gran media de los valores  $\Delta E^{*ab}$  de los métodos visual y digital para cada uno de los pacientes con los valores de la media, el error típico y los intervalos de confianza del 95%.

Para el método visual la media fue de 4,833 con un error típico de 0.425 e intervalos de confianza entre 3,988 – 5,678 para el IJ, mientras que para el IA los valores fueron de 7,71 para la media, 0,514 para el error típico y 6,69 – 8,731 para los intervalos de confianza.

Así mismo, para el método digital en el IJ el valor de la media fue de 3,422 con un error típico de 0,172 y los intervalos de confianza entre 3,08 – 3,764; en el IA los

valores fueron de 1,719 para la media, 0,268 para el error típico y 1,186 – 2,251 para los intervalos de confianza. Entre los valores presentados resaltan los intervalos de confianza que para el método visual demostraron un rango más amplio que para el método digital en el que el rango fue más reducido.

**Tabla 4.** Gran media Método visual

<b>Gran media</b>				
<b>Método visual</b>				
Paciente	Media	Error típico	Intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Joven	4,833	0,425	3,988	5,678
Adulto	7,71	0,514	6,69	8,731

**Tabla 5.** Gran media Método digital

<b>Gran media</b>				
<b>Método digital</b>				
Paciente	Media	Error típico	Intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Joven	3,422	0,172	3,08	3,764
Adulto	1,719	0,268	1,186	2,251

En la tabla 6 se puede observar la media aritmética, desviación y error estándar de la media, de los valores  $\Delta E^*_{ab}$  y  $\Delta E^*_{00}$  de las imágenes de las guías implementadas en las dos tomas de color realizadas a través del método digital.

El valor resultante para la media de  $\Delta E^*_{ab}$  comparando el set de fotografías de las guías de la primera sesión con el set de la segunda sesión, fue de 0,6145, con una desviación de 0,59839 y error estándar de 0,11112.

En cuanto a los valores de  $\Delta E^*_{00}$  fueron los siguientes 0,4869 para la media, 0,46352 para la desviación y 0,08607 para el error estándar.

**Tabla 6.** Media aritmética, desviación y error estándar.  $\Delta E^*_{ab}$  y  $\Delta E^*_{00}$  set de guías digitales

	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>N</b>
$\Delta E^*_{ab}$	0,6145	0,59839	0,11112	29
$\Delta E^*_{00}$	0,4869	0,46352	0,08607	29

#### **4.1.2 Prueba de los efectos-intersujetos**

Se realizó una prueba de Anova multivariado para las variables dependientes método visual y digital con 3 niveles de variables independientes tales como género, grado de instrucción y sesión de toma de color para cada uno de los pacientes.

En las tablas 7 y 8 se pueden observar los resultados para ambos pacientes. Cabe destacar que, tal y como se evidencia en los datos obtenidos, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ), excepto en la intersección de ambos métodos ( $P = 0$ ) donde se evidencia la diferencia en las selecciones de color realizadas con el método visual y digital.

**Tabla 7.** Pruebas de los efectos inter-sujetos

<b>Pruebas de los efectos inter-sujetos</b>							
<b>Paciente</b>	<b>Origen</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Suma de Cuadrados tipo III</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Joven	Intersección	Método visual	767,804	1	767,804	129,25	0
		Método digital	384,973	1	384,973	395,69	0
	Género	Método visual	3,081	1	3,081	0,519	0,473
		Método digital	1,086	1	1,086	1,116	0,294
	Grado de instrucción	Método visual	17,117	2	8,559	1,441	0,242
		Método digital	1,856	2	0,928	0,954	0,389
	Sesión	Método visual	1,584	1	1,584	0,267	0,607
		Método digital	1,489	1	1,489	1,531	0,219

**Tabla 8.** Pruebas de los efectos inter-sujetos

<b>Pruebas de los efectos inter-sujetos</b>							
<b>Paciente</b>	<b>Origen</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Suma de Cuadrados tipo III</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Adulto	Intersección	Método visual	1954,026	1	1954,026	225,317	0
		Método digital	97,078	1	97,078	41,109	0
	Género	Método visual	9,178	1	9,178	1,058	0,306
		Método digital	1,747	1	1,747	0,74	0,392
	Grado de instrucción	Método visual	24,027	2	12,013	1,385	0,256
		Método digital	14,158	2	7,079	2,998	0,055
	Sesión	Método visual	0,716	1	0,716	0,083	0,775
		Método digital	0,001	1	0,001	0	0,984

### 4.1.3 Kappa multi-observador de márgenes libres (Multirater $k_{free}$ )

Se realizó una prueba Kappa multi-observador de márgenes libres para evaluar la precisión de los métodos visual y digital en la selección de color. En la estadística kappa los valores se pueden encontrar entre 1 y -1; valores entre 0 y 1 indican un acuerdo mejor que el previsto por el azar, el valor 0 demuestra el nivel de acuerdo que puede ser esperado por el azar y, valores entre 0 y -1 indican niveles de acuerdo menores de los esperados por el azar. En las tablas 9 y 10 pueden apreciarse los valores kappa junto con los intervalos de confianza (IC) del 95% para los métodos y cada uno de los pacientes. El valor de kappa más alto fue encontrado en el método digital para el IJ con un kappa de 0.77 y un IC de 0.68 – 0.86, seguido también por el método digital en el IA con un valor de 0.39 e IC de 0.18 – 0.60. En el método visual fueron encontrados los valores más bajos con un kappa de 0.13 e IC de 0.10 – 0.16 para el IJ y de 0.05 e IC 0.03 – 0.08 para el IA.

**Tabla 9.** Multirater  $k_{free}$  Método visual

<b>Multirater <math>k_{free}</math></b>		
<b>Método visual</b>		
Paciente	Kappa	IC95
Joven	0.13	0.10, 0.16
Adulto	0.05	0.03, 0.08

**Tabla 10.** Multirater  $k_{free}$  Método digital

<b>Multirater <math>k_{free}</math></b>		
<b>Método digital</b>		
Paciente	Kappa	IC95
Joven	0.77	0.68 - 0.86
Adulto	0.39	0.18 - 0.60



A través del programa Online Kappa Calculator también se obtuvieron los porcentajes de acuerdo general para los métodos y cada uno de los pacientes, los resultados se observan en las tablas 11 y 12. Los mayores porcentajes de acuerdo general se registraron en el método digital con un 81.14% y 45.63% para el IJ y el IA respectivamente. Los porcentajes más bajos fueron los del método visual con un 17.80% y 10.86% para el IJ y el IA respectivamente.

**Tabla 11.** Porcentaje de acuerdo general Método visual

<b>Método visual</b>	
Paciente	Porcentaje de acuerdo general
Joven	17.80%
Adulto	10.86%

**Tabla 12.** Porcentaje de acuerdo general Método digital

<b>Método digital</b>	
Paciente	Porcentaje de acuerdo general
Joven	81.14%
Adulto	45.63%

#### **4.1.4 Acuerdo entre los métodos**

Para finalizar, en la tabla 13 se muestran las tres selecciones más populares para el método visual y digital de ambos pacientes; así como también, se pueden observar sus porcentajes de selección y el  $\Delta E_{ab}$  obtenido a través del método digital. Para el IJ la selección más popular estuvo en acuerdo para ambos métodos, 1M2, con un porcentaje de acuerdo del 37% para el visual y del 90% para el digital con un  $\Delta E_{ab}$  3.16, del mismo modo la segunda selección también estuvo en concordancia para ambos métodos 2M2 con un  $\Delta E_{ab}$  3.6. Estas dos guías seleccionadas mostraron los  $\Delta E_{ab}$  más bajos posibles

de la guía Vita 3D Master, aunque se encuentran por encima del umbral de aceptabilidad  $>2.7$ .

Para el IA las selecciones más populares no tuvieron acuerdo entre sí, solo la primera selección del método visual tuvo coincidencia con la tercera del método digital. Sin embargo, es necesario destacar que las dos primeras selecciones del método digital se encuentran por debajo de los umbrales de diferencia de color.

La primera selección tuvo un  $\Delta E_{ab}$  0.5, incluso menor que el umbral de perceptibilidad  $\leq 1.2$  y la segunda selección tuvo un  $\Delta E_{ab}$  1.70 dentro del umbral de aceptabilidad  $\leq 2.7$ , siendo esto la posible causa por la cual no se observó una guía de color que predomine claramente.

**Tabla 13.** Selecciones más populares para el método visual y digital

Paciente	Método	1ra Elección			2da Elección			3ra Elección		
		3DM	%	$\Delta E^*_{ab}$	3DM	%	$\Delta E^*_{ab}$	3DM	%	$\Delta E^*_{ab}$
Joven	Visual	1M2	37%	3.16	2M2	16%	$3.6 \pm 0.19$	2R1.5	14%	$4.29 \pm 0.24$
	Digital	1M2	90%	3.16	2M2	6%	$3.6 \pm 0.19$	—	—	—
Adulto	Visual	3L2.5	21%	$5.17 \pm 0.42$	4M2	18%	$5.69 \pm 0.43$	3M3	11%	8.25
	Digital	3M2	64%	$0.5 \pm 0.70$	3L1.5	21%	$1.70 \pm 0.41$	3L2.5	5%	$5.17 \pm 0.42$

3DM: Selección Vita 3D Master

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

El color ha sido un tema de constante investigación en la evolución de la odontología, debido a la complejidad del fenómeno del color, que implica una relación profunda entre la radiación electromagnética (física), la estructura del material con el que interactúa (química) y la capacidad de ser sensibles ante esa interacción, que lo proporciona la visión (biología). Conjuntamente, debemos tener en cuenta el aumento en exigencia que ha tenido la odontología restauradora en las últimas décadas y la constante evolución en materiales restauradores.

Los métodos de selección de color se clasifican en visual e instrumental, el primero descrito como subjetivo y el segundo como un método objetivo<sup>1</sup>. Sin embargo, hoy en día el método visual sigue siendo el más implementado en odontología. Dentro del método instrumental podemos encontrar el uso de cámaras digitales, herramientas fundamentales en la odontología contemporánea que, en conjunto con el uso de programas, permiten realizar mediciones de color con las que se puede obtener información sobre coordenadas CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ ) y de esta manera calcular los  $\Delta E$  para las diferencias de percepción de color<sup>52,53,56</sup>.

Para la obtención de imágenes digitales con características más apropiadas para evaluar el color, se ha propuesto la implementación del principio de polarización cruzada que permite la obtención de imágenes sin la influencia de las zonas de alta reflexión de luz que proporciona el flash, pudiéndose visualizar de manera más exacta la luminosidad, cromacidad, translucidez y zonas resaltantes (hipocalcificaciones, líneas de fractura, opalescencia) que pueda presentar la estructura dentaria<sup>40,41,53,56,86,98</sup>. Al mismo tiempo se ha descrito la utilización de tarjetas de grises en las fotografías para realizar un revelado digital, calibrando el balance de blancos y la exposición, para obtener imágenes mucho más exactas en cuanto a la reproducción del color<sup>52,53,56,99</sup>.

En el presente estudio se comparó el desempeño del método visual con respecto al método digital. El cual consistió en el empleo de fotografías de polarización cruzada junto a una tarjeta de grises, realizando un revelado digital para la calibración de las imágenes con la extensión camera RAW de Photoshop, seguido de la obtención de las coordenadas CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) a través del programa Classic Color Meter y finalmente la evaluación de los  $\Delta E$  y la obtención de los valores  $C^*$ ,  $h^*$  en el programa  $\Delta E$  Calculator para realizar las selecciones de color. La técnica empleada es similar a la descrita por varios autores para realizar selección, evaluación, comunicación y reproducción de color<sup>53,56</sup>, además de algunos otros que la han empleado como herramienta de evaluación experimental<sup>60,100</sup>.

Se consideraron como observadores a estudiantes, con base en los resultados obtenidos en un estudio reciente multicentro sobre umbrales de diferencia de color que compararon los umbrales 50:50% de perceptibilidad (UP) y aceptabilidad (UA) con las fórmulas CIELab y CIEDE2000(1:1:1) para diferentes observadores (odontólogos, estudiantes de odontología, técnicos dentales, asistentes y personas comunes) donde los resultados obtenidos para los estudiantes (UP:  $\Delta E^*_{ab}= 1.14$  y  $\Delta E^*_{00}= 0.76$ , UA:  $\Delta E^*_{ab}= 2.65$  y  $\Delta E^*_{00}= 1.76$ ) no fueron significativamente diferentes de los resultados generales (UP:  $\Delta E^*_{ab}= 1.22$  y  $\Delta E^*_{00}= 0.81$ , UA:  $\Delta E^*_{ab}= 2.66$  y  $\Delta E^*_{00}= 1.77$ )<sup>96</sup>.

Los dos pacientes en los que se realizaron las selecciones de color fueron escogidos para representar dientes con diferentes características de color. El incisivo central superior izquierdo del paciente joven (Incisivo joven) representa los dientes jóvenes con mayor luminosidad y menor cromacidad ( $L^*=74,551$ ,  $a^*=5,565$ ,  $b^*=15,989$ ,  $C^*=15.81$ ,  $h^*=71.57$ ) y el incisivo central superior izquierdo del paciente adulto (Incisivo Adulto) representa los dientes adultos con menor luminosidad y mayor cromacidad ( $L^*=67,678$ ,  $a^*=4,441$ ,  $b^*=20,957$ ,  $C^*=20.4$ ,  $h^*=78.69$ ) y de este modo tratar de abarcar las diferentes dimensiones de color que puede presentar la estructura dentaria.

El método visual se desarrolló con la ayuda de la guía VITA 3D-Master (3D), en la cual el ordenamiento de sus tabletas está basado en la evidencia científica y presenta un menor error de cobertura, que es el promedio mínimo de diferencia de color ( $\Delta E_{min}$ )

entre especímenes de diferentes grupos y representa un parámetro para comparar el rango de color de los dientes humanos con las guías de color<sup>37,101,102</sup>.

Las selecciones de color realizadas a través del método visual mostraron mayores valores en las medidas de tendencia central y dispersión, lo que se puede traducir en menor precisión y una posible menor exactitud por parte del método, como se puede observar en la media aritmética, desviación estándar (DE) y en los límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95% (IC). En el incisivo joven los resultados fueron en promedio 4,6436 media aritmética, 2,4474 DE y los IC 3,988 – 5,678, mientras en el incisivo adulto fueron 6,4895 media aritmética, 3,0669 DE y los IC 6,69 – 8,731. Estos resultados coinciden con un estudio previo<sup>9</sup>, que también reportó elevadas desviaciones estándar en el método visual lo que podría demostrar las inconsistencias en el método.

En las pruebas de los efectos inter-sujetos se encontró diferencia significativa en la intersección de los métodos visual-digital para ambos incisivos, evidenciando las diferencias en las selecciones de color realizadas por cada uno de los métodos en los dos pacientes. Estos resultados están en concordancia con estudios previos donde el uso de fotografías digitales en la selección de color mostró mejores resultados que el método visual<sup>44,45</sup>.

Los valores promedio de  $\Delta E^*_{ab}$  y  $\Delta E^*_{00}$  general, comparando cada una de las tabletas con su homóloga de los dos set de guías digitales que se implementaron para cada una de las sesiones a través del método digital estuvieron por debajo del umbral de perceptibilidad ( $\Delta E^*_{ab} = 0.6$ ,  $\Delta E^*_{00} = 0.4$ ), garantizando de esta manera la estandarización por parte de la técnica implementada en el presente estudio.

Los resultados  $\Delta E^*_{ab}$  del método digital están en concordancia con un estudio<sup>103</sup> en el cual se utilizó como método instrumental un espectrofotómetro (SpectroShade 2.15, MHT) y se obtuvo un alto grado de estandarización entre las lecturas con un  $\Delta E^*_{ab} = 0.48$ . Sin embargo, en una investigación<sup>81</sup> donde se emplearon un espectrofotómetro y un colorímetro (VITA EasyShade, VITA Zahnfabrik y ShadeEye NCC, Shofu Dental) los  $\Delta E^*_{ab}$  de las dos tomas realizadas con el mismo instrumento fueron ShadeEye NCC  $\Delta E^*_{ab} = 3.40$  y Vita EasyShade  $\Delta E^*_{ab} = 3.31$  resultados que

sobrepasan incluso el umbral de aceptabilidad lo que es resaltante. Los autores atribuyeron una parte de estos resultados a la diferencias que podían tener los dientes (extraídos) en morfología de superficie, convexidad y principalmente al espesor y opacidad del esmalte. También acotaron que variaciones pequeñas en el reposicionamiento del instrumento pueden haber contribuido en las inconsistencias del método.

Los valores kappa para precisión entre-operadores fueron clasificados de la siguiente manera: de 0.20 a 0.40 justo, de 0.40 a 0.75 intermedio a bueno y de 0.75 en adelante como excelente, la misma clasificación que fue empleada en una investigación relacionada<sup>9</sup>. Los análisis para el método visual revelaron valores por debajo de los justos (0.13 incisivo joven, 0.05 incisivo adulto) indicando que el acuerdo entre operadores con el método visual es inconsistente, como también lo demuestra una investigación similar<sup>9</sup> donde el kappa promedio para el método visual utilizando 3D, fue de 0.23 demostrando una precisión justa.

El método digital demostró una precisión excelente 0.77 para el incisivo joven y justa 0.39 para el incisivo adulto, concordando con la investigación anteriormente mencionada donde el promedio de kappa fue excelente 0.85 utilizando 3D, aunque en este caso se utilizó un espectrofotómetro como método instrumental<sup>9</sup>. Los valores de menor precisión para el incisivo adulto pueden ser consecuencia de la elevada elección de dos guías de color que estaban por debajo de los umbrales de diferencia de color y por ello no hubo una guía que destacara, siendo el 85% del total de las selecciones (3M2= 64% y 3L1.5= 21%).

Por otra parte, los porcentajes de acuerdo general en la presente investigación fueron menores para el método visual presentando porcentajes del 17.80% en el incisivo joven y del 10.86% en el incisivo adulto, estos valores fueron mayores con el método digital con porcentajes del 81.14% en el incisivo joven y 45.63% para el incisivo adulto. Este menor porcentaje en el incisivo adulto como se dijo anteriormente puede ser atribuido a que existían dos tabletas que se encontraban por debajo del umbral de diferencia de color, haciendo más compleja la selección para esta estructura dentaria.

Estos resultados están en relación con investigaciones previas que demuestran la mayor precisión del método instrumental comparándolo con el método visual<sup>9,73,74</sup>.

Con respecto al acuerdo entre los métodos donde se incluyeron las tres selecciones más populares para cada uno, se observó que en el incisivo joven hubo acuerdo entre los métodos para la primera selección 1M2 visual (37%), digital (90%), y segunda selección 2M2 visual (16%), digital (6%). Para el incisivo adulto no hubo acuerdo entre los métodos en las selecciones más populares, solo hubo coincidencia entre la primera selección del método visual y la tercera del método digital.

La concordancia de las selecciones de color más populares entre los métodos para el incisivo joven representa la posible aplicabilidad clínica y experimental para el método digital, que podría ofrecer una correspondencia entre el método visual e instrumental, representando esto el objetivo principal en la evaluación de color.

Este acuerdo entre los métodos en el presente estudio contrasta con una investigación previa<sup>62</sup>, donde se realizaron los mismos acuerdos entre las selecciones de color visual e instrumental (espectrofotómetro y espectroradiómetro) en cuatro incisivos centrales extraídos, en donde no se encontró un acuerdo significativo entre las selecciones más populares del método visual y el espectrofotómetro, que es el equipo electrónico de medición de color normalmente utilizado en el ámbito clínico.

Los resultados demostraron menor acuerdo entre los métodos visual y digital para el incisivo adulto, esto puede estar relacionado con una mayor dificultad para la selección de color en dientes con mayor cromacidad y menor luminosidad (oscuros), concordando con un estudio previo<sup>9</sup> que reportó mejores resultados para selecciones de color en coronas cerámicas cuando se implementaron tabletas luminosas en comparación con las tabletas oscuras y con otra investigación<sup>28</sup> que mostró mejores porcentajes de acuerdo entre el método visual e instrumental en la coordenada de luminosidad seguido por matiz y croma.

Aunque se haya registrado un menor acuerdo en el incisivo adulto, una de las ventajas que presenta el método digital es que se pueden obtener las coordenadas de color CIELab incluyendo los  $\Delta E$  y las dos primeras selecciones a través del método digital para el incisivo adulto estuvieron por debajo de los umbrales de diferencia de

color, la primera selección 3M2 (64%) tuvo un  $\Delta E^*_{ab} = 0.5$  ( $\leq 1.2$  UP) y la segunda selección 3L1.5 (21%) tuvo un  $\Delta E^*_{ab} = 1.70$  ( $> 1.2 - \leq 2.7$  UA), con lo cual guiándose en estos resultados se podría obtener una mejor reproducción del color.

Los resultados de la presente investigación sugieren que puede existir una mayor precisión y acuerdo para ambos métodos cuando se realiza la selección de color en dientes de alta luminosidad y baja cromacidad. Sin embargo, la precisión y el acuerdo disminuyen ante la presencia de dientes con mayor cromacidad y menor luminosidad (oscuros) aumentando la complejidad para la selección, evaluación y reproducción del color. Así mismo, el método digital puede surgir como una herramienta útil en caso de dientes con estas características, pudiendo mostrarle al operador las diferencias cuantitativas y al mismo tiempo las diferencias visuales a través de una imagen calibrada.

La baja precisión y mayor dispersión obtenida a través del método visual, pudo estar influenciada por la 3D que no se empleó con su ordenamiento de luminosidad, croma y matiz, teniendo que cubrir sus identificaciones y emplearlas sin orden para evitar sesgos en las diferentes sesiones de toma de color. Además, el mayor número de tabletas (26) que presenta la 3D puede influir de manera negativa al representar más tiempo y más opciones al momento de la selección de color; por estas razones la guía vita clásico ha demostrado mejores resultados en un estudio<sup>62</sup> al poseer menor cantidad de tabletas (16).

Conjuntamente, se ha demostrado que el rango de color de los dientes humanos no está adecuadamente representado en las guías de color de la actualidad<sup>39</sup>. Para el incisivo adulto las dos selecciones más populares se encontraron por debajo de los umbrales de diferencia de color ( $3M2 = 0.5 \leq 1.2$  UP y  $3L1.5 = 1.70 \leq 2.7$  UA). Sin embargo, para el incisivo joven la tableta más cercana no estuvo por debajo de los umbrales de diferencia de color ( $1M2 = 3.16 > 2.7$  UA) reforzando lo anteriormente descrito en cuanto a la ineficacia de las guías de color.

Tradicionalmente, la investigación sobre color en odontología implementa la fórmula de diferencia de color  $\Delta E^*_{ab}$  derivada del espacio CIELab, la cual utiliza las distancias Euclidianas para medir las distancias dentro de un espacio y asume que todos



los factores dentro del espacio CIELab poseen la misma importancia<sup>104</sup>. Estudios previos sobre umbrales de diferencia de color sugieren discrepancias en sensibilidad a la luminosidad ( $L^*$ ) y a los ejes rojo-verde ( $a^*$ ), y amarillo-azul ( $b^*$ ) en el espacio de color CIELab<sup>105-107</sup>, por lo cual estudios<sup>62,63,108</sup> recomiendan el uso de CIEDE2000 para proveer mejores indicadores de perceptibilidad y aceptabilidad en las diferencias de color de las estructuras dentarias.

El desempeño de estas fórmulas de diferencia de color depende del acuerdo que tengan con la experiencia visual, es por ello que investigaciones anteriores han reportado mejores resultados cuando se implementa la fórmula CIEDE2000(2:1:1)<sup>62,104</sup>.

En el presente estudio se utilizó la fórmula  $\Delta E^*_{ab}$  para las selecciones de color, con la cual se obtuvo un acuerdo entre las selecciones más populares de los métodos visual-digital en el incisivo joven y solo un acuerdo entre la primera selección del método visual y la tercera del digital en el incisivo adulto. Sin embargo, en una investigación anterior<sup>62</sup> en la que se emplearon tres fórmulas de diferencia de color ( $\Delta E^*_{ab}$ , CIEDE2000 1:1:1 y CIEDE2000 2:1:1) se encontraron los mejores acuerdos entre el método visual e instrumental cuando se implementó la fórmula CIEDE2000 (2:1:1), por lo que para futuras investigaciones se recomienda la implementación de las fórmulas CIEDE2000 para comparar el acuerdo entre los métodos.

Los resultados de las distintas investigaciones que comparan los métodos visual e instrumental son controversiales. La mayoría de los estudios afirman que el método instrumental muestra mejores resultados que el método visual<sup>9,18,72,102,108</sup>, generalmente implementando espectrofotómetros y colorímetros. Sin embargo, en otras investigaciones se puede encontrar que el método visual ha alcanzado resultados iguales o mejores que el método instrumental<sup>18,82</sup>.

En un estudio<sup>82</sup> donde se compararon tres instrumentos de medición y tres observadores, el método visual (40.2%) mostró mayor correlación promedio que el método instrumental (28.6%). Así mismo, en otro estudio<sup>18</sup> donde se comparó el método visual (estudiantes entrenados y no entrenados sobre color) con el método instrumental (espectrofotómetro VITA Easy Shade, VITA Zahnfabrik) y utilizando

como referencia de comparación una biblioteca de valores CIELab de la guía de color implementada obtenidos a través de otro espectrofotómetro (SpectroShade, MHT). Los resultados generales mostraron que el espectrofotómetro tuvo mayor exactitud en la selección de color que el método visual. No obstante, en el grupo de estudiantes entrenados no se encontró diferencia significativa entre los métodos e incluso los valores  $\Delta E^*_{ab}$  del método visual tendieron a hacer mejores que los del método instrumental.

Generalmente los estudios sobre color en odontología utilizan los espectrofotómetros o colorímetros como patrón de oro o instrumento de referencia, esto es debido a la estandarización del proceso de medición y el soporte matemático que pueden ofrecer estos equipos en relación con el método visual<sup>103</sup>. Se ha comprobado que los espectrofotómetros pueden brindar una buena precisión<sup>9,73-78</sup> y resultados clínicos destacables<sup>68-72</sup>. Sin embargo, en investigaciones que comparan distintos equipos entre sí, se pueden encontrar resultados no concordantes<sup>62,75,76,79-84</sup>.

En dos investigaciones donde comparan distintos instrumentos (espectrofotómetros y colorímetros) la precisión fue excelente, sin embargo, la exactitud de las mediciones de color fue deficiente al compararla con un espectrofotómetro de referencia que cumple los requerimientos de la CIE<sup>76,84</sup>. Estos resultados están de acuerdo con otra investigación<sup>62</sup> en que las coordenadas de color también variaron significativamente entre el espectrofotómetro y espectroradiómetro implementados, resultando aún más evidente con valores  $\Delta E^*_{ab}$  y  $\Delta E^*_{00}$  que sobrepasaron los umbrales de diferencia de color y con otro estudio<sup>81</sup> en donde la diferencias de color entre dos espectrofotómetros fueron de  $\Delta E^*_{ab} = 10$ .

Con base en los resultados descritos y como lo menciona una investigación relacionada<sup>80</sup>, la comparación de los valores CIELab entre distintos equipos carecería de sentido. Debido a diferencias de los equipos en cuanto a fuente de iluminación y geometría, diseño interno, la manera en que recogen y miden la reflectancia del diente, programas y algoritmos que pueden afectar la estimación de los valores triestímulo del color<sup>81</sup>.

La determinación de la precisión y exactitud de las mediciones de color es importante porque los equipos (espectrofotómetros, espectroradiómetros, colorímetros, cámaras digitales) deberían proveer los valores más acertados posibles de los parámetros del color, sin tener una desviación considerable entre ellos. De otra manera, la variación que puede existir en la visión humana estaría siendo reemplazada por la variación de los instrumentos<sup>81</sup>.

Por otra parte, los resultados de distintas investigaciones en cuanto al uso de cámaras digitales como instrumento de evaluación de color no son concluyentes debido a las distintas metodologías y técnicas empleadas<sup>44-60</sup>. Varias investigaciones<sup>44,55,56</sup> encontraron correlaciones significativas comparando valores CIELab de cámaras digitales y espectrofotómetros. Conjuntamente otra investigación<sup>54</sup> obtuvo una correlación significativa excepto para la coordenada  $a^*$ . Estas correlaciones son estadísticamente significativas y la estadística representa el estado del arte en los estudios científicos para basar las discusiones. Sin embargo, estos estudios carecen del empleo de las fórmulas  $\Delta E^*_{ab}$  y  $\Delta E^*_{00}$  para interpretar los resultados, que podrían indicar a través un método cuantificable, si hay diferencia perceptible por el ojo humano lo que podría ser más relevante para la comparación de los métodos.

Con respecto a los colorímetros, en un estudio<sup>57</sup> se comparó el desempeño de este instrumento con una cámara digital evaluando guías de color de resina compuesta y se encontró diferencia significativa en los valores promedio de  $\Delta E^*_{ab}$  en pares de guías de distintas resinas compuestas cuando se utilizó el colorímetro, sin embargo, cuando se utilizó la cámara fotográfica no hubo diferencia significativa. Además, se encontró diferencia significativa en los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  entre los métodos lo que podría sugerir la diferencia en detección de color de los dos instrumentos.

En otra investigación<sup>52</sup> donde se evaluaron tres cámaras fotográficas y cuatro modelos de calibración, se encontró que todos los resultados estuvieron por encima del umbral de perceptibilidad ( $UP = \leq 1.2$ ). Sin embargo, tres cámaras-modelos de calibración estuvieron por debajo del umbral de aceptabilidad. Igualmente, en un estudio relacionado<sup>51</sup>, un modelo de regresión fue derivado con el propósito de trasladar data RGB a data de reflectividad espectral y data XYZ, lo que podría servir

de base para trasladar información del color de imágenes digitales a información que pueda ser utilizada por programas de selección de color. Estos resultados expresan la necesidad de una técnica de calibración al momento de utilizar estos equipos en la medición de color.

Por otra parte, los efectos de la utilización de cámaras digitales en la selección, evaluación, comunicación y reproducción de color en el ámbito clínico parecen ofrecer ventajas y excelentes resultados a través de técnicas descritas<sup>46,85-89</sup>, así como también ha existido una creciente implementación de estos equipos en el ámbito experimental<sup>40,41,90,91</sup>. No obstante, es necesaria mayor evidencia científica en cuanto a la precisión que pueda ofrecer el método (uno de los puntos tratados en la presente investigación) y a la exactitud de sus mediciones con respecto a otros equipos, por ejemplo, que cumplan con los requerimientos de la CIE.

Debido a la mayor precisión, acuerdo y menor dispersión mostrada por el método digital y la correlación que existe con el método visual, la técnica descrita puede representar una herramienta precisa para la evaluación de color en el ámbito clínico y experimental, así como también puede servir como programa de entrenamiento para estudiantes y profesionales.

El presente experimento se realizó bajo condiciones clínicas lo que puede significar la directa aplicabilidad de la técnica, siempre y cuando se cumplan los parámetros descritos. Debe tenerse en cuenta que la información sobre el color capturada por las cámaras fotográficas (usualmente representada en el espacio RGB) es equipo-dependiente, es decir, que la información capturada puede diferir entre distintos modelos de cámara<sup>52</sup>. Es por ello, que para futuras investigaciones para evaluar la precisión y exactitud inter-equipos se recomienda la apropiada calibración de las cámaras para conseguir una evaluación de color más exacta, un método práctico descrito<sup>45</sup> para este procedimiento se puede realizar a través de la creación de perfiles de los distintos modelos de la cámara a partir de la tarjeta de color (Color Checker Passport, X-Rite).

Aunque los avances en odontología son constantes, el color sigue siendo uno de los tópicos más complejos en el área. La selección de color todavía depende en gran

manera de la percepción visual y decisiones exclusivas basadas en el método instrumental siguen siendo un desiderátum lejos de una resolución, frase textual de una investigación previa<sup>62</sup>. Los métodos visual e instrumental deben ser utilizados de manera sinérgica, la implementación de uno sin el apoyo del otro hace que la técnica carezca de validez.

Los resultados de la presente investigación podrían considerarse positivos. Sin embargo, debe resaltarse que las selecciones de color se realizaron únicamente en el tercio medio del diente, disminuyendo así la complejidad del procedimiento al excluir otros tercios del diente (gingival, incisal, proximal) que pueden presentar zonas con características ópticas (distintos grados de translucidez, opalescencia, entre otros) que aumentan la complejidad de la selección de color. Igualmente, este procedimiento es tan solo el primer paso en la elaboración de la restauración y no garantiza la correcta reproducción del color por parte del profesional que la ejecute (odontólogo o técnico dental).

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

- El método digital demostró mayor precisión que el método visual en la selección de color.
- El método digital representa una herramienta confiable para complementar al método visual en la selección de color.
- La buena estandarización del método digital puede sugerir su uso como instrumento experimental.

#### **6.2 Recomendaciones**

- El método digital debe ejecutarse siguiendo una técnica adecuada para garantizar la precisión y exactitud.
- Evaluar la precisión intra-equipo e inter-equipo de las distintas cámaras fotográficas que existen en el mercado.
- Evaluar la exactitud intra-equipo e inter-equipo de las distintas cámaras fotográficas que existen en el mercado, preferiblemente con equipos que cumplan los estándares de la CIE.
- Evaluar otras variables que puede tener la técnica como el tipo de flash, lente-objetivo y filtros polarizadores utilizados.
- Utilizar las fórmulas CIEDE2000 (1:1:1 y 2:1:1) para la evaluación de los resultados.

## REFERENCIAS

1. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38(2):2–16.
2. Ragain JC. A Review of Color Science in Dentistry : The Process of Color Vision. *J Dent Oral Disord Ther.* 2015;3(1):2–5.
3. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X, et al. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence Int.* 2012;43(8):649–59.
4. Jaju R a., Nagai S, Karimbux N, Da Silva JD. Evaluating Tooth Color Matching Ability of Dental Students. *J Dent Educ.* 2010;74(9):1002–10.
5. Wee AG, Meyer A, Wu W, Wichman CS. Lighting conditions used during visual shade matching in private dental offices. *J Prosthet Dent.* 2016;115(4):469–74.
6. Ristic I, Stankovic S, Paravina RD. Influence of Color Education and Training on Shade Matching Skills. *J Esthet Restor Dent.* 2016;28(5):287–94.
7. Clary JA, Ontiveros JC, Cron SG, Paravina RD. Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. *J Prosthet Dent.* 2016;116(1):91–7.
8. Dudea D, Gasparik C, Botos A, Alb F, Irimie A, Paravina RD. Influence of background/surrounding area on accuracy of visual color matching. *Clin Oral Investig.* 2016;20(6):1167–73.
9. Igiel C, Lehmann KM, Ghinea R, Weyhrauch M, Hangx Y, Scheller H, et al. Reliability of visual and instrumental color matching. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(5):303–8.
10. Curd FM, Jasinevicius TR, Graves A, Cox V, Sadan A. Comparison of the shade matching ability of dental students using two light sources. *J Prosthet Dent.* 2006;96(6):391–6.
11. Gasparik C, Grecu AG, Culic B, Badea ME, Dudea D. Shade-matching performance using a new light-correcting device. *J Esthet Restor Dent.*

- 2015;27(5):285–92.
12. Haddad HJ, Jakstat HA, Arnetzl G, Borbely J, Vichi A, Dumfahrt H, et al. Does gender and experience influence shade matching quality? *J Dent.* 2009;37(SUPPL. 1):40–4.
  13. Pecho OE. Influence of Gender on Visual Shade Matching in Dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(2):1–9.
  14. Corcodel N, Karatzogiannis E, Rammelsberg P, Hassel AJ. Evaluation of two different approaches to learning shade matching in dentistry. *Acta Odontol Scand.* 2012;70(1):83–8.
  15. Olms C, Klinke T, Pirek P, Hannak WB. Randomized multi-centre study on the effect of training on tooth shade matching. *J Dent.* 2013;41(12):1259–63.
  16. Llana C, Forner L, Ferrari M, Amengual J, Llambes G, Lozano E. Toothguide Training Box for Dental Color Choice Training. *J Dent Educ.* 2011;75(3):360–4.
  17. Alfouzan AF, Alqahtani HM, Tashkandi EA. The Effect of Color Training of Dental Students' on Dental Shades Matching Quality. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(5):346–51.
  18. Alshiddi IF, Richards LC. A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students. *Aust Dent J.* 2015;60:176–81.
  19. Hilton TJ, Ferracane JL, Broome JC. *SUMMIT'S FUNDAMENTALS OF OPERATIVE DENTISTRY A Contemporary Approach, Fourth Edition.* 2013.
  20. Ragain JC. A Review of Color Science in Dentistry: Colorimetry and Color Space. *J Dent Oral Disord Ther.* 2016;4(1):1–5.
  21. Cochrane S. The Munsell Color System: A scientific compromise from the world of art. *Stud Hist Philos Sci Part A.* 2014;47:26–41.
  22. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's RESTORATIVE DENTAL MATERIALS.* 2011.
  23. Burchett KE. The early development of the Munsell system. *Color Res Appl.* 2002;27(1):20–7.



24. Schmeling M. Color Selection and Reproduction in Dentistry Part 1: Fundamentals of Color Color Selection and Reproduction in Dentistry. *Odvotos-Int J Dent Sc.* 2016;18(1):23–32.
25. Chu SJ, Devigus A, Paravina RD, Mieszko AJ. *Fundamentals of COLOR: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*, Second Edition. 2010.
26. Gozalo-Diaz DJ, Lindsey DT, Johnston WM, Wee AG. Measurement of color for craniofacial structures using a 45/0-degree optical configuratio. *J Prosthet Dent.* 2007;45–53.
27. Hassel AJ, Johanning M, Grill S, Schröder J, Wahl HW, Corcodel N, et al. Changes of tooth color in middle and old age: A longitudinal study over a decade. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(6):459–63.
28. Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Celemin-Viñuela A, Martínez Vázquez De Parga JA. Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour. *J Dent.* 2014;42(6):742–5.
29. Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 1987;58(5):535–42.
30. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB. Direct Esthetic Restorations Based on Translucency and Opacity of Composite Resins. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(2):73–88.
31. Mikhail SS, Schricker SR, Azer SS, Brantley WA, Johnston WM. Optical characteristics of contemporary dental composite resin materials. *J Dent.* 2013;41(9):771–8.
32. Pecho OE, Ghinea R, Ionescu AM, De La Cruz Cardona J, Paravina RD, Del Mar Pérez M. Color and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. *J Dent.* 2012;40(SUPPL.2):34–40.
33. Pérez MM, Ghinea R, Ugarte-Alván LI, Pulgar R, Paravina RD. Color and translucency in silorane-based resin composite compared to universal and nanofilled composites. *J Dent.* 2010;38(SUPPL. 2):110–6.
34. Vanini L, Mangani FM. Determination and Communication of Color Using the

- Five Color Dimensions of Teeth. *Pr Proced Aesthet Dent.* 2001;13(1):19–26.
35. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am.* 2004;48(2):341–58.
  36. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater.* 2009;25(2):276–81.
  37. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent.* 2009;37(SUPPL. 1):15–20.
  38. Ragain JC. A Review of Color Science in Dentistry : Shade Matching in the Contemporary Dental Practice. *J Dent Oral Disord Ther.* 2016;4(2):1–5.
  39. Bayindir F, Kuo S, Johnston WM, Wee AG. Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. *J Prosthet Dent.* 2007;98(3):175–85.
  40. Gurrea J, Gurrea M, Bruguera A, Sampaio C, Janal M, Bonfante E, et al. Evaluation of Dental Shade Guide Variability Using Cross-Polarized Photography. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2016;e76–81.
  41. Sampaio C, Gurrea J, Gurrea M, Bruguera A, Atria P, Janal M, et al. Dental Shade Guide Variability for Hues B, C, and D Using Cross-Polarized Photography. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018;38:s113–8.
  42. Schmeling M, Sartori N, Monteiro S. Color Stability of Shade Guides After Autoclave Sterilization. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2014;34(5):689–93.
  43. Ozat PB, Tuncel I, Eroğlu E. Repeatability and reliability of human eye in visual shade selection. *J Oral Rehabil.* 2013;40(12):958–64.
  44. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J.* 2005;199(1):43–9.
  45. Schropp L. Shade matching assisted by digital photography and computer software. *J Prosthodont.* 2009;18(3):235–41.
  46. McLaren EA, Figueira MDCJ, Goldstein RE. A Technique Using Calibrated

- Photography and Photoshop for Accurate Shade Analysis and Communication. *Compendium*. 2017;38(2):11–3.
47. Cal E, Sonugelen M, Guneri P, Kesercioglu A, Kose T. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. *J Oral Rehabil*. 2004;31(5):483–91.
  48. Tung OH, Lai YL, Ho YC, Chou IC, Lee SY. Development of digital shade guides for color assessment using a digital camera with ring flashes. *Clin Oral Investig*. 2011;15(1):49–56.
  49. Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor\_aid: a new approach to digital shade management. *Int J Esthet Dent*. 2017;12(2):186–202.
  50. Tam WK, Lee HJ. Dental shade matching using a digital camera. *J Dent*. 2012;40(2):3–10.
  51. Carney MN, Johnston WM. A novel regression model from RGB image data to spectroradiometric correlates optimized for tooth colored shades. *J Dent*. 2016;51:45–8.
  52. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater*. 2006;22(6):553–9.
  53. Cal E, Gu P. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *J Oral Rehabil*. 2006;33:221–8.
  54. Anand D, Sharma R. Shade Selection : Spectrophotometer vs Digital camera – A comparative in- vitro study . study ”. *Ann Prosthodont Restor Dent*. 2016;2(3):73–8.
  55. Bhandari V, Singla A, Mahajan V, Singh Jaj H, Singh Saini S. Reliability of Digital Camera over Spectrophotometer in measuring the Optical Properties of Orthodontic Elastomeric Ligatures. *J Indian Orthod Soc*. 2014;48(4):239–44.
  56. Lakhnopal S, Neelima M. Accuracy of Three Shade-matching Devices in Replicating the Shade of Metal Ceramic Restorations : An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*. 2016;17(12):1003–8.
  57. Yamanel K, Caglar A, Gulsah K, Bagis B. Assessment of Color Parameters of Composite Resin Shade Guides Using Digital Imaging versus Colorimeter.

- 2010;22(6):379–88.
58. Jarad FD, Albadri SS, Mair LH. The Use of Objective Digital Matching to Achieve Aesthetic Composite Restoration.
  59. Oh W, Pogoncheff J, Brien WJO. Digital Computer Matching of Tooth Color. *Materials (Basel)*. 2010;3:3694–9.
  60. Sampaio CS, Atria PJ, Hirata R, Jorquera G. Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card. *J Prosthet Dent*. 2019;121(2):333–9.
  61. Pecho OE, Pérez MM, Ghinea R, Della Bona A. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. *Dent Mater*. 2016;32(11):1362–73.
  62. Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dent Mater*. 2016;32(1):82–92.
  63. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent*. 2010;38(2):57–64.
  64. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl*. 2001;26(5):340–50.
  65. Pérez M del M, Saleh A, Yebra A, Pulgar R. Study of the variation between CIELAB delta E\* and CIEDE2000 color-differences of resin composites. *Dent Mater J*. 2007;26(1):21–8.
  66. Xu BT, Zhang B, Kang Y, Wang YN, Li Q. Applicability of CIELAB/CIEDE2000 formula in visual color assessments of metal ceramic restorations. *J Dent*. 2012;40(1):3–9.
  67. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent*. 2009;37(1):2–6.
  68. Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Da Silva JD, Miller L. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 1: Analysis and interpretation of tooth color. *J Esthet Restor Dent*. 2010;22(1):42–52.
  69. Yoshida A, Miller L, Da Silva JD, Ishikawa-Nagai S. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 2: Color

- reproduction and its transfer from in vitro to in vivo. *J Esthet Restor Dent.* 2010;22(1):53–63.
70. Chu SJ. Clinical Steps to Predictable Color Management in Aesthetic Restorative Dentistry. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):473–85.
  71. Chu SJ, Mieleszko AJ. Three Steps to Predictable Shade Matching of Anterior Teeth. *Am J Esthet Dent.* 2013;3(1):66–71.
  72. Lehmann K, Devigus A, Wentaschek S, Igiel C, Scheller H, Paravina RD. Comparison of visual shade matching and electronic color measurement device. *Int J Esthet Dent.* 2017;12(3).
  73. Pimentel W, Tioffi R. Comparison between visual and instrumental methods for natural tooth shade matching. *Gen Dent.* 2014;
  74. Derdilopoulou F V, Zantner C, Neumann K, Kielbassa AM. Evaluation of Visual and Spectrophotometric Shade Analyses: A Clinical Comparison of 3,758 Teeth. 2007;20(4):3–6.
  75. Aikaterini T, Sofia D, Papazoglou E, Kakaboura A. Evaluation of reliability and validity of three dental colour-matching devices. *Int J Esthet Dent.* 2016;11(1):2–16.
  76. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtmann I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *J Dent.* 2010;38(2):65–70.
  77. Weyhrauch M, Igiel C, Pabst AM, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Interdevice agreement of eight equivalent dental color measurement devices. *Clin Oral Investig.* 2015;
  78. Olms C, Setz JM. The repeatability of digital shade measurement-a clinical study. *Clin Oral Investig.* 2013;17(4):1161–6.
  79. Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. 2007;203(12):675–80.
  80. Igiel C, Weyhrauch M, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dent Mater*

- J. 2016;35(1):63–9.
81. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou S, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthet Dent.* 2009;101(1):40–5.
  82. Hugo B, Witzel T, Klaiber B. Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clin Oral Investig.* 2005;9(4):36–42.
  83. Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Wentaschek S, Sattari Azar M, Scheller H. Repeatability of Color-Measuring Devices. *Eur J Esthet Dent.* 2011;6(4):428–35.
  84. Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Weyhrauch M, Schmidtman I, Wentaschek S, et al. Are dental color measuring devices CIE compliant? *Eur J Esthet Dent.* 2012;7(3):324–33.
  85. Griffin Jr JD. Use of Digital Photography to Improve Composite Resin Selection and Material Placement. *Pr Proced Aesthet Dent.* 2008;20(6):359–64.
  86. Bazos P, Magne P. Bio-Emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histoanatomic approach; visual synthesis. *Int J Esthet Dent.* 2014;9(3):330–52.
  87. Fahl N. A polychromatic composite layering approach for solving a complex Class IV/direct veneer/diastema combination part II. *Pr Proced Aesthet Dent.* 2007;19(1):A-F.
  88. Villavicencio-Espinoza C, Narimatsu M, Furese A. Using Cross-Polarized Photography as a Guide for Selecting Resin Composite Shade. *Oper Dent.* 2017;
  89. Fahl N. A Polychromatic Composite Layering Approach For Solving A Complex Class IV / Direct Veneer -Diastema Combination: Part I. *Pract Proced Aesthetic Dent.* 2006;18(10):A-G.
  90. Shamszadeh S, Sheikh-al-eslamian SM, Hasani E, Abrandabadi AN, Panahandeh N. Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee / Water Immersion. *Int J Dent.* 2016;2016:1–5.
  91. Magne P, So W. Optical integration of incisoproximal restorations using the natural layering concept. *Quintessence Int.* 2008;39(8):633–44.

92. Volpato CAM, Pereira MRC, Silva FS. Fluorescence of natural teeth and restorative materials, methods for analysis and quantification: A literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(5):397–407.
93. Robertson AJ, Toumba J. Cross-polarized photography in the study of enamel defects in dental paediatrics. *J Audiov Media Med*. 2002;22(2):63–70.
94. Paravina RD, Swift Jr EJ. Critical Appraisal. COLOR IN DENTISTRY: MATCH ME, MATCH ME NOT. *J Esthet Restor Dent*. 2009;21(2):133–4.
95. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(2):103–12.
96. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(S1):S1–9.
97. Hurtado J. Metodología de la Investigación Holística. Tercera ed. Caracas: Sypal; 2000.
98. Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. Edición Q, editor. México: McGraw-Hill Interamericana; 2010.
99. Bazos P, Magne M. Getting it RIGHT the First Time, Improving Visual Communication Through Cross-Polarized Digital Photography. *J Cosmet Dent*. 2013;29(2):36–42.
100. Hein S, Zangl M. The use of a standardized gray reference card in dental photography to correct the effects of five commonly used diffusers on the color of 40 extracted human teeth. *Int J Esthet Dent*. 2016;11(2):246–59.
101. Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. *J Prosthet Dent*. 2004;92(4):371–6.
102. Li Q, Yu H, Wang YN. In vivo spectroradiometric evaluation of color matching errors among five shade guides. *J Esthet Restor Dent*. 2009;21(3):203–5.
103. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CHF. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res*. 2002;81(8):578–82.
104. Mangine H, Jakes K, Noel C. Preliminary comparison of CIE color differences. *Color Res Appl*. 2005;(30):288–94.

105. Perez MDM, Ghinea R, Herrera LJ, Ionescu AM, Pomares H, Pulgar R, et al. Dental ceramics: A CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *J Dent.* 2011;39(3):0–7.
106. Lindsey DT, Wee AG. Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *J Dent.* 2007;35:593–9.
107. Douglas R, Brewer J. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 1998;(79):254–60.
108. Wee A, Lindsey D, Shroyer K, Johnston W. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2007;(98):101–9.
109. Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *J Dent.* 2014;42(1):48–52.



## APÉNDICE A



Universidad de Los Andes

Facultad de Odontología

Consejo técnico de trabajo especial de grado

### PRECISIÓN Y ACUERDO DE LOS MÉTODOS VISUAL Y DIGITAL EN LA SELECCIÓN DE COLOR.

Estudiante: Rondón Luis Felipe

Nombre: \_\_\_\_\_

Sesión: \_\_\_\_\_ Género: F  M

Estudiante: Pregrado  Postgrado

Selección de color método visual:

Selección de color método fotográfico:



## **ANEXO A**

Los anexos son documentos escritos o gráficos de otra autoría que complementan el trabajo. Se trata de información prescindible que no debe incluirse en el texto sino al final del mismo, posterior a las referencias. Ejemplos: la historia clínica, el índice de CPOD, entre otros.