

EVALUACIÓN DE LA CONCORDANCIA
Y REPETIBILIDAD DE DOS MÉTODOS
DE REGISTRO DE COLOR DENTAL:
ESPECTROFOTOMETRÍA Y ESCÁNER
INTRAORAL

MASTER EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

Curso 2016/2017

Álvaro Negrillo Moreno

Tutorizado por el Dr. Pablo Gómez Cogolludo



MÁSTER EN: CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

COMPROMISO DEONTOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN, REDACCIÓN Y POSIBLE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER (TFM)

CENTRO: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

ESTUDIANTE DE MÁSTER: MÁSTER OFICIAL DE CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

TUTOR/ES DEL TFM: DR. PABLO GÓMEZ COGOLLUDO

TÍTULO DEL TFM: EVALUACIÓN DE LA CONCORDANCIA Y REPETIBILIDAD DE DOS MÉTODOS DE REGISTRO DE COLOR DENTAL: ESPECTROFOTOMETRÍA Y ESCÁNER INTRAORAL

FECHA DE PRIMERA MATRÍCULA: 19/09/2016

FECHA DE SEGUNDA MATRÍCULA (en caso de producirse):

1. Objeto

El presente documento constituye un compromiso entre el estudiante matriculado en el Máster en CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

y su Tutor/es y en el que se fijan las funciones de supervisión del citado trabajo de fin de máster (TFM), los derechos y obligaciones del estudiante y de su/s profesor/es tutor/es del TFM y en donde se especifican el procedimiento de resolución de potenciales conflictos, así como los aspectos relativos a los derechos de propiedad intelectual o industrial que se puedan generar durante el desarrollo de su TFM.

2. Colaboración mutua

El/los tutor/es del TFM y el autor del mismo, en el ámbito de las funciones que a cada uno corresponden, se comprometen a establecer unas condiciones de colaboración que permitan la realización de este trabajo y, finalmente, su defensa de acuerdo con los procedimientos y los plazos que estén establecidos al respecto en la normativa vigente.



3. Normativa

Los firmantes del presente compromiso declaran conocer la normativa vigente reguladora para la realización y defensa de los TFM y aceptan las disposiciones contenidas en la misma.

4. Obligaciones del estudiante de Máster

- Elaborar, consensado con el/los Tutor/es del TFM un cronograma detallado de trabajo que abarque el tiempo total de realización del mismo hasta su lectura.
- Informar regularmente al Tutor/es del TFM de la evolución de su trabajo, los problemas que se le planteen durante su desarrollo y los resultados obtenidos.
- Seguir las indicaciones que, sobre la realización y seguimiento de las actividades formativas y la labor de investigación, le hagan su tutor/es del TFM.
- Velar por el correcto uso de las instalaciones y materiales que se le faciliten por parte de la Universidad Complutense con el objeto de llevar a cabo su actividad de trabajo, estudio e investigación.

5. Obligaciones del tutor/es del TFM

- Supervisar las actividades formativas que desarrolle el estudiante; así como desempeñar todas las funciones que le sean propias, desde el momento de la aceptación de la tutorización hasta su defensa pública.
- Facilitar al estudiante la orientación y el asesoramiento que necesite.

6. Buenas prácticas

El estudiante y el tutor/es del TFM se comprometen a seguir, en todo momento, prácticas de trabajo seguras, conforme a la legislación actual, incluida la adopción de medidas necesarias en materia de salud, seguridad y prevención de riesgos laborales.

También se comprometen a evitar la copia total o parcial no autorizada de una obra ajena presentándola como propia tanto en el TFM como en las obras o los documentos literarios, científicos o artísticos que se generen como resultado del mismo. Para tal, el estudiante firmará la Declaración de No Plagio del ANEXO I, que será incluido como primera página de su TFM.

7. Procedimiento de resolución de conflictos académicos

En el caso de producirse algún conflicto derivado del incumplimiento de alguno de los extremos a los que se extiende el presente compromiso a lo largo del desarrollo de su TFM, incluyéndose la posibilidad de modificación del nombramiento del



tutor/es, la coordinación del máster buscará una solución consensuada que pueda ser aceptada por las partes en conflicto. En ningún caso el estudiante podrá cambiar de Tutor directamente sin informar a su antiguo Tutor y sin solicitarlo oficialmente a la Coordinación del Máster.

En el caso de que el conflicto persista se gestionará según lo previsto en el SGIC de la memoria verificada.

8. Confidencialidad

El estudiante que desarrolla un TFM dentro de un Grupo de Investigación de la Universidad Complutense, o en una investigación propia del Tutor, que tenga ya una trayectoria demostrada, o utilizando datos de una empresa/organismo o entidad ajenos a la Universidad Complutense de Madrid, se compromete a mantener en secreto todos los datos e informaciones de carácter confidencial que el Tutor/es del TFM o de cualquier otro miembro del equipo investigador en que esté integrado le proporcionen así como a emplear la información obtenida, exclusivamente, en la realización de su TFM.

Asimismo, el estudiante no revelará ni transferirá a terceros, ni siquiera en los casos de cambio en la tutela del TFM, información del trabajo, ni materiales producto de la investigación, propia o del grupo, en que haya participado sin haber obtenido, de forma expresa y por escrito, la autorización correspondiente del anterior Tutor del TFM.

9. Propiedad intelectual e industrial

Cuando la aportación pueda ser considerada original o sustancial el estudiante que ha elaborado el TFM será reconocido como cotitular de los derechos de propiedad intelectual o industrial que le pudieran corresponder de acuerdo con la legislación vigente.

10. Periodo de Vigencia

Este compromiso entrará en vigor en el momento de su firma y finalizará por alguno de los siguientes supuestos:

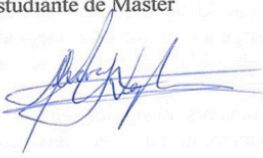
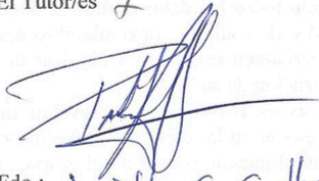
- Cuando el estudiante haya defendido su TFM.
- Cuando el estudiante sea dado de baja en el Máster en el que fue admitido.
- Cuando el estudiante haya presentado renuncia escrita a continuar su TFM.
- En caso de incumplimiento de alguna de las cláusulas previstas en el presente documento o en la normativa reguladora de los Estudios de Posgrado de la Universidad Complutense.

La superación académica por parte del estudiante no supone la pérdida de los derechos y obligaciones intelectuales que marque la Ley de Propiedad Intelectual para ambas partes, por lo que mantendrá los derechos de propiedad intelectual sobre



su trabajo, pero seguirá obligado por el compromiso de confidencialidad respecto a los proyectos e información inédita del tutor.

Firmado en Madrid, a 5 de SEPTIEMBRE de 2017

<p>El estudiante de Máster</p>  <p>Fdo.: <i>Álvaro Magallo Marcos</i></p>	<p>El Tutor/es <i>+</i></p>  <p>Fdo.: <i>Dr. Pablo G. Goylludo</i></p>
--	--

SR. COORDINADOR DEL MÁSTER EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS



ANEXO I: DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

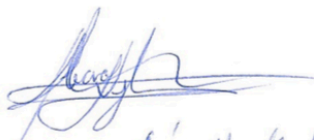
D./Dña. ÁLVARO NEGRILLO MORENO
con NIF 53568611R, estudiante de Máster en la Facultad de
ODONTOLOGÍA de la Universidad Complutense de Madrid en el
curso 2016 -2017, como autor/a del trabajo de fin de máster titulado
EVALUACIÓN DE LA CONCORDANCIA Y REPETIBILIDAD DE DOS MÉTODOS DE
REGISTRO DE COLOR DENTAL: ESPECTROFOTOMETRÍA Y ESCÁNER INTRAORAL
y presentado para la obtención del título correspondiente, cuyo/s tutor/ es/son:

DR. PABLO GÓMEZ COGOLLUDO

DECLARO QUE:


El trabajo de fin de máster que presento está elaborado por mí y es original. No copio, ni utilizo ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones de cualquier obra, artículo, memoria, o documento (en versión impresa o electrónica), sin mencionar de forma clara y estricta su origen, tanto en el cuerpo del texto como en la bibliografía. Así mismo declaro que los datos son veraces y que no he hecho uso de información no autorizada de cualquier fuente escrita de otra persona o de cualquier otra fuente. De igual manera, soy plenamente consciente de que el hecho de no respetar estos extremos es objeto de sanciones universitarias y/o de otro orden.

En Madrid, a 5 de SEPTIEMBRE de 2017



Fdo.: Álvaro Negritto Moreno

Esta DECLARACIÓN debe ser insertada en primera página de todos los trabajos fin de máster conducentes a la obtención del Título.

	UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Facultad de Odontología
	TRABAJO DE FIN DE MÁSTER
	VISTO BUENO DEL TUTOR MASTER OFICIAL EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

El profesor/a tutor

Nombre y apellidos:	PABLO CÓMEZ COGOLLUDO
---------------------	-----------------------

del alumno/a

Nombre y apellidos	ÁLVARO NEGRILLO MORENO
--------------------	------------------------

encuadrado en la línea de investigación

DEPARTAMENTO DE ODONTOESTOMATOLOGÍA I

DA EL VISTO BUENO

para que el Trabajo de Fin de Máster titulado

EVALUACIÓN DE LA CONCORDANCIA Y REPETIBILIDAD DE DOS MÉTODOS DE REGISTRO DE COLOR DENTAL: ESPECTROFOTOMETRÍA Y ESCÁNER INTRAORAL
--

sea admitido para su defensa ante Tribunal.

En MADRID , a 5 de SEPTIEMBRE de 2017 .

Fdo: el profesor/a



El presente Visto Bueno se debe acompañar del Trabajo de Investigación en formato electrónico y tres copias en papel

ÍNDICE

<u>RESUMEN</u>	<u>11</u>
<u>PALABRAS CLAVE Y ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA</u>	<u>11</u>
<u>ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA</u>	<u>12</u>
COLORES Y ESPACIO DEL COLOR	15
TOMA DE COLOR VISUAL	19
TOMA DE COLOR MEDIANTE INSTRUMENTOS	23
<u>JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO Y OBJETIVOS</u>	<u>29</u>
<u>HIPÓTESIS</u>	<u>30</u>
<u>MATERIAL Y MÉTODOS</u>	<u>30</u>
DISEÑO DEL ESTUDIO	30
MUESTRA: INCISIVOS CENTRALES, INCISIVOS LATERALES Y CANINOS	31
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN E INCLUSIÓN	31
OPERADOR	32
PROCEDIMIENTO GENERAL PARA REALIZAR LOS REGISTROS DE COLOR CON LOS DOS MÉTODOS A COMPARAR	32
MATERIAL COMPLEMENTARIO NECESARIO	33
ANÁLISIS DE DATOS	33
PLAN DE TRABAJO	34
MEDIOS DISPONIBLES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO	34
<u>RESULTADOS</u>	<u>35</u>
4.1. DISPOSICIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS	35
4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
<u>5. DISCUSIÓN</u>	<u>56</u>
<u>6. CONCLUSIONES</u>	<u>60</u>
<u>7. BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>61</u>

RESUMEN

El conocimiento del correcto uso de los sistemas convencionales de toma de color es cada día más necesario si pretendemos satisfacer la demanda de estética actual. La paulatina entrada y perfeccionamiento de los sistemas electrónicos de colorimetría han reducido los fracasos estéticos, incrementando la calidad de las restauraciones. En última estancia, los sistemas de escáneres intraorales se han ido introduciendo en la odontología con el objetivo de simplificar los procesos restauradores, pero además implementan un sistema de análisis y cuantificación del color; siendo objeto de interés en este estudio, pretendiendo analizar la concordancia de los resultados entre dos de las técnicas de toma de color que disponemos en la actualidad.

PALABRAS CLAVE Y ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Las palabras clave empleadas han sido: “spectrophotomer”, “dental colour”, “match”, “theory color”. Las bases de datos empleadas fueron: Pubmed (Medline) y Scopus (UCM). La estrategia de búsqueda resultante fue: (spectrophotomer) AND ((dental colour) OR (match) OR (color theory)); obteniendo un total de 1099 artículos. Tras ajustar nuestra búsqueda a artículos que sean revisiones y ensayos clínicos en humanos; obtuvimos un total de 81 artículos. Tras la lectura de sus abstracts, seleccionamos un total de 30 artículos.

ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

La sonrisa es una de los elementos interactivos más importantes de una persona. Uno de los objetivos más importantes de la estética en la odontología es el de crear una sonrisa bonita con unos dientes de proporciones adecuadas entre sí y en armonía con la encía, los labios y la cara del paciente. Además, en la estética de cualquier restauración hay que considerar diversos parámetros como la forma, la textura superficial, la translucidez o el color y, por si fuera poco, hoy en día los pacientes demandan no sólo una boca sana sino también una sonrisa perfecta¹.

La demanda de tratamientos estéticos desafía a la odontología restauradora por la dificultad en algunos casos en los que no siempre es realista conseguir duplicar la forma, función y estética de unos dientes perfectos².

Dentro de esa estética uno de los elementos más importantes es el color. El interés por el mismo en odontología ha crecido de forma exponencial en las últimas décadas^{3,4}. Es esencial estudiar bien el color para poder solventar con eficacia los desafíos que suponen la selección del mismo en la práctica diaria. Esto es difícil porque la percepción del mismo tiene elementos objetivos y subjetivos³, e incluso los profesionales con experiencia pueden errar a la hora de evaluar el color de diente y/o restauración. Además de difícil, es un momento crítico porque pequeñas diferencias en el color pueden hacer a los pacientes quedar insatisfechos⁵.

A todo ello hay que añadir la imposibilidad para el ojo humano de percibir el color de una forma clara concisa y constante, lo que conlleva que la percepción varíe de una persona a otra³. Además de la dificultad de interpretar el color de una estructura multicapa de variable grosor, opacidad y características de superficie; lo cual interfiere en la forma en la que el ojo percibe el color⁵.

Tradicionalmente, la selección del color del diente se ha tratado de un proceso racional basado en la experiencia del operador y en su subjetividad a la hora de considerar un tono u otro. Se ha de tener en cuenta además que el diente combina varios tejidos en su interior y que la dentina puede presentar varios colores o que el esmalte puede poseer más o menos translucidez. Se trata de un concepto complejo por ser al mismo tiempo una característica de las ondas electromagnéticas (factor objetivo) y una sensación que percibe el observador (respuesta subjetiva). La sensación percibida por el ojo humano es susceptible a múltiples variaciones y es allí donde aparece la ilusión óptica. Para la valoración y cuantificación del color existen, de manera general, dos sistemas: los modelos psicofísicos o subjetivos; y los métodos objetivos, los cuales captan, interpretan y cuantifican el color de forma numérica.

Dentro de los métodos subjetivos empleados en el día a día, el uso de las guías de color es el más comúnmente empleado por ser métodos estandarizados y accesibles que permiten mantener una comunicación continua con el laboratorio. A pesar de ello, hay un alto componente subjetivo que puede influir en la distorsión de las valoraciones como: la fatiga cromática, la falta de uniformidad entre las guías y la coincidencia de colores entre guías. Estos factores influyen en la repetibilidad y concordancia de los resultados entre el mismo operador.

Debido a esta subjetividad demostrada, se han inventado una serie de métodos objetivos como el colorímetro, el espectrofotómetro o los métodos de análisis de imagen apoyados en un software⁶. Aunque se sabe desde principios de los 90 acerca de la falta de correlación de las guías de color no es hasta principios de siglo cuando se presta especial atención a este problema^{3,5}. De hecho, los métodos visuales para tomar el color se caracterizan por una alta variabilidad inter e intraexaminador⁷. Incluso hoy en día cuando tomamos el color a un diente natural, la mayoría de los dentistas confía en las comparaciones visuales con guías siendo las más *utilizadas VITA Classical y VITA 3D-Master*⁸⁻¹¹. Además de la falta de correlación, otros problemas de las guías de colores

son la variabilidad entre diferentes profesionales y que no representan la totalidad de la gama de colores que puede tener un diente⁵.

La determinación del color mediante guías es un acto subjetivo que depende de la iluminación, entorno y del propio ojo del clínico. Además hay que tener en cuenta las expectativas del paciente, muchas veces elevadísimas e irreales pues si no las controlamos y tratamos con él sobre objetivos realistas pueden ser fuente de problemas². Todo ello determina que siempre haya sido un desafío para el clínico³.

Los dientes tienen múltiples propiedades que dificultan la toma del color en los mismos: son pequeños, curvos, con múltiples capas, translúcidos y con transiciones del color en todas las direcciones (gingival a incisal, mesial a distal y vestibular a lingual)³.

Los avances en tecnología (ordenadores, internet y sistemas de comunicación en general) han afectado y modelado a la sociedad moderna. Acorde a ello la odontología ha experimentado un crecimiento a pasos agigantados con la aparición de diversos instrumentos. Algunos de ellos dedicados al análisis o a la comprobación del color, como son los espectrofotómetros o los colorímetros³. Estos instrumentos tienen el potencial de aumentar la precisión y la reproductibilidad de la selección del color ya que no están influenciados por los factores externos que pueden alterar la medición (humanos y ambientales)^{7,9,12,13}. Los instrumentos de medición del color asistidos por ordenador nos permiten hacer mediciones más precisas y estandarizadas que con las técnicas convencionales⁸ además de que son más rápidos⁶.

Sin embargo, estos instrumentos no están exentos de fallos pues diferencias entre la translucidez del diente y la cerámica, o del software usado; es capaz de predecir alguna de las diferencias ópticas, pero dicha herramienta puede inducir errores, pueden llevar a una interpretación errónea de los

resultados. Otra problemática posible es la dependencia del software y de la base de datos que posee⁵.

En los últimos tiempos se ha avanzado mejorando y perfeccionando estos instrumentos para aumentar su fiabilidad y reproductibilidad, así como han ido surgiendo otros como son algunos escáneres intraorales que aunque están pensados para realizar otras muchas funciones son capaces de: captar, integrar y determinar el color¹⁴.

COLORES Y ESPACIO DEL COLOR

La detección física del color requiere de tres elementos: una fuente de luz, un objeto y un detector, que puede ser el ojo y el cerebro humano o un sensor conectado a un ordenador^{1,2}. Estos tres elementos influyen en la percepción del color: la fuente de luz puede contener cantidades variables de cada una de las longitudes de onda visibles. El color del objeto varía según su capacidad para reflejar o transmitir la luz mientras que el detector influye de múltiples maneras¹.

Espectro de colores

Son los colores de la luz en el espectro visible. Aunque parezca que la luz es incolora, está formada por distintas ondas electromagnéticas que cuando pasan un prisma se refractan dispersándose en varias ondas determinadas por el acrónimo ROYGBIV (Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Indigo, Violet), los colores del arcoíris. El espectro de luz visible al ojo humano va aproximadamente desde los 380 hasta los 780 nm. Es precisamente es la diferencia de longitud de onda la que determina un tono u otro¹⁰.

Teoría del color

En odontología la interacción de los colores de los materiales restauradores tiene un rol crítico en la estética. El conocimiento de los colores

primarios, secundarios y complementarios es necesario para poder realizar tratamientos estéticos predecibles

El espacio RGB está basado en la síntesis aditiva la cual requiere que se emita luz desde alguna fuente. Los colores primarios son rojo, amarillo y azul (son primarios porque no se pueden formar mezclando otros colores) y los secundarios son los que se forman mezclando los primarios (amarillo, cian y magenta). Los colores complementarios son aquellos antagonistas entre sí en su situación dentro del círculo cromático. Cuando mezclamos colores complementarios entre sí obtenemos gris.

Este conocimiento puede ser usado para modificar el valor de una restauración (si queremos disminuirlo, podemos añadir el color complementario del principal de la restauración) ya que si añadimos grises oscuros resultará en un color de aspecto sucio. Además, es mucho más fácil disminuir que aumentar el valor.

El espacio CMYK, por el contrario, es sustractivo, los colores que se ven son parte de la luz que no es absorbida. En este sistema los colores primarios son el cian, magenta y amarillo, y los secundarios rojo, verde y azul³.

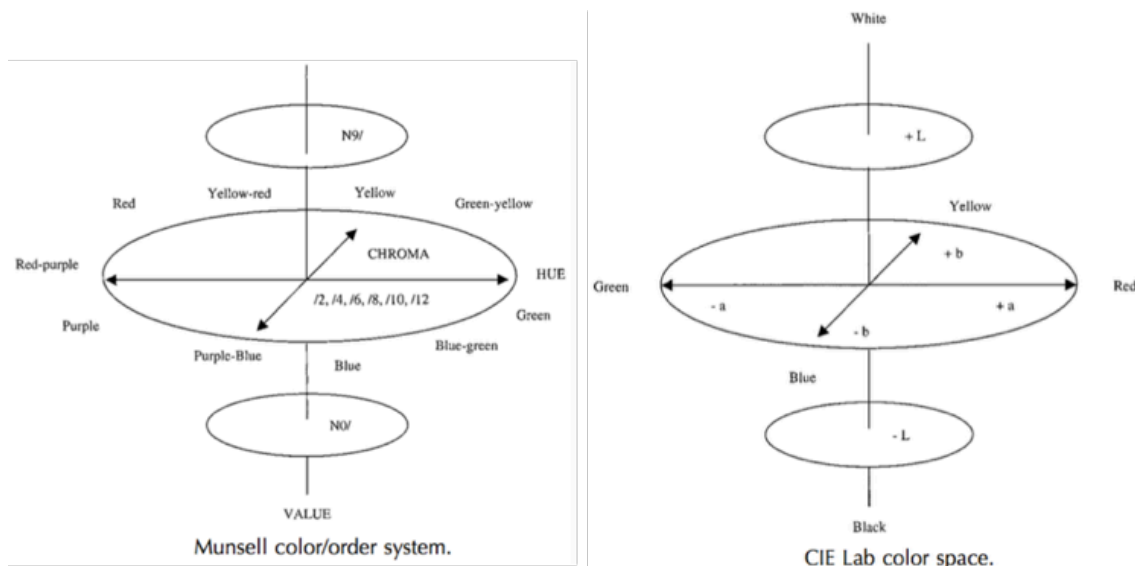
Sistemas de color

Los colores se pueden clasificar de múltiples maneras. Dos de los sistemas más usados para describir el color son el sistema Munsell y el sistema de color de la comisión internacional de iluminación².

El sistema de color de Munsell se basa en el espacio HSV de Matiz (Hue), Saturación (Saturation) y valor (Value)^{2,12}, que es un subconjunto visible del espacio original con valores válidos de RGB.

- Tono o Matiz (Hue): es sinónimo del termino color. Es el nombre de cada color en estado puro en el espectro, el cual se divide en cinco colores: rojo, amarillo, verde, azul y violeta, así como otros cinco colores intermedios a medio camino entre los principales adyacentes^{5,12}. En el sistema de Munsell el tono está representado por 10 colores
- Saturación o croma (Chroma): es la fuerza de un tono o color o, dicho de otro modo, es el grado de intensidad de un color. Cuanto más bajo es la saturación menos puro es el color^{5,12}.
- Valor (Value): es lo claro u oscuro que es el color, va desde el blanco hasta el negro^{5,12}.

El sistema de color de Munsell fue el primero en separar tono, saturación y valor de manera uniforme de interpretar y en dimensiones independientes¹².



El sistema CIE 1931 XYZ original llegaba a todos los colores a partir de tres coordenadas: X (curva del rojo al verde), Y (luminosidad) y Z (azul)².

Con el objetivo de que fuera más perceptivamente lineal, es decir, que un cambio de la misma cantidad en un valor debe producir un cambio casi de la

misma importancia visual fue modificado hasta desarrollar CIELab, que es el estándar internacional hoy en día para medidas de color.

Es uno de los modelos de color usados para describir todos los colores del espectro visible, usando tres coordenadas con distancias uniformes entre sí que albergan la totalidad de espacio visual del color^{1,2,7-9,14-16}.

L representa la luminosidad de un color (va desde 0, negro, a 100, blanco), a* indica la cantidad de rojo (+a) o de verde (-a) y b* mide el amarillo (+b) o el azul (-b). La diferencia de color entre las diferentes coordenadas se calcula como ΔE , en función de la siguiente ecuación:^{2,7-9,15,16} ΔE representa la diferencia en las medidas entre dos colores.

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

Con una guía de color es fácil determinar el tono y la saturación, cosa que no siempre ocurre con el valor; de hecho el 75% de los casos de una mala selección del color se deben a equivocarse en el mismo³ y un mal color puede ser resultado de una incorrecta determinación al principio del tratamiento o de una deficiente comunicación¹⁴. Además, las guías de colores tradicionales tienen ciertas limitaciones por lo que es importante considerar el uso de nuevos sistemas y aparatos³.

Los colores que pueden tener los dientes cubren un pequeño volumen de todo el espacio de color L*a*b*. Como consecuencia de ello la precisión de los instrumentos de toma de color dental debe ser tan alta como para determinar pequeñas diferencias en el rango de colores dentarios. Por la misma razón no sólo la precisión es importante sino también la reproducibilidad de esas mediciones¹⁵.

TOMA DE COLOR VISUAL

Elementos críticos que afectan a la percepción del color dental

Es fundamental controlar, en la medida de lo posible, las diferentes variables que afectan a la percepción visual del color^{3,5}. Crear el entorno ideal para percibir el color es un desafío y éste no ocurre de forma rutinaria en el gabinete. Incluso en un ambiente ideal seguimos teniendo otros múltiples problemas³.

Respecto al entorno hay que tener en cuenta:

- La intensidad de la luz: si la cantidad de luz es muy pequeña es más difícil percibir detalles pequeños y el tono⁵. La cantidad de luz es el factor que más influye en la determinación del color del diente. La intensidad recomendada es entre 200-300 candelas (cd)^{9,10}.
- La fuente de luz: no es lo mismo que la luz sea ambiental o artificial⁹ aunque hay otros estudios no han encontrado diferencias en estos casos. Kröger y cols. en 2015 compararon cuatro fuentes de luz: la luz del box (halógena), luz natural, luz fluorescente inespecífica y luz fluorescente que intenta simular la luz ambiental. Siendo la del sillón dental la que peores resultados daba mientras que la luz del día y las fluorescentes eran las mejores.
- Temperatura de la luz: por otro lado hay estudios que no recomiendan el uso de la luz ambiental debido a su inconsistente temperatura del color en función del clima y la hora (1000 Kelvin (K) en una puesta de sol nublada hasta 20000 K en un día despejado obteniendo resultados ideales con temperaturas de la luz de 5700 K)¹⁰.

En el estudio de Wee (2016)¹⁰ y colaboradores se concluye que la clínicas estudiadas no tenían las condiciones ideales para la toma de color visual.

Respecto al profesional son múltiples los factores a tener en cuenta:

- La fatiga es algo que ocurre de forma rápida produciendo problemas para distinguir con precisión y percibiendo el color apagado/desteñido.
- El color del fondo afecta al proceso de interpretación del color (no aclara si a nivel del ojo o del cerebro o de ambos).
- Diferencias en la percepción del color entre el ojo izquierdo y el derecho.
- La edad afecta a la retina tendiendo a ver los colores más amarillentos y/o marrones.
- Daltonismo.
- Memoria de color deficiente, la cual impide una comunicación precisa.
- Brunescencia: es el natural oscurecimiento de la córnea que sucede con la edad. Como esta actúa como un filtro cambia la percepción del color.
- Interpretación del clínico.
- La exposición previa del ojo.

Por otro lado no se han encontrado diferencias significativas entre el género y la edad del examinador^{9,17} aunque hay estudios que indican que la experiencia y/o un entrenamiento específico puede mejorar su capacidad para diferenciar colores mediante una guía^{1,11,16,17}.

Además, existen ilusiones que pueden alterar la la percepción ⁵ por no hablar de que hay muchas diferencias interexaminador ya que incluso el mismo profesional podría no coincidir en días diferentes^{16,17}.

Respecto al diente y la cavidad oral hay que tener en cuenta que el color del diente está determinados por una combinación de sus propiedades ópticas¹.

- Translucidez: generalmente aumentar la translucidez de una superficie disminuye su valor debido a que menos luz vuelve al ojo. La translucidez del esmalte varía en función del ángulo de incidencia, la textura superficial, la longitud de onda, el brillo y el nivel de deshidratación.
- Textura superficial: determina el número y dirección de la luz reflejada. Cuando reconstruimos un diente debemos fijarnos en los adyacentes y tratar de reproducirlo. Un diente joven debe tener un montón de caracterización con mamelones, lóbulos, estrías.
- Fluorescencia: es la absorción de luz por un material y la emisión espontánea de una luz de mayor longitud de onda. Es mayor en dientes vitales. Cuanto mayor es la fluorescencia de un diente mayor es el croma.
- Opalescencia: es el fenómeno por el cual un material parece tener un color cuando la luz es reflejada en él y otro color cuando lo luz lo atraviesa⁵.
- Metamerismo.
- Color de la encía.

Todas estas propiedades van a determinar la cantidad de luz que se transmite a través del diente, aquella que se refleja y se difunde en su superficie, y la absorción y dispersión diferente entre los distintos tejidos¹.

El color de un diente está determinado por el efecto combinado de elementos intrínsecos y extrínsecos. Los primeros están asociados con la forma en la que los tejidos dentales dispersan o absorben la luz, mientras que los elementos extrínsecos vienen determinados por la absorción de materiales en la superficie del esmalte¹. Una de las principales ventajas de los instrumentos objetivos es que no se ven afectados por estos factores¹⁴.

Además de todos estos factores que limitan la capacidad del clínico para detectar con precisión el color adecuado se presenta también la limitación de la disponibilidad, o falta de ella, de guías que representen el rango completo de colores de un diente natural o, dicho de otro modo: que aunque existen varios sistemas de guías disponibles para su uso clínico el espacio de color que abarcan no representa el total de posibles colores encontrados en un diente natural^{2,8}.

Es importante también tener en cuenta la falta de correlación entre la guía de color usada y la restauración final³. No se debe confundir este problema con el caso de las restauraciones totalmente cerámicas y finas como las carillas, en las que el cemento o el remanente dentario se pueden transparentar a través de la restauración alterando su resultado final (aunque este es un elemento también a tener en cuenta)¹⁷.

Esta falta de precisión, de reproducibilidad y de correlación puede inducir errores en la comunicación entre el dentista y el protésico que resulten en errores en el color de la restauración final^{1,17}.

A pesar de todos estos inconvenientes la toma de color de forma visual sigue siendo la más usada, debido a que es un método rápido y barato¹.

Procedimiento para tomar el color

Cuando se evalúa un diente las características más importantes son la forma, la superficie y el valor. La selección del color debe hacerse antes de empezar la preparación del diente pues si está deshidratado aumenta el valor que percibimos. Los colores adyacentes pueden influir en como percibimos el color por lo que debemos pedir al paciente que no use lápiz de labios, ni ropa de colores chillones. Debemos asegurarnos que los dientes estén limpios. Las observaciones deben ser rápidas (5s) para evitar la fatiga de los conos; a partir de este momento, estos complementan el color observado⁵.

TOMA DE COLOR MEDIANTE INSTRUMENTOS

Selección del color objetiva. Avances tecnológicos

A día de hoy las guías de colores siguen siendo el elemento más utilizado en la práctica diaria por el clínico para determinar el color. Las guías de color más populares son la *VITA classical*, *VITA 3D MASTER* y *Chromascop*; ^{5,17} en parte debido al precio de los instrumentos¹.

La tecnología ha permitido crear ciertos instrumentos que nos permiten seleccionar el color a la vez que minimizamos las inconsistencias e imperfecciones de los métodos tradicionales³ siendo sus principales ventajas la reproducibilidad y precisión de las mediciones¹⁶.

- Sistemas de imagen: la mayoría de las cámaras digitales utilizan un sistema RGB para crear la imagen. Es un sistema aditivo en el que la luz roja, verde y azul son añadidas juntas de diferentes maneras para reproducir toda la escala de colores. Es la forma más básica para determinar de forma electrónica el color. El problema es que no controlan algunas de las variables clave para determinar el color con precisión ya que siguen dependiendo de

elementos subjetivos como el ojo humano³. Además, factores como la iluminación o el ángulo con el que hemos tomado la fotografía pueden alterar la forma en la que el color es percibido por la cámara⁵.

- *ClearMatch®* (Smart Technology) es un software que usa imágenes digitales en alta resolución y las compara con las guías más populares del mercado³.
- Espectrofotómetros: miden la intensidad de la luz reflejada en todas las longitudes de onda visibles desde un objeto. Estos instrumentos dividen el espectro visual en múltiples partes. Hoy en día casi todos son espectrocolorímetros, dando lugar a un segundo dato^{1,5,7}. Son prácticamente los más eficaces, útiles y flexibles de todos los métodos usados en odontología³. Un espectrofotómetro contiene una fuente de radiación óptica, un medio para dispersar luz, un sistema de medida, un detector y elementos para convertir la luz obtenida en una señal que pueda ser analizada de tal forma que los datos obtenidos sean “traducidos” a una forma útil para el dentista (normalmente convertidos en equivalentes en guías de color)³. Normalmente expresan sus resultados en base al sistema CIELab así como en alguna de las guías de color^{7-9,13-15}. Valores de ΔE mayores de 1-2 son detectables visualmente en condiciones no clínicas^{12,13}. Uno de los inconvenientes de los espectrofotómetros es la dificultad de posicionar correctamente el cabezal cuando la superficie dentaria es demasiado convexa^{6,10}.

Ejemplos:

- *Cristaleye®* (Olympus): combina los beneficios de un espectrofotómetro con la fotografía digital. Su principal ventaja es que tiene una base de datos con “guías de color virtuales” que pueden ser superpuestas con imágenes de dientes naturales para al encontrar una coincidencia mejorar la comunicación con el técnico

(busca evitar los errores clásicos de las guías de color)³. Utiliza una fuente de luz LED de 7 frecuencias (lo que aumenta la precisión y es tomada desde dentro de la cavidad oral, lo que disminuye la influencia de la luz ambiental)^{3,8}.

- *VITA Easyshade®* (VITA Zahnfabrik) es un espectrofotómetro pequeño, portátil, sin cables (batería), económico y de contacto que provee suficiente información como para ayudar en el proceso de la toma de color³. Posee una unidad central con una luz LED y una pantalla, conectados por fibra óptica a un sensor. Esta fibra óptica tiene un diámetro de 5 mm. Provee información tanto en parámetros L*, a* y b* como establece el color según una guía de color sea esta la *VITA Classical®* o la *VITA 3D-Master®*^{7,15}.

Permite diferentes modos a la hora de medir: una sola medición por diente, modo “área” (midiendo en cervical, medio e incisal) verificación del color de la restauración y un modo de práctica³.

- *Shade-X®* (X-Rite) es también un espectrofotómetro pequeño y sin cables que tiene un cabezal de 3mm y enlazado con la mayoría de las guías de color populares. Su elemento más característico es que tiene dos bases de datos a la hora de determinar el color: una más opaca (dentina) y otra más translúcida (borde incisal)³.
- *SpectroShade Micro®* (MHT) es un espectrofotómetro que combina una cámara digital con luces LED. Tiene una pequeña CPU interna con el software analítico. Las imágenes y la información guardadas en la memoria interna pueden ser transferidas al PC^{3,7}. Los colores son llevados a lo largo del camino de luz divididos en dos guías ópticas que convergen simétricamente la luz en el área de interés. La imagen del área analizada, iluminada con la luz coloreada, es reflejada en un sensor especial CC blanco y negro localizado al final del sistema óptico. Este sensor lee los datos en el rango visible

(400nm-700nm) la CPU interna analiza cerca de 2 millones de puntos de referencia cada vez que una imagen es adquirida. Además permite obtener el color en base a diferentes guías como *VITA Classical®* o *VITA 3D-Master®*⁷. Para la medición, el cabezal era posicionado cuidadosamente sobre el diente mientras la pantalla permitía al operado ver la superficie entera del diente para comprobar si está bajo el ángulo correcto (verificándolo mediante una línea verde); tras esto la medición puede ser realizada. Tras el registro los resultados son importados en un software que automáticamente nos da tanto los valores $L^*a^*b^*$ como el derivado en la guía *VITA Classical®*¹⁵.

- *Shadepilot®* (DeguDent GmbH) funciona mediante la medición de la reflexión o las propiedades de transmisión de un material en función de la longitud de onda. Mide el color en toda la superficie dentaria¹⁸.

Colorímetros: miden el color de forma similar a cómo es percibido por el ojo humano³. Usan el espacio de color CIE (o CIE Lab) y filtran la luz en áreas rojas, verdes y azules del espectro visible (simulando el sistema RGB). No registran la luz reflejada por que pueden ser menos precisos que los espectrofotómetros^{3,7,15,19} aunque hay estudios que nos llevan a pensar lo contrario^{1,2}. La principal desventaja de los colorímetros es que son instrumentos diseñados para medir superficies planas además de la falta de reproductibilidad de resultados intermétodo^{1,7,16}.

Ejemplos:

- *ShadeVision®* (X-Rite).
- *Shade Eye-Ex Dental Chroma Meter®* (Shofu Inc).
- *ShadeEye NCC®* (Shofu Inc): es un colorímetro que lee el espectro visible mediante el uso de fotodirectores¹⁸.

- Escáneres intraorales: los sistemas de adquisición de imágenes digitales intraoralmente permiten a los odontólogos capturar una estructura tridimensional posibilitando que, posteriormente, la información sea empleada como flujo de información entre el clínico y el técnico como elemento de estudio o como elemento de documentación. La Odontología basada en la tecnología CAD/CAM ha revolucionado la práctica clínica basándose en diodos emisores de luz azul, tecnología de láser azul, captura de fotografías en serie o la captación de imágenes por vídeo; en función del sistema empleado²⁰. Además, algunos de estos sistemas incorporan un software capaz de capturar y procesar el color; pudiendo emplearse como instrumentos de toma de color^{14,20}.

Ejemplos:

- iTero®
- 3M™ True Definition
- PlanScan®
- CS 3500®
- TRIOS®
- CEREC® AC OmniCam

La medición del color también es posible a partir del análisis de imágenes digitales, mediante la medición pixel a pixel en unidades RGB¹⁵.

Todos ellos tienen sus ventajas y sus limitaciones. Como ventajas los métodos “tecnológicos” son objetivos y nos permiten ahorrar tiempo además de mejorar la comunicación con el laboratorio¹¹.

A pesar de ello el método más comúnmente utilizado hoy en día sigue siendo el método visual³.

Interpretación y aplicación del análisis del color

Aunque el método visual sea el más empleado, los autores coinciden en que es el más sujeto a errores causados por factores subjetivos tanto ambientales como del operador^{3,10-12,16,17,21-23}.

Posteriormente se desarrollaron sistemas objetivos que miden la superficie completa del diente (cervical medio e incisal) como *Crystaleye®* o *SpectroShade®*, que dan estos valores mediante una imagen digital del diente en un ordenador. Reflejan valores como ΔE si se tienen al menos dos registros en la memoria. Sin embargo son mapeados en 2 dimensiones y no tienen en cuenta la textura, grosor de la restauración, tipo de material; entre otros³.

A pesar de las ventajas que aportan estos instrumentos muchas veces son insuficientes por si mismos para comunicar al laboratorio toda la información que deberíamos darle por lo que convendría adjuntar fotografías (en las que los parámetros deben permanecer constantes y no es posible crear un flujo de trabajo constante e inalterable)³.

Tras esta problemática. el primer escáner intraoral fue desarrollado en la Universidad de Zúrich hace ya más de 30 años²⁰. Este sistema surgió como una nueva herramienta que buscaba crear un flujo de trabajo continuo entre el clínico y el técnico de laboratorio para poder realizar restauraciones de un modo más rápido, sencillo y fluido. Estudios realizados posteriormente han afirmado que los escáneres intraorales pueden ser una alternativa fiable a los modelos de escayola tradicionales tanto en rehabilitaciones protésicas como realización de estudios ortodóncicos^{24,25}. La reciente incorporación de un software, en algunos sistemas, capaz de analizar el color durante el escaneo intraoral propone una nueva alternativa en la toma de color para realizar rehabilitaciones protésicas pero, al mismo tiempo, carece de evidencia científica ante la carencia de estudios llevados a cabo¹⁴.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO Y OBJETIVOS

A la hora de realizar una restauración hay muchos factores que influyen en el resultado, pero de todos los implicados el color resulta ser uno de los más importantes. Definir el color ideal para que una restauración no se diferencie de su adyacente y de su antagonista no es una labor sencilla. Además de la naturaleza de la pieza en la que nos basemos, las condiciones del ambiente y el propio profesional van a influir en esta selección final.

Para la valoración y cuantificación del color existen dos sistemas: los modelos psicofísicos o subjetivos, y los métodos objetivos; los cuales: captan, interpretan y cuantifican el color de forma numérica. Dentro de los métodos subjetivos empleado, el uso de las guías de color es el más comúnmente empleado por ser métodos estandarizados y accesibles que permiten mantener una comunicación continua con el laboratorio. A pesar de ello, hay un alto componente subjetivo que puede influir en la distorsión de las valoraciones como: la fatiga cromática, la falta de uniformidad entre las guías y la coincidencia de colores entre guías, entre otros. Estos factores no sólo influyen entre los profesionales que tomen el color sino que también influyen en la repetibilidad y concordancia de los resultados en el mismo operador.

Debido a esta subjetividad demostrada y a la cantidad de sesgos posibles, se han introducido una serie de métodos objetivos como: el colorímetro, el espectrofotómetro o los métodos de análisis de imagen apoyados en un software; no arrojando todavía datos de concordancia y repetibilidad entre los distintos métodos y, por tanto, no dejando claro si las nuevas tecnologías pueden solventar la problemática planteada con los métodos más tradicionales y, a la vez, los más subjetivos. Únicamente un estudio, presentado en febrero del año 2017¹⁴, establece la primera relación entre un método objetivo reconocido como el espectrofotómetro y los escáneres intraorales que analizan la imagen apoyados en un software.

Así se justifica la realización de este estudio en el que el principal objetivo es: evaluar la concordancia de dos métodos diferentes en toma de color: espectrofotómetro (*SpectroShade Micro®*) y escáner intraoral (TRIOS® de *3Shape®*). Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar la concordancia intermétodo.
2. Analizar la concordancia intramétodo (repetibilidad) de ambos sistemas de medición de color.

HIPÓTESIS

Las hipótesis nulas (H_0) planteadas para este estudio comparativo son las siguientes:

1. No existe concordancia entre los resultados obtenidos por los dos sistemas de toma de color empleados.
2. No existe repetibilidad intramétodo en los resultados obtenidos para los sistemas de color empleados.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio descriptivo comparativo observacional y transversal. Previamente a la realización del trabajo, todos los participantes serán informados del procedimiento y su consentimiento verbal será necesario para poder participar en el estudio.

MUESTRA: INCISIVOS CENTRALES, INCISIVOS LATERALES Y CANINOS

Los participantes serán estudiantes de 5º curso de Grado en Odontología de la facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid. Se evaluarán un total de 12 muestras por participante; siendo los incisivos centrales, incisivos laterales y caninos los dientes que participarán en la toma de color. La selección de dichos dientes se debe al fácil acceso que presenta y a la cara vestibular que favorece la toma de color con el espectrofotómetro^{6,10}.

Las medidas se realizarán teniendo en cuenta los tres tercios de los dientes incluidos en el estudio.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN E INCLUSIÓN

Para la selección de los sujetos participantes y posteriores mediciones, se aplicarán los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- **Inclusión:** pacientes con dientes participantes en buen estado de salud y sin tratamientos previos.
- **Exclusión:** dientes cariados o con grandes reconstrucciones, portadores de coronas, dientes endodonciados, descalcificaciones o tinciones intrínsecas, antecedentes de traumatismo, apiñamiento severo, pacientes con blanqueamiento en el último año, presencia de placa e inflamación gingival, fumadores, lesiones de abfracción o abrasión, respiradores orales, portadores de ortodoncia y pacientes con recesiones gingivales.

OPERADOR

Las mediciones serán llevadas a cabo por un odontólogo que no presenta alteraciones en la percepción cromática y que, previamente, ha sido formado en la utilización de los instrumentos a emplear en la toma de color: *SpectroShade Micro®* y *TRIOS®* de *3Shape*.

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA REALIZAR LOS REGISTROS DE COLOR CON LOS DOS MÉTODOS A COMPARAR

El estudio se llevará a cabo en la clínica del Master de Odontología Restauradora basado en las Nuevas Tecnologías, impartido en la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid, durante el curso académico 2016/2017. Todas las mediciones se llevarán a cabo entre las 16 y 18 horas con la intención de disponer de luz natural. La toma de registros se realizará en un sillón con ventana enfrentada y orientada al norte. El color de la pared del entorno es estándar en todas las mediciones.

Una semana antes de realizar la toma de color, se facilitará a los participantes instrucciones previas a la realización de las medidas intentando disminuir al máximo la posibilidad de sesgos por práctica ajena al operador. Se solicitará a los participantes que acudan a la medición del color habiéndose cepillado los dientes previamente. Asimismo, se les realizará una previa profilaxis utilizando un cepillo de contra-ángulo a baja velocidad. Los pacientes no podrán llevar pintalabios, cristales de gafas tintados y deberán estar uniformados con el pijama de clínica estándar. Segundos antes de comenzar con la toma de color, los dientes serán hidratados con un enjuague de agua a fin de evitar posibles aclaramientos del color debido a la deshidratación del esmalte.

A los pacientes se les solicitará que eviten, en la máxima medida, respirar por la boca pues el empañamiento de los sensores del espectrofotómetro y de los escáneres intraorales pueden influir en la distorsión posterior de los resultados.

Las tomas de color se tomarán repetidamente con cada instrumento. Entre una medición y otra se prestará especial atención a la hidratación de los dientes por las razones previamente expuestas.

MATERIAL COMPLEMENTARIO NECESARIO

- Micromotor y contra-ángulo.
- Cepillo de pulir para micromotor.
- Pasta de pulir.
- Vaso con agua o manguera con irrigación.
- Separadores.

ANÁLISIS DE DATOS

En primer lugar, los datos obtenidos con el espectrofotómetro serán volcados y analizados con el software MHT SpectroShade®; mientras que los datos obtenidos por el TRIOS® serán analizados y tabulados a través del propio software que incorpora el hardware.

Se incluirán en el análisis estadístico los valores obtenidos de todos los incisivos registrados. El tamaño muestral estimado será $n > 50$. El análisis estadístico se realizará con el programa SPSS 20.0 Windows. Primero se realizará un análisis descriptivo y para ello se confeccionará una tabla de frecuencias para ver los

resultados coincidentes para posteriormente analizar las diferencias significativas se realizará un test χ^2 con un valor de significación ajustado a $\leq 0,05$ y posterior evaluación de la concordancia a través del índice de Kappa.

PLAN DE TRABAJO

- En la primera sesión se tomará el color de los 12 dientes más anteriores (de canino a canino) de 2 pacientes; repitiendo las mediciones con cada instrumento repetidamente y siendo hidratados de nuevo para evitar alteraciones del color por desecación de las estructuras dentarias²⁶.
- Tras otra semana se citará a dos nuevos pacientes y repetiremos la sistemática anterior.
- En el caso de que se disponga de más participantes, se habilitará un tercer siguiendo el mismo protocolo realizado con los anteriores grupos.

MEDIOS DISPONIBLES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

El material necesario para la realización del estudio será provisto por el Título Propio de Master en Odontología Restauradora basado en Nuevas Tecnologías durante el curso 2016 / 2017. La recogida de datos será realizada durante el horario de clínica del mismo título.

RESULTADOS

4.1. DISPOSICIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS

Todos los datos obtenidos del espectrofotómetro y el escáner intraoral, en valores de la guía VITA Classical, se introdujeron en una tabla Excel adecuada para el posterior análisis estadístico.

		SPECTRO1	SPECTRO2	3SHAPE1	3SHAPE2
1	CERVICAL	A2	A2	A2	B2
2	CERVICAL	A1	A1	A1	A2
3	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
4	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
5	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
6	CERVICAL	B2	B2	B2	B2
7	CERVICAL	A3	A3	A3	A3
8	CERVICAL	A3	A3	A2	A2
9	CERVICAL	A2	A2	A2	B1
10	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
11	CERVICAL	A2	A2	A3	A3
12	CERVICAL	B2	A2	B2	B2
13	CERVICAL	A2	A2	A1	A2
14	CERVICAL	B1	B1	B1	B1
15	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
16	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
17	CERVICAL	B1	B1	B1	B1
18	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
19	CERVICAL	B1	B1	A1	B1
20	CERVICAL	A1	A1	B1	B1
21	CERVICAL	A1	A1	A2	A2
22	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
23	CERVICAL	A2	A2	A1	A2
24	CERVICAL	B1	B1	B1	B1
25	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
26	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
27	CERVICAL	B1	B1	B1	B1
28	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
29	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
30	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
31	CERVICAL	B1	B1	A2	A3
32	CERVICAL	B1	B1	A1	A1

33	CERVICAL	A1	A1	A2	A2
34	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
35	CERVICAL	A3	A1	A2	A2
36	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
37	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
38	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
39	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
40	CERVICAL	A3	A2	A2	A2
41	CERVICAL	A3	A3	A2	A2
42	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
43	CERVICAL	A2	A1	A2	A2
44	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
45	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
46	CERVICAL	A2	A3	B2	B2
47	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
48	CERVICAL	A1	A1	A2	A2
49	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
50	CERVICAL	A1	A1	A1	A1
51	CERVICAL	A1	A1	A2	A2
52	CERVICAL	A1	A1	A2	A2
53	CERVICAL	A2	A2	A3	A3
54	CERVICAL	A1	A1	A2	A2
55	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
56	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
57	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
58	CERVICAL	A2	A2	A3	A3
59	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
60	CERVICAL	A2	A2	A2	A2
1	MEDIO	A2	A2	A2	A2
2	MEDIO	A2	A2	A1	A1
3	MEDIO	A1	A1	A1	A1
4	MEDIO	A1	A1	A1	A1
5	MEDIO	A1	A1	A1	A1
6	MEDIO	A1	A1	A1	B2
7	MEDIO	A2	A2	A2	A2
8	MEDIO	A2	A2	A1	A1
9	MEDIO	A1	A1	A1	A1
10	MEDIO	A1	A1	A1	A1
11	MEDIO	C1	C1	A2	A2
12	MEDIO	A2	A2	A2	A2
13	MEDIO	A1	A1	A1	A1
14	MEDIO	B1	B1	B1	B1

15	MEDIO	A1	A1	A1	B1
16	MEDIO	A1	A1	A1	A1
17	MEDIO	B1	B1	B1	B1
18	MEDIO	A1	A1	A1	A1
19	MEDIO	A1	C1	A1	A1
20	MEDIO	B1	B1	A1	B1
21	MEDIO	B1	B1	A1	B1
22	MEDIO	B1	B1	B1	B1
23	MEDIO	B1	B1	B1	B1
24	MEDIO	A1	A1	A1	A2
25	MEDIO	A2	A2	A2	A2
26	MEDIO	A1	A1	A1	A1
27	MEDIO	A1	A1	A1	A1
28	MEDIO	A1	A1	A1	A1
29	MEDIO	A1	A1	A1	A1
30	MEDIO	A2	A2	A1	A2
31	MEDIO	A2	A2	A2	A2
32	MEDIO	A1	A1	A1	A1
33	MEDIO	A1	A1	A1	A1
34	MEDIO	A1	A1	A1	A1
35	MEDIO	A1	A1	A1	A1
36	MEDIO	A1	A1	A1	A1
37	MEDIO	A2	A2	A2	A2
38	MEDIO	B1	B1	B1	B1
39	MEDIO	A1	A1	A1	A1
40	MEDIO	B1	B1	B1	B1
41	MEDIO	B1	B1	B1	B1
42	MEDIO	A1	A1	A1	A1
43	MEDIO	A2	A3	B2	B2
44	MEDIO	A2	A2	A1	A1
45	MEDIO	A1	A1	A1	A1
46	MEDIO	A1	A1	A1	A1
47	MEDIO	A1	A1	B2	B2
48	MEDIO	A2	A2	A2	A2
49	MEDIO	A1	A1	B1	B1
50	MEDIO	B1	B1	B1	B1
51	MEDIO	B1	B1	B1	B1
52	MEDIO	B1	A1	A1	A1
53	MEDIO	A1	A1	A1	A1
54	MEDIO	A1	A1	A1	A1
55	MEDIO	A1	A1	A1	A1
56	MEDIO	A1	A1	A1	A1

57	MEDIO	C1	C1	A1	A1
58	MEDIO	B1	B1	A1	A1
59	MEDIO	A1	A1	A1	A1
60	MEDIO	A2	A2	A2	A2
1	INCISAL	A1	A1	C1	C1
2	INCISAL	C1	A1	A2	A2
3	INCISAL	A1	A1	A1	A1
4	INCISAL	B1	B1	B1	B1
5	INCISAL	B1	B1	B1	B1
6	INCISAL	A1	A1	B1	B1
7	INCISAL	A1	A1	C1	C1
8	INCISAL	C1	A1	B1	B1
9	INCISAL	B1	A1	B1	B1
10	INCISAL	B1	B1	B1	B1
11	INCISAL	C1	B1	C1	B1
12	INCISAL	A1	B2	B2	B2
13	INCISAL	A1	A1	B1	C1
14	INCISAL	B1	B1	B1	B1
15	INCISAL	B1	B1	B1	B1
16	INCISAL	B1	B1	B1	B1
17	INCISAL	B1	B1	B1	B1
18	INCISAL	A1	A1	B1	B1
19	INCISAL	A1	A1	B1	C1
20	INCISAL	B1	B1	B1	C1
21	INCISAL	B1	B1	B1	C1
22	INCISAL	B1	B1	B1	B1
23	INCISAL	B1	B1	B1	C1
24	INCISAL	A1	A1	C1	C1
25	INCISAL	A1	A1	A2	A2
26	INCISAL	A1	A1	A1	B1
27	INCISAL	A1	A1	A1	A1
28	INCISAL	B1	B1	A1	A1
29	INCISAL	B1	A1	B1	B1
30	INCISAL	A1	A1	B1	B1
31	INCISAL	A1	A1	A1	B1
32	INCISAL	A1	B1	A1	B1
33	INCISAL	B1	B1	B1	B1
34	INCISAL	A1	A1	B1	B1
35	INCISAL	A1	A1	B1	B1
36	INCISAL	A1	A1	B1	C1
37	INCISAL	B1	B1	B1	B1
38	INCISAL	B1	B1	B1	B1

39	INCISAL	B1	B1	B1	B1
40	INCISAL	B1	B1	B1	B1
41	INCISAL	B1	B1	B1	B1
42	INCISAL	B1	B1	B1	B1
43	INCISAL	A3	A3	A3	A3
44	INCISAL	A3	A3	C1	C1
45	INCISAL	A1	A1	C1	C1
46	INCISAL	A1	C1	C1	C1
47	INCISAL	C1	C1	C1	C1
48	INCISAL	A3	A2	A3	A2
49	INCISAL	A1	A1	B1	B1
50	INCISAL	B1	B1	B1	B1
51	INCISAL	B1	B1	B1	B1
52	INCISAL	B1	B1	B1	B1
53	INCISAL	A1	A1	B1	B1
54	INCISAL	A1	A1	C1	C1
55	INCISAL	A1	A1	B1	B1
56	INCISAL	B1	B1	B1	B1
57	INCISAL	B1	B1	B1	B1
58	INCISAL	B1	B1	B1	B1
59	INCISAL	A1	A1	A1	A1
60	INCISAL	B1	B1	B1	B1

Los valores incluidos en la tabla como variables fueron:

A1, A2, A3, B1, B2 y C1.

El resto de valores contemplados en la guía VITA Classical no fueron incluidos porque ninguno de los dispositivos empleados reflejó dichos valores en las tomas de color realizadas.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.2.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Con todos los datos obtenidos, realizamos una estadística descriptiva con tablas de frecuencia para analizar los resultados coincidentes y los colores más repetidos. Posteriormente, desglosaremos las tablas de contingencia intramétodo, intermétodo, intramétodo por tercios e intermétodo por tercios.

I. Tabla de contingencia intramétodo

a. Espectrofotómetro

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ESPECTROUNO * ESPECTRODOS	180	100,0%	0	0,0%	180	100,0%

El número de casos analizados es de 180. El 100% de las muestras son válidas.

Tabla de contingencia ESPECTROUNO * ESPECTRODOS

		ESPECTRODOS						Total
		A1	A2	A3	B1	B2	C1	
ESPECTROUNO	A1	74	0	0	1	1	2	78
	A2	1	35	2	0	0	0	38
	A3	1	2	5	0	0	0	8
	B1	3	0	0	45	0	0	48
	B2	0	1	0	0	1	0	2
	C1	2	0	0	1	0	3	6
Total		81	38	7	47	2	5	180

Los colores más frecuentemente obtenidos con este sistema, tras la repetición, fueron: A1 (159), B1 (95) y A2 (76); siendo coincidentes 163 resultados de los 180 casos analizados.

b. Escáner intraoral

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ESCANERUNO * ESCANERDOS	180	100,0%	0	0,0%	180	100,0%

El número de casos analizados con el escáner intraoral fueron 180. El 100% de los casos son válidos para participar en nuestro análisis estadístico.

Tabla de contingencia ESCANERUNO * ESCANERDOS

		ESCANERDOS						Total
		A1	A2	A3	B1	B2	C1	
ESCANERUNO	A1	51	5	0	7	1	0	64
	A2	0	38	1	1	1	0	41
	A3	0	1	5	0	0	0	6
	B1	0	0	0	48	0	6	54
	B2	0	0	0	0	6	0	6
	C1	0	0	0	1	0	8	9
Total		51	44	6	57	8	14	180

Los colores más frecuentemente obtenidos con el sistema TRIOS® de 3Shape fueron: A1 (115), B1 (111) y A2 (85); coincidiendo 156 valores de los 180 casos analizados.

II. Tabla de contingencia intermétodo

a. Espectrofotómetro vs escáner intraoral

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ESPECTRO * ESCANER	360	100,0%	0	0,0%	360	100,0%

El número de casos analizados con ambos métodos es de 360. El 100% de los casos incluidos son válidos.

Tabla de contingencia ESPECTRO * ESCANER

	ESCANER						Total
	A1	A2	A3	B1	B2	C1	
A1	93	19	0	29	4	14	159
A2	9	56	6	1	4	0	76
A3	0	6	5	0	2	2	15
B1	10	1	1	80	0	3	95
B2	0	0	0	0	4	0	4
C1	3	3	0	1	0	4	11
Total	115	85	12	111	14	23	360

Los colores más obtenidos durante la toma de datos con ambos sistemas fueron: A1 (234), B1 (206) y A2 (161); coincidiendo 242 valores, entre los dos sistemas, de los 360 casos estudiados.

III. Tabla de contingencia intramétodo por tercios

a. Espectrofotómetro

Tabla de contingencia ESPECTROUNO * ESPECTRODOS * TERCIO

TERCIO		ESPECTRODOS						Total
		A1	A2	A3	B1	B2	C1	
CERVICAL	A1	21	0	0	0	0		21
	A2	1	23	1	0	0		25
	ESPECTROUNO A3	1	1	3	0	0		5
	B1	0	0	0	7	0		7
	B2	0	1	0	0	1		2
	Total		23	25	4	7	1	
MEDIO	A1	31	0	0	0		1	32
	ESPECTROUNO A2	0	12	1	0		0	13
	B1	1	0	0	12		0	13
	C1	0	0	0	0		2	2
	Total		32	12	1	12		3
INCISAL	A1	22	0	0	1	1	1	25
	ESPECTROUNO A3	0	1	2	0	0	0	3
	B1	2	0	0	26	0	0	28
	C1	2	0	0	1	0	1	4
Total		26	1	2	28	1	2	60
Total	A1	74	0	0	1	1	2	78
	A2	1	35	2	0	0	0	38
	ESPECTROUNO A3	1	2	5	0	0	0	8
	B1	3	0	0	45	0	0	48
	B2	0	1	0	0	1	0	2
	C1	2	0	0	1	0	3	6
Total		81	38	7	47	2	5	180

Los valores más frecuentemente obtenidos, cuando analizamos los colores según los tercios dentales, son:

- Cervical: A2 (50), A1 (44) y B1 (14); coincidiendo en la medición 55 valores de los 60 obtenidos.
- Medio: A1 (64), A2 (25) y B1 (25); coincidiendo, en las dos tomas de color, 43 valores de los 60 obtenidos.

- Incisal: B1 (56), A1 (51) y A3 (5); coincidiendo 28 valores de lo 60 obtenidos tras dos tomas de color con el sistema espectrofotométrico.

b. Escáner intraoral

Tabla de contingencia ESCANERUNO * ESCANERDOS * TERCIO

TERCIO		ESCANERDOS						Total	
		A1	A2	A3	B1	B2	C1		
CERVICAL	ESCANERUNO	A1	14	3	0	1	0	18	
		A2	0	27	1	1	1	30	
		A3	0	0	4	0	0	4	
		B1	0	0	0	5	0	5	
		B2	0	0	0	0	3	3	
		Total	14	30	5	7	4	60	
MEDIO	ESCANERUNO	A1	33	2		3	1	39	
		A2	0	9		0	0	9	
		B1	0	0		10	0	10	
		B2	0	0		0	2	2	
		Total	33	11		13	3	60	
INCISAL	ESCANERUNO	A1	4	0	0	3	0	7	
		A2	0	2	0	0	0	2	
		A3	0	1	1	0	0	2	
		B1	0	0	0	33	0	39	
		B2	0	0	0	0	1	1	
		C1	0	0	0	1	0	8	
		Total	4	3	1	37	1	14	
Total	ESCANERUNO	A1	51	5	0	7	1	64	
		A2	0	38	1	1	1	41	
		A3	0	1	5	0	0	6	
		B1	0	0	0	48	0	54	
		B2	0	0	0	0	6	6	
		C1	0	0	0	1	0	8	
		Total	51	44	6	57	8	14	
Total			51	44	6	57	8	14	180

Los colores más frecuentemente obtenidos, desglosados por tercios dentales, son:

- Cervical: A2 (60), A1 (32) y B1(13); coincidiendo 53 valores de los 60 obtenidos.
- Medio: A1 (72), B1 (23) y A2 (20); coincidiendo 54 valores entre sí, de los 60 obtenidos en total.
- Incisal: B1 (76), C1 (23) y A1 (11); existiendo más variabilidad entre los colores obtenidos y coincidiendo 49 valores de los 60 obtenidos en distintos tiempos.

IV. Tabla de contingencia intermétodo por tercios

Espectrofotómetro vs escáner intraoral

Tabla de contingencia ESPECTRO * ESCANER * TERCIO

TERCIO		ESCANER						Total	
		A1	A2	A3	B1	B2	C1		
CERVICAL	ESPECTRO	A1	27	15	0	2	0	44	
		A2	2	38	6	1	3	50	
		A3	0	6	2	0	1	9	
		B1	3	1	1	9	0	14	
		B2	0	0	0	0	3	3	
		Total	32	60	9	12	7	120	
MEDIO	ESPECTRO	A1	57	1		3	3	64	
		A2	7	17		0	1	25	
		A3	0	0		0	1	1	
		B1	5	0		20	0	25	
		C1	3	2		0	0	5	
		Total	72	20		23	5	120	
INCISAL	ESPECTRO	A1	9	3	0	24	1	14	51
		A2	0	1	0	0	0	0	1
		A3	0	0	3	0	0	2	5
		B1	2	0	0	51	0	3	56
		B2	0	0	0	0	1	0	1
		C1	0	1	0	1	0	4	6
Total	11	5	3	76	2	23	120		
Total	ESPECTRO	A1	93	19	0	29	4	14	159
		A2	9	56	6	1	4	0	76
		A3	0	6	5	0	2	2	15
		B1	10	1	1	80	0	3	95
		B2	0	0	0	0	4	0	4
		C1	3	3	0	1	0	4	11
Total	115	85	12	111	14	23	360		

Los colores más frecuentemente obtenidos, desglosados por tercios dentales, son:

- Cervical: A2 (110), A1 (76) y B1(26); coincidiendo 79 valores de los 120

obtenidos.

- Medio: A1 (136), B1 (48) y A2 (45); coincidiendo 94 valores entre sí, de los 120 obtenidos en total.
- Incisal: B1 (132), C1 (23) y A1 (62); existiendo más variabilidad entre los colores obtenidos y coincidiendo 69 valores de los 120 obtenidos en distintos tiempos.

4.2.2. ESTADÍSTICA INFERENCIAL

Tras la realización de una estadística descriptiva en la que, ayudados de tablas de frecuencia, se ha podido analizar los resultados coincidentes; se lleva a cabo la estadística inferencial haciendo empleo de los datos previamente presentados. Se realizó la Chi Cuadrado de Pearson y el test de Kappa para variables cualitativas. La hipótesis nula (H_0) de este estudio propone la inexistencia de concordancia entre ambos dispositivos para la toma de color, así como la inexistencia de repetibilidad de ambos métodos.

En primer lugar, se realizaron las pruebas Chi Cuadrado para observar si existe o no significación estadística en la diferencia entre los dos métodos de toma de color ($p \leq .05$) y, una vez comprobado esta suposición, se procedió a la realización del test de Kappa para variables cualitativas, para observar el tipo de concordancia existente. Según este último, la concordancia entre los métodos bajo estudio es nula cuando el índice es 0, es moderada si es mayor a 0,4, es buena si el índice es mayor a 0,6 y muy buena cuando el índice es mayor a 0,8.

Valoración del Índice Kappa	
Valor de k	Fuerza de la concordancia
< 0,20	Pobre
0,21 - 0,40	Débil
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Buena
0,81 - 1,00	Muy buena

Una vez comprobada la significación estadística de los resultados obtenidos, se procederá al análisis de la concordancia intramétodo e intermétodo así como la concordancia intramétodo e intermétodo por tercios. El análisis de los datos se llevó a cabo con el software de estadística SPSS 20.0.

- I. Concordancia intramétodo
 - a. Espectrofotómetro

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	483,004 ^a	25	,000
Razón de verosimilitudes	356,644	25	,000
Asociación lineal por lineal	104,676	1	,000
N de casos válidos	180		

a. 27 casillas (75,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,02.

Se establecieron relaciones estadísticamente significativas ($p \leq .000$) entre las tomas de color llevadas a cabo en distintos tiempos por el mismo instrumento de toma de color (espectrofotómetro). Asimismo, el índice Kappa calculado es de ,863, relacionado con una concordancia **muy buena**.

Medidas simétricas

	Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	,863	,031	18,704	,000
N de casos válidos	180			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

b. Escáner intraoral

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	609,012 ^a	25	,000
Razón de verosimilitudes	380,466	25	,000
Asociación lineal por lineal	135,279	1	,000
N de casos válidos	180		

a. 27 casillas (75,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,20.

En este caso, se volvieron a detectar relaciones estadísticamente significativas entre las dos tomas de color, llevadas a cabo en distintos tiempos, ($p \leq .000$) por el escáner intraoral. Por otro lado, el índice Kappa es ,820, reflejando una concordancia **muy buena**.

Medidas simétricas

	Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	,820	,034	19,552	,000
N de casos válidos	180			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

II. Concordancia intermétodo

a. Espectrofotómetro vs escáner intraoral

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	483,473 ^a	25	,000
Razón de verosimilitudes	378,117	25	,000
Asociación lineal por lineal	62,093	1	,000
N de casos válidos	360		

a. 23 casillas (63,9%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,13.

Tras el análisis de ambos métodos, se establecen diferencias estadísticamente significativas entre ambas tomas de color ($p \leq 0,000$); obteniendo un índice Kappa de ,547; asociado a su vez con una concordancia **moderada**. Esto nos permite rechazar la hipótesis nula H_0 .

Medidas simétricas

	Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	,547	,033	17,930	,000
N de casos válidos	360			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

III. Concordancia intramétodo por tercios

a. Espectrofotómetro

Pruebas de chi-cuadrado

TERCIO		Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
CERVICAL	Chi-cuadrado de Pearson	165,473 ^b	16	,000
	Razón de verosimilitudes	118,825	16	,000
	Asociación lineal por lineal	46,519	1	,000
	N de casos válidos	60		
MEDIO	Chi-cuadrado de Pearson	152,462 ^c	12	,000
	Razón de verosimilitudes	120,645	12	,000
	Asociación lineal por lineal	43,497	1	,000
	N de casos válidos	60		
INCISAL	Chi-cuadrado de Pearson	110,770 ^d	15	,000
	Razón de verosimilitudes	78,267	15	,000
	Asociación lineal por lineal	21,918	1	,000
	N de casos válidos	60		
Total	Chi-cuadrado de Pearson	483,004 ^a	25	,000
	Razón de verosimilitudes	356,644	25	,000
	Asociación lineal por lineal	104,676	1	,000
	N de casos válidos	180		

a. 27 casillas (75,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,02.

b. 21 casillas (84,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,03.

c. 15 casillas (75,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,03.

d. 20 casillas (83,3%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,05.

Tras la realización de la prueba Chi Cuadrado, se establecen diferencias estadísticamente significativas entre las tomas de medidas realizadas por el mismo instrumento en los tres tercios, analizados por separado ($p \leq .000$). Por otro lado, tras calcular el índice Kappa, se establece una concordancia **muy buena** en los tercios cervical y medio (,876 y ,920 respectivamente); pero una

concordancia buena en las mediciones llevadas a cabo en el tercio incisal (0,749).

TERCIO			Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
CERVICAL	Medida de acuerdo	Kappa	,876	,052	10,535	,000
	N de casos válidos		60			
MEDIO	Medida de acuerdo	Kappa	,920	,044	10,778	,000
	N de casos válidos		60			
INCISAL	Medida de acuerdo	Kappa	,749	,072	7,625	,000
	N de casos válidos		60			
Total	Medida de acuerdo	Kappa	,863	,031	18,704	,000
	N de casos válidos		180			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

b. Escáner intraoral

TERCIO		Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
CERVICAL	Chi-cuadrado de Pearson	173,786 ^b	16	,000
	Razón de verosimilitudes	109,264	16	,000
	Asociación lineal por lineal	41,730	1	,000
	N de casos válidos	60		
MEDIO	Chi-cuadrado de Pearson	128,151 ^c	9	,000
	Razón de verosimilitudes	88,894	9	,000
	Asociación lineal por lineal	38,030	1	,000
	N de casos válidos	60		
INCISAL	Chi-cuadrado de Pearson	196,264 ^d	25	,000
	Razón de verosimilitudes	80,438	25	,000
	Asociación lineal por lineal	34,340	1	,000
	N de casos válidos	60		
Total	Chi-cuadrado de Pearson	609,012 ^a	25	,000
	Razón de verosimilitudes	380,466	25	,000
	Asociación lineal por lineal	135,279	1	,000
	N de casos válidos	180		

- a. 27 casillas (75,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,20.
- b. 22 casillas (88,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,20.
- c. 12 casillas (75,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,10.
- d. 33 casillas (91,7%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,02.

Se establecen diferencias estadísticamente significativas entre las tomas de medidas realizadas por el mismo instrumento en los tres tercios, analizados por separado ($p \leq .000$). Por otro lado, tras calcular el índice Kappa, se puede apreciar una concordancia **muy buena** en los tercios cervical y medio (,824 y ,827 respectivamente); pero una concordancia **buena** en las mediciones llevadas a cabo en el tercio incisal (,669); coincidiendo con los resultados obtenidos por el espectrofotómetro anteriormente.

Medidas simétricas

TERCIO			Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
CERVICAL	Medida de acuerdo	Kappa	,824	,063	10,458	,000
	N de casos válidos		60			
MEDIO	Medida de acuerdo	Kappa	,827	,067	9,565	,000
	N de casos válidos		60			
INCISAL	Medida de acuerdo	Kappa	,669	,090	8,205	,000
	N de casos válidos		60			
Total	Medida de acuerdo	Kappa	,820	,034	19,552	,000
	N de casos válidos		180			

- a. Asumiendo la hipótesis alternativa.
- b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

IV. Concordancia intermétodo por tercios

a. Espectrofotómetro vs escáner intraoral

Pruebas de chi-cuadrado

TERCIO		Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
CERVICAL	Chi-cuadrado de Pearson	152,835 ^b	16	,000
	Razón de verosimilitudes	111,511	16	,000
	Asociación lineal por lineal	44,394	1	,000
	N de casos válidos	120		
MEDIO	Chi-cuadrado de Pearson	159,343 ^c	12	,000
	Razón de verosimilitudes	125,634	12	,000
	Asociación lineal por lineal	25,126	1	,000
	N de casos válidos	120		
INCISAL	Chi-cuadrado de Pearson	193,926 ^d	25	,000
	Razón de verosimilitudes	82,247	25	,000
	Asociación lineal por lineal	1,633	1	,201
	N de casos válidos	120		
Total	Chi-cuadrado de Pearson	483,473 ^a	25	,000
	Razón de verosimilitudes	378,117	25	,000
	Asociación lineal por lineal	62,093	1	,000
	N de casos válidos	360		

a. 23 casillas (63,9%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,13.

b. 19 casillas (76,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,18.

c. 15 casillas (75,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,04.

d. 31 casillas (86,1%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,02.

En este caso, tras emplear el test Chi Cuadrado, con un índice de significación $p \leq 0.05$, se observa que se establecen diferencias estadísticamente significativas entre ambos instrumentos y las tomas de color que hemos realizado con ellos, analizando los tercios individualmente. Por otro lado, el índice de Kappa nos muestra una concordancia **buena** cuando procesamos las muestras tomadas de los tercios medios (,642), pero una

concordancia **moderada** en el tercio cervical (0,494) y una concordancia **débil** en el tercio incisal (0,351).

Medidas simétricas

TERCIO			Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
CERVICAL	Medida de acuerdo	Kappa	,494	,063	8,757	,000
	N de casos válidos		120			
MEDIO	Medida de acuerdo	Kappa	,642	,060	10,686	,000
	N de casos válidos		120			
INCISAL	Medida de acuerdo	Kappa	,351	,055	7,332	,000
	N de casos válidos		120			
Total	Medida de acuerdo	Kappa	,547	,033	17,930	,000
	N de casos válidos		360			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

5. DISCUSIÓN

Se puede apreciar en la literatura un profundo empeño en la evaluación de los distintos métodos en la toma de color dental, desde los métodos subjetivos tradicionales, así como los nuevos métodos objetivos recientes en el panorama odontológico.

Existen múltiples sistemas que nos permiten tomar el color pero nos es imposible determinar cuál es el más apropiado ya que no existen métodos estandarizados para evaluar la eficacia y las limitaciones específicos de cada uno^{18,23}.

Se han reportado gran cantidad de factores limitantes en aquellos estudios que hacían uso de instrumentos dependientes de un juicio subjetivo por parte del operador, demostrando una pobre concordancia y repetibilidad entre los evaluadores a la hora de poder escoger un color en concreto^{1,3,10-12,16,17,21,23}. Otros autores, además, recalcan la importancia del entrenamiento del operador o la edad; siendo factores determinantes a tener en cuenta independientemente de los factores ambientales^{1,11}.

La inspección visual es subjetiva y está influenciada por numerosos y variados factores. Sin embargo, este método no debe ser desestimado o considerado inferior. Actualmente, todos los instrumentos “objetivos” para tomar el color se han desarrollado en base a la respuesta visual de un observador estándar³.

Uno de los métodos más eficaces es la comparación mediante el sistema CIELab, pues nos permite cuantificar la diferencia entre el color estándar y el color medido. En condiciones controladas, cuando dos objetos están puestos uno al lado del otro, la diferencia más pequeña que puede ser detectada por el ojo humano es, aproximadamente, un ΔE de 1.

Un instrumento que permite realizar esa comparación es el espectrofotómetro^{6,16}. Llena y cols. compararon entre sí dos espectrofotómetros. Ambos aparatos permiten la función de medir el color y convertirlo a las guías más usadas, indican la posición exacta del color de un diente en el espacio de color estándar del observador y lo hacen de forma precisa y reproducible.⁷. Algunas inconsistencias de estos aparatos han sido destacadas como que, a pesar de usar guías de posicionamiento y otras opciones para tomar la medida siempre en el mismo punto, los errores son comunes. Es importante evaluar la variabilidad inter e intramétodo así como la capacidad de convertir las coordenadas a un color de una guía conocida cuando vayamos a usar un instrumento así en la práctica clínica diaria⁷. Además, estos dos sistemas estudiados pese a funcionar de un modo similar, los valores L^*a^* y b^* eran diferentes entre ambos; pese a que ΔE no presentaba diferencias significativas.

En el año 2010, Jee-Ha y cols.¹⁶ compararon la toma de color visual y un espectrofotómetro llegando a la conclusión de que el método visual era impredecible y poco fidedigno siendo mucho mayor la reproducibilidad de los resultados al utilizar el espectrofotómetro y encontrando importantes diferencias en el ΔE al usar éste o el método visual.

En el año 2014, Gómez-Polo y cols.⁶ realizaron un estudio comparando las diferencias entre tomar el color de forma visual y mediante un espectrofotómetro (*VITA Easyshade Compact*®). Vieron que para el valor no había diferencias significativas entre usar un método u otro; sin embargo, para el tono y la saturación las diferencias si eran significativas. Sólo en un 18,37% de los casos coincidían los 3 parámetros entre ambos métodos.

Otros estudios similares hablan además de la reproducibilidad en observaciones humanas inferior al 65% mientras que del espectrofotómetro se habla de un 90-89,6% de los casos en función del estudio y del espectrofotómetro⁶.

También en el año 2014, Pimental y Tiossi¹³ hicieron un estudio similar comparando el método visual con el espectrofotómetro empleado en este estudio, encontrando una mayor reproducibilidad y fiabilidad de las mediciones con este último. También encontró que solían coincidir más cuando los colores eran muy claros o muy oscuros (valor muy alto o muy bajo).

Por último Knezovic y cols. en 2015²⁷ concluyen que otro espectrofotómetro consigue una reproducibilidad casi perfecta y una gran precisión respecto a la toma de color subjetiva.

Posteriormente, irrumpieron en el panorama los sistemas de escáner intraoral, incorporando en su software de trabajo una herramienta para la determinación del color dental. Sin embargo, apenas existen trabajos que demuestren la fiabilidad de los escáneres intraorales para la determinación del color dental.

En este estudio se observa una gran repetibilidad y concordancia intramétodo de los resultados obtenidos. El espectrofotómetro ya era respaldado por la literatura publicada pero los resultados en el escáner intraoral solamente pueden ser contrastados con un estudio de Brandt y cols.¹⁴, quienes establecen la primera comparativa entre estos dos métodos objetivos de toma de color. El autor emplea el mismo escáner intraoral que el de nuestro estudio ya que, según la Asociación Dental Americana, ha resultado ser el más preciso de los 6 comparados²⁰. En dicho estudio se muestra una alta repetibilidad del espectrofotómetro y del escáner intraoral, coincidiendo con los resultados de este estudio.

Por otro lado, los datos obtenidos en este estudio muestran una concordancia moderada intermétodo que, a su vez, también coincide con los resultados de Brandt y cols¹⁴.

Estos datos permiten afirmar que tanto el espectrofotómetro como el escáner intraoral son instrumentos muy precisos. En contrapartida, si se considera al espectrofotómetro como el *gold standard* de los sistemas de toma de color, implica que el escáner intraoral tiene una exactitud moderada debido a los valores de concordancia hallados.

Los datos analizados desde un punto de vista comparativo permiten sugerir que el escáner intraoral, pese a su concordancia moderada respecto al espectrofotómetro, supone un sistema fiable y más preciso que otros sistemas de toma de color como los colorímetros o guías; ya que éstas no demuestran tanta precisión ni exactitud^{3,7,12,15,16,28}.

En adición, en este estudio se han diferenciado los datos obtenidos en función del tercio del diente desde donde se han tomado; pudiendo observar que la repetibilidad sigue siendo buena con ambos métodos, pero la exactitud es significativamente distinta en cada tercio. Desde un punto de vista intramétodo, el tercio incisal es el que refleja un menor índice de concordancia pese a que sigue considerándose moderado al no ser inferior a 0,6. En contrapartida, si comparamos ambos instrumentos, el tercio medio y el cervical son los que menor índice de concordancia poseen. El tercio cervical refleja una concordancia moderada mientras que el tercio incisal refleja una concordancia débil.

Los resultados concuerdan con otros estudios en los que se afirma que el tercio cervical se encuentra influenciado por el color de la encía así como el tercio incisal puede verse distorsionado por sus características estructurales de translucidez²⁹. Además, el tercio medio es el que más exactitud demuestra ya que es una zona estructural más plana y posee mayor índice de refracción dada la superposición de esmalte, dentina y tejido pulpar^{21,30}.

En un estudio de Karamouzos y cols., se realizaron mediciones espectrofotométricas a 6 dientes de 22 estudiantes y los resultados concluyeron que la superficie curva de los dientes puede contribuir a la aparición de errores adicionales por la interposición de sombras y relieves que una captura en 2D no

puede evitar³⁰. De ahí que se propongan dientes anteriores y con una curvatura no demasiado pronunciada; siendo este un aspecto a tener en cuenta en los futuros estudios que se lleven a cabo.

A lo largo del estudio otros datos del espectrofotómetro han sido registrados y analizados a través del software oficial. Éstos no han sido incluidos en las tablas ni en el estudio ante la imposibilidad de extrapolarlos con el software del escáner intraoral. Serán empleados en estudios posteriores cuando el software de los escáneres intraorales permitan analizar el color captado y procesarlo en un sistema de coordenadas CIELab, pudiendo expresar los colores en una escala numérica y no categórica.

6. CONCLUSIONES

Con las limitaciones del presente estudio in vivo podemos establecer las siguientes conclusiones:

1. El escáner introral presenta una alta fiabilidad y una exactitud moderada respecto al espectrofotómetro como sistema de determinación del color dental.
2. Ambos sistemas: escáner y espectrofotómetro, presentan una concordancia intramétodo elevada, siendo sus valores de repetibilidad comparables entre sí.
3. El tercio incisal es la zona del diente donde más problemas tuvieron ambos sistemas para determinar el color exacto, siendo ligeramente superior los valores obtenidos por el espectrofotómetro
4. El escáner intraoral parece ser un instrumento fiable para la determinación del color dental, aunque sería necesarios más estudios para corroborar esta afirmación.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*. 2004 Jan;32:3–12.
2. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2002 Dec;88(6):585–90.
3. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*. 2010 Jan;38:e2–e16.
4. Ho CCK. Principles of Shade Selection. In: *Practical Procedures in Aesthetic Dentistry*. 3rd ed. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2017. pp. 34–8.
5. Bhat V, Prasad DK, Sood S, Bhat A. Role of colors in prosthodontics: Application of color science in restorative dentistry. *Indian Journal of Dental Research*. 2011.
6. 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. *Journal of Dentistry*. 2014 Jun;42(6):742–5.
7. Llena C. Reliability of Two Color Selection Devices in Matching and Measuring Tooth Color. Patil S, editor. *JCDP*. 2013 Mar;12(1):19–23.
8. Wang J, Lin J, Gil M, Seliger A, Da Silva JD, Ishikawa-Nagai S. Assessing the accuracy of computer color matching with a new dental porcelain shade system. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014 Mar;111(3):247–53.
9. Kröger E, Matz S, Dekiff M, Tran BL, Figgner L, Dirksen D. In vitro comparison of instrumental and visual tooth shade determination under

- different illuminants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2015 Dec;114(6):848–55.
10. Wee AG, Meyer A, Wu W, Wichman CS. Lighting conditions used during visual shade matching in private dental offices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2016 Apr;115(4):469–74.
 11. Olms C, Klinke T, Pirek P, Hannak WB. Randomized multi-centre study on the effect of training on tooth shade matching. *Journal of Dentistry*. 2013 Dec;41(12):1259–63.
 12. Chang J-Y, Chen W-C, Huang T-K, Wang J-C, Fu P-S, Chen J-H, et al. Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. 2012 Sep;28(9):490–4.
 13. Pimental W, Tiozzi R. Comparison between visual and instrumental methods for natural tooth shade matching. *Gen Dent*. 2014.
 14. Brandt J, Nelson S, Lauer H-C, Hehn von U, Brandt S. In vivo study for tooth colour determination—visual versus digital. *Clin Oral Invest*. 2017 Mar 6;42(6):373.
 15. Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Data Comparison Between Two Dental Spectrophotometers. *Operative Dentistry*. 2012 Jan;37(1):12–20.
 16. Choi J-H, Park J-M, Ahn S-G, Song K-Y, Lee M-H, Jung J-Y, et al. Comparative study of visual and instrumental analyses of shade selection. *J Wuhan Univ Technol-Mat Sci Edit*. 2nd ed. 2010 Feb 6;25(1):62–7.
 17. Alomari M, Chadwick RG. Factors influencing the shade matching performance of dentists and dental technicians when using two different shade guides. *Br Dent J*. 2011 Dec 9;211(11):E23–3.

18. Chang J-Y, Chen W-C, Huang T-K, Wang J-C, Fu P-S, Chen J-H, et al. Evaluation of the accuracy and limitations of three tooth-color measuring machines. *Journal of Dental Sciences*. 2015 Mar;10(1):16–20.
19. Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *Journal of endodontics*. 1998.
20. Hack GD, Patzelt S. Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: an in-vitro investigation. *ADA Professional Product Review*; 2015.
21. AlSaleh S, Labban M, AlHariri M, Tashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *Journal of Dentistry*. 2012 Jul;40:e82–7.
22. Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1985 Jan;53(1):105–9.
23. Hu X, Johnston WM, Seghi RR. Measuring the Color of Maxillofacial Prosthetic Material. *Journal of Dental Research*. 3rd ed. 2010 Nov 23;89(12):1522–7.
24. Gan N, Xiong Y, Jiao T. Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues. Papaccio G, editor. *PLoS ONE*. 2016 Jul 6;11(7):e0158800.
25. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit von Messungen an Gipsmodellen und digitalen Modellen. *J Orofac Orthop*. 2017 Jan 10;78(3):211–20.
26. Russell MD, Gulfranz M, Moss BW. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *J Oral Rehabil*. 2000 Sep;27(9):786–92.
27. Knezović Zlatarić D, Ileš D, Alajbeg I, Žagar M. In Vivo and in Vitro Evaluations of Repeatability and Accuracy of VITA Easyshade® Advance

- 4.0 Dental Shade-Matching Device. *Acta Stomatol Croat.* 2015 Jun 15;49(2):112–8.
28. Gehrke P, Degidi M, Lulay-Saad Z, Dhom G. Reproducibility of the Implant Crown Aesthetic Index - Rating Aesthetics of Single-Implant Crowns and Adjacent Soft Tissues with Regard to Observer Dental Specialization. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* 2009 Sep;11(3):201–13.
29. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dental Materials.* 1997 May;13(3):179–85.
30. KARAMOUZOS A, PAPADOPOULOS MA. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil.* 2007;34:613–21.