



ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

David
Fernández Millán

Tesis doctoral

Determinación y valoración del color y su registro en los procedimientos odontológicos

Santiago de Compostela, 2022



TESIS DOCTORADO

**DETERMINACIÓN Y VALORACIÓN
DEL COLOR Y SU REGISTRO EN LOS
PROCEDIMIENTOS ODONTOLÓGICOS**

David Fernández Millán

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE
SANTIAGO DE COMPOSTELA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

SANTIAGO DE COMPOSTELA

2022





DECLARACIÓN DEL AUTOR DE LA TESIS

Determinación y valoración del color y su registro en los procedimientos odontológicos

D. David Fernández Millán

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento, y declaro que:

1. La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.
2. En su caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.
3. La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.
4. Confirмо que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.

En Santiago de Compostela, a 11 de Julio de 2022

Fdo. David Fernández Millán





AUTORIZACIÓN DO DIRECTOR / TITOR DA TESE

Determinación y valoración del color y su registro en los procedimientos odontológicos

Dna. María Mercedes Gallas Torreira
En condición de : Tutora y directora de la tesis

D. Victor Alonso de la Peña
En condición de : Co-director de la tesis

INFORMAN:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por D. David Fernández Millán, bajo mi dirección/tutorización, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

De acuerdo con lo indicado en el Reglamento de Estudios de Doctorado, declara también que la presente tesis de doctorado es idónea para ser defendida en base a la modalidad Monográfica con reproducción de publicaciones, en los que la participación del doctorando fue decisiva para su elaboración y las publicaciones se ajustan al Plan de Investigación.

En Santiago de Compostela, a 11 de Julio de 2022



DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

D. David Fernández Millán declara no tener ningún conflicto de intereses en relación con la Tesis Doctoral titulada:

Determinación y valoración del color y su registro en los procedimientos odontológicos

En Santiago de Compostela, a 11 de Julio de 2022

Fdo. David Fernández Millán

A mi familia

“Con sólo temer a la mediocridad,
ya se está a salvo”

Sigmund Freud

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Mercedes Gallas Torreira y Victor Alonso de la Peña por su constante motivación e impulso en la realización de esta tesis.

Gracias de corazón a mis padres, por su apoyo incondicional en cada uno de mis proyectos.

Gracias a María, por aguantarme y animarme cuando fue necesario.

Gracias a Martín, por sacarme siempre una sonrisa.

RESUMEN

Los tratamientos de estética dental son generalmente complejos y suponen un gran reto para el profesional. Esta situación se debe a diferentes factores, entre ellos la determinación de color dental y la restauración mediante resinas compuestas (composites) que igualen el color del diente.

El presente trabajo consta de dos estudios. El objetivo del primer estudio consistió en determinar la repetibilidad del espectrofotómetro digital en el registro del color utilizando una férula de posicionamiento dental. El objetivo del segundo estudio fue determinar y representar gráficamente la diferencia de color existente entre la guía de color VITAPAN *Classical*[®] y los composites Grandio[®], Harmonize[®], Empress Direct[®] y Filtek 500[®]; entre la guía de color VITAPAN *Classical*[®] y las guías propias de cada composite; así como las diferencias de color entre composites.

En el primer estudio se seleccionaron 23 participantes y se les confeccionó una férula de posicionamiento termoplástica, transparente e individualizada; de 4 mm de grosor. Con una trefina se realizó un orificio en la parte de la férula correspondiente al centro de la corona clínica del incisivo central superior derecho y otro en el canino, con un diámetro externo de 6 mm. Utilizando el espectrofotómetro dental VITA *EasyShade Compact IV*[®], el mismo operador y bajo las mismas condiciones, se llevaron a cabo las mediciones de color. Se tomaron 40 mediciones por paciente, 20 para cada diente, 10 con posicionador y 10 sin él. Antes de cada medición, el espectrofotómetro se calibró siguiendo las indicaciones del fabricante.

En el segundo estudio se seleccionaron los composites Grandio[®], Harmonize[®], Empress Direct[®] y Filtek 500[®] y de cada uno de ellos los colores A2, A3 y A3,5. En una plancha de politetrafluoroetileno de 2mm de grosor se hicieron agujeros de 6mm de diámetro y se colocaron tres muestras por cada composite y por cada color. Mediante una tira de poliéster transparente se obtuvieron muestras con superficies lisas y se polimerizaron durante 20 segundos. Con el espectrofotómetro dental VITA *Easysshade compact IV*[®] se tomaron tres mediciones de cada muestra de composite de cada color (n=81). Se seleccionaron los colores A2, A3 y A3,5 de tres guías de color VITAPAN *Classical*[®] de 3 años de antigüedad. Las nueve muestras fueron desinfectadas con una toallita y colocadas en un portamuestras diseñado específicamente para el estudio. Realizamos tres mediciones de cada muestra de color de cada guía VITAPAN con el espectrofotómetro digital VITA *Easysshade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany). Registramos los valores CIE L*a*b* y calculamos los valores promedio. Por último, seleccionamos los colores A2, A3 y A3,5 de las guías de color propias de cada composite. Realizamos tres mediciones de cada color de cada muestra con el espectrofotómetro digital VITA *Easysshade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany), registramos los valores CIE L*a*b* y calculamos los valores promedio. Representamos en el espacio CIE L*a*b* todos los valores obtenidos.

Los resultados del trabajo muestran la elevada repetibilidad del espectrofotómetro en el registro de color utilizando férulas de posicionamiento, así como las diferencias de color existentes entre los composites estudiados, entre estos y la guía de color VITAPAN *Classical*[®] y entre los composites y sus propias guías de color.

PALABRAS CLAVE: registro de color, espectrofotómetro dental, férula de posicionamiento, color de composite, color dental.

RESUMO

Os tratamentos de estética dental son xeralmente complexos e supoñen un grande reto para o profesional. Esta situación é debida a diferentes factores, entre eles a determinación da cor dental e a restauración mediante resinas compostas (composites) que iguallen a cor do dente.

O presente traballo consta de dous estudos. O obxectivo do primeiro estudo consistiu en determinar a repetibilidade do espectrofotómetro dixital no rexistro da cor utilizando unha férula de posicionamento dental. O obxectivo do segundo estudo foi determinar e representar graficamente a diferenza da cor existente entre a guía de cor VITAPAN *Classical*[®] e os composites Grandio[®], Harmonize[®], Empress Direct[®] y Filtek 500[®]; entre a guía de cor VITAPAN *Classical*[®] e as guías propias de cada composite; así como as diferenzas da cor entre composites.

No primeiro estudo, seleccionáronse 23 participantes e confeccionóuselles unha férula de posicionamento termoplástica, transparente e individualizada; de 4 mm de grosor. Cunha trefina fíxose un burato na parte da férula correspondente ao centro da coroa clínica do incisivo central superior dereito e outro no canino, cun diámetro externo de 6 mm. Mediante o espectrofotómetro dental VITA *EasyShade Compact IV*[®], o mesmo operador e nas mesmas condicións, realizou as medicións da cor. Tomáronse 40 medidas por paciente, 20 por cada dente, 10 co posicionador e 10 sen el. Antes de cada medición, o espectrofotómetro calibrouse segundo as instrucións do fabricante.

No segundo estudo seleccionáronse os composites Grandio[®], Harmonize[®], Empress Direct[®] e Filtek 500[®], e de cada un deles as cores A2, A3 e A3.5. Nunha plancha de politetrafluoroetileno de 2 mm de grosor fixéronse buratos de 6 mm de diámetro e colocáronse tres mostras para cada composite e para cada cor. Obtivéronse mostras con superficies uniformes empregando unha tira de poliéster transparente e polimerizáronse durante 20 segundos. Co espectrofotómetro dental VITA *Easyshade compact IV*[®] tomáronse tres medidas de cada mostra de composite de cada cor (n=81). Por outra banda, as cores A2, A3 e A3.5 de tres guías de cor VITAPAN *Classical*[®] de 3 anos de antigüedad foton seleccionadas. As nove mostras foron desinfectadas cunha toallita e colocadas nun portamostras deseñado especificamente para o estudo. Realizamos tres medicións en cada mostra de cor de cada guía co espectrofotómetro dixital VITA *EasyShade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Alemaña). Rexistramos os valores CIEL *a*b* e calculamos os valores medios. Por último, seleccionamos as cores A2, A3 y A3,5 das guías de cor propias de cada composite. Realizamos tres medicións de cada cor de cada mostra co espectrofotómetro dixital VITA *Easyshade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany), rexistramos os valores CIE L*a*b* e calculamos os valores medios. Representamos no espazo CIEL *a*b* todos os valores obtidos.

Os resultados do traballo mostran unha alta repetibilidade do espectrofotómetro dixital no rexistro da cor utilizando férulas de posicionamento, así como as diferenzas de cor existentes entre os composites estudados, entre eles e a guía de cor VITAPAN *Classical*[®], e entre eles e a súas propias guías de cor.

PALABRAS CHAVE: rexistro da cor, espectrofotómetro dental, férula de posicionamento, cor de composite, cor dental.

ABSTRACT

Dental aesthetic treatments are generally complex and represent a great professional challenge. This situation is due to different factors, among them the determination of the tooth color and the restoration using composites that match the color of the tooth.

This work was divided into two studies. The objective of the first study was to determine the repeatability of a digital spectrophotometer in color registration using dental positioning splints. The objective of the second study was to determine and represent in a graph the color difference between the VITAPAN *Classical*[®] shade guide and the Grandio[®], Harmonize[®], Empress Direct[®] and Filtek 500[®] composites; between the VITAPAN *Classical*[®] shade guide and each composite guide; as well as the color differences between composites.

In the first study, twenty-three subjects were selected, and positioning guides for the maxillary arch of each participant were fabricated with clear 4 mm thermo-sheets. One orifice was made in the center of the clinical crown of the upper-right central incisor and another in the canine, with an external 6 mm diameter trephine. Color measurements were performed with a VITA *Easysshade Compact IV*[®] dental spectrophotometer by the same operator in the same conditions. Forty measurements were taken per patient, 20 for each tooth, 10 with a positioning guide, and 10 without one. Before each measurement, the spectrophotometer was calibrated following the manufacturer's instructions.

In the second study, composites Grandio[®], Harmonize[®], Empress Direct[®] and Filtek 500[®] were selected; and from each of them shades A2, A3 and A3.5. 6mm diameter holes were made in a 2mm thick polytetrafluoroethylene plate and three samples were placed for each composite and each color. Samples with uniform surfaces were obtained using a transparent polyester strip. All samples were polymerized for 20 seconds. With the VITA *Easyshade Compact IV*[®] dental spectrophotometer, three measurements were taken from each composite sample of each color (n=81). On the other hand, shades A2, A3 and A3.5 were selected from 3-year-old VITAPAN *Classical*[®] shade guides. The nine samples were disinfected with a disinfectant wipe a and placed in a sample holder designed specifically for the study. We performed three measurements on each shade sample from each guide with the VITA *Easyshade Compact IV*[®] digital spectrophotometer (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany). We record the CIE L*a*b* values and calculate the average values. Finally, the A2, A3, and A3,5 shades from the color guide of each composite were selected. Three measurements of each color of each sample were registered with the VITA *Easyshade Compact IV*[®] digital spectrophotometer (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany). CIE L*a*b* values were recorded and their average values calculated. Average values obtained were represented in the CIEL*a*b* space.

The results of the work show the high repeatability of the spectrophotometer in the color registration using positioning splints, as well as the existing color differences between the composites studied, between them and the VITAPAN *Classical*[®] shade guide and between them and their own color guides.

KEY WORDS: Color measurement, dental spectrophotometer, positioning guide, composite color, tooth color.

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN.....	29
2. INTRODUCCIÓN.....	35
3. EL COLOR.....	39
3.1 Naturaleza del color	39
3.2 Percepción del color.....	39
3.2.1 Fuente de Luz	40
3.2.2 Objeto observado.....	41
3.2.2.1 Reflexión	41
3.2.2.2 Transmisión o refracción.....	41
3.2.2.3 Absorción.....	42
3.2.3 Observador.....	42
4. SISTEMAS O ESPACIOS DE COLOR	45
4.1. Espacio de color de Munsell (1907)	45
4.2 Espacio del color CIE 1931	46
4.3 Espacio del color CIE (1976).....	47
4.4 Espacio del color CIE L*C*h* (2004).....	48
4.5. Atributos del color	50
4.6. Percepción del color dental	50
5. DIFERENCIAS DE COLOR	53
5.1 Diferencia de color CIELAB (ΔE_{ab})	53
5.2 Diferencia de color CMC (1:c)	56
5.3 Diferencia de color CIEDE2000 (ΔE_{00}).....	57

5.4	Umbral de percepción del color	60
6.	FACTORES DETERMINANTES DEL COLOR DENTAL	63
7.	DETERMINACIÓN DEL COLOR DENTAL: DETERMINACIÓN VISUAL VS INSTRUMENTAL	65
7.1	Determinación visual: Guías de color	67
7.1.1	Guía VITAPAN CLASSICAL®	67
7.1.2	Guía VITA 3D Master®	69
7.1.3	Guía de color Chromascop®	70
7.2	Determinación instrumental	71
7.2.1	Colorímetros.....	72
7.2.2	Espectrofotómetros	73
7.2.2.1	Espectrofotómetros dentales disponibles en el mercado	74
7.2.3	Cámaras digitales y sistemas de imagen	76
8.	RESINAS COMPUESTAS COMO MATERIAL DE RESTAURACIÓN DENTAL	77
8.1	Resinas compuestas según el tamaño de la partícula de relleno	78
8.1.1	Macrorelleno	78
8.1.2	Microrrelleno	78
8.1.3	Híbridos.....	79
8.1.4	Microhíbridos.....	79
8.1.5	Nanorelleno: nanohíbridos y nanopartículas.....	80
8.2	Resinas compuestas según su opacidad.....	80
8.3	Guías de color de las resinas compuestas.....	81
9.	HIPÓTESIS DE TRABAJO	85

10. OBJETIVOS:.....	91
10.1. OBJETIVO PRINCIPAL:.....	91
10.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS:	91
11. MATERIAL Y MÉTODOS ESTUDIO I.....	95
11.1. Pacientes.....	95
11.2. Material	96
11.3. Diseño del estudio.....	98
11.4. Metodología	99
11.4.1 Diseño de la férula de posicionamiento.....	99
11.4.2 Área de registro de color	99
11.4.3 Recogida de datos	101
11.4.3.1 Registro inicial.....	101
11.4.3.2 Datos finales	102
12. MATERIAL Y MÉTODOS ESTUDIO II:	103
12.1. Material	103
12.2. Diseño del estudio.....	104
12.3. Metodología	105
12.3.1 Diseño de las muestras de composite	105
12.3.2 Diseño de las muestras de la guía VITAPAN <i>Classical</i> [®]	106
12.3.3 Diseño de las muestras de las guías de color de cada composite	107
12.3.4 Recogida de datos	108
13. RESULTADOS	111
13.1 Resultados estudio I: utilización férula de posicionamiento	111

13.1.1 Descripción de los datos	111
13.1.2 Análisis estadístico.....	113
13.1.3 Resultados estudio I.....	115
13.1.4 Dimorfismo sexual.....	118
13.2 Resultados estudio II: Guía de color Vs composites.	119
13.2.1 Análisis estadístico.....	119
13.2.2 Resultados estudio II.....	121
14. DISCUSIÓN	135
14.1 Discusión sobre utilización de espectrofotómetro en odontología.....	135
14.2 Discusión sobre estudio I: utilización de férulas de posicionamiento.....	138
14.2.1 Limitaciones del estudio I: utilización de férulas de posicionamiento:	143
14.3 Discusión sobre estudio II: Guías de color vs Composites..	144
14.3.1 Limitaciones del estudio II: Guías de color Vs Composites.....	152
15. CONCLUSIONES	157
16. BIBLIOGRAFÍA	161
17. PUBLICACIONES DERIVADAS DE ESTA TESIS	183
Anexo 1- Indicios de calidad de la publicación	197
Anexo 2- Comité de ética de la investigación.....	201
Anexo 3- Consentimiento informado para participar en el estudio .	207
Anexo 4- Índice de figuras.....	217
Anexo 5- Índice de tablas.....	219

ABREVIATURAS

a*	coordenadas cromáticas rojo-verde
al.	Alii (en latín, otros)
AT	umbral de aceptación
b*	coordenadas cromáticas amarillo-azul
C*	croma o intensidad
CIE	Comission Internationale de l'Eclairaige
CIE L*a*b*	Espacio de color CIE (1976)
CIELAB	Diferencia de color ΔE_{ab}
CIE L*, a* y b*	Coordenadas cromáticas L*, a* y b*
CIEDE2000	Diferencia de color ΔE_{00}
CMC	Comité de la medición del color
h*	hue o matiz
L*	luminosidad
μm	micra
mm	milímetros

nm	nanómetro
PT	umbral de percepción
p.ej.	por ejemplo
s	segundos
ΔE	Diferencia de color
ΔV	Magnitud percibida visualmente de diferencia de color

JUSTIFICACIÓN

1. JUSTIFICACIÓN

En la práctica odontológica actual el resultado estético de los tratamientos odontológicos se antoja como una parte muy importante y altamente valorada por los pacientes. Por tanto, además de un resultado funcional óptimo, adquiere vital importancia un buen resultado estético. El aspecto de los dientes es un factor muy importante para la población (Sulieman, 2004). Existe evidencia científica que avala la importancia de la estética de la boca y su efecto significativo en la primera impresión que causamos en otra/s persona/s (Newton *et al.*, 2003; Chalifoux, 1996).

Por otra parte, los materiales disponibles en la actualidad mejoran las características y propiedades de otros utilizados anteriormente. Por esto, el profesional tiene a su alcance la posibilidad de mejorar el resultado final y satisfacer la demanda de los pacientes. Sin embargo, debemos tener en cuenta una serie de particularidades en la reproducción del color dental que suponen un reto en el ejercicio clínico diario.

La determinación del color dental es un proceso complicado debido a que se trata de una percepción subjetiva, una sensación individual (Nassau, 1997). Por esta razón, paciente y profesional pueden tener diferente percepción de un mismo color. Incluso el mismo profesional puede percibir el mismo color de manera diferente en dos situaciones distintas. Todo esto se traduce en una elevada complejidad a la hora de comunicar los colores entre paciente, odontólogo e incluso técnico de laboratorio/protésico dental en caso de requerirse.

El objetivo final de la determinación y registro del color dental en odontología es la reproducción lo más realista posible de las características de las estructuras dentales naturales con los materiales restaurativos o protéticos a nuestro alcance para obtener un resultado estético y armónico con las estructuras dentales existentes. La determinación del color dental comprende el registro de capas no homogéneas y de diferentes espesores de distintos materiales naturales (esmalte, dentina, cemento) y/o restauradores que difieren en color y translucidez; con la particularidad añadida de que las estructuras dentales presentan rugosidades y superficies curvas que condicionan la determinación final del color dental. Esta información clínica es más que relevante, pues se precisa para desempeñar los tratamientos odontológicos estéticos en un escenario de color complejo que compromete la restauración, la cuál debe tener un color similar con condiciones de iluminación diferentes. Por tanto, las resinas utilizadas deben mostrar una estética aceptable, armónica con las restauraciones y los dientes presentes (dentro de los límites de la diferencia de color percibida por el ojo humano) para obtener la satisfacción del profesional dental y finalmente del paciente. El reto clínico por tanto, consiste en poder realizar cualquier tratamiento dental con un material restaurador moderno que tenga el mismo color que el diente a tratar o sus adyacentes, de manera que no se perciba la diferencia.

Los errores en la elección del color de un material restaurador dental y en la falta de correspondencia de color entre los materiales restauradores y el diente natural, se subsanarían con la armonización del color de los materiales de restauración con las guías de color correspondientes de los fabricantes (Ismail & Paravina, 2022; Lee *et al.*, 2010). Diversos estudios (Kim & Lee, 2009; Park & Lee, 2007) han determinado diferencias entre los materiales de restauración y las guías de color de referencia según el fabricante.

A lo largo de la historia se han propuesto diferentes métodos de selección de color. Desde métodos clásicos, como las guías de color, a métodos más actuales como los colorímetros y los espectrofotómetros (Joiner, 2008). La finalidad siempre ha sido la misma, intentar cuantificar la percepción del color para que todos los observadores se refieran a él de una manera objetiva, precisa y reproducible.

El proceso de determinación del color dental es complejo y, además de lo anteriormente expuesto, depende de varios factores relacionados con el observador (Lozano, 2018), como el género (Pecho *et al.* 2017), la experiencia previa (Della Bona *et al.*, 2009), el entrenamiento (Olms *et al.*, 2016) la existencia de alteraciones del color (Paravina *et al.*, 2015) y las condiciones del entorno clínico: tipo de iluminación, hora del día, estación del año e incluso hemisferio terrestre (Gokce *et al.*, 2010).

Por todo ello, para la determinación y registro del color en odontología estética, debemos tomar en consideración las propiedades ópticas de los tejidos dentarios y de los materiales restauradores, las condiciones fisiológicas y patológicas de la visión, la posición y las características del observador, las condiciones del entorno y la iluminación empleada (Della Bona *et al.*, 2020). Además debemos saber cómo informar y comunicar adecuadamente el color seleccionado a otros para que éste no se modifique por interpretación individual en la transcripción del mismo a individuos distintos del observador (por ejemplo, al comunicarlo a nuestros técnicos de laboratorio).

Los principios teóricos y prácticos de la ciencia del color aplicada a la Odontología serán revisados convenientemente en el apartado introducción de esta tesis doctoral. Los avances tecnológicos en imagen digital de alta calidad nos permiten disponer de aparatología

para la determinación del color dental, por lo que en este momento sólo resta establecer un protocolo clínico para la selección del color basado en la evidencia científica disponible y en la búsqueda de evidencias contrastadas de tales protocolos.

Esta es la justificación de este trabajo de investigación, analizar el proceso de determinación y registro del color dental y su posterior reproducción en las restauraciones odontológicas estéticas mediante el empleo de un instrumento de medida objetiva del color (espectrofotómetro); con la intención de establecer un protocolo clínico eficaz y eficiente que mejore la competencia clínica de los profesionales dentales en este ámbito.

INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN

El concepto del color ha fascinado al ser humano desde tiempos inmemorables (Burkinshaw, 2004). El color, conjuntamente con la forma y la posición dental, constituye uno de los parámetros estéticos más importantes en odontología (Paravina *et al.*, 2015).

Resultar atractivo socialmente está influenciado por una variedad de factores relacionados con la sonrisa, que debe reflejar una interacción armoniosa entre los dientes y las encías; incluyendo también tamaño, forma y visibilidad de los dientes, así como su color (Duarte *et al.*, 2008; Montero *et al.*, 2014; Cotrim *et al.*, 2015). Una de las razones más frecuentes de disconformidad estética en una sonrisa es un color dental inapropiado (Gómez - Polo *et al.*, 2014).

Es por ello que el color de los dientes es un tema importante, no sólo para el profesional que desea realizar correctamente sus restauraciones estéticas o sus procedimientos de blanqueamiento dental, sino también para los pacientes que desean mejorar sus sonrisas (Joiner, 2008).

El ojo humano puede detectar pequeñas diferencias de color, sin embargo, la capacidad de analizar estas diferencias en términos de magnitud y naturaleza es limitada. Existen elementos adicionales como el brillo, la fluorescencia, la opalescencia, la translucidez y el metamerismo que influyen en la caracterización del color dental afectando a los procesos restauradores estéticos. Además de todas las variables psicológicas y físicas, en su mayoría relacionadas con la

ciencia del color, existen otras variables clínicas y de laboratorio que pueden afectar de forma aislada o asociada a la restauración dental final. Entre estas variables adicionales destacaremos: el color del sustrato dental, la composición, la microestructura, el grosor y textura de la restauración, el tipo de estructura y el material restaurador, la estratificación de los sistemas cerámicos, los ciclos de cocción y sus parámetros, las habilidades técnicas del ceramista y el color y la opacidad de los cementos.

El uso de técnicas de “*machine learning*” en odontología ha demostrado resultados prometedores. La inteligencia artificial (IA) se ha utilizado de momento en Odontología principalmente para que el proceso de diagnóstico sea más preciso y eficiente logrando mejores resultados en la atención clínica del paciente.

La caracterización del color del diente debe abordar las características del mapa cromático, principalmente para la cara vestibular. Mediante un proceso de designación de colores, será posible caracterizar el mapa cromático dental mediante imágenes dentales. La fusión de estas técnicas con la reconstrucción 3D de los dientes potenciará la eficacia de las técnicas restauradoras en términos de propiedades mecánicas y colorimétricas para el desarrollo de soluciones metodológicas que permitan obtener de manera eficiente información precisa para las restauraciones dentales, mejorando la comunicación entre dentistas y pacientes y dentistas y técnicos de laboratorio dental (Chen et al., 2020).

En referencia a la percepción individual del color se han documentado casos de dentistas incapaces de coincidir en la determinación de un color, incluso el mismo dentista puede ser incapaz de reproducir en diferentes ocasiones un mismo color (Culpepper,

1970). Las alteraciones en la percepción del color pueden ocurrir como resultado de numerosos factores: el envejecimiento fisiológico (Nardi, 1980), la fatiga, la duración de la exposición de la muestra al ojo y la exposición previa del ojo (Billmeyer & Saltzman, 1981).

En relación a posibles diferencias de percepción visual del color por género, los estudios han demostrado resultados controvertidos en la influencia del género y en la precisión de la coincidencia visual de tonos. Numerosos autores reportaron un mejor desempeño de las mujeres en la determinación del color por el método visual (Haddad *et al.*, 2009; Gasparik *et al.*, 2015; Pecho *et al.*, 2017; Imbery *et al.*, 2018); otros por el contrario, informaron de un mejor desempeño de los hombres (Donahue *et al.*, 1991; Milagres *et al.*, 2012), incluso varios estudios no mostraron evidencia de influencia del género en la determinación del color (Curd *et al.*, 2006; Capa *et al.*, 2010; Poljak-Guberina *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2015). Según Della Bona (2020) esta controversia se debe principalmente al bajo número de individuos con deficiencias de percepción de color en la población y a la limitación de los estudios para detectar cualquier diferencia dentro de la población examinada. Sin embargo, Lozano (2018) tras la realización de un trabajo de investigación observacional y transversal con objeto de determinar si la miopía, el astigmatismo, la hipermetropía o el daltonismo (alteraciones visuales) influyen en la determinación del color dental, concluye recomendando el uso del espectrofotómetro en la práctica clínica odontológica, debido a que los aciertos en la toma de color subjetiva no alcanzan el 50%. Para ello se registró el color de los dientes con las guías VITAPAN *classical*[®] y VITA 3D Master[®] y después, se compararon estos resultados con los obtenidos con el espectrofotómetro VITA *Easysshade*[®]. Los miopes aciertan tres veces más que los que no lo son al elegir tono e

intensidad empleando la guía VITAPAN *Classical*[®]. Las personas que no tienen astigmatismo aciertan 5'55 veces más el tono del canino superior izquierdo empleando la guía VITAPAN *Classical*[®]. Igualmente, Lozano (2018) registró un mayor número de aciertos en la toma de color en las mujeres, siendo poca la diferencia entre el grupo de mujeres y el de hombres.

Para determinar el color del diente o de la encía los dentistas utilizaron tradicionalmente las guías de color (Amer *et al.*, 2016). Estas guías constan de pequeñas muestras de los colores más frecuentemente presentes en los dientes humanos naturales. Determinar el color por comparación del diente con guías de color es el método más utilizado en odontología (Van der Burgt *et al.*, 1990). Se conoce como método visual, siendo el método tradicional subjetivo. La primera guía de color fue creada por Clark en el año 1930 y constaba de 60 muestras de color (Clark, 1933). A lo largo del tiempo han ido surgiendo diferentes guías de color, mejorándose unas a otras y reduciendo significativamente el número de muestras, con la finalidad de simplificar el procedimiento: en el año 1950 se comercializa la guía VITAPAN *Classical*[®], considerada durante décadas referencia en las escalas de color (Preston, 1985); posteriormente, en el año 1990 se desarrolla la guía Chromascop[®] y en el año 1998 la guía Vitapan 3D-Master[®].

En la última década han surgido aparatos de medición de color que han sido utilizados para intentar solventar las desventajas de la determinación visual (Staedt *et al.*, 2021). Estos aparatos de medición presentan el potencial de detectar el color de una forma más precisa y reproducirlo, determinando las coordenadas de color, el color en guías de color y calcular las diferencias de color entre objetos (Khurana *et al.*, 2007; Igiel *et al.*, 2017).

3. EL COLOR

3.1 NATURALEZA DEL COLOR

El color es un fenómeno con muchas dimensiones que abarca la naturaleza, la ciencia y la cultura (Burkinshaw, 2004) y se define como la radiación que refleja un objeto cuando es iluminado por un haz de luz de una determinada longitud de onda, que a su vez se recibe de forma subjetiva por un observador (Amengual *et al.*, 2002). De manera que el color es mucho más que algo físico, se trata de una sensación (Nassau, 1997). Por tanto, si vemos color en los objetos es porque éstos lo reflejan (o lo transparentan) y lo que percibimos es el único color que no absorbe la luz. En el caso de un objeto negro, estaría absorbiendo todas las radiaciones, y en uno blanco, ninguna. Esta percepción subjetiva le confiere una característica única que no se presenta en otros campos de la ciencia, donde las mediciones son cuantificables.

3.2 PERCEPCIÓN DEL COLOR

Al interaccionar la energía de la luz con un objeto se produce una respuesta psíquico-física subjetiva en un observador individual, generando la percepción del color. Existen tres factores que pueden influir en la percepción del color: la fuente de luz, el objeto observado y el observador. La fuente de luz puede emitir energía en un rango de longitudes de onda y esto se caracteriza por la cantidad relativa de energía emitida en cada longitud de onda del espectro de luz visible

(Joiner, 2004). Así, la luz que ilumina un objeto interfiere en la percepción de su color. Por su parte, la reflectancia o transmitancia de un objeto caracteriza el color externo del mismo. La curva del espectro o reflectancia puede representarse gráficamente, y proporciona un método para cuantificar el color numéricamente (Joiner, 2004). Un objeto puede variar su color en función de la energía absorbida o reflejada. Por último, el sistema óptico y el cerebro del observador afectan a la percepción del color.

3.2.1 Fuente de Luz

Se conoce como luz a un tipo de radiación electromagnética que define el fenómeno de la transferencia de energía a través del espacio. Esta radiación viaja en forma de ondas y/o quanta (formada por fotones) (Burkinshaw, 2004). La región del espectro electromagnético a la que el ojo humano es sensible se extiende desde 380nm a 780nm.

La radiación electromagnética a la que nos referimos como luz incluye las fuentes de luz naturales, como el sol y las llamas, así como las artificiales, como lámparas incandescentes, luces fluorescentes o luz LED. La cantidad de radiación emitida por cada fuente de luz varía de una longitud de onda a otra, modificando el color de la luz que emiten, desde el blanco azulado de la luz del día al blanco amarillento de la luz de tungsteno (Burkinshaw, 2004).

La luz generalmente se produce por incandescencia (emisión de luz de un cuerpo caliente). El cuerpo incandescente más importante es el sol.

En 1931 la Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE) propuso el término de “iluminantes estándar”. Una fuente de luz (como una vela o el sol) es un emisor físico de luz mientras que un “iluminante” es un conjunto de energías relativas en un rango de longitudes de onda

que cumple unas condiciones de luz dadas. En términos más simples, una fuente de luz se puede encender o apagar y usar para ver un objeto, mientras que un iluminante es una descripción numérica de una fuente de luz (Burkinshaw, 2004).

3.2.2 Objeto observado

La luz (y la radiación electromagnética) puede interactuar con los objetos de varios modos. Puede ser reflejada por la superficie del cuerpo, absorbida por el cuerpo o transmitida a través del cuerpo (Joiner A. et al, 2004). La luz también puede refractarse si su velocidad de propagación cambia de un medio al otro (por ejemplo, del aire al agua).

3.2.2.1 Reflexión

En el caso de cualquier cuerpo, si el aire en su superficie no es demasiado denso, entonces obtenemos una pequeña cantidad de reflexión especular (similar a un espejo). Los dientes naturales exhiben una alta reflexión especular (brillo), especialmente cuando están húmedos, lo que se manifiesta como luz blanca reflejada (Burkinshaw, 2004). Se conoce como reflexión difusa al reflejo de los rayos en varias direcciones debido a una superficie rugosa (Halliday *et al.*, 2010). La superficie dental también es rugosa, por lo que se produce una reflexión difusa de la luz (McGowan, 2016).

3.2.2.2 Transmisión o refracción

Los dientes naturales son translúcidos, por lo que cualquier luz que entre en el cuerpo del diente se absorbe parcialmente. La luz no absorbida dentro del cuerpo se transmite dentro del cuerpo del diente y sufre una dispersión antes de salir de éste. La dispersión de la

luz dentro del diente es muy irregular, debido a la composición del mismo (McGowan, 2016). La luz internamente dispersa que emerge del diente contribuye a la luz reflejada y se denomina reflectancia corporal. Este fenómeno es responsable de la iluminación característica de la región gingival próxima del diente.

3.2.2.3 Absorción

La luz que no se refleja al incidir sobre una superficie ingresa en el cuerpo del objeto, y cuando no es transmitida a través del mismo es absorbida y convertida en calor (Burkinshaw, 2004).

Las cantidades de luz reflejadas, absorbidas y transmitidas determinan el color de un objeto.

3.2.3 Observador

El objeto observado depende del sistema de visión de color del ser humano. Cuando la luz entra al ojo a través de la córnea y el cristalino, se genera una imagen en la retina. La cantidad de luz que ingresa al ojo está controlada por el iris, que se dilata o contrae según el nivel de iluminación. Los sensores de retina están posicionados para aprovechar este enfoque de luz (Brewer *et al.*, 2004). La retina, en esencia, se constituye por dos tipos de receptores de luz: los conos y los bastones.

Los bastones son más efectivos con niveles bajos de luz, siendo responsables de la visión nocturna (o escotópica); en cambio, los conos son más efectivos con niveles moderados o altos de luz, siendo responsables de la visión diurna (o fotópica) y perciben los colores (Paravina *et al.*, 2002).

Existen tres tipos de células cono-receptoras comúnmente conocidas como S (longitud de onda corta), M (longitud de onda media) y L (longitud de onda larga). Están presentes en la retina y varían su sensibilidad a la luz en tres bandas de longitud de onda diferentes: región del espectro azul (aprox. 440 nm), verde (aprox. 545 nm) y amarillo verdoso (aprox. 585 nm).

Los bastones están dispersos por toda la retina y superan en número a los conos, aproximadamente 19 a 1 (Brewer et al., 2004)

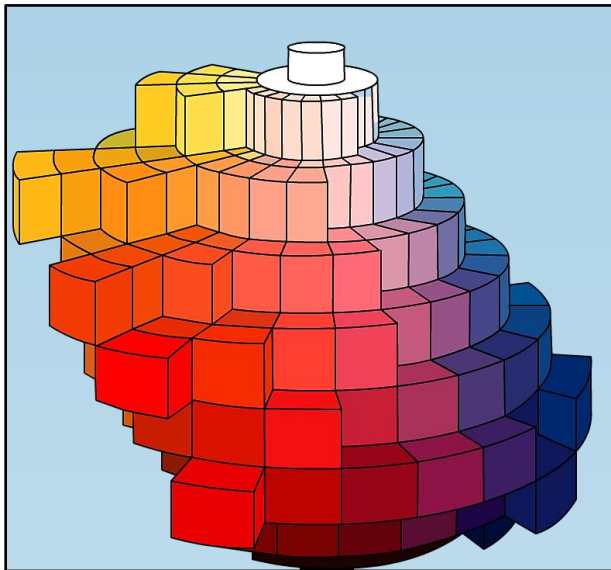
4. SISTEMAS O ESPACIOS DE COLOR

Teniendo en cuenta esta serie de variables, comunicar un color entre diferentes personas puede suponer un problema. Para solucionarlo, se han desarrollado escalas numéricas de color. Detallaremos las más importantes:

4.1. ESPACIO DE COLOR DE MUNSELL (1907)

El pintor Albert Henry Munsell desarrolló en la primera década del siglo XX el primer sistema descriptivo de color ampliamente aceptado. Contempla los valores de tono (“*hue*” en inglés), valor (“*value*”) y croma (“*chroma*”). “*Hue*” es el atributo que nos permite diferenciar entre familias de colores, por ejemplo rojos, verdes y azules; y está representado por 10 colores o familias diferentes. Cada color está organizado alrededor del plano circular horizontal del eje de coordenadas. “*Value*” indica la luminosidad de un color desde negro puro a blanco puro. Los 10 niveles de “*value*” están representados por 9 ruedas en el eje vertical. “*Chroma*” es el grado de saturación del color, y describe la fuerza o intensidad del mismo (Berns *et al.*, 2000). Está representada por los radios de una rueda, con los colores más puros en la periferia (Figura 1).

Figura 1. Representación del espacio de color de Munsell.



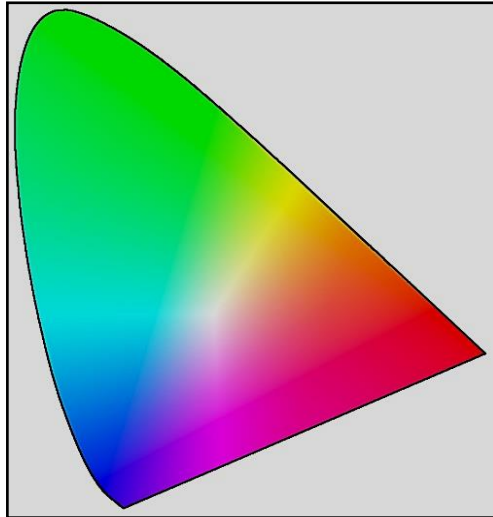
4.2 ESPACIO DEL COLOR CIE 1931

La “Commission Internationale de l’Eclairage (CIE) propone en el año 1931 un sistema que incorpora un observador estándar, fuentes de luz estándar y un sistema de coordenadas. Con el observador estándar se hará una descripción matemática con el promedio de las respuestas normales del ojo humano ante los estímulos de color.

El sistema CIE estandariza tanto las fuentes de luz y la respuesta visual humana (el receptor), y las elimina como variables. Esto se acepta universalmente como especificación del sistema. El concepto básico del CIE es que todos los colores pueden ser igualados por alguna mezcla de cantidades relativas de los tres colores primarios: rojo (X), verde (Y) y azul (Z), que son requeridos para igualar el color de una muestra. Los valores X, Y, Z son llamados valores triestímulos, y pueden ser convenientemente convertidos en

coordenadas de cromaticidad (X e Y) para trazar un diagrama de cromaticidad bidimensional (Figura 2).

Figura 2. Representación del color CIE 1931.

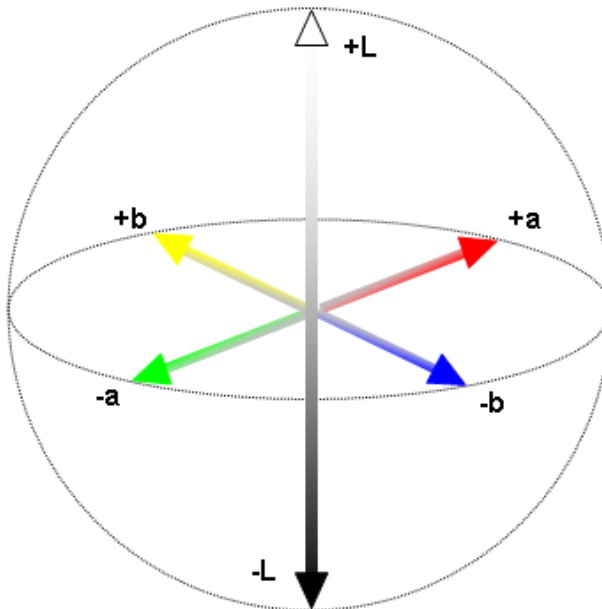


4.3 ESPACIO DEL COLOR CIE (1976)

La CIE, en 1976, definió más concretamente el espacio de color, mediante el sistema CIE $L^*a^*b^*$. Este sistema apoya la teoría ya aceptada de la percepción del color basada en tres receptores de color separados (rojo, verde y azul) en el ojo humano (Joiner, 2004). Se trata de uno de los sistemas de espacio de color más populares, en donde las distancias entre colores son iguales si las diferencias de colores también lo son (Joiner, 2017). En este sistema tridimensional de color se establecen tres ejes L^* , a^* y b^* . El valor L^* es la medida de la luminosidad de un objeto, y se cuantifica en una escala desde el negro puro ($L^*=0$) al blanco puro ($L^*=100$). El valor a^* representa coordenadas cromáticas del rojo-verde ($+a^*$ es la dirección del rojo y -

a^* es la dirección del verde) y b^* representa las coordenadas cromáticas del amarillo-azul ($+b^*$ es la dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección del azul). El eje central o cero de los planos que forman L^*a^* y b^* es acromático (CIE, 2004) (Figura 3).

Figura 3. Representación sistema CIE $L^*a^*b^*$.



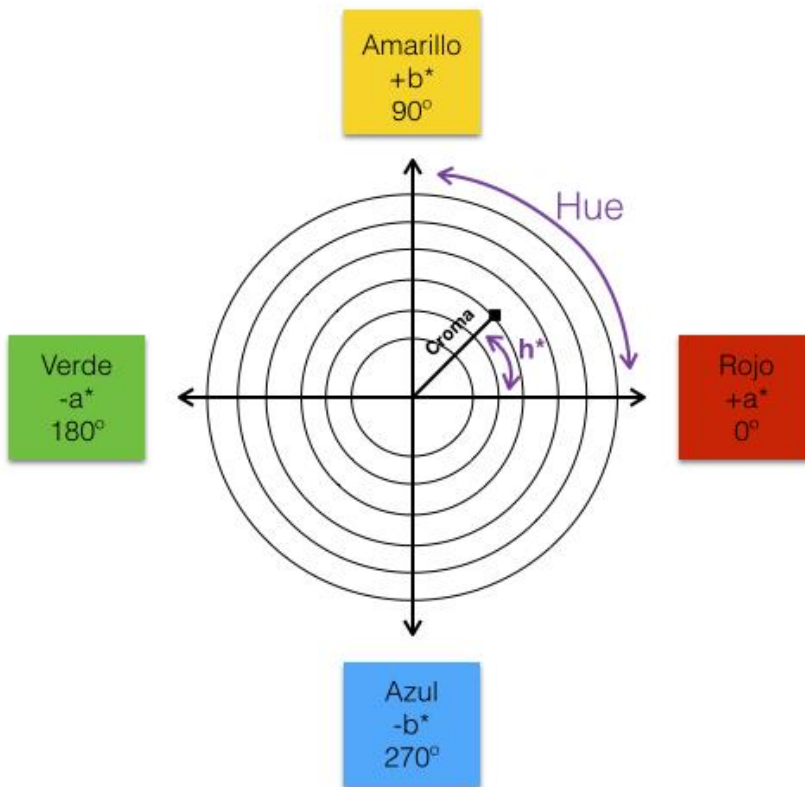
4.4 ESPACIO DEL COLOR CIE $L^*C^*h^*$ (2004)

La Comisión Internationale de l'Éclairage desarrolla este sistema en el año 2004 a partir del sistema CIE $L^*a^*b^*$. Surge con la finalidad de representar el color de una forma más intuitiva.

En este espacio cromático el color se describe en términos de matiz (“hue” en inglés), representado por h^* , que físicamente está relacionado con la longitud de onda dominante en un color; de valor (“value” en

inglés) y representado por L^* , que indica la luminosidad de un color en una escala de puro negro ($L^*=0$) a puro blanco ($L^*=100$); y croma (“*chroma*” en inglés) y representado por C^* , que indica la cantidad o intensidad del matiz (“*hue*”) de un color dado (CIE, 2001).

Figura 4. Representación de sistema $L^*C^*h^*$.



4.5. ATRIBUTOS DEL COLOR

Se diferencian tres atributos que determinan un color: Hue, Cromo y Luminosidad.

Hue es el término que utilizamos para distinguir un grupo de colores similares de otro, y es el nombre del color (o familia de color), por ejemplo rojo, amarillo, naranja y azul. Cromo es la cualidad que se atribuye para distinguir los tonos saturados de los suaves, y luminosidad es el término que se utiliza para distinguir los tonos más claros de los más oscuros (Burkinshaw, 2004). Por tanto, los términos típicos para describir las tres dimensiones de un color son:

- Hue o valor: rojo, verde, azul, etc
- Luminosidad: oscuro, claro.
- Cromo: intenso, tenue

4.6. PERCEPCIÓN DEL COLOR DENTAL

La percepción del color del diente es un fenómeno complejo y puede verse influenciado por una serie de factores, incluido el tipo de luz incidente, la reflexión y absorción de la luz por el diente, la capacidad de adaptación del observador y el contexto en el que el diente es visto/observado (Joiner *et al.*, 2008).

Cuando la luz incide sobre la superficie del diente suceden cinco fenómenos asociados con la interacción de la energía radiante con dicha superficie: reflexión especular en la superficie del diente, reflectancia difusa, transmisión directa a través del diente y absorción y dispersión de la luz dentro de las diferentes estructuras dentales (Della Bona *et al.*, 2020).

Respecto al observador humano, la experiencia, la edad, la fatiga del ojo y variables fisiológicas como el daltonismo pueden afectar a la percepción del color (Joiner, 2004). En términos del contexto en el que se observa el diente, el brillo percibido del diente puede cambiar dependiendo del brillo del fondo; así como el tono percibido puede cambiar dependiendo del color del fondo (Chu, 2003; Diamantopoulou *et al.*, 2021).

También debemos tener en cuenta las características del diente: contenido de minerales del esmalte, espesor del esmalte, color de la dentina y la presencia de tinciones intrínsecas/extrínsecas (Joiner *et al.*, 2008).

Por otra parte, existen factores individuales, así Vallitu *et al.* (1996) concluyeron que el aspecto de los dientes es más importante para las mujeres que para los hombres y significativamente más importante para las personas jóvenes. En este mismo estudio también se constata que la percepción de los dientes muy blancos como algo muy bello disminuye significativamente cuando la edad del sujeto aumenta. Sujetos jóvenes prefieren dientes muy blancos mientras que sujetos más mayores no muestran esa preferencia.

Por su parte, Gerlach *et al.* (2002) analizaron la autopercepción del color dental obtenido tras blanqueamiento y compararon con medidas objetivas de color en un total de 50 sujetos. Para conocer la percepción subjetiva de los sujetos se les realizó un cuestionario, mientras que para conocer el cambio objetivo se utilizó un sistema de análisis de imagen digital. Observaron que las respuestas subjetivas a la mejora con el blanqueamiento y satisfacción se encontraban relacionadas con cambios en el parámetro b^* y no con los parámetros L^* o a^* . Por tanto Δb^* (reducción del grado de amarillo) resulta im-

DAVID FERNÁNDEZ MILLÁN

portante para la percepción del paciente tras la utilización de blanqueamientos dentales (Gerlach *et al.*, 2000).

5. DIFERENCIAS DE COLOR

El ojo humano es eficiente distinguiendo pequeñas diferencias de color (Paul *et al.*, 2004), pero resulta ineficiente a la hora de comunicar el grado y la naturaleza de dichas diferencias (Chu *et al.*, 2010). En la práctica odontológica diaria resulta interesante poder cuantificar esas diferencias de color. Actualmente, para determinar la diferencia entre dos colores se utiliza la fórmula CIEDE2000 (ΔE_{00}) (Gómez-Polo *et al.*, 2016). Esta fórmula se considera más sofisticada que sus predecesoras: la fórmula CIELAB (ΔE_{ab}) desarrollada por la CIE en el año 1978 (Comission Internationale de l'Eclairaige, 1978) y la fórmula CIE 94 (ΔE_{94}).

5.1 DIFERENCIA DE COLOR CIELAB (ΔE_{ab})

El ojo humano es sensible únicamente en tres canales que se corresponden a tres tipos diferentes de células cono. Estas tienen sensibilidades máximas “*in vivo*” a longitudes de onda cortas (440 nm), medias (545 nm) y largas (565 nm), aunque presentan sensibilidad en rangos de longitud de onda amplios (Joiner *et al.*, 2008).

Las cámaras y pantallas actuales, en imitación al ojo humano, suelen tener tres sensores (o emisores) con sensibilidades principales (o capacidad de emisión) a los colores rojo, verde y azul.

Para valorar la respuesta visual para un espectro dado de valores de reflectancia, estos valores se multiplican primero por los datos apropiados de iluminancia para cada longitud de onda, lo que se conoce como señal de color $S(\lambda)$. A continuación se calcula el producto de la señal de color $S(\lambda)$ y la función de respuesta para cada uno de los tres canales visuales. Posteriormente se suman cada producto con los tres valores dados (Joiner *et al.*, 2008). La CIE proporciona valores de coincidencia de colores. Las sumas resultantes de los productos se conocen como valores triestímulos CIE X, Y y Z y se normalizan con $Y=100$ para el blanco (un objeto cuyo factor de reflectancia es 1 a cualquier longitud de onda) independientemente del color o la intensidad de iluminancia escogida/seleccionada.

Los valores triestímulos son útiles para cálculos físicos ya que son lineales respecto a la intensidad espectral. Sin embargo, su significado perceptivo puede ser difícil de interpretar. Para complementar los valores triestímulos se definen los valores CIE $L^*a^*b^*$ (Hunt, 1998):

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16, \quad \text{for } \frac{Y}{Y_n} < 0.00856,$$

$$L^* = 903.3 \left(\frac{Y}{Y_n} \right),$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right],$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

donde X_n , Y_n y Z_n son los valores triestímulos de la iluminancia escogida. Los valores CIE $L^*a^*b^*$ tienen un significado perceptual: L^* es la luminosidad, relacionado con la intensidad física de un color, mientras que a^* y b^* son coordenadas de rojo-verde y amarillo-azul.

Este esquema está diseñado de manera que una diferencia de color constante, ΔE , se define como la distancia euclidiana en el espacio CIE $L^*a^*b^*$:

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

Esta diferencia de color también puede ser calculada por la siguiente ecuación:

$$\Delta E^* = \{(L^*_1 - L^*_0)^2 + (a^*_1 - a^*_0)^2 + (b^*_1 - b^*_0)^2\}^{1/2}$$

Se debe percibir una diferencia de color constante, independientemente de la ubicación en el espacio de color.

Sin embargo, ΔE no es considerada una medida especialmente buena de la percepción de la diferencia cromática entre dos estímulos. Así, surge la representación CIE $L^*C^*h^*$.

Los ejes rectangulares a^* y b^* pueden transformarse en coordenadas polares, estableciendo así los valores del *Hue* (h_{ab}) y el *Croma* (C^*_{ab}), mediante las siguientes fórmulas:

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

5.2 DIFERENCIA DE COLOR CMC (L:c)

En el año 1984, el Comité de Medición del Color de la Sociedad (CMC, en sus siglas en inglés “*Society’s Colour Measurement Committee*”) recomendó la adopción de la fórmula para diferencia de color CMC(l:c) para control de calidad industrial (Clarke *et al.*, 1984). En el espacio de color CIE L*a*b*, la fórmula CMC (l:c) define el volumen de tolerancia visual alrededor de unos valores estándar como un elipsoide. Aquellos puntos incluidos dentro de los elipsoides se consideran como “visualmente aceptables” y los que están fuera como inaceptables. Los elipsoides varían en tamaño y excentricidad en todo el espacio de color CIE L*a*b*. La naturaleza de un elipsoide está definida por la longitud de sus semi-ejes en las direcciones de ΔL^* , ΔC_{ab}^* y ΔH_{ab} en relación al estándar, y la diferencia de color $\Delta E_{CMC(l:c)}$ en unidades CMC(l:c) se define por la ecuación elipsoidal (McDonald & Smith, 1995):

$$\Delta E_{CMC(l:c)} = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{lS_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{cS_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{S_H} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Donde S_L , S_C y S_H son los semi-ejes elipsoidales básicos, y l y c son los factores que permiten cambios en tolerancia relativa para ΔL^* , ΔC_{ab}^* y ΔH_{ab} mediante la modificación de las longitudes de los semi-ejes relevantes (McDonald & Smith, 1995).

5.3 DIFERENCIA DE COLOR CIEDE2000 (ΔE_{00})

La fórmula CIEDE2000 fue publicada por la CIE en el año 2001 (CIE, 2001). Desarrollada por miembros de Comité Técnico 1-47 de la CIE, la fórmula proporciona un procedimiento mejorado para el cálculo de diferencias de color (Sharma *et al.*, 2005). Esta fórmula es considerablemente más sofisticada y computacionalmente complicada que sus predecesoras, las ecuaciones para CIELAB ΔE_{ab} y CIE94. Por tanto, es importante verificar que las implementaciones de software para calcular las diferencias de color basadas en la nueva fórmula se prueben exhaustivamente de manera preliminar (Sharma *et al.*, 2005).

La fórmula de diferencia de color CIEDE2000 se basa en el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$. Dados un par de valores de color en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ L^*_1, a^*_1, b^*_1 y L^*_2, a^*_2, b^*_2 la diferencia de color CIEDE2000 entre ellos sería como se indica a continuación:

$$\Delta E_{00}(L^*_1, a^*_1, b^*_1; L^*_2, a^*_2, b^*_2) = \Delta E_{00}^{12} = \Delta E_{00}.$$

Dados dos valores de color CIE $L^*a^*b^*$ y $b^*\{L^*_i, a^*_i, b^*_i\}_{i=1}^2$ y los factores de ponderación paramétricos K_L, K_C y K_H , el proceso de computación de diferencia de color se resume en las siguientes ecuaciones, agrupadas en tres pasos principales (Sharma *et al.*, 2005).

1. Calcular C'_i , h'_i :

$$C_{i,ab}^* = \sqrt{(a_i^*)^2 + (b_i^*)^2} \quad i=1, 2$$

$$\bar{C}_{ab}^* = \frac{C_{1,ab}^* + C_{2,ab}^*}{2}$$

$$G = 0.5 \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}_{ab}^{*7}}{\bar{C}_{ab}^{*7} + 25^7}} \right)$$

$$a'_i = (1+G)a_i^* \quad i=1, 2$$

$$C'_i = \sqrt{(a'_i)^2 + (b_i^*)^2} \quad i=1, 2$$

$$h'_i = \begin{cases} 0 & b_i^* = a'_i = 0 \\ \tan^{-1}(b_i^*, a'_i) & \text{otherwise} \end{cases} \quad i=1, 2$$

2. Calcular $\Delta L'$, $\Delta C'$, $\Delta H'$:

$$\Delta L' = L_2^* - L_1^*$$

$$\Delta C' = C_2' - C_1'$$

$$\Delta h' = \begin{cases} 0 & C_1' C_2' = 0 \\ h_2' - h_1' & C_1' C_2' \neq 0; |h_2' - h_1'| \leq 180^\circ \\ (h_2' - h_1') - 360 & C_1' C_2' \neq 0; (h_2' - h_1') > 180^\circ \\ (h_2' - h_1') + 360 & C_1' C_2' \neq 0; (h_2' - h_1') < -180^\circ \end{cases}$$

$$\Delta H' = 2 \sqrt{C_1' C_2'} \sin\left(\frac{\Delta h'}{2}\right)$$

3. Calcular diferencia de color CIEDE2000 (ΔE_{00})

$$\Delta E_{00}^{12} = \Delta E_{00}(L_1^*, a_1^*, b_1^*; L_2^*, a_2^*, b_2^*)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)}$$

$$T = 1 - 0.17 \cos(\bar{h}' - 30^\circ) + 0.24 \cos(2\bar{h}') \\ + 0.32 \cos(3\bar{h}' + 6^\circ) - 0.20 \cos(4\bar{h}' - 63^\circ)$$

$$\Delta\theta = 30 \exp\left\{-\left[\frac{\bar{h}' - 275^\circ}{25}\right]^2\right\}$$

$$R_C = 2 \sqrt{\frac{\bar{C}'^7}{\bar{C}'^7 + 25^7}}$$

$$S_L = 1 + \frac{0.015(\bar{L}' - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L}' - 50)^2}}$$

$$S_C = 1 + 0.045\bar{C}'$$

$$S_H = 1 + 0.015\bar{C}'T$$

$$R_T = -\sin(2\Delta\theta)R_C$$

$$\bar{L}' = (L_1^* + L_2^*)/2$$

$$\bar{C}' = (C_1' + C_2')/2$$

$$\bar{h}' = \begin{cases} \frac{h'_1+h'_2}{2} & |h'_1-h'_2| \leq 180^\circ; C'_1C'_2 \neq 0 \\ \frac{h'_1+h'_2+360^\circ}{2} & |h'_1-h'_2| > 180^\circ; (h'_1+h'_2) < 360^\circ; \\ & C'_1C'_2 \neq 0 \\ \frac{h'_1+h'_2-360^\circ}{2} & |h'_1-h'_2| > 180^\circ; (h'_1+h'_2) \geq 360^\circ; \\ & C'_1C'_2 \neq 0 \\ (h'_1+h'_2) & C'_1C'_2 = 0 \end{cases}$$

5.4 UMBRAL DE PERCEPCIÓN DEL COLOR

A lo largo del tiempo se han propuesto muchos sistemas de especificación de color y diferencias de color para mejorar la correlación entre la medición del color y la percepción visual (Gómez-Polo *et al.*, 2016). La percepción visual y los umbrales de aceptación sólo pueden cuantificarse combinando métodos de medición instrumental y visual (Chu *et al.*, 2010).

Como se ha desarrollado a lo largo de este apartado, existen diferentes fórmulas (CIELAB, CIEDE2000, CMC) que pretenden dar una representación cuantitativa de la diferencia de color percibida, conocida como ΔV , entre pares de muestras/especímenes.

La diferencia de color más pequeña perceptible, conocida como JND, por sus siglas en inglés “*just-noticeable-difference*” o como PT, por sus siglas en inglés “*perceptibility threshold*” se refiere a la diferencia de color más pequeña que puede ser detectada por un observador (Paravina *et al.*, 2019). Un umbral de perceptibilidad de 50:50% se refiere a una situación en la que el 50% de los observadores detectan una diferencia de color mientras que el otro

50% no la detectan (Paravina, 2009). Así mismo, se establece el concepto de umbral de aceptabilidad (en inglés “*acceptability threshold*”, AT), como la diferencia de color “aceptable”; de tal manera que un umbral de aceptabilidad del 50:50% se refiere a una diferencia de color que es aceptable para el 50% de los observadores (Paravina *et al.*, 2019). Dicho de otra manera, el 50% de los observadores considerarían que la restauración dental necesitaría una corrección del color mientras que el otro 50% consideraría la diferencia de color aceptable (Paravina, 2009).

Por tanto, una coincidencia de color aceptable en odontología es una diferencia de color en el límite o por debajo del umbral de aceptabilidad del 50:50%. Una coincidencia de color no perceptible en odontología es una diferencia de color en el límite o por debajo del umbral de perceptibilidad; mientras que una diferencia de color perceptible es una diferencia de color por encima del umbral de perceptibilidad (Paravina, 2009)

Los umbrales visuales son de vital importancia como herramienta de control de calidad y guía para la evaluación y selección de materiales dentales; así como para la evaluación e interpretación de los resultados de la investigación dental (Della Bona *et al.*, 2020).

Una gran variedad de umbrales de percepción del color dental y de la encía se han ido estableciendo en diferentes artículos. Paravina *et al.*(2019) muestran en su investigación un resumen de los umbrales aplicados en diferentes estudios (tabla 1). En la tabla 1 se incluyen únicamente aquellos relacionados al color dental.

Tabla 1. Resumen de las investigaciones de umbrales de aceptabilidad y perceptibilidad aplicados a la Odontología y los principales hallazgos en los estudios.

Estudio	Principales hallazgos
Ruyter <i>et al.</i> , 1987	50:50% AT: $\Delta E_{ab} = 3.3$
Johnston and Kao, 1989	Match/mismatch: $\Delta E_{ab} = 3.7/6.8$
Douglas and Brewer, 1998	50:50% PT/AT: $\Delta E_{ab} = 0.4/1.7$
Ragain and Johnston, 2000	50:50% AT: $\Delta E_{ab} = 2.7$
Ragain and Johnston, 2001	50:50% AT: $\Delta E_{CMC} = 2.3$
Douglas <i>et al.</i> , 2007	50:50% PT/AT: $\Delta E_{ab} = 2.6/5.5$
Lindsey and Wee, 2007	50:50% AT: $\Delta L_{ab} = 1.0$, $\Delta a_{ab} = 1.0$; $\Delta b_{ab} = 2.6$
Wee <i>et al.</i> , 2007	ΔE_{00} , ΔE_{CMC} outperformed ΔE_{ab}
Silva <i>et al.</i> , 2008	100% AT: $\Delta E_{ab} = 2.7$
Ishikawa-Nagai <i>et al.</i> , 2009	100% PT: $\Delta E_{ab} = 1.6$
Ghinea <i>et al.</i> , 2010	50:50% PT/AT: $\Delta E_{ab} = 1.7/3.5$
Pérez MM. <i>et al.</i> , 2011	50:50% AT: $\Delta E_{00} = 1.9$
Alghazali <i>et al.</i> , 2012	50:50% PT/AT: $\Delta E_{ab} = 1.9/4.2$
Dietschi <i>et al.</i> , 2012	50:50% PT/AT: $\Delta E_{ab} = 1.1/3.3$
Paravina <i>et al.</i> , 2015	50:50% PT/AT: $\Delta E_{ab} = 1.2/2.7$; $\Delta E_{00} = 0.8/1.8$
Thoma <i>et al.</i> , 2016	100% PT: $\Delta E_{ab} = 1.9$
Westland <i>et al.</i> , 2017	50:50% PT/ ΔWIO : $\Delta L^* = 1.1/2.8$; $\Delta a^* = 3.2/6.5$; $\Delta b^* = 1.1/3.1$
Pérez <i>et al.</i> , 2019	50:50% PT/AT: $\Delta WI_D = 0.7/2.6$
Salas <i>et al.</i> , 2018	50:50% PT/AT: $\Delta TP_{00} = 0.6/2.6$; $\Delta TP_{ab} = 1.3/4.4$

AT: umbral de aceptabilidad
 PT: umbral de perceptibilidad

6. FACTORES DETERMINANTES DEL COLOR DENTAL

El color de los dientes está determinado por los efectos combinados de las coloraciones intrínsecas y extrínsecas de los mismos (Watts & Addy, 2001). El color intrínseco del diente se asocia con la capacidad de dispersión de luz y con las propiedades de absorción de esmalte y dentina (Ten Bosch & Coops, 1995). El color extrínseco está asociado con la absorción de colorantes (p. ej. té, vino rojo-taninos, clorhexidina, sales de hierro) sobre la superficie del esmalte, en particular, en la película de recubrimiento, causante última del color extrínseco (Joiner *et al.*, 1995). Los numerosos factores asociados a la decoloración y a la tinción de los dientes, tanto intrínsecas como extrínsecas, han sido estudiados en diferentes investigaciones, como la de Watts & Addy en el año 2001.

Debido a que las tinciones extrínsecas se encuentran en la superficie del diente, éstas pueden ser removidas por la acción abrasiva de una profilaxis dental (Macpherson *et al.*, 2000) y controladas mediante el uso regular de una pasta dental efectiva (Joiner *et al.*, 2002).

La percepción del color dental puede variar en función del contexto en el que se realiza, por ejemplo, las características del entorno oral pueden influir en el tono percibido (valor, luminosidad, croma). Además, las características del fondo sobre el que se observa un diente pueden hacer variar su brillo y su tono. También se debe tener en cuenta que la experiencia, la edad, la fatiga ocular y las variables fisiológicas, como el daltonismo, pueden afectar la percepción del color y la combinación de colores. (Della Bona *et al.*, 2020).

Existen muchos tratamientos y materiales para mejorar el color intrínseco de los dientes (Joiner, 2017). En dientes no vitales, se pueden realizar blanqueamientos internos. En dientes vitales existen diversos métodos de blanqueamiento mediante la utilización de diferentes agentes blanqueantes (peróxido de hidrógeno, peróxido de carbamida...) a diferentes concentraciones, tiempos, formatos de producto y aplicación o modo de activación con luz (Goldstein & Garber, 1995; Sulieman, 2004). Sin embargo, fundamentalmente existen 3 métodos de blanqueamiento dental, conocidos como blanqueamiento domiciliario, blanqueamiento domiciliario nocturno y blanqueamiento en clínica.

7. DETERMINACIÓN DEL COLOR DENTAL: DETERMINACIÓN VISUAL VS INSTRUMENTAL

Existen dos métodos para analizar el color dental: determinación visual y medición instrumental (Okubo *et al.*, 1998; Fares *et al.*, 2021; Mahn *et al.*, 2021).

La determinación visual del color, por comparación del diente con guías de color, es el método más frecuentemente utilizado en odontología (Van der Burgt *et al.*, 1990). Sin embargo, existen numerosos factores que pueden influir en la exactitud de la selección del color (Culpepper, 1970), como son las condiciones de iluminación, la translucidez del diente, su opacidad, su brillo o las limitaciones del ojo humano y el cerebro. (Fernández Millán *et al.*, 2020).

Con la finalidad de disminuir la incertidumbre de las mediciones, y así permitir una correlación de confianza entre las medidas instrumentales y visuales se han desarrollado nuevas metodologías e instrumentos para el registro del color (Karamouzou *et al.*, 2007).

Previamente a su descripción, definiremos dos conceptos: exactitud y precisión, que comprenden las categorías principales para disminuir esta incertidumbre (Berns *et al.*, 2000).

- **Exactitud:** Se define como la capacidad de un instrumento para reproducir unos valores estándar previamente especificados. Se expresa como una desviación en relación a unos niveles

aceptados como referencia (Karamouzos *et al.*, 2007). Medidas inexactas son principalmente asociadas a errores sistemáticos, como podrían ser: errores en la escala fotométrica, errores en la longitud de onda, luz extraviada, ancho de banda, polarización o errores geométricos (Berns & Reniff, 1997). Normalmente este parámetro está asegurado gracias a un proceso de calibración que emplea una o más mediciones estándar, ajustando el instrumento para dar la medida válida cuando mide estos valores estándar (Johnston, 2009). La translucidez puede producir errores en la medida, por lo que la calibración simple utilizando un único estándar podría considerarse insuficiente para asegurar la exactitud de las medidas de color de los especímenes con diferente translucidez (Johnston, 2009).

- Precisión: Es la capacidad de un instrumento para mostrar los mismos resultados repetidamente en diferentes mediciones (Karamouzos *et al.*, 2007). Se debe diferenciar en este punto *repetibilidad* y *reproducibilidad*. La proximidad de concordancia para un procedimiento definido de medida es la repetibilidad, mientras que la habilidad para obtener la misma concordancia cuando una de las condiciones ha sido modificada es la reproducibilidad (Karamouzos *et al.*, 2007). La repetibilidad es típicamente evaluada en tres períodos de tiempo: corto, en medidas realizadas de forma consecutiva; medio, en medidas realizadas en períodos de horas; y largo, en medidas realizadas en períodos de semanas o más tiempo.

La exactitud y la repetibilidad de las medidas de color pueden también ser evaluadas en términos absolutos o relativos. En términos absolutos, nos referiremos a los 3 parámetros de color de un único color, mientras que en términos relativos nos referiremos a la diferencia de color entre dos colores.

7.1 DETERMINACIÓN VISUAL: GUÍAS DE COLOR

Se trata del método más frecuentemente utilizado para la selección del color, sin embargo, ha sido descrito como poco fiable o inconsistente (Okubo *et al.*, 1998) a consecuencia de algunos factores derivados de la percepción subjetiva del color por el ojo humano, como diferentes respuestas fisiológicas o psicológicas a estímulos, experiencias (Culpepper, 1970), entorno ambiental y/o condiciones lumínicas (Sproull, 1973).

Además, existen documentadas varias desventajas de las guías de color comerciales, como su distribución no sistemática (Schwacher & Goodkin, 1990), su gama inadecuada de tonos disponibles (Preston, 1985; Analoui *et al.*, 2004), o la falta de control de lotes del mismo color por parte del fabricante (Schwacher & Goodkin, 1990).

En la determinación de color mediante guías de color, la más utilizada es la guía VITAPAN *classical*[®] (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)(Chu *et al.*, 2010). Otras guías también utilizadas son la guía Vita 3D Master (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) o la guía Chromascop (CHR-Ivoclar Vivadent, Amherst, New York, USA). La diferencia entre estas tres guías reside en que las dos primeras se encuentran ordenadas por grupos de matices, mientras que la tercera se encuentra en grupos de valor (Schmeling *et al.*, 2014).

7.1.1 Guía VITAPAN CLASSICAL[®]

Se trata de la escala de color estándar y la más popular desde hace 60 años (Della Bona *et al.*, 2020). Esta escala dispone sus 16 muestras cromáticas en cuatro grupos de matices: A (marrón), B (amarillo), C (gris) y D (rojo). Diferentes grados de saturación (o croma) pueden ser observados para un mismo matiz, y son expresados en números. Un aumento de ese número corresponde a un aumento de la saturación del

matiz. De esta forma el matiz A, presenta cinco intensidades cromáticas (A1, A2, A3, A3,5, A4), el matiz B y el matiz C, presentan cuatro (B1, B2, B3 e B4; C1, C2, C3 y C4), en cuanto al matiz D presenta solamente tres (D2, D3 y D4) (Figura 5).

El fabricante recomienda ordenar las 16 muestras cromáticas en orden decreciente de luminosidad para seleccionar el color de una forma más correcta, la secuencia sería: B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4, C3, A4, C4. El valor es la principal dimensión del color en odontología restauradora y se recomienda ordenar la guía según el valor del color (Chu *et al.*, 2011).

Sin embargo, y a pesar de ser una guía de color dental de amplia utilización en clínica, presenta la limitación de que las muestras no representan todos los posibles colores de los dientes naturales, limitación importante a la hora de seleccionar un color en clínica. Por otra parte, las muestras no presentan el mismo grosor /que otros tipos de restauraciones dentales.

Figura 5. Guía de color VITAPAN *Classical*[®] (Fuente: web VITA Zahnfabrik).



7.1.2 Guía VITA 3D Master®

Esta escala (Figura 6) presenta 26 muestras cromáticas distribuidas en cinco grupos según su valor, designados por números del 1 al 5, donde 1 es el mayor valor y 5 el menor. Dentro de cada grupo se ordenan según el croma en vertical (1, 1'5, 2, 2'5, 3) y según el tono en horizontal (L amarillo, M medio y R rojizo). Opcionalmente, ofrece tres muestras más para blanqueamiento conocidos como VITA *Bleached Shades* y asignados mediante los códigos (0M1, 0M2 y 0M3). Para su utilización, en primer lugar, se debe escoger el valor, y a continuación el croma dentro de este valor. En los grupos con valor 2, 3 y 4 se aprecian 3 columnas con muestras cromáticas: M (medio), L (amarillo) y R (rojizo). En última instancia se escoge el matiz.

Algunos estudios describen una mejor distribución de las muestras en la guía Vita 3D Master® en comparación con otras guías (Paravina *et al.*, 2002; Paravina, 2009), sin embargo, no se considera la guía de color perfecta para el registro visual en clínica (Paravina, 2009).

Figura 6. Guía Vita 3D Máster.



7.1.3 Guía de color Chromascop®

Esta guía se introdujo en 1990 presentando sus muestras cromáticas dispuestas en cinco grupos de acuerdo con el matiz y expresado por números centesimales: 100 (blanco), 200 (amarillo), 300 (naranja), 400 (gris) y 500 (marrón).

Por su parte, el croma presenta cuatro intensidades distintas, expresadas en valores decimales (10, 20, 30 y 40) y que aumentan directamente la saturación del matiz (Figura 7).

Figura 7. Guía de color Chromascop.



7.2 DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL

Los instrumentos utilizados para la medición del color dental en clínica son tres: los colorímetros, los espectrofotómetros y los sistemas de imagen. Estos dispositivos, presentan ventajas y limitaciones, y en ocasiones puede resultar complicado decidir qué método de selección de color es mejor. Los sistemas intraorales de registro del color han sido diseñados para satisfacer las necesidades clínicas de los profesionales y permiten conocer información como su color en las tablas de colores correspondientes, su translucidez o datos relacionados con la comunicación del color, su reproducción y su verificación.

Un aspecto a tener en cuenta de estos aparatos, en comparación con otros utilizados con fines no odontológicos, son las propiedades ópticas de los dientes humanos, como ya se mencionó son “objetos” pequeños, con superficies curvas, con diferentes capas, con zonas translúcidas y presentan transiciones de color en todas las direcciones (de gingival a incisal, de mesial a distal, y de vestibular a lingual) (Chu *et al.*, 2010). Estos factores impiden reposicionar de forma precisa el instrumento de medición (medir la misma área), lo cual resulta fundamental tanto para su utilización clínica como para trabajos de investigación.

La relación de instrumentos y softwares odontológicos disponibles actualmente para el registro *in vivo* del color y sus propiedades se detallan en la Tabla 2 (Goodcare *et al.*, 2009).

Tabla 2. Dispositivos y softwares disponibles para el registro de color.

Producto	Fabricante	Tipo de aparato	Área de registro
<i>ClearMatch</i> ®	Clarity Dental, Salt Lake city, UT	Software, análisis de imagen digital	imagen completa dental
<i>CrystalEye</i> ®	Olympus America, Center Valley, PA	espectrofotómetro por imagen	Imagen completa dental
<i>VITA Easyshade</i> ®	Vident, Brea, CA	Espectrofotómetro	sonda de 6mm diámetro
<i>Shade- X</i> ®	X-Rite, GrandVille, MI	Espectrofotómetro	sonda de 3mm diámetro
<i>ShadeVision</i> ®	X-Rite, GrandVille, MI	colorímetro por imagen	imagen completa dental
<i>SpectroShade Micro</i> ®	MHT, Niederhasli, Switzerland	espectrofotómetro por imagen	imagen completa dental

Además de los instrumentos de la tabla 2 hay otros dispositivos para el registro del color dental que han sido retirados del mercado, que tienen escasa disponibilidad o que están sufriendo procesos de mejora, por ejemplo: *Chromascan* ®(Sterngold, Stamford, CT,USA), *Dental Color Analyzer*® (Wolf Industries, Vancouver, Canada), *Identacolor II* ®(Identa, Holbaek, Denmark), *Digital Shade Guide DSG4*® (A. Reith, Schorndorf, Germany), *Ikam*® (Metalor Technologies, Attleboro, MA, USA), *ShadeEye NCC Chroma Meter*® (Shofu Dental, Menlo Park, CA,USA), *Beyond Insight Shade Taking Device*® (Beyond Dental & Health, Beijing, China) y *ShadeScan*® (Cynovad, Montreal, Canada).

7.2.1 Colorímetros

Los colorímetros dentales miden los valores “*tristimulus*” y filtran la luz en áreas rojo, verde y azul del espectro de luz visible. No registran la reflectancia y son menos precisos que los espectrofotómetros (Kim-Pusateri *et al.*, 2009). Pueden medir el color

tanto de los dientes naturales como de las restauraciones metal-cerámica (Tung *et al.*, 2002).

Entre estos aparatos, destacaremos *ShadeVision*® (X-Rite, GrandVille, MI), es un colorímetro por imagen. La imagen completa del diente es proporcionada gracias al uso de tres bases de datos diferenciadas para los tercios gingival, medio e incisal.

7.2.2 Espectrofotómetros

Los espectrofotómetros son los instrumentos más precisos y útiles para la toma de color y para la toma de color en odontología (Paul *et al.*, 2004; Liberato *et al.*, 2019). Miden la cantidad de luz reflejada por un objeto en intervalos de 1-25nm a lo largo del espectro visible (Khurana *et al.*, 2007). Un espectrofotómetro contiene una fuente de radiación óptica, un medio de dispersión de luz, un sistema óptico de medida, un detector y un medio para convertir la luz obtenida en una señal que pueda ser analizada.

Los registros obtenidos por los espectrofotómetros dentales suelen ser interpretados y traducidos para que resulten útiles para los profesionales. Por tanto, a las medidas obtenidas se les asigna normalmente su correspondiente color en las guías de color (Lagouvardos *et al.*, 2009). El registro de color con espectrofotómetro, comparado con el registro obtenido por el ojo humano u otras técnicas convencionales, ofrece resultados un 33% más exactos; y en un 93,3% de los casos el color asignado de la guía es más objetivo (Paul *et al.*, 2002).

7.2.2.1 Espectrofotómetros dentales disponibles en el mercado

- a. *Cristaleye*[®] (Olympus, Tokyo, Japón): Combina la técnica de fotografía digital con los beneficios del registro de color con espectrofotómetro. Mediante el desarrollo de la tecnología óptica y de procesamiento de la imagen, este producto permite determinar el color con mayor exactitud que un espectrofotómetro tradicional (Da Silva *et al.*, 2008). La principal ventaja de este dispositivo es que superpone la imagen registrada con las imágenes virtuales disponibles en las bases de datos de los ordenadores, permitiendo al clínico la posibilidad de visualizar el color correcto. Además, la imagen digital que produce *Cristaleye*[®] utiliza una fuente de luz LED de 7 bandas, que permite una representación del color más precisa. Por último, la imagen es registrada del interior de la cavidad oral, por lo que evita posibles discrepancias producidas por la luz externa.
- b. VITA *EasyShade Compact*[®] (Vita Zahnfabrik, Bäd Säckingen, Germany): Espectrofotómetro pequeño, sin cables, portátil, que funciona mediante una batería y emite sus resultados contactando su cabezal con la superficie del diente. Se considera una versión avanzada dentro de las generaciones de espectrofotómetros VITA *Easyshade*. Permite diferentes modalidades de medida: modo diente único, modo área dental (tercio cervical, medio, incisal) y modo verificación del color de la restauración (incluye comparación de luminosidad, croma y *hue*). Mide los valores CIE L*a* y b*/ CIE L*C*h* y determina el color

dental basándose en la guía VITA 3D-Master y la guía VITAPAN *Classical*® (Tabatabaian *et al.*, 2021). Reproduce iluminante D65 gracias a la incorporación de una bombilla halógena de 20 W, según su fabricante. Mide la cantidad de energía luminosa reflejada por un objeto a intervalos de 25 nm en todo el espectro visible (Khurana *et al.*, 2007). Para evitar la reflexión especular, que tiene un efecto negativo en las mediciones, presenta una sonda de acero inoxidable que contiene fibra óptica de gran diámetro. El diámetro externo de esta sonda es de 6 mm, con dos aberturas de 1 y 3mm de diámetro (Tabatabaian *et al.*, 2021).

- c. *Shade-X*® (X-Rite, Grandville, MI): Espectrofotómetro compacto y sin cables, presenta un cabezal de 3mm de diámetro que contacta con la superficie dental. Su mayor particularidad es presentar dos bases de datos que permiten diferenciar el registro de color de la dentina (más opaca) del de las regiones incisales (más traslúcidas).
- d. *SpectroShade Micro*® (MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland): Se trata de un espectrofotómetro por imagen. Combina una cámara digital con espectrofotómetro LED. Presenta un software simple, dispuesto como si se tratara de un pequeño ordenador. Presenta una “guía de posicionamiento”, mostrada en la pantalla LCD, para que el clínico coloque el cabezal de medición en un área determinada del diente. Tanto las imágenes como los datos registrados pueden ser transmitidos a un ordenador (Ristic *et al.*, 2009).

7.2.3 Cámaras digitales y sistemas de imagen

Los sistemas de vídeo o cámaras digitales disponibles en el mercado presentan la capacidad de distinguir rojo, verde y azul en sus imágenes y gracias a ello pueden crear imágenes a color. El modelo de color RGB (*red, green, blue*) es un modelo aditivo, en donde la luz roja, verde y azul son añadidas conjuntamente de diferentes maneras para reproducir una amplia gama de colores.

Las imágenes producidas a través de una cámara digital se analizan utilizando un software de formación de imágenes, lo que permite la valoración del color de las imágenes analizadas. Cuando se emplea el sistema fotográfico para análisis de color se debe tener en cuenta el modo de elección, manual o automático, porque puede influir en los componentes del color (Takatsui *et al.*, 2012). Se deben tener presentes las condiciones de iluminación, por lo que es un parámetro que debe estandarizarse al tomar las imágenes. Una de las ventajas de este método es que minimiza el error producido por la translucidez y la curvatura de la superficie del diente al no entrar en contacto con los dientes. Otros dispositivos, que sí deben estar en contacto con los dientes, como los espectrofotómetros y colorímetros, sí presentan este problema (Guan *et al.*, 2005).

Un ejemplo de estos dispositivos es el sistema *ClearMatch*[®] (Smart Technology, Hood River, OR) es un sistema de software que registra imágenes digitales de alta resolución del diente y las compara con guías de color (Ristic *et al.*, 2009). En su memoria contiene una base de datos con todas las guías de color disponibles en el mercado.

8. RESINAS COMPUESTAS COMO MATERIAL DE RESTAURACIÓN DENTAL

La odontología estética y restauradora tiene como objetivo reemplazar las estructuras perdidas o dañadas con materiales artificiales que poseen propiedades biológicas, físicas y funcionales similares a las de los dientes naturales. La tecnología de las resinas compuestas (composites), el material restaurador estético más empleado en sector anterior y posterior, ha evolucionado continuamente desde su creación por Bowen hace más de 50 años. El material de resina reforzado con partículas de sílice desarrollado en 1962 fue la base de las restauraciones dentales denominadas genéricamente *composites*. Desde entonces se han desarrollado numerosas mejoras para las resinas compuestas para ofrecer un excelente potencial estético y una longevidad aceptable con una preparación cavitaria mínimamente invasiva (Dietschi *et al.*, 2006). Se han desarrollado numerosos sistemas de composite con multitud de tonos, translucidez y opacidades que hacen posible la elaboración de restauraciones que emulen fielmente las variaciones cromáticas y las características ópticas de los dientes naturales (Mante *et al.*, 2013). Los composites dentales se componen básicamente por: una matriz de resina de metacrilato (bis-GMA, TEGDMA, UDMA, bis-EMA) micro/nanorellenos inorgánicos (Titanio, sílice, cerámica y cerámica de zirconio), agentes de acoplamiento (silanos) y un sistema iniciador-catalizador (fotoiniciadores y aceleradores como la canforquinona u óxido de trimetilbenzoil-difenil-fosfina y aminas) (Hirata R, 2017).

8.1 RESINAS COMPUESTAS SEGÚN EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DE RELLENO

El sistema de clasificación más común para las resinas compuestas considera el contenido de relleno (peso y volumen en tanto por ciento) y el tamaño promedio de las partículas de relleno (Randolph *et al.*, 2016; Ritter, 2005).

8.1.1 Macrorelleno

Los composites de macrorelleno son considerados los primeros composites disponibles en el mercado. Se consideran macrorelleno aquellas resinas compuestas con tamaños de partículas de relleno entre 10 y 50 μm , con 75-80% en peso y un 60-70% de volumen (Sideridou *et al.*, 2009). El cuarzo y el vidrio de estroncio o bario comprenden los principales rellenos.

Se trata de composites mecánicamente fuertes, pero difíciles de pulir y con escasa posibilidad de coincidencia de color, lo que limita su utilización en restauraciones estéticas (Heintze *et al.*, 2015), razón por la cual no se utilizan en la práctica clínica actual.

8.1.2 Microrrelleno

Se consideran microrelleno aquellas resinas compuestas con tamaños de partículas de relleno entre 0.01 y 0.05 μm (Sideridou *et al.*, 2009). El dióxido de silicio prepolimerizado es el principal relleno, con un porcentaje de peso entre el 35-50%.

Las principales características de estos composites son el alto pulido que se puede lograr y mantener en el tiempo y una excelente translucidez similar al esmalte. Por tanto, están indicados para la restauración de dientes anteriores y lesiones de abfracción cervical. Sin

embargo, no deben usarse en áreas que soportan grandes esfuerzos porque con frecuencia exhiben astillado marginal y fractura en masa (Ritter, 2005).

8.1.3 Híbridos

Las resinas compuestas híbridas contienen un agregado heterogéneo/mixto de partículas de relleno, compuesto principalmente por vidrio y sílice coloidal (70-80% del peso) (Sideridou *et al.*, 2009). Es por tanto que existen partículas con tamaños comprendidos entre 15 - 20 μm y 0.01-0.05 μm .

Su composición con diferentes tamaños de partícula explica sus excelentes propiedades físicas, mostrando una alta capacidad de pulido.

8.1.4 Microhíbridos

Los composites microhíbridos, igual que los híbridos, presentan un agregado heterogéneo de partículas de relleno, compuesto por vidrio, zirconio y sílice coloidal (>60% del peso). Sus partículas presentan tamaños más pequeños que los híbridos, entre 0.5-1 μm y 0.01-0.05 μm . Su menor tamaño de partícula permite que los composites microhíbridos se consideren resistentes y con elevada posibilidad de pulido, estando indicados tanto para dientes posteriores como anteriores (Ferracane, 2011).

Los composites microhíbridos son más resistentes que la mayoría de los composites microrrelleno y se pueden utilizar tanto en dientes anteriores como posteriores (Ritter, 2005).

8.1.5 Nanorelleno: nanohíbridos y nanopartículas

Los avances en nanotecnología permiten fabricar composites con tamaño de partículas $< 0.01\mu\text{m}$. Concretamente, estos composites contienen nanopartículas de 25nm y nanopartículas aglomeradas (nanoclusters) de 75nm (Chen, 2010), formadas de Zirconio/sílice y nanosílice (Hervas-García *et al.*, 2006) con una carga de relleno del 79.5% aproximadamente.

Los composites con nanorelleno presentan propiedades mecánicas y físicas similares a las de los composites microhíbridos, pero cuando se trata de pulido y retención de brillo, funcionan significativamente mejor.

8.2 RESINAS COMPUESTAS SEGÚN SU OPACIDAD

Los composites están disponibles en una amplia gama de tonos y opacidades que permiten emular la estructura dental perdida o adyacente y mejorar su potencial estético.

Se han desarrollado varios grados de translucidez con la finalidad de replicar las propiedades ópticas combinadas de la dentina y el esmalte. También es posible emplear composites más opacos para ayudar a enmascarar la estructura de los sustratos dentinarios descoloridos u oscurecidos antes de la aplicación de un composite translúcido, más similar al esmalte, para emular la anatomía dentaria natural (Ikeda *et al.*, 2004).

Varios fabricantes ofrecen categorías de tonos de "esmalte", "dentina" y/o "body" (también conocido como "universal") y "opaquer" con diferentes niveles/grados de opacidad y translucidez. Los composites "esmalte" presentan mayor grado de translucidez en comparación con los "body" o "universales", que presentan una translucidez míni-

ma. Los “*opaquer*” son completamente opacos, pero su utilización clínica es menor.

El nivel de translucidez de los composites es una propiedad crítica, comparable en importancia al tono del material restaurador. Esto ha llevado a muchos investigadores a medir la translucidez de compuestos de resina específicos en términos de relación de contraste o parámetro de translucidez (Ikeda *et al.*, 2004; Yu & Lee, 2008).

8.3 GUÍAS DE COLOR DE LAS RESINAS COMPUESTAS

Existen muchos fabricantes de resinas compuestas que ofrecen sus propias guías de color, mientras que otros sugieren la comparación con guías de color comerciales (Diamantopoulou *et al.*, 2021). Se debe destacar que no existe unificación de criterio respecto a la fabricación de guías de color.

La mayoría de las guías de color de resinas compuestas están fabricadas en plástico y muy pocas están elaboradas de composite. Algunas casas comerciales proporcionan una guía de color de cerámica mientras que otras ofrecen una guía de color de plástico pintado (Paolone *et al.*, 2014). También pueden diferir en otras características como: la forma de las muestras, el espesor de éstas y/o el tipo y material del mango de sujeción (Paolone *et al.*, 2014).

Por otra parte tampoco existe unificación sobre la nomenclatura de los colores de las guías de color. Cada fabricante emplea una denominación de color de sus composites y muchas veces utilizan los nombres de la guía de color VITAPAN; sin embargo no existe una coincidencia precisa entre la clasificación de color de los fabricantes y la guía de color VITAPAN (Da Costa *et al.*, 2010). Browning *et al.* (2009) muestran en su estudio como las resinas compuestas mono-

cromáticas exhiben una baja coincidencia en comparación con los colores de la guía VITAPAN que supuestamente representaban. Por tanto la misma denominación de color referente a la guía VITAPAN puede resultar completamente diferente entre distintos fabricantes de resinas compuestas.

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

9. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La determinación visual del color se lleva a cabo comparando el diente del paciente con una guía de color y es el método más frecuentemente utilizado (Van der Burgt *et al.*, 1990). Este procedimiento ha sido considerado subjetivo, poco fiable y poco predecible (Okubo *et al.*, 1998; Hasegawa *et al.*, 2000; Yilmaz *et al.* 2008).

Las medidas instrumentales para la determinación del color pueden cuantificar el color y favorecen una comunicación más uniforme y precisa (Okubo *et al.*, 1998). Además, ofrecen una ventaja sobre la determinación visual: son objetivas y cuantificables, y obtienen los registros más rápido (Wee *et al.*, 2002) independientemente de la experiencia del examinador o de las condiciones ambientales (Li & Wang, 2007). Por tanto, las mediciones instrumentales se prefieren a las visuales (Chu *et al.*, 2010). Los colorímetros dentales (Yilmaz *et al.*, 2008) conjuntamente con los espectrofotómetros (Lagouvardos *et al.*, 2009) son los dispositivos más comúnmente utilizados para la medición del color en investigación dental. Estos aparatos representan el color dental en valores CIE L*a* y b* (Okubo *et al.*, 1998) y/o CIE L*c*h* midiendo la composición espectral y la cantidad de luz reflejada por la superficie del diente (Lagouvardos *et al.*, 2009). Es decir, los espectrofotómetros estiman el color dental midiendo la intensidad de la luz reflejada en todas las ondas visibles, mientras que los colorímetros miden la intensidad de la luz reflejada filtrada en rojo, verde y azul (Lagouvardos *et al.*, 2009).

Los tratamientos de estética dental requieren conocer el color exacto del diente a tratar. Debido a esto, y para aumentar la precisión del registro del color, existen estudios que utilizan férulas de posicionamiento para el sensor del espectrofotómetro, permitiendo que el color pueda ser registrado exactamente en la misma zona de la superficie dental en diferentes mediciones (Cardoso *et al.*, 2010; Matis *et al.*, 2000; Bizhang *et al.*, 2009; Ontiveros *et al.*, 2012; Marson *et al.*, 2008; Zekonis *et al.*, 2003). Sin embargo, otros no las utilizan (Mokhlis *et al.*, 2000; Meireles *et al.*, 2008; Tung *et al.*, 2002).

En el momento de realizar una restauración o rehabilitación dental, el clínico encuentra la dificultad de escoger el color de composite o material de restauración que más se asemeje al color del diente. Una vez cuantificado en color dental, preferentemente por métodos instrumentales por considerarse más objetivos (Chu *et al.*, 2010) podría darse la situación de que el composite del color correspondiente no se asemeje al color del diente.

A pesar del desarrollo tecnológico que se ha producido en los materiales de resina compuestos en relación a su composición, disponibilidad de tonos, niveles de transparencias y opacidades, efectos ópticos y/o fluorescencia, éstos carecen de un potencial biomimético óptimo todavía. La correspondencia cromática entre los materiales restauradores, como las resinas compuestas, y la estructura dental natural constituye por tanto el problema clínico de estos materiales.

Desde la década de los 80, la mayoría de las marcas de resinas compuestas han adoptado el estándar ABCD de la escala de color VITAPAN Classical® como referencia para la denominación de los tonos de sus materiales restauradores. Aunque esta estandarización sugiere que las resinas del mismo tono pueden usarse como materiales

sustitutos entre sí, las observaciones clínicas y estudios de laboratorio han demostrado que la correspondencia de color entre las diferentes marcas de resinas compuestas para un mismo tono es baja. Por otra parte, la correspondencia cromática entre las resinas compuestas y la escala de color VITAPAN *Classical*® no es la esperada (De Azevedo *et al.*, 2018). Esto explicaría las dificultades en la práctica clínica para la selección adecuada del tono de composite según el color natural del diente a restaurar y por tanto, condicionaría gravemente la competencia clínica del profesional y el grado de satisfacción con el resultado estético de las restauraciones, tanto del odontólogo como del paciente.

Nuestra primera hipótesis nula será que la utilización de férula de posicionamiento no conlleva asociada una mayor repetibilidad de los datos en el registro del color dental. Nuestra segunda hipótesis nula será que existen diferencias estadísticamente significativas en la comparación de las muestras de composite con sus propias guías de color o con la guía VITAPAN *Classical*®.

OBJETIVOS

10. OBJETIVOS:

10.1. OBJETIVO PRINCIPAL:

Este trabajo de investigación pretende analizar la efectividad clínica del espectrofotómetro VITA *Easyshade Compact IV*[®] para el registro de color en procedimientos odontológicos con objeto de mejorarla.

10.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS:

- 1- Evaluar si la utilización de una férula termoplástica de posicionamiento afecta a la repetibilidad en los registros de color con el espectrofotómetro digital VITA *Easyshade Compact IV*[®].
- 2- Analizar las diferencias de color en valor CIEDE2000 (ΔE_{00}) entre composites nanohíbridos comercializados y sus correspondientes colores de la guía VITAPAN *Classical*[®] mediante el registro de los parámetros de color $L^*C^*h^*a^*b^*$ con el espectrofotómetro VITA *Easyshade Compact IV*[®].

- 3- Analizar las diferencias de color en valor CIEDE2000 (ΔE_{00}) entre composites nanohíbridos comercializados y sus correspondientes colores en las guías de color de cada casa comercial mediante el registro de los parámetros de color $L^*C^*h^*a^*b^*$ con el espectrofotómetro digital VITA *Easyshade Compact IV*[®].
- 4- Obtener una representación en el espacio CIE L^*a^*b de los composites estudiados y sus correspondientes tonos en las guías de color.

MATERIAL Y MÉTODOS

11. MATERIAL Y MÉTODOS ESTUDIO I

11.1. PACIENTES

El grupo de estudio se seleccionó entre los alumnos de 5º curso de Grado de Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, en el curso académico 2018-19 siguiendo los criterios de inclusión y exclusión determinados previamente (Tabla 3). El estudio recibió la aprobación del Comité Autnómico da Ética da Investigación de Galicia (España), número de registro E4G4-BOAH-OFP4-1H15-3234-3997-369 (Anexo II). Así mismo, se respetó la versión más reciente de la Declaración de Helsinki, modificada en el 64º Congreso General de la Asociación Mundial de Medicina, celebrado en Fortaleza (Brasil) en octubre de 2013. Todos los pacientes recibieron información escrita del estudio y consintieron participar en el mismo con su firma (Anexo III).

Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión para participación en el estudio.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Edad entre 23 y 25 años. Presencia de al menos 8 dientes (de 1.4 a 2.4). Índice de Silness and Loe ≤ 1 . Ausencia de recesión gingival.	Presencia de tumores de tejidos duros o blandos en la cavidad oral. Xerostomia. Fumadores. Caries activa en el incisivo central o en el canino del primer cuadrante. Obturaciones, endodoncias o patología periapical en el incisivo central o en el canino del primer cuadrante. Bruxismo. Tinciones por tetraciclinas o fluorosis. Alteraciones de la estructura dental (amelogénesis). Prótesis removible. Ausencia actual o previa de tratamientos de ortodoncia fija.

11.2. MATERIAL

En este estudio se utilizó el espectrofotómetro dental VITA *EasyShade Compact IV*®, creado y distribuido en España por Vita Zahnfabrik (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany) (Figura 8).

Figura 8. Espectrofotómetro VITA *EasyShade Compact IV*® (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany).



El espectrofotómetro VITA *EasyShade Compact IV*® es un dispositivo portátil de alta frecuencia para registro y comunicación de color dental. Registra la cantidad de luz reflejada por un diente y permite asignarle su color correspondiente de la guía VITAPAN y de la guía Vita 3D-Máster, así como los diferentes parámetros $L^*C^*h^*a^*$ y b^* que lo componen. Se trata de un dispositivo compacto, manejable y que consta principalmente de 3 partes: la punta de registro, el botón de medición y la pantalla.

Para el registro del color dental, se debe colocar la punta de medición en la superficie del esmalte con dentina subyacente (zona central hasta cervical) y asegurarse de que quede perfectamente enrasada. Mientras la punta de registro se mantiene apoyada contra el diente, se pulsa el botón de medición y se espera a que suenen dos tonos seguidos, que indican que la medición ha finalizado. A continuación, aparecerá el resultado en la pantalla.

Para el registro del color dental en clínica de forma estandarizada se utilizaron para cada participante en el estudio unas férulas de posicionamiento termoplásticas individualizadas de 4 mm de espesor (Figura 9).

Figura 9. Modelo férula termoplástica de 4mm de espesor.



11.3. DISEÑO DEL ESTUDIO

La eficacia clínica del posicionador dental en el registro de color con espectrofotómetro digital se comprobó mediante un estudio experimental prospectivo. Tras obtener el consentimiento informado de los pacientes se realizaron dos tipos de mediciones con espectrofotómetro: una medición con ayuda de posicionador y otra sin ayuda de éste.

11.4. METODOLOGÍA

11.4.1 Diseño de la férula de posicionamiento

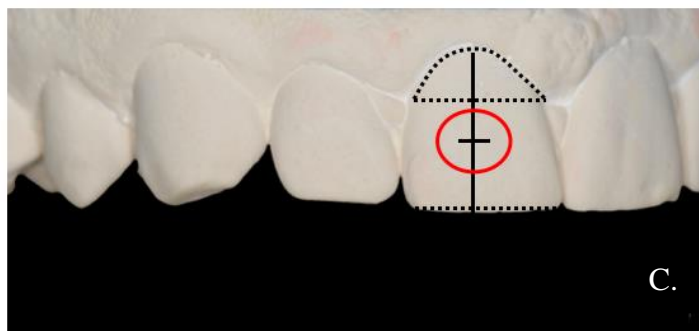
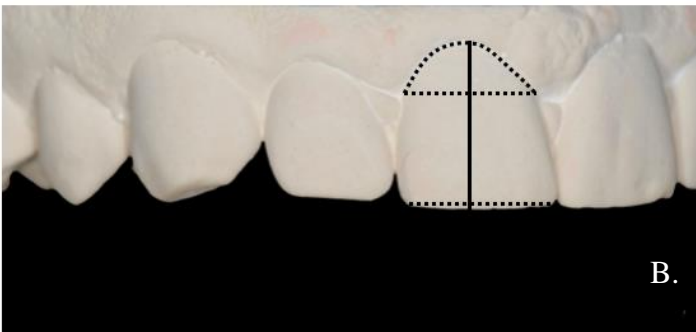
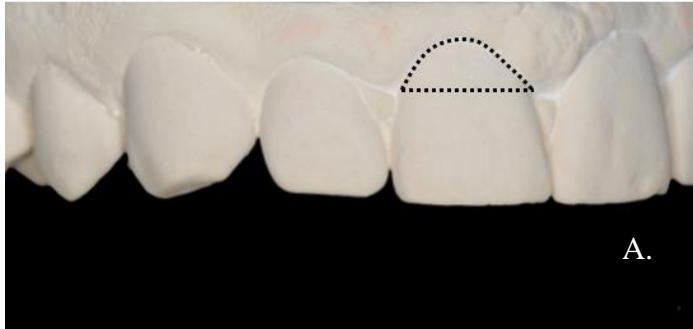
Tomamos una impresión en alginato (Orthoprint, Zhemarck, Badia Polenise, Italia) con una cubeta individual estándar rígida (ASA dental, Luca, Italia) de la arcada superior de cada participante en el estudio. A continuación, vaciamos las impresiones con yeso *plaster* tipo IV (VelMix Stone, Kerr, California) y recortadas con forma de herradura.

Aplicamos una solución separadora (Divosep Blue, Vertex-Dental B.V Headquarters, Zeist, Holanda) sobre los modelos y con una máquina *Econo-Vac* (Buffalo Dental, Syosset, New York) y unas planchas de resina transparente de 4 mm de grosor (Clear-Mouthguard, Henry Schein Inc., Melville, New York) fabricamos las férulas de posicionamiento. Posteriormente, las recortamos 2mm por encima del margen gingival. Con una trefina realizamos un orificio en el centro de la corona clínica del incisivo central superior y otro en el canino, de 6mm de diámetro, coincidiendo así con el diámetro externo del sensor del espectrofotómetro.

11.4.2 Área de registro de color

El área de registro de color fue determinada en el centro de la cara vestibular del diente, empleando el modelo de escayola de cada participante en el estudio. Se definió y dibujó en el punto medio del eje vertical de la corona. Este eje vertical se estableció de manera que se unieran el punto medio del cuello del diente y el punto medio del borde incisal. Para ello se midió la distancia mesio-distal en el cuello del diente y en el borde incisal. Posteriormente se unieron ambos puntos (Figura 10).

Figura 10. Determinación del área de registro de color. A, Distancia mesio-distal en el cuello. B, Distancia mesio-distal en el borde incisal y eje vertical de la corona. C, Punto medio del eje vertical de la corona.



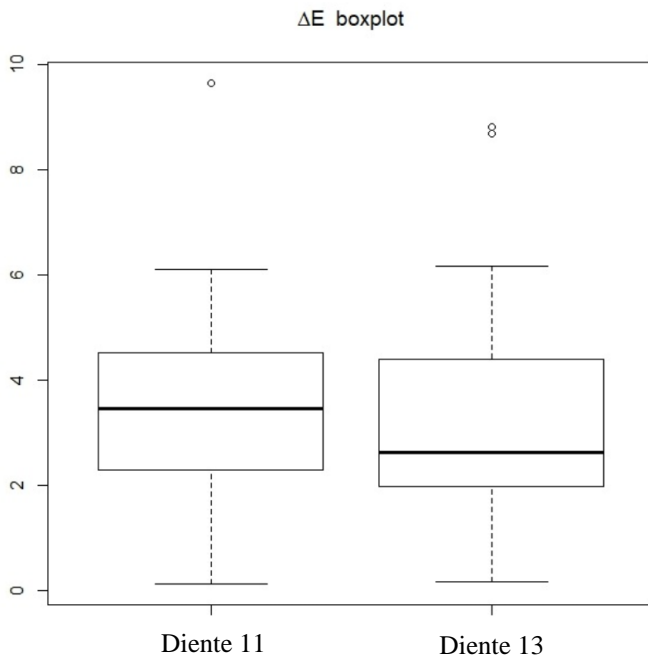
11.4.3 Recogida de datos

11.4.3.1 Registro inicial

Realizamos 20 tomas de color, 10 empleando la férula de posicionamiento individualizada y 10 sin ella, en los dientes 11 (incisivo central superior) y 13 (canino superior derecho) en una muestra de 26 pacientes (13 mujeres y 13 hombres). Todas las tomas de color fueron realizadas por dos operadores externos con más de 15 años de experiencia profesional en estética dental que desconocían los objetivos del trabajo de investigación.

Realizamos un primer estudio para detectar posibles datos atípicos basándonos en la medida resumen: $\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$. Se presenta un diagrama de cajas que permita detectar dichos datos atípicos (Figura 11).

Figura 11. Diagrama de cajas representativo de la muestra.



A la vista de la representación, prescindimos de los datos registrados en los participantes número 22 (asociado a valor atípico del diente 11), 10 y 18 (asociados a valores atípicos del diente 13).

11.4.3.2 Datos finales

Disponemos de una muestra de 23 pacientes (12 mujeres y 11 hombres) en los cuales realizamos 20 tomas de color (10 empleando un posicionador individualizado y 10 sin él) en los dientes 11 y 13; realizándose un registro total de 920 ($n=920$) tomas de color.

12. MATERIAL Y MÉTODOS ESTUDIO II:

12.1. MATERIAL

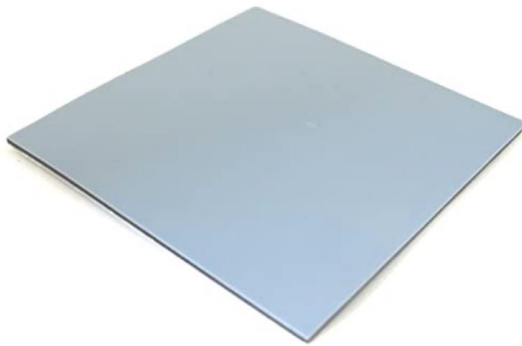
En este estudio se utilizaron cuatro marcas diferentes de composites de resina. El nombre, fabricante, composición, tamaño de relleno y porcentaje de relleno de cada composite se muestra en la tabla 4. De cada marca se utilizaron los colores A2, A3 y A3,5. Seleccionamos estas resinas compuestas por tratarse de composites nanohíbridos con relleno (78-85% peso) elevado.

Tabla 4. Nombre, fabricante, composición, tamaño de relleno y porcentaje de relleno de cada composite

Nombre del producto	Fabricante	Composición	Tamaño partícula	relleno (% peso)
Harmonize®	Kerr	composite nanohíbrido	5-400 nm	81%
Empress Direct®	Ivoclar-vivadent	composite nanohíbrido	0,04- 3 µm	79%
Grandio®	vocco	composite nanohíbrido	0,01 - 0,1µm	84%
Filtek 500®	3M	composite nanohíbrido	0,6-1,4µm	78,5%

Así mismo, se utilizó una plancha de politetrafluoroetileno (teflón) de 2mm de grosor (Figura 12) y el espectrofotómetro dental VITA *EasyShade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany).

Figura 12. Imagen de la plancha de politetrafluoroetileno.



Las guías de color propias de cada uno de los composites incluidos en el estudio y presentes en la tabla 4 fueron utilizadas. Registramos datos de los colores A2, A3 y A3,5.

12.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

Diseñamos un estudio observacional, comparativo, descriptivo. Registramos con el espectrofotómetro: el color de las muestras A2, A3 y A3,5 de la guía VITAPAN *Classical*[®], los colores A2, A3 y A3,5 de los composites incluidos en el estudio y los colores A2, A3 y A3,5 de las guías de color de cada composite.

La diferencia de color en valor CIEDE2000(ΔE_{00}) entre colores de cada composite y sus respectivos colores de la guía VITAPAN

Classical[®] fue estudiada. Así mismo, se analizó la diferencia de color CIEDE2000(ΔE_{00}) entre colores de cada composite y los colores correspondientes de sus propias guías de color. Además, calculamos la diferencia de color entre la guía de color de cada composite y la guía VITAPAN *Classical*[®] para los colores estudiados. Por último, se estudiaron las diferencias de color entre composites.

12.3. METODOLOGÍA

12.3.1 Diseño de las muestras de composite

Utilizamos una plancha de politetrafluoroetileno (teflón) de 2 mm de grosor. En la plancha se realizaron agujeros de 6 mm de diámetro con una trefina. Colocamos tres muestras por cada color y por cada marca de composite. Presionamos por ambas caras de la plancha de teflón con un portaobjetos de microscopía y una tira de poliéster transparente. El método de preparación produjo superficies lisas y sin defectos en todas las muestras. Las muestras de composite se polimerizaron con una lámpara de polimerización *Smart Lite Pro* (Dentsply Sirona, York, Pensilvania, EEUU) durante 20s. siguiendo las instrucciones del fabricante y comprobando con frecuencia que los valores de irradiancia estuvieran por encima de $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ mediante el uso de un radiómetro digital (Bluephase Meter II, Ivoclar, Vivadent Inc., Amherst, New York, USA). Después de la polimerización, las muestras se midieron con un calibre digital (500-181, Mitutoyo, Tokio, Japón) con una precisión de 0,05mm. Examinamos las superficies mediante inspección visual y se rechazaron aquellas que presentaban defectos o irregularidades.

12.3.2 Diseño de las muestras de la guía VITAPAN *Classical*[®]

Seleccionamos tres guías de color VITAPAN *Classical*[®] (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co KG, Bad Säckingen, Germany) de 3 años de antigüedad que hubieran sido utilizadas habitualmente en clínica dental. Registramos los datos de tres muestras de color de cada guía VITAPAN *Classical*[®], correspondientes a los colores A2, A3, A3,5. Las nueve muestras de las guías de color fueron limpiadas con una toallita desinfectante (DisCide Ultra, Palmero Health, Care, Stratford, Conn) y colocadas en un portamuestras fabricado específicamente para sostener las muestras para la medición de su color.

Para confeccionar el portamuestras, rellenos con silicona pesada (Virtual putty, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) un vaso Dappen transparente (Henry Schein Inc., Melville, New York, EEUU). Colocamos centrada la muestra de la guía de color y esperamos a que la silicona pesada endureciera. Con una plancha termoplástica transparente (Clear-Mouthguard, Henry Schein Inc., Melville, New York) de 4mm de grosor confeccionamos una tapadera adaptada al diámetro externo de la convexidad menor de un vaso Dappen transparente (figura 13). Con una trefina de 6 mm. de diámetro externo perforamos el centro de la tapadera, coincidiendo con el tercio medio de la ubicación de la muestra de color.

Figura 13. Portamuestras confeccionado para el registro de color de las muestras de la guía VITAPAN *Classical*[®] en visión frontal y lateral.



12.3.3 Diseño de las muestras de las guías de color de cada composite

Seleccionamos las guías de color de cada uno de los siguientes composites incluidos en nuestro estudio: Harmonize[®], Empress Direct[®] y Grandio[®]. El composite Filtek500[®] no dispone de guía de color propia y la casa comercial recomienda la utilización de la guía VITAPAN *Classical*[®]. Por otra parte, el composite Harmonize[®] no presenta en su guía el color A3,5, pero sin embargo si lo comercializa.

Registramos los datos de tres muestras de color de cada guía, correspondientes a los colores A2, A3, A3,5. Las muestras de las guías de color fueron limpiadas con una toalla desinfectante (DisCide Ultra, Palmero Health, Care, Stratford, Conn) y colocadas en un portamuestras con el mismo diseño que el utilizado para sostener las muestras de la guía VITAPAN *Classical*[®] (Figura 13).

12.3.4 Recogida de datos

Los parámetros de color CIE L^*a^* y b^* de las muestras de composite, de la guía VITAPAN *Classical*[®] y de las guías de color de los composites fueron registrados con el espectrofotómetro VITA *EasyShade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany). Para ello colocamos el sensor del espectrofotómetro en contacto directo con la superficie de cada muestra en idénticas condiciones ambientales. Realizamos nueve mediciones de cada color (A2, A3, A3,5) de cada composite (tres por cada muestra), haciendo un total de $n=108$ mediciones; tres mediciones de cada muestra de color de cada Guía VITAPAN ($n=27$) y tres mediciones de los colores A2, A3 y A3,5 de cada guía de color de los composites ($n=24$). Se debe tener en cuenta que el composite Filtek[®] no tiene guía de color propia y el composite Harmonize[®] no incluye en su guía el color A3,5. Calculamos los valores promedio de los datos obtenidos.

En relación a las muestras de composite, todas las mediciones de color se tomaron acorde a la iluminación estándar D65 contra un fondo blanco ($L: 94.6$, $a: 0.2$, $b: -0.8$), a una temperatura ambiente estable de 23°C y por el mismo operador, que desconocía el objeto de las mediciones.

RESULTADOS

13. RESULTADOS

13.1 RESULTADOS ESTUDIO I: UTILIZACIÓN FÉRULA DE POSICIONAMIENTO

13.1.1 Descripción de los datos

El objetivo principal de este estudio es determinar si el uso de posicionador influye en el registro del color, tanto en los incisivos como en los caninos. Para ello, reflejamos en las siguientes figuras (figuras 14 y 15) el porcentaje de dientes de cada color de la guía VITAPAN *Classical*® con ambos métodos, es decir con y sin posicionador, para los dientes 11 (incisivo central) y 13 (canino). El espectrofotómetro determina los parámetros $L^*C^*h^*a^*$ y b^* así como el color correspondiente de la guía de color VITAPAN *Classical*®.

Figura 14. Representación gráfica del porcentaje de dientes de cada color de la guía VITAPAN *Classical*[®] para el diente 11.

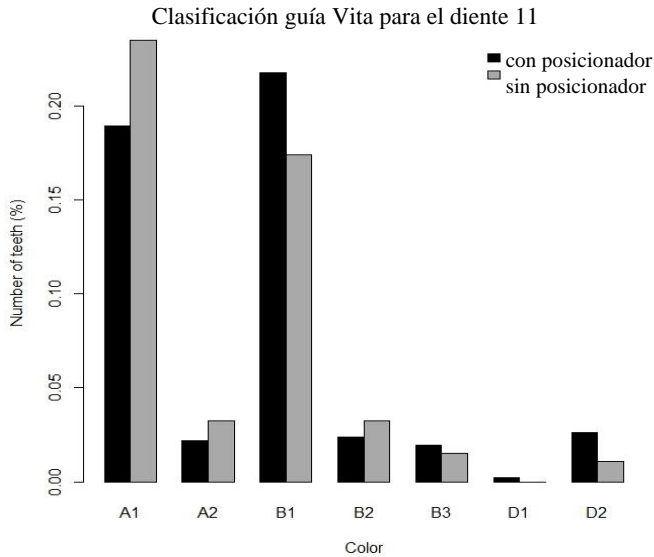
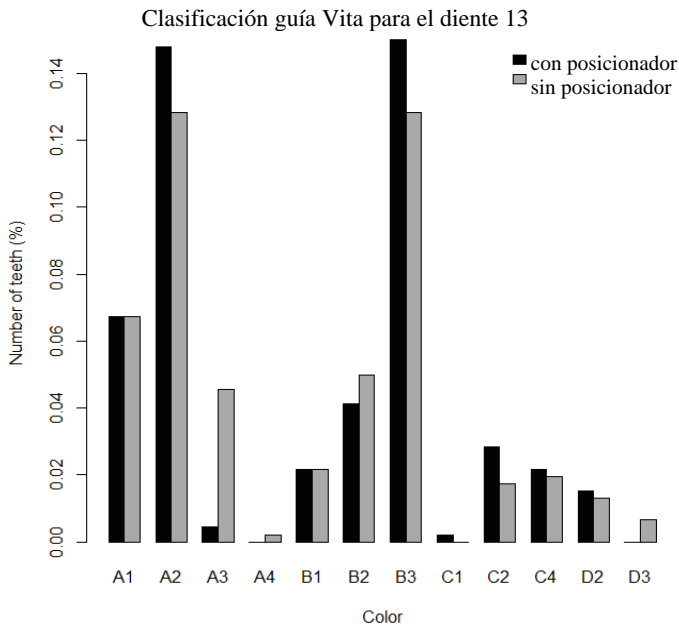


Figura 15. Representación gráfica del porcentaje de dientes de cada color de la guía VITAPAN *Classical*[®] para el diente 13.



Las gráficas anteriores reflejan que ambos métodos no registran del mismo modo el color en los dientes analizados en el estudio. Existen por tanto razones para pensar que el hecho de utilizar o no posicionador en el registro del color con espectrofotómetro influye en la determinación del color del diente.

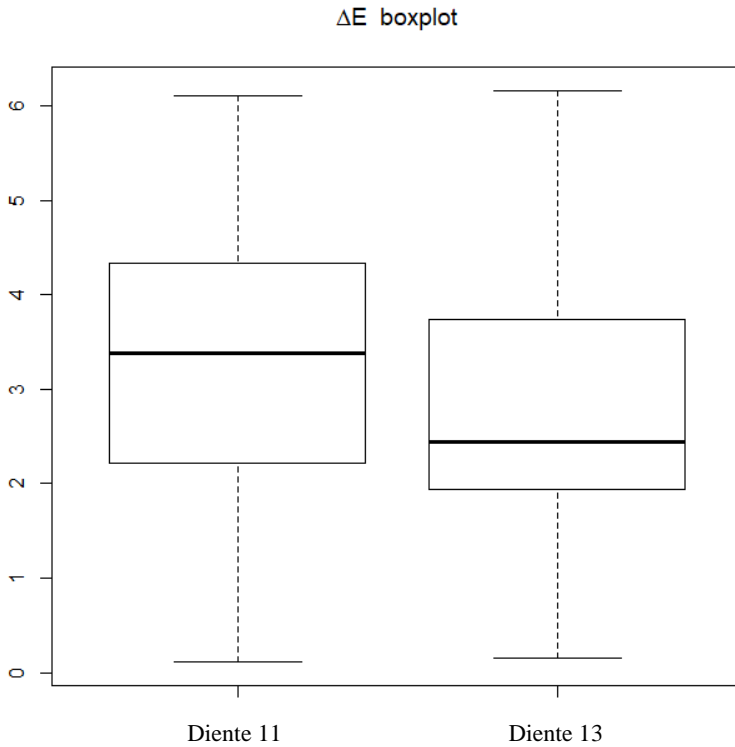
13.1.2 Análisis estadístico

Basándonos en el trabajo de O'Brien *et al.* (1990), se consideró la siguiente medida resumen de la diferencia de color entre la utilización o no de posicionador en el registro del color dental:

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

donde ΔL^* , Δa^* y Δb^* representan las diferencias entre las mediciones de luminosidad, coordenadas cromáticas del rojo-verde y coordenadas cromáticas del amarillo-azul, obtenidas con y sin utilizar el posicionador. Denotaremos por ΔE_{11} y ΔE_{13} las variables diferencia de color definidas en (1) asociadas a los dientes 11 y 13, respectivamente. En la figura 16 se muestra gráficamente la distribución de dichas variables a través de un diagrama de cajas o *boxplot*.

Figura 16. Representación gráfica de la distribución de las variables ΔE_{11} y ΔE_{13} .



En primer lugar, determinaremos si las variables construidas ΔE_{11} y ΔE_{13} son significativamente distintas de cero. Dado que dichas variables no siguen una distribución normal (de hecho sólo toman valores positivos), utilizamos el test de Wilcoxon, un test clásico no paramétrico, obteniendo los valores que mostramos en la tabla 5:

Tabla 5. P-valor de Wilcoxon test para diente 11 y diente 13.

	p-valor
Diente 11	2.384e-07
Diente 13	2.384e-07

Tomando como nivel de significación 5%, podemos afirmar que existen pruebas estadísticamente significativas que avalan que las variables ΔE_{11} y ΔE_{13} son distintas de cero (dado que los p-valores son menores que el nivel de significación). Es decir, podemos concluir que tanto para el diente 11 como para el diente 13, la determinación del color, construido en base a la ecuación (1), con y sin posicionador es significativamente distinta.

13.1.3 Resultados estudio I

Debido a la existencia de diferencias significativas entre las mediciones de color obtenidas con y sin posicionador, se plantea estudiar cuál de los dos métodos empleados para el registro del color con el espectrofotómetro es más fiable. Es decir, se estudia la repetibilidad en las mediciones de color obtenidas con y sin posicionador. Para ello, se presenta la variabilidad relativa de cada método a través del coeficiente de variación, medida estadística que nos permite comparar variabilidades de variables con unidades de medidas que podrían ser diferentes.

En la tabla 6 se presentan los coeficientes de variación obtenidos para cada diente, método y parámetro estudiado. A la vista de dicha

tabla, podemos afirmar que para el diente 11 las mediciones obtenidas con posicionador tienen un menor coeficiente de variación, y por tanto una mayor repetibilidad, independientemente del parámetro considerado. Sin embargo, para el diente 13 los resultados no son tan claros: se puede observar que para el parámetro a^* (coordenadas rojo-verde) y b^* (amarillo-azul) el método sin posicionador muestra una mayor repetibilidad. Para interpretar correctamente la tabla, debe comprenderse que cuanto más cercano a cero sea el valor, mayor repetibilidad mostrará.

Tabla 6. Coeficientes de variación para los dientes 11 y 13 con y sin posicionador.

Diente	Posicionador	CV% L*	CV% a*	CV% b*
Diente 11	Con	0.87	7.59	2.69
Diente 11	Sin	1.02	11.59	3.39
Diente 13	Con	1.00	47.12	2.60
Diente 13	Sin	1.94	24.85	2.48

Nótese que las mediciones asociadas al parámetro a^* (especialmente para el diente 13) son muy próximas a cero. Consecuentemente, pequeñas desviaciones de los datos respecto del valor medio reproducen elevados coeficientes de variación.

Como complemento a la tabla anterior, mostramos una representación gráfica donde se observa tanto el coeficiente de variación como el error relativo (*trueness*) cometido por cada uno de los métodos para cada uno de los parámetros de estudio.

Se muestran representaciones análogas para los dientes 11 y 13 en las figuras 17 y 18.

Figura 17. Error relativo (*trueeness*) para el diente 11.

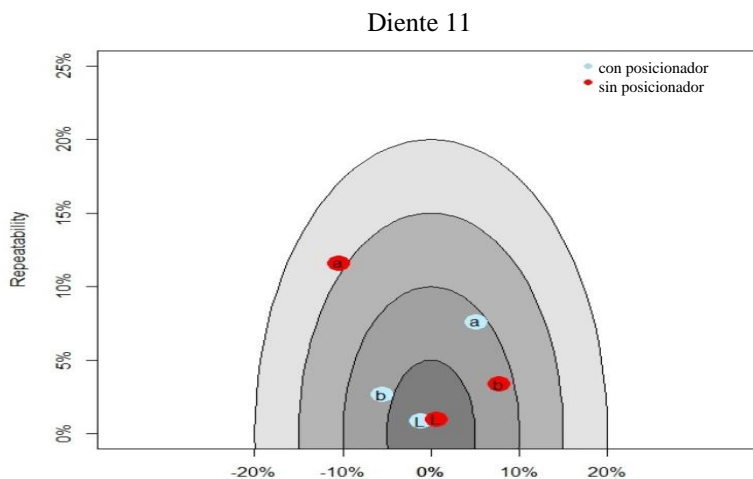
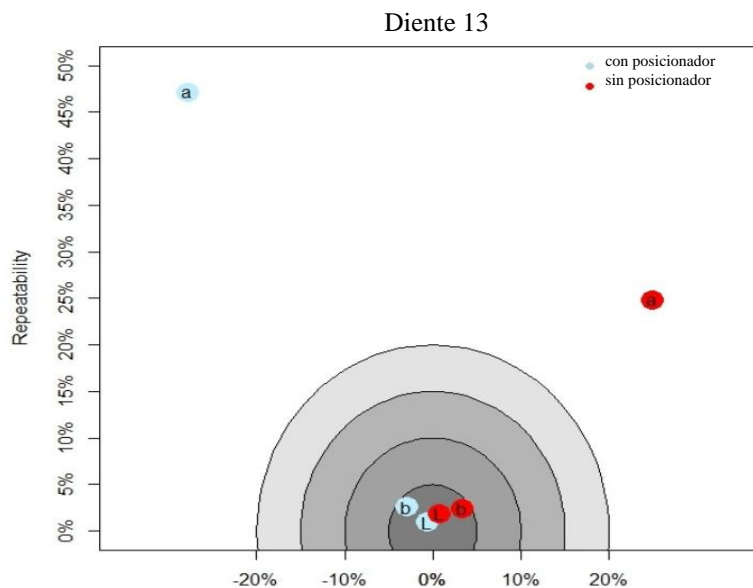


Figura 18. Error relativo (*trueeness*) para el diente 13.



13.1.4 Dimorfismo sexual

Se conoce el dimorfismo sexual como las diferencias físicas visibles o caracteres que diferencian el sexo masculino del femenino dentro de una misma especie. Mostramos en las tablas 7, 8, 9 y 10 los colores de la Guía VITA *Classical*[®] para los dientes 11 y 13 con y sin posicionador para cada sexo.

Tabla 7. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN *Classical*[®] con ambos métodos para el diente 11 en hombres.

Diente 11						
Hombres	A1	A2	B1	B2	B3	D2
Con posicionador	52	0	37	11	9	1
Sin posicionador	55	2	31	13	7	2

Tabla 8. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN *Classical*[®] con ambos métodos para el diente 11 en mujeres.

Diente 11						
Mujeres	A1	A2	B1	B2	D1	D2
Con posicionador	35	10	63	0	1	11
Sin posicionador	53	13	49	2	0	3

No se reflejan en las tablas aquellos colores con resultados 0 para ambos sexos.

Tabla 9. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN *Classical*[®] con ambos métodos para el diente 13 en hombres.

Diente 13								
Hombres	A1	A2	A4	B2	B3	C2	C4	D2
Con posicionador	18	31	0	4	46	1	10	0
Sin posicionador	18	29	1	8	42	0	9	3

Tabla 10. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN Classical[®] con ambos métodos para el diente 13 en mujeres.

		Diente 13								
Mujeres	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	D2	D3
Con posicionador	13	37	2	10	15	23	1	12	7	0
Sin posicionador	13	30	21	10	15	17	0	8	3	3

No se reflejan en las tablas aquellos colores con resultados 0 para ambos sexos.

13.2 RESULTADOS ESTUDIO II: GUÍA DE COLOR VS COMPOSITES.

13.2.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa R (R 3.5.1, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) para Windows. Se estudiaron las diferencias entre las muestras de cada color de cada composite y su respectivo color de la guía VITAPAN *Classical*[®], entre los colores de las muestras de composite y los colores correspondientes de sus propias guías de color, entre las guías de color de los composites y la guía VITAPAN *Classical*[®], y por último las diferencias entre muestras de composites de diferentes casas comerciales para cada color.

En primer lugar, se calculó la media de las mediciones realizadas a cada muestra de color de la guía de color VITAPAN *Classical*[®] para establecer los valores de L*, C*, h*, a* y b*. Del mismo modo, se

calculó la media de los datos registrados para las guías de color de los composites y para las muestras de los composites.

Las fórmulas de CIELAB y CIEDE2000 se utilizaron para calcular las diferencias de color.

A continuación se calcularon las diferencias en unidades CIEDE2000 (ΔE_{00}) para cada muestra.

Con la finalidad de establecer si existen diferencias estadísticamente significativas para la determinación del color de las muestras de composite mediante la utilización de la guía de color VITAPAN *Classical*[®] o las guías de color propias de cada composite se utilizó el test no paramétrico U de Mann-Whitney. Un valor de p inferior a 0,05 se consideró estadísticamente significativo.

Por su parte, para determinar si existen diferencias entre composites, las variables cualitativas se expresaron como frecuencias y porcentajes. Aquellas variables cuantitativas se expresaron como media (con su correspondiente desviación típica). Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad en todos los grupos correspondientes a los diferentes materiales para cada color. Además, se utilizó la prueba de Levene para validar la hipótesis de igualdad de varianzas entre los diferentes grupos de materiales en cada color.

Con base en estas hipótesis, se realizó el análisis de varianza unidireccional (ANOVA) para comparar los cuatro grupos de material compuesto para cada uno de los tres tonos considerados. Se utilizaron pruebas *post-hoc* por pares para identificar pares significativamente diferentes. Un valor de p inferior a 0,05 se consideró estadísticamente significativo.

13.2.2 Resultados estudio II

En la Tabla 11 se muestran los valores medios obtenidos de los parámetros $L^*C^*h^*a^*$ y b^* para los colores A2, A3 y A3,5 de la guía VITAPAN *Classical*[®].

Tabla 11. Valores $L^*C^*h^*a^*$ y b^* de los colores A2, A3 y A3,5 de la Guía VITAPAN *Classical*[®].

Color	L^*	C^*	h^*	a^*	b^*
A2	78,8	18,5	86,2	1,2	18,5
A3	75,9	21,2	84,9	1,9	21,1
A3.5	74,1	26,8	86,9	1,4	26,8

En la tabla 12 se muestran los valores medios obtenidos de los parámetros $L^*C^*h^*a^*$ y b^* de los composites Empress[®], Filtek[®], Harmonize[®] y Vocco[®] para cada color A2, A3 y A3,5.

Tabla 12. Valores CIE $L^*C^*h^*a^*$ y b^* para los colores A2, A3 y A3,5 de cada marca composite.

Color A2	L*	C*	h*	a*	b*
Empress [®]	87,3	43,3	86,6	2,6	43,2
Filtek [®]	81,7	25,1	89,4	0,3	25,1
Harmonize [®]	84,1	38,7	85,2	3,3	38,6
Vocco [®]	83,8	29,6	89,5	0,3	29,6
Color A3					
Empress [®]	88,1	46,8	86,5	2,8	46,7
Filtek [®]	79,7	30,2	90,1	-0,01	30,2
Harmonize [®]	79,7	41,1	85,7	3,1	41,0
Vocco [®]	80,1	28,3	89,3	0,3	28,3
Color A3.5					
Empress [®]	84,9	47,4	85,8	3,5	47,2
Filtek [®]	77,9	33,4	89,1	0,6	33,4
Harmonize [®]	79,6	40,0	85,1	3,4	39,9
Vocco [®]	78,6	29,3	88,5	0,7	29,3

En la tabla 13 se muestran los valores CIE L*C*h*a* y b* de los colores A2, A3 y A3,5 de las guías de color de los composites Empress[®], Harmonize[®] y Vocco[®]. No se muestran datos del color A3,5 de la guía del composite Harmonize[®] debido a que este color no se encuentra presente en su guía. Los datos del composite Filtek[®] no se encuentran presentes al no disponer guía de color propia.

Tabla 13. Valores CIE L*C*h*a* y b* de los colores A2, A3 y A3,5 de las guías de color de cada marca de composite.

Guía de color	Color	L*	C*	h*	a*	b*
Empress [®]	A2	81,6	36,2	88,2	1,1	36,2
Empress [®]	A3	80,2	32,4	88,1	1,1	32,4
Empress [®]	A3,5	76,3	37,9	87,4	1,7	37,9
Harmonize [®]	A2	71,9	17,9	84,9	1,6	17,9
Harmonize [®]	A3	69,8	20,6	85,7	1,5	20,5
Harmonize [®]	A3,5	-	-	-	-	-
Vocco [®]	A2	79,5	34,1	89,6	0,2	34,1
Vocco [®]	A3	77,9	34,4	88,4	1	34,3
Vocco [®]	A3,5	74,6	34,2	88,7	0,8	34,2

En la tabla 14 se muestran los valores CIEDE2000(ΔE_{00}) entre cada color de cada composite y la guía VITAPAN *Classical*[®]. Se aprecian los diferentes valores ΔE_{00} , indicativos de las diferencias de color existentes.

Tabla 14. Valores CIEDE2000 (ΔE_{00}) de los composites Empress[®], Filtek[®], Harmonize[®] y Vocco[®] en relación con la guía VITAPAN *Classical*[®].

Color	Composite	ΔE_{00}
A2	Empress [®]	11,8
A2	Filtek [®]	4,0
A2	Harmonize [®]	9,6
A2	Vocco [®]	6,4
A3	Empress [®]	13,1
A3	Filtek [®]	5,5
A3	Harmonize [®]	8,8
A3	Vocco [®]	5,3
A3,5	Empress [®]	10,8
A3,5	Filtek [®]	4,1
A3,5	Harmonize [®]	6,7
A3,5	Vocco [®]	3,5

En la tabla 15 se muestra la diferencia de color CIELAB(ΔE_{ab}) de cada color de cada composite respecto a la guía VITAPAN Classical[®].

Tabla 15. Valores CIELAB(ΔE_{ab}) de los composites Empress[®], Filtek[®], Harmonize[®] y Vocco[®] en relación con la guía VITAPAN Classical[®].

Color	Composite	ΔE_{ab}
A2	Empress [®]	26,2
A2	Filtek [®]	7,6
A2	Harmonize [®]	21,01
A2	Vocco [®]	12,2
A3	Empress [®]	28,4
A3	Filtek [®]	10,2
A3	Harmonize [®]	20,3
A3	Vocco [®]	9,7
A3,5	Empress [®]	23,3
A3,5	Filtek [®]	7,8
A3,5	Harmonize [®]	14,4
A3,5	Vocco [®]	5,3

En la tabla 16 se muestran los valores CIEDE2000(ΔE_{00}) entre las guías de color de los composites y las muestras de composite para cada color. Se aprecian los diferentes valores ΔE_{00} , indicativos de las diferencias de color existentes.

Tabla 16. Valores CIEDE2000 (ΔE_{00}) entre muestras de composites Empress[®], Harmonize[®] y Vocco[®] y sus respectivas guías de color.

Color	Composite	CIEDE2000
A2	Empress [®]	4,6
A2	Harmonize [®]	12,6
A2	Vocco [®]	3,5
A3	Empress [®]	7,4
A3	Harmonize [®]	11,3
A3	Vocco [®]	2,3
A3,5	Empress [®]	6,8
A3,5	Vocco [®]	3,5

En la tabla 17 se muestra la diferencia de color CIEDE2000(ΔE_{00}) entre la guía de color de los composites y la guía VITAPAN *Classical*[®] para cada color

Tabla 17. Valores CIEDE2000 (ΔE_{00}) entre guías de color Empress[®], Harmonize[®] y Vocco[®] y guía VITAPAN *Classical*[®]

Color	Composite	CIEDE2000
A2	Empress [®]	8,2
A2	Harmonize [®]	5,1
A2	Vocco [®]	7,2
A3	Empress [®]	6,1
A3	Harmonize [®]	4,6
A3	Vocco [®]	6,2
A3,5	Empress [®]	4,8
A3,5	Vocco [®]	3,2

Los datos CIE L^*a^* y b^* presentes en las tablas 11 y 12 pueden resultar difíciles de interpretar/comparar para el odontólogo clínico, en ocasiones poco habituado a la literatura científica o a la investigación.

Como complemento a los valores numéricos obtenidos y con la finalidad de mostrar los resultados de una manera más sencilla (sobre todo si son muchos los datos a analizar), que permita comparar los datos visualmente por proximidad, desarrollamos las figuras 19, 20 y 21.

En cada figura se representan en el espacio CIE L*a*b* los datos obtenidos para cada color (A2, A3, A3,5) de los 4 composites: Empress[®], Filtek[®], Harmonize[®] y Vocco[®], y el color de la guía VITAPAN Classical[®] correspondiente (A2, A3, A3,5).

Esta representación permite unificar en un único punto los valores CIE L*, a* y b* determinantes del color, para cada color de los cuatro composites y para cada color de la guía.

Figura 19. Representación CIE L*a*b* del color A2 para la guía VITAPAN *Classical*[®] (azul) y los composites Empress[®] (violeta), Harmonize[®] (rosa), Vocco[®] (verde) y Filtek[®](negro).

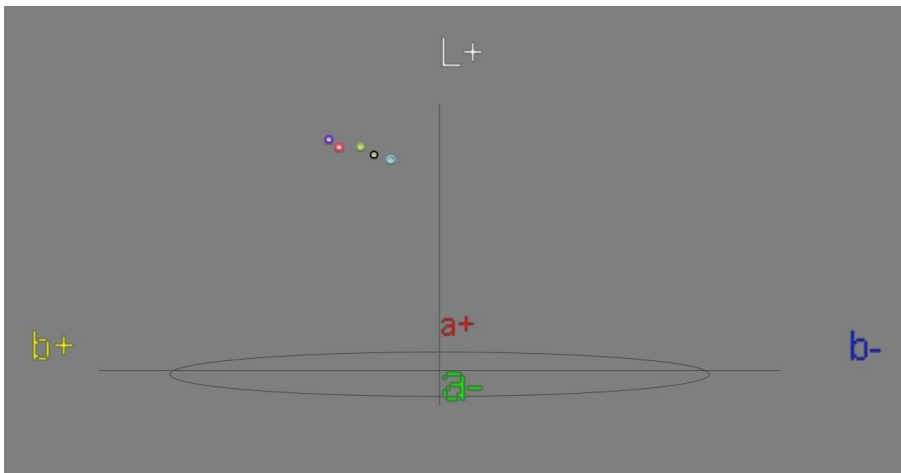


Figura 20. Representación CIE L*a*b* del color A3 para la guía VITAPAN *Classical*[®] (azul) y los composites Empress[®] (violeta), Harmonize[®] (rosa), Vocco[®] (verde) y Filtek[®](negro).

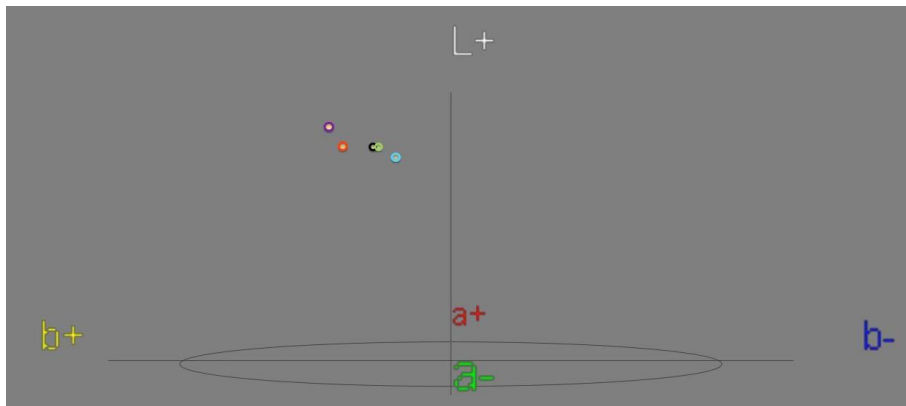
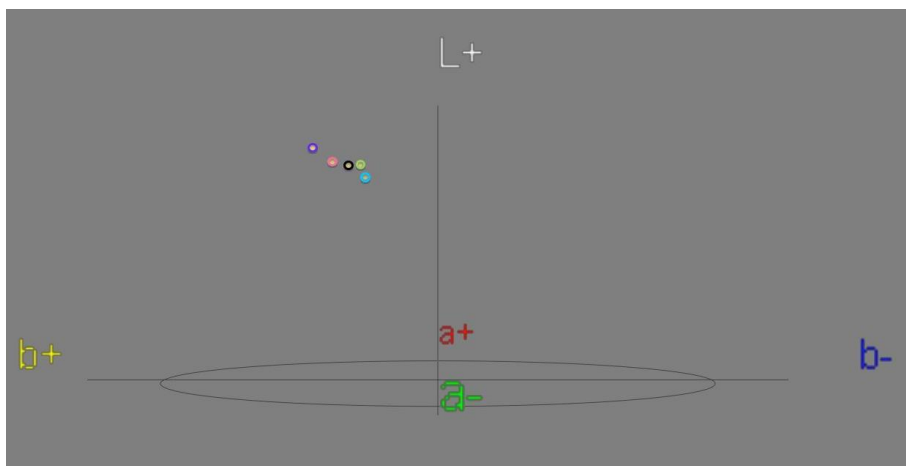
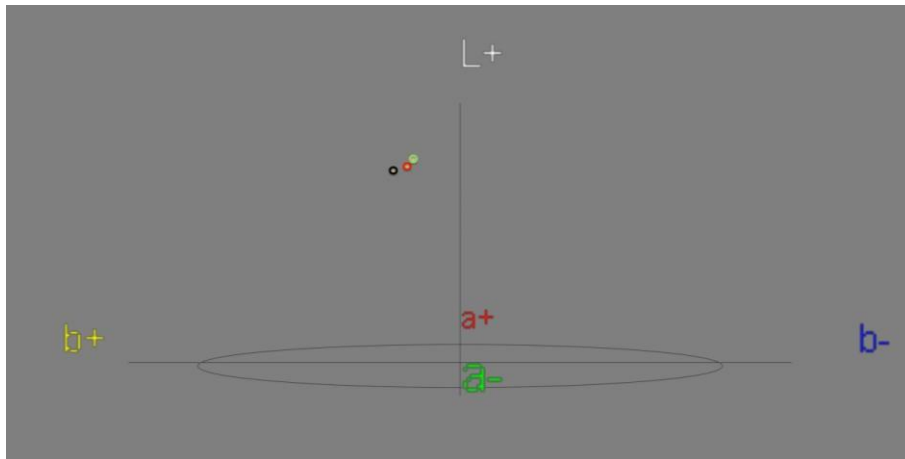


Figura 21. Representación CIE L*a*b del color A3,5 para la guía VITAPAN *Classical*[®] (azul) y los composites Empress[®] (violeta), Harmonize[®] (rosa), Vocco[®] (verde) y Filtek[®](negro).



En la figura 22, se muestra la representación gráfica de los 3 colores de la guía color VITAPAN *Classical*[®] A2 (verde), A3 (rojo) y A3,5 (negro). Se puede apreciar como a medida que aumenta el tono disminuye la luminosidad y aumenta el valor b^* .

Figura 22. Representación CIE $L^*a^*b^*$ de los colores A2 (verde), A3 (rojo) y A3,5 (negro) de la guía de color.



La diferencia de color CIELAB (ΔE_{ab}) existente entre cada color de cada composite y su correspondiente color de la guía VITAPAN *Classical*[®] puede apreciarse en las figuras 19, 20 y 21 como la distancia Euclídea entre puntos.

En la tabla 18 se muestran los datos resultantes del test no paramétrico U de Mann-Whitney, aplicado para estudiar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la determinación del color de las muestras de composite con la guía VITAPAN *Classical*[®] o con las guías de color propias de cada composite.

Tabla 18. P-valor entre de guía VITAPAN *Classical*[®] y las respectivas guías de color de cada composite.

Composite	Color	CIEDE2000 Composites-guía de color	CIEDE2000 composites-guía VITA	p-valor
Empress [®]	A2	4,6	11,8	0,1
Harmonize [®]	A2	12,6	9,6	0,4
Vocco [®]	A2	3,5	6,4	0,1
Empress [®]	A3	7,4	13,1	0,1
Harmonize [®]	A3	11,3	8,8	0,1
Vocco [®]	A3	2,3	5,3	0,2
Empress [®]	A3,5	6,8	10,8	0,1
Vocco [®]	A3,5	3,5	3,5	0

No existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre determinar del color de las muestras de composite mediante sus propias guías de color o mediante la guía VITAPAN *Classical*[®], para ningún color y ningún composite.

Así mismo, analizamos la existencia de diferencias de color estadísticamente significativas entre los diferentes materiales para cada uno de los tres colores considerados. Para el color A2 solamente hay diferencias estadísticamente significativas entre los materiales

Filtek[®] y Empress[®] ($p = 0.0170025 < 0.05$). El color A3 muestra diferencias estadísticamente significativas entre los pares de materiales que se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. P-valor entre pares de materiales para color A3

Pares de materiales	p-valor
Filtek [®] - Empress [®]	$p = 0.0002430 < 0.05$
Harmonize [®] - Empress [®]	$p = 0.0095420 < 0.05$
Vocco [®] - Empress [®]	$p = 0.0001984 < 0.05$
Harmonize [®] - Filtek [®]	$p = 0.0396577 < 0.05$
Vocco [®] - Harmonize [®]	$p = 0.0289988 < 0.05$

Para el color A3,5 hay diferencias estadísticamente significativas entre los pares de materiales que se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. P-valor entre pares de materiales para color A3,5

Pares de materiales	p-valor
Filtek [®] - Empress [®]	$p = 0.0000011 < 0.05$
Harmonize [®] - Empress [®]	$p = 0.0000476 < 0.05$
Vocco [®] - Empress [®]	$p = 0.0000006 < 0.05$
Harmonize [®] - Filtek [®]	$p = 0.0010546 < 0.05$
Vocco [®] - Harmonize [®]	$p = 0.0002764 < 0.05$

DISCUSIÓN

14. DISCUSIÓN

14.1 DISCUSIÓN SOBRE UTILIZACIÓN DE ESPECTROFOTÓMETRO EN ODONTOLOGÍA

El registro del color dental es un fenómeno complejo, en el que la percepción general se ve influenciada por varios factores, como las condiciones de iluminación, translucidez, opacidad, brillo y las limitaciones del ojo y el cerebro humanos (Fernández Millán *et al.*, 2020)

El método más frecuentemente utilizado en odontología para el registro de color el método visual mediante comparación con guías de color, sin embargo existen diversos estudios que comparan el registro de color visual e instrumental y muestran mejores resultados con registro de color mediante espectrofotómetro digital (Igiel *et al.*, 2017; Ozat *et al.*, 2013; Pimental & Tioosi, 2014).

La guía de color más frecuentemente utilizada es la guía VITAPAN *Classical*[®] (Igiel *et al.*, 2017; Tam & Lee, 2012). Sin embargo, registrar el color dental de forma visual mediante la utilización de esta guía se muestra como un método poco fiable, al igual que la determinación de color mediante la guía 3D-MÁSTER (Liberato *et al.*, 2019). Este dato podría explicar la dificultad existente en la práctica clínica diaria para igualar el color de las restauraciones dentales al diente natural, o en los laboratorios al realizar restauraciones estéticas.

Los resultados registrados respecto a la fiabilidad del registro de color mediante comparación con guías de color del estudio de Liberato *et al.* (2019) coinciden con otros como el de Alsaleh *et al.*(2012) o el de Igiel *et al.* (2017), donde también se ponen de manifiesto las carencias del registro de color mediante comparación con guías de color (método visual). Paul *et al.* (2002) sugirieron que el análisis de color con espectrofotómetro es más preciso y reproducible que la evaluación humana mediante comparación visual. Disminuir errores subjetivos durante el registro aumenta la fiabilidad del mismo, por lo que hacerlo con espectrofotómetros se antoja más exacto (Borse & Chaware, 2020)

El espectrofotómetro digital es un instrumento más fiable, debido a su mayor precisión y repetibilidad en el registro de color (Chu, 2010). Los aparatos digitales pueden reproducir medidas estándar del color del diente y ofrecer unos resultados más fidedignos (Chen *et al.*, 2012; Bahannan, 2014).

En un estudio realizado por Dozic *et al.*(2007) se compararon cinco dispositivos de medida de color - *ShadeScan*®, *EasyShade*®, *Ikam*®, *IdentaColor II* ®y *ShadeEye*® - y se concluyó que el *EasyShade*® y el *Ikam*® mostraban las mejores precisiones “*in vivo*”. Para llevarlo a cabo, el estudio se dividió en dos: por un lado dos operadores midieron “*in vitro*” cinco veces cinco Grupos A de color (con una guía de color)y por otra parte se midieron tres veces “*in vivo*” 25 incisivos centrales superiores por el mismo operador. Determinaron estadísticamente que no existían diferencias en exactitud o precisión de las mediciones entre operadores. Los resultados “*in vitro*” mostraron que *IdentaColor II* ® y *ShadeEye*® eran dispositivos menos exactos, determinando que el *EasyShade*® era más preciso que el *ShadeScan*® y el *Ikam*® .

Posteriormente, Bahannan (2014) concluye que el VITA EasyShade[®] es más fiable en el registro de color que la comparación con guías de color y además añade que no existen diferencias significativas en el registro de color entre hombres y mujeres e incluso entre operadores con experiencia o sin ella. Sin embargo, si se utilizan guías de color, las operadoras han sido consideradas más hábiles en la determinación del color dental que los operadores (Alfouzan *et al.*, 2017).

La experiencia o no en el manejo de guías de color tiene un impacto significativo en la determinación del color correcto ($\Delta E = 3.45$ para dentistas entrenados y $\Delta E = 4.98$ para aquellos sin experiencia) (Alshiddi & Richards, 2015). Este resultado $\Delta E = 3.45$ para los estudiantes entrenados es similar al informado por Paul *et al.* (2004) donde tres clínicos obtuvieron un $\Delta E = 3.47$. También coincide con estudios previos en donde la experiencia y el entrenamiento jugaron un papel importante en la determinación precisa del color dental (Della Bona *et al.*, 2009; Capa *et al.*, 2011). Por su parte, el alto valor de $\Delta E = 4.98$ registrado en el estudio de Alshiddi & Richards (2015) corrobora la importancia del entrenamiento y la experiencia en la determinación visual del color.

En la revisión sistemática realizada por Chen *et al.* (2012) sobre determinación de color visual e instrumental comprobaron que en la mayoría de los estudios se determina que se obtienen resultados más precisos al utilizar el espectrofotómetro. Concretamente, Paul *et al.* (2002) mostró que la selección visual de tono coincide con el color exacto en el 26,6% de los casos; mientras que la selección mediante espectrofotómetro coincide en el 83,3%. De igual manera, Bahannan (2014) demuestra en su estudio realizado con estudiantes de odontología, que mediante método visual se selecciona el tono correcto en el 36,3% de los casos, mientras que mediante

espectrofotómetro en el 80,4%. Así mismo, los participantes de este estudio encontraron el espectrofotómetro más fácil de utilizar que el método visual convencional, resaltando que no tenían que preocuparse del entorno, la fuente de luz o el fondo.

14.2 DISCUSIÓN SOBRE ESTUDIO I: UTILIZACIÓN DE FÉRULAS DE POSICIONAMIENTO

Registrar el color dental en el mismo punto o en idéntica localización resulta fundamental para poder hablar de repetibilidad y fiabilidad de los espectrofotómetros. No estandarizar el área de registro de color afecta al resultado final de las mediciones (Zekonis *et al.*, 2003). Debemos tener en cuenta que el color “*in vivo*” de los dientes naturales no es monocromático y tiene una distribución diferente a lo largo de la superficie vestibular del diente, con diferencias significativas entre las distintas áreas (Hasegawa *et al.*, 2000). De hecho, este mismo estudio de Hasegawa *et al.* (2000) sugiere la necesidad de registrar diferentes áreas del diente para realizar un registro óptimo, teniendo en cuenta las diferencias de color en distintas zonas. Algunos autores (Goodkind *et al.*, 1985; O'Brien *et al.*, 1997; Goodkind *et al.*, 1997) sugieren que el color se distribuye en tres áreas a lo largo de la superficie vestibular del diente. Estas razones influyen en la decisión de delimitar el área de registro mediante un posicionador.

La dimensión, la forma y la estructura de la superficie del diente generan patrones de reflexión de la luz que influyen en el color general (Dozic *et al.*, 2005). Además, la superficie curva de algunos dientes en su cara vestibular puede contribuir a la aparición de errores inherentes al proceso de medición debido a la reflectancia irregular de la luz sobre la superficie del diente, lo que impediría al

espectrofotómetro realizar una lectura fiable (Chu *et al.*, 2010). Esta superficie curva también produce que en algunas mediciones la punta de registro del espectrofotómetro no se encuentre perfectamente enrasada con la cara vestibular del diente, produciendo un “gap” entre el diente y la punta de registro (Blum *et al.*, 2018).

Haywood *et al.* (1994) concluyeron en su investigación que los colorímetros están diseñados para superficies planas, en lugar de las superficies curvas translúcidas presentes en los dientes. Esta situación se presenta al registrar el color en la toma de color en la cara vestibular de los caninos. Estas razones hacen que un reposicionamiento preciso (que permita realizar la medición sobre la misma área de la superficie dental) sea de importancia crítica para el uso clínico y de investigación de los dispositivos de registro de color dental (Chu *et al.*, 2010).

En referencia a la utilización de férulas de reposicionamiento, Hemming *et al.* (2015) determinan que existen diferencias en la medición con o sin una férula de posicionamiento con el espectrofotómetro VITA *EasyShade*[®]. Las férulas transparentes de 4 mm de grosor, empleadas en nuestro estudio, permiten colocar el sensor siempre en el mismo punto de la superficie dental. Además, este espesor de férula limita las posibles variaciones de angulación al colocar el sensor del espectrofotómetro. Por otro lado, los orificios realizados en la férula se presentan con el mismo diámetro que el sensor del espectrofotómetro, lo que reduce las posibles variaciones en su posicionamiento.

Sin embargo a este respecto, no existe consenso sobre el grosor de las guías de posicionamiento requeridas para los espectrofotómetros en la literatura científica revisada. Bizhang *et al.* (2009) utilizan una férula de posicionamiento transparente más fina que puede resultar

insuficiente para evitar variaciones de angulación del sensor del espectrofotómetro. Por su parte, Ontiveros et al.(2012) utilizan una férula de silicona transparente sin un grosor definido, lo que dificulta la colocación del sensor de registro del espectrofotómetro, ya que no mantiene el sensor inmóvil, permitiendo diferentes angulaciones en su posicionamiento durante la realización del registro.

Otro factor para tener en cuenta es la zona del diente que mejor refleja el color. Se ha determinado que el área más representativa del color del diente es el centro de la cara vestibular, el tercio medio de la misma, porque refleja la luz de la dentina con poca influencia del esmalte (Schwabacher *et al.*, 1994), caracterizando así la estructura completa del diente. El grosor del esmalte y la dentina varían a lo largo de la superficie dental (Dozic *et al.*, 2005). El espesor de los mismos en esta zona permite registrar de forma más fidedigna el color (Dozic *et al.*, 2007). Asimismo, en esta zona se evita el borde incisal, que es translúcido y se ve afectado por el fondo oscuro de la cavidad oral, así como el tercio gingival, que puede verse condicionado por la dispersión de luz de los tejidos gingivales adyacentes (Goodkind & Schwabacher, 1987). Además, esta área es generalmente plana y ofrece una plataforma estable para el sensor del espectrofotómetro.

Los dientes naturales muestran un aumento gradual de la luminosidad desde la zona incisal hasta la central, disminuyendo ligeramente hacia la zona cervical (Hasegawa *et al.*, 2000). A partir de estos hallazgos, las áreas cercanas al borde incisal podrían verse afectadas por el color oscuro del fondo de boca. Las tonalidades rojizas y amarillentas de los dientes naturales tienden a aumentar en dirección cervical, viéndose afectados por el color rosa gingival, el color de la raíz o el espesor fino del esmalte en el área cervical (Hasegawa *et al.*, 2000)

Por lo tanto, de acuerdo con las investigaciones realizadas y referenciadas con anterioridad, estaría indicado seleccionar el centro de la corona clínica como el área de registro de color, tal como se hizo en nuestro estudio.

Son varios los estudios revisados que valoran la influencia de la edad y el sexo del operador en la determinación del color dental (Gómez-Polo *et al.*, 2017; Hassel *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2018). Otros comprueban la influencia de la raza (Bayindir *et al.*, 2007; Smith & Wilson, 1998). En el presente estudio únicamente se pueden valorar las variaciones en función del sexo, ya que todos los estudiantes del 5º curso de Odontología eran caucásicos/as y se encontraban en el mismo rango de edad.

Existen estudios que afirman que el color dental en el sexo femenino presenta mayor porcentaje de dientes anteriores con alta luminosidad y menor saturación que el sexo masculino (Goodkind *et al.*, 1987; Gozalo-Díaz *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2018). Nuestros resultados coinciden con estos estudios mostrando dientes de tonos más claros en las mujeres, presentando mayor frecuencia del tono B1 (63 mediciones con posicionador y 49 sin él) en los incisivos centrales superiores y A2 para los caninos superiores (37 mediciones con posicionador por 30 sin él); mientras que los hombres muestran mayor frecuencia del tono A1 para los incisivos centrales superiores (52 mediciones con posicionador y 55 sin él) y B3 para los caninos superiores (46 mediciones con posicionador y 42 sin él). Si comparamos los colores obtenidos en nuestro estudio con los obtenidos en el estudio de Karaman *et al.* (2019), observamos que son similares. Karaman *et al.* (2019) establecen que en el rango de edad de 19-25 años el color más frecuente para los incisivos centrales es el A2 y el B3 para los caninos, sin embargo no realizan distinción entre sexos.

El tono más claro de los dientes del sexo femenino puede deberse a que parecen ligeramente más brillantes debido al menor tamaño dental y por tanto a la presencia de menor cantidad de dentina (Terry *et al.*, 2002). Algunos estudios muestran que la diferencia de color entre géneros podría deberse a diferencias en el parámetro b^* (Kim *et al.*, 2018). Además, el parámetro b^* aumenta más rápido con la edad en los hombres que en las mujeres. Sin embargo, por su parte Hasegawa *et al.* (2000) no determina la existencia de diferencias significativas de género en el color dental natural de los dientes.

Los estudios que valoran la influencia de la edad en el color dental (Hassel *et al.*, 2017; Gómez - Polo *et al.*, 2017; Hasegawa *et al.*, 2000) coinciden que la edad condiciona una disminución sustancial de la luminosidad del color dental y un aumento de los tonos rojizos y amarillentos.

Gómez-Polo *et al.* (2015) estiman la variación en la escala cromática para L^* y b^* en 0,6 unidades y para a^* en 0,3. Como todos los pacientes de nuestro estudio se encontraban en el mismo rango de edad, no podemos comentar nada en este aspecto dado que los criterios de selección de sujetos del estudio en el diseño del estudio pretendían limitar el sesgo de edad en la muestra. Por otra parte, todos los participantes en el estudio eran individuos menores de 35 años, y según Goodkind *et al.* (1987) ese oscurecimiento resulta más perceptible a partir de esta edad por la formación de dentina secundaria. La determinación del registro de color en nuestro estudio fue limitada a un rango de edad de adultos jóvenes por esta justificación.

14.2.1 Limitaciones del estudio I: utilización de férulas de posicionamiento:

El rango de edad de la población objeto de estudio, al tratarse de alumnos de 5º curso de odontología, podría considerarse reducido, ya que solo se incluyeron alumnos con edades comprendidas entre 23 y 25 años. Además, se trata de una población determinada. Debemos tener en cuenta, como comentan Manauta & Anna (2012), que el envejecimiento hace que los dientes se vean más oscuros y menos translúcidos. El trabajo de Gómez Polo *et al.* (2017) en una muestra de sujetos caucásicos de 16-89 años procedentes de España determinó que los dientes mostraban un color amarillo más oscuro y más rojizo a medida que la edad aumentaba; estableciendo que la coordenada L* (luminosidad) está más relacionada con el color de los dientes que con el envejecimiento. También se debe tener en cuenta que la dentina joven y la vieja reaccionan de manera diferente con la luz: la luz se difunde en la dentina joven, mientras que la dentina vieja transmite la luz (Ismail & Paravina, 2022).

Tras aplicar todos los criterios de inclusión y exclusión, la muestra se reduce a 23 pacientes, analizando únicamente el incisivo central superior derecho y el canino superior derecho, con un total de 920 registros (40 por paciente, 20 con posicionador y 20 sin él). En otros estudios, como el de Hassel *et al.* (2017), se estudiaron 106 incisivos centrales superiores; o el de Karaman *et al.* (2019) donde el número de participantes es de 202 o el de Falcone *et al.* (2016), con 62 sujetos. En nuestro estudio se realizaron un total de 920 mediciones con la finalidad de estudiar la repetibilidad del espectrofotómetro, registrando en cada medición los 5 valores CIE L*C*h*a* y b*. En próximos estudios podríamos extender el registro a más dientes anteriores, ya que se seleccionaron esos dos por ser considerados los más representativos del color dental.

14.3 DISCUSIÓN SOBRE ESTUDIO II: GUÍAS DE COLOR VS COMPOSITES

Existen muchas variables que afectan al proceso de selección de color (King & de Rijk, 2007) y que complican la decisión por parte del odontólogo cuando se enfrenta a una restauración dental, sobre todo si ésta es estética.

El método más frecuentemente utilizado para selección de color en odontología es el método visual (Van der Burgt *et al.*, 1990) mediante comparación con guías de color, especialmente con la guía VITAPAN *Classical*[®]. Existe evidencia de que esta guía no presenta sus colores estandarizados (King & deRijk, 2007; Browning *et al.*, 2009) y también se han observado variaciones en los tonos de la guía al ser desinfectada tras su uso (Alsethri, 2014; Huang *et al.* 2014). Por ello, decidimos calcular los parámetros $L^*C^*h^*a^*b$ de la misma con el espectrofotómetro VITA *EasyShade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany), para poder definir su distribución en el espacio cromático.

El espectrofotómetro VITA *EasyShade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany) ha mostrado una repetibilidad en sus mediciones de un 96,4% y una precisión de un 92,6% (Kim-Pusateri *et al.*, 2009).

Con la finalidad garantizar la repetibilidad del espectrofotómetro, resulta fundamental establecer un sistema de registro de color mediante un sistema de reposicionamiento, requisito avalado tanto en estudios “*in vivo*” (Fernández Millán *et al.*, 2020) como en estudios “*in vitro*” (King & deRijk, 2007; Schmeling *et al.*, 2014; Alsethri, 2014).

Por otra parte, se encuentra el control sobre el posicionamiento correcto del sensor del espectrofotómetro, en este sentido compartimos

la decisión de que el diámetro externo del cabezal del espectrofotómetro debe coincidir con el área de registro (Schmeling *et al.*, 2014; Alsethri, 2014), ya que no delimitarlo (King & deRijk, 2007) puede producir errores de medición al permitir variaciones en el posicionamiento del cabezal del instrumento durante la determinación del color.

Las mediciones obtenidas con el espectrofotómetro VITA *EasyShade Compact IV*[®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany) de los parámetros $L^*C^*h^*a^*b$ para los colores A2, A3 y A3,5 de la guía VITAPAN *Classical*[®] se asemejan pero no coinciden exactamente con ninguno de los estudios comentados anteriormente (Schmeling *et al.*, 2014; Browning *et al.*, 2009) ni tampoco con otros presentes en la literatura (Paravina *et al.*, 2007; Khashayar *et al.*, 2012; Bayindir *et al.*, 2007).

Adicionalmente, al clasificar un composite de un determinado color de la guía VITAPAN *Classical*[®], resultaría ideal que no difiriese de este en su percepción (Browning *et al.*, 2009). Sin embargo, varios estudios han demostrado diferencias entre composites comercialmente disponibles y el color correspondiente de la guía VITAPAN *Classical*[®] (Park & Lee, 2007; Browning *et al.*, 2009). Estas diferencias pueden deberse a distintos valores de sus parámetros L^*a^*b . El presente estudio evidencia diferencia de color entre todos los composites estudiados y su respectivo color de la guía VITAPAN *Classical*[®]. Las diferencias varían entre composites, registrándose la diferencia de color mas baja en el composite Vocco[®] para el color A3,5 ($\Delta E_{00}=3.5$); y la más alta en el composite Empress[®] para el color A3 ($\Delta E_{00}=13.1$). Los composites Empress[®] y Harmonize[®] muestran valores de ΔE_{00} más elevados que Filtek[®] y Vocco[®], por lo que estos últimos podrían considerarse más próximos al color correspondiente de la guía

VITAPAN *Classical*[®] de referencia. Para el color A2, Filtek[®] presenta menos diferencia de color con la guía ($\Delta E_{00}= 4.0$) que Vocco[®] ($\Delta E_{00}= 6.4$); sin embargo para los colores A3 y A3,5 es el composite Vocco[®] ($\Delta E_{00}=5.3$; $\Delta E_{00}= 3.5$) el que presenta mayor proximidad con la guía de color VITAPAN *Classical*[®].

Paravina *et al.* (2019) determinan con un 50:50% de umbral de perceptibilidad (PT) y con un 50:50% de umbral de aceptabilidad (AT) que aquellos valores de $\Delta E_{00} >1.8$ y ≤ 3.6 se consideran como una diferencia de color “moderadamente inaceptable”; los comprendidos > 3.6 y ≤ 5.4 como “claramente inaceptables”; y los mayores de 5.4 como “extremadamente inaceptables”. Los resultados obtenidos al analizar la diferencia de color existente entre las muestras de composite y la guía de color VITAPAN *Classical*[®], muestran que únicamente el composite Vocco[®] para el color A3.5 presenta resultados “moderadamente inaceptables” con un $\Delta E_{00}= 3.5$. Con resultados comprendidos en el rango “claramente inaceptables” se incluirían Filtek[®] en sus colores A2 y A3,5 con valores $\Delta E_{00}= 4.0$ y $\Delta E_{00}= 4.1$ respectivamente y Vocco[®] en color A3 con $\Delta E_{00}= 5.3$. El resto de resultados obtenidos para todos los composites se incluirían en el rango “extremadamente inaceptables”. Destaca el composite Empress[®] que presenta los valores ΔE_{00} más elevados para los tres colores, con valores de $\Delta E_{00}= 11.8$ para el color A2, $\Delta E_{00}= 13.1$ para el color A3 y $\Delta E_{00}=10.8$ para el color A3.5. Estos resultados hacen que el composite Empress[®] se considere el más distante a la guía de color VITAPAN *Classical*[®]. Las diferencias de color obtenidas muestran una pobre correlación entre los composites estudiados y la guía de color, factor que coincide con estudios anteriores (Browning *et al.*, 2009; Park & Lee, 2007).

Así mismo, teniendo en cuenta los valores CIEDE2000 obtenidos entre los composites estudiados y sus propias guías de color, se demuestra que el composite Harmonize[®] se asemeja más a la guía VITAPAN *Classical*[®] que a su respectiva guía de color. Sin embargo, el composite Empress[®] en todos sus colores y el composite Vocco[®] para los colores A2 y A3 muestran color más cercano con su respectiva guía de color. Este último composite muestra para el color A3,5 el mismo valor CIEDE2000 ($\Delta E_{00}= 3,5$) con respecto a la guía VITAPAN *Classical*[®] y a su respectiva guía de color, por lo que se considera igual de parecido o diferente a ambas guías. Vocco[®] es el composite que menores diferencias de color presenta en relación con su respectiva guía de color. El composite Filtek500[®] no presenta una guía de color propia, y su casa comercial indica la guía VITAPAN *Classical*[®] como referencia, por lo que no es posible analizarlo.

Si comparamos de nuevo los resultados CIEDE2000 obtenidos para las muestras de composite con respecto a sus respectivas guías de color con el estudio de Paravina *et al.* (2019) donde se determina que aquellos valores de $\Delta E_{00} >1.8$ y ≤ 3.6 se consideran como una diferencia de color “moderadamente inaceptable”; los comprendidos > 3.6 y ≤ 5.4 como “claramente inaceptables”; y los mayores de 5.4 como “extremadamente inaceptables”, se considerarían diferencias de color “moderadamente inaceptables” las del composite Vocco[®] en los colores A2 ($\Delta E_{00}=3,5$), A3 ($\Delta E_{00}=2,3$) y A3,5 ($\Delta E_{00}=3,5$); “claramente inaceptables” la del composite Empress[®] en el color A2 ($\Delta E_{00}=7,4$) y “extremadamente inaceptables” la del composite Harmonize[®] en los colores A2 ($\Delta E_{00}=12,6$) y A3 ($\Delta E_{00}=11,3$), y el composite Empress[®] en los colores A3 ($\Delta E_{00}=7,4$) y A3,5 ($\Delta E_{00}=6,8$).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos al comparar las muestras de color de los composites estudiados con sus propias guías de color y con la guía VITAPAN *Classical*[®] se podría concluir que la

determinación del color puede establecerse de forma indistinta con una u otra guía, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, si observamos los valores CIEDE2000 en términos generales, indicativos de la proximidad o distancia entre colores, los colores de los composites se encuentran más próximos a su respectiva guía de color que a la guía VITAPAN *Classical*[®] (el composite Harmonize[®] no cumple esta norma); siendo dichos valores demasiado elevados en todos los casos, excepto para el composite Vocco[®]. Paolone *et al.* (2014) concluyen en su estudio que las guías de color de los composites se deberían realizar bajo unas condiciones estándar, utilizando siempre las resinas compuestas que se trabajan en clínica.

Nuestro estudio pone en valor la necesidad de métodos de selección de color más sofisticados, como es la determinación de color mediante espectrofotometría. Coincidiendo con los resultados del estudio de Diamantopoulou *et al.* (2021) observamos que cualquiera de las guías utilizadas obtiene resultados inaceptables.

Los materiales para restauraciones estéticas dentales no deberían verse afectados por procesos de polimerización. Sin embargo, existen artículos en la literatura que confirman el cambio de color de los composites una vez polimerizados (Çelik *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2014). Las comprobaciones clínicas entre diente y material de restauración dental se llevan a cabo con el composite polimerizado, razón por la cual decidimos polimerizar las muestras en nuestro estudio.

Por otro lado, se estandarizó el tamaño de cada muestra en 6mm diámetro y 2mm de grosor. El diámetro de 6 mm coincide con el diámetro externo del cabezal del espectrofotómetro disminuyendo posibles errores de medición (Schmeling *et al.*, 2014; Alsethri, 2014).

En cuanto al grosor de 2mm de las muestras de composite hemos tomado como referencia a Çelik *et al.* (2011) al considerar que se trata de un espesor reproducible en clínica durante la realización de una restauración estética de composite. Sin embargo, hemos constatado que no existe consenso en la literatura científica y algunos artículos utilizan muestras de 1,5mm (Barutcigil *et al.*, 2011), 1 mm (Oliveira *et al.*, 2014; Vichi *et al.*, 2004; Vidal *et al.*, 2020) o 1,2 mm (Sarafianou *et al.*, 2007), muestras de menor espesor.

En cambio, si existe consenso en las condiciones de iluminación D65, y coincidiendo con algunos autores anteriormente nombrados (Barutcigil *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2014; Vichi *et al.*, 2004), decidimos utilizarlas estandarizadas en nuestro estudio.

Los composites utilizados en el presente estudio son de tipo “body” de manera que presentan baja translucidez. Existe evidencia que el fondo utilizado para el registro de color puede influir en el color de las muestras (Lee & Powers, 2007), razón por la cual se estandarizó en un fondo blanco (L: 94.6, a: 0.2, b: -0.8) que no interfiriera con el registro y que cumpliera así mismo con las condiciones D65 anteriormente citadas. El fondo utilizado debería tener poca repercusión en los datos registrados.

La mayoría de las investigaciones presentes en la literatura preparan las muestras de composite con una superficie plana y sin defectos a la inspección visual (Dietchi *et al.*, 1994; Vichi *et al.*, 2004; Sarafianou *et al.*, 2007; Barutcigil *et al.*, 2011) igual que en nuestro estudio. El método para conseguirlo es similar, presionando la muestra con una superficie lisa como un portaobjetos de microscopía (Çelik *et al.*, 2011; Vichi *et al.*, 2004; Sarafianou *et al.*, 2007; Ardu *et al.*, 2019; Saegusa *et al.*, 2021) o empleando otra plancha de politetrafluoroetileno (Barutcigil *et al.*, 2011). Obtener una superficie

lisa resulta necesario para disminuir errores en el registro del espectrofotómetro y reproducir condiciones similares al resultado clínico y mediante este sistema se obtiene. Para poder garantizar la ausencia de rugosidades groseras en la superficie a medir, utilizamos el calibre descrito en material y métodos.

En el presente estudio se representa mediante puntos en una gráfica del espacio CIE $L^*a^*b^*$ la posición en el espacio cromático de los colores A2, A3 y A3,5 de la guía VITAPAN *Classical*[®] y de los composites Filtek[®], Harmonize[®], Vocco[®] y Empress[®]. Consideramos esta representación visual más fácil de interpretar que otras presentes en estudios anteriores mediante otro tipo de gráficas como diagramas de cajas y bigotes (Lagouvardos *et al.*, 2009), gráficas de líneas (Van der Burgt *et al.*, 1990) o gráficas de dispersión (Analoui *et al.*, 2004; Schwabacher & Goodkind, 1990).

Esta representación visual permite mostrar en una sola gráfica y mediante un único punto por muestra varios de sus valores de forma simultánea ($L^*a^*b^*$). A su vez, esta representación nos permite mostrar si un punto, representativo de un composite o de un color de la guía, es más amarillo-azul o rojo-verde. Esto podría resultar práctico en el trabajo diario de los profesionales a la hora de escoger el material de restauración, pudiendo saber con un solo vistazo que composite está más próximo por sus valores CIE L^*a^* y b^* al color del diente a restaurar.

En la familia de colores de la guía VITAPAN *Classical*[®], según la casa comercial (VITA Zahnfabrik, 2022), los colores se agrupan del modo siguiente: A1 - A4 (rojizo-marrónáceo), B1 - B4 (rojizo-amarillento), C1 - C4 (grisáceo), D2 - D4 (rojizo-gris). Valorando la representación gráfica CIE $L^*a^*b^*$ que hemos realizado de los colores A2, A3 y A3,5 de la guía de color VITAPAN *Classical*[®] observamos

como efectivamente se cumple esta premisa, verificándose con sus valores numéricos $L^*a^*b^*$. De esta forma, a medida que aumentamos en tono, disminuye el valor L^* , y aumentan los valores a^* y b^* .

Si tenemos en cuenta los resultados obtenidos en nuestro estudio, todos los composites muestran valores de a^* y b^* positivos, lo que los ubica en la zona “rojiza” del espacio CIE $L^*a^*b^*$, a excepción del composite Filtek[®] para el color A3, que muestra un valor $a^* = -0,044$. Además, todos los composites disminuyen su luminosidad a medida que aumentan tonalidad, a excepción del composite Empress[®] para su color A3 ($L = 88,100$), que es mayor que para su valor A2 ($L = 87,33$). Estas pequeñas variaciones no impiden que al aumentar las tonalidades se vean más oscuros, ya que se compensan con el resto de parámetros.

Las representaciones gráficas propuestas enseñan de forma simple la disposición en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ del color de cada muestra y permiten apreciar las distancias entre puntos, mostrando las diferencias de color en función de la proximidad entre éstas. Cada punto en el espacio cromático CIE $L^*a^*b^*$ representa de forma conjunta la cantidad de luminosidad (L^*), de amarillo-azul (b^*) y rojo-verde(a^*) de cada muestra; en lugar de hacerlo con un valor numérico de CIEDE2000 o de ΔE_{ab} , que únicamente cuantifica la diferencia de color y no permite valorar los parámetros que lo determinan.

14.3.1 Limitaciones del estudio II: Guías de color Vs Composites.

Se ha referenciado en la literatura la existencia de variaciones de color considerables en muestras de composite del mismo tono en diferentes lotes de fabricación y entre marcas de composites para el mismo tono (Kim & Lee, 2009; Carney & Johnston, 2017), de forma que el registro de los valores $L^*C^*h^*a^*$ y b^* con el espectrofotómetro podría verse alterado.

Algunas características de las guías de color incorporadas por los fabricantes de composite pueden suponer ciertas limitaciones técnicas: no están fabricadas con el mismo material de resina compuesta que pretenden representar, se sostienen con portamuestras de diferentes materiales (metálico, resina, etc), el grosor de las muestras no es realista ni uniforme y a menudo presentan geometrías dispares (Paolone *et al.*, 2014). Otros fabricantes de resinas compuestas recomiendan el uso de guías de color como la VITAPAN *Classical*[®], fabricada en cerámica y que sufre alteraciones de color tras un uso prolongado (Alsethri, 2014). Además, existen estudios que corroboran la falta de correspondencia entre las resinas compuestas de un determinado tono y los tonos de la guía VITAPAN *Classical*[®] (Paolone *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2007; Paravina *et al.*, 2006). Estos estudios previos y otros más recientes (Diamantopoulou *et al.*, 2021) determinan la necesidad de emplear sistemas más sofisticados para seleccionar el material restaurador de resina compuesta en correspondencia al color del diente natural a restaurar para obtener un resultado final óptimo. La utilización de guías de color conduce a resultados inaceptables en la mayoría de los casos, razón por la cual Diamantopoulou *et al.* (2021) recomiendan la utilización de guías de color personalizadas o bien polimerizar pequeñas cantidades de composite en el diente a restaurar para obtener resultados más predecibles en la restauración estética final.

Otra posible limitación del presente estudio podría ser la diferente geometría de las muestras de composite y de las muestras de las guías de color analizadas. La superficie de las guías de color en algunas marcas de composite es plana, mientras que en otras es ligeramente curva o curva (como en la guía VITAPAN *Classical*[®]) para simular la anatomía natural de los incisivos centrales superiores. Sin embargo, la superficie de las muestras de composite es plana. Las superficies planas no reflejan la luz de la misma forma que las superficies curvas. En relación a esta limitación, los espectrofotómetros están diseñados para ser posicionados perpendicularmente a la superficie a medir por lo que la medición del color se realiza en condiciones estandarizadas para todos los especímenes, de la misma forma que otros autores (Diamantopoulou *et al.*, 2021).

Por otra parte, el fondo blanco escogido para registrar el color de las muestras de composite podría interferir en los datos obtenidos, ofreciendo resultados de L^* más elevados de lo esperado. Se podría argumentar que un fondo negro reproduce mejor las condiciones clínicas, sin embargo, no existe un fondo sobre el cual los dientes son observados en la cavidad oral (Diamantopoulou *et al.*, 2021). Solemos referirnos al fondo oscuro de la cavidad oral, pero esto es consecuencia de la falta de luz y la sombra que crean los dientes, el paladar y todos los tejidos blandos que forman la boca. Normalmente estos tejidos tienen una tonalidad rosa-rojiza. Según el estudio de Ardu *et al.* (2019) el fondo blanco reproduce mejor aquellas situaciones clínicas donde aun se mantiene tejido dentario de soporte, como son la mayoría de las cavidades en odontología conservadora, concretamente las tipo I, II, III y V. Debemos tener en cuenta que todos los composites nanohíbridos del presente estudio son de tipo “body” o “universal”, por lo que por definición son prácticamente opacos, impidiendo que el fondo se transparente. Según sus propios fabricantes, el compo-

site Harmonize[®] podría considerarse opaco en espesores superiores a 1mm y el composite Empress[®] ofrece baja transmisión de luz (entre un 7-8%). Además, en clínica es frecuente registrar el color de los dientes en máxima intercuspidad, posición en la cual los dientes inferiores se colocan ligeramente por detrás de los superiores, pudiendo ofrecer parcialmente un fondo blanco.

En el presente estudio se han valorado tres colores (A2, A3 y A3,5) de cuatro composites (Vocco[®], Filtek[®], Harmonize[®] y Empress[®]) de todos los disponibles en el mercado. El composite Filtek[®] no dispone de guía de color propia y el Harmonize[®] no dispone del color A3,5 en su guía. Estos factores suponen una limitación intrínseca a la selección de los composites, por lo que podría extenderse el estudio a otras marcas y tipos de composite y a mayor variedad de colores en el futuro.

CONCLUSIONES

15. CONCLUSIONES

1. La utilización del espectrofotómetro VITA *Easyshade Compact IV*[®] para el registro del color en odontología es un método objetivo, fiable y reproducible.
2. La utilización de férula termoplástica de posicionamiento para registro de color dental con espectrofotómetro VITA *Easyshade Compact IV*[®] produce un aumento estadísticamente significativo en la repetibilidad de los registros de color en dientes naturales.
3. Todos los composites estudiados presentan diferencias de color en valor CIEDE2000 respecto a sus correspondientes colores de la guía VITAPAN *Classical*[®].
4. Todos los composites estudiados presentan diferencias de color en valor CIEDE2000 respecto a las guías de color de cada composite elaboradas por sus fabricantes.
5. Las gráficas realizadas del espacio CIE L*a*b* permiten representar la disposición del color de los composites estudiados y de la guía VITAPAN *Classical*[®].

Nuestros resultados, fruto de la investigación clínica y de la ciencia del color aplicada a la Odontología presentan a los espectrofotómetros, en concreto al espectrofotómetro VITA *Easysshade Compact IV*[®], como una herramienta eficazmente útil en la optimización del proceso de determinación y registro del color de las estructuras dentales y de los materiales restauradores (resinas compuestas).

BIBLIOGRAFÍA

16. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *J Dent.* 2012;40 Suppl 1:e10–7.
- Alsaleh S, Labban M, AlHariri M, Tashkandi E. Evaluation of self shadematching ability of dental students using visual and instrumental means. *J Dent.* 2012;40(Suppl 1):e82-7.
- Alsethri SE. Evaluation of Color Changes in the Vitapan Classical Shade Guide After Disinfection. *Oper Dent.* 2014;39(3):317-24.
- Alshiddi IF, Richards LC. A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students. *Aust Dent J.* 2015;60(2):176–81.
- Amengual Lorenzo J, Forner Navarro L, Llena Puy MC. *Manual Práctico de Blanqueamiento Dental.* Valencia: Editorial Asociación Valenciana de Blanqueamiento Dental; 2002.
- Amer RS, Chandrasekaran I, Johnston WM. Illuminant effect on the coverage error of a gingiva colored composite resin shade guide. *J Prosthet Dent.* 2016;116(5):770–776.
- Ardu S, Rossier I, di Bella E, Krejci I, Dietschi D. Resin composite thickness' influence on L*a*b* coordinates and translucency. *Clin Oral Investig.* 2019;23(4):1583-1586.

- Bahannan SA: Shade matching quality among dental student using visual and instrumental methods. *J Dent.* 2014;42(1):48-52.
- Barutcgil C, Harorli OT, Yildiz M, Ozcan E, Arslan H, Bayindir F. The color differences of direct esthetic restorative materials after setting and compared with a shade guide. *J Am Dent Assoc.* 2011 Jun;142(6):658-65.
- 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.
- Berns RS, Billmeyer FW, Saltzman M. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons; 2000. p. 31-105.
- Berns RS, Reniff LA. A practical technique to diagnose spectrophotometric errors. *Color Res Appl.* 1997; 22(1):51-60.
- Billmeyer FW, Saltzman M. Principles of colour technology. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1981.p. 1-110.
- Bizhang M, Chun Y-HP, Damerau K, Singh P, Raab WHM, Zimmer S. Comparative clinical study of the effectiveness of three different bleaching methods. *Oper Dent.* 2009;34(6):635-641.
- Blum SL, Horn M, Olms C. A comparison of intraoral spectrophotometers- are there user-specific differences?. *J Esthet Dent.* 2018;30(5):442-448.
- Borse S, Chaware SH. Tooth shade analysis and selection in prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2020; 20(2): 131-40.

- Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am.* 2004;48(2):341-58.
- Browning WD, Contreras-Bulnes R, Brackett MG, Brackett WW. Color differences: Polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. *J Dent.* 2009;37 Suppl 1:e34-9.
- Burkinshaw SM. Colour in relation to dentistry. *Fundamentals of colour science. Br Dent J.* 2004;196(1):33-41.
- Capa N, Malkondu O, Kazazoglu E, Calikkocaoglu S. Effects of individual factors and the training process of the shade- matching ability of dental students. *J Dent Sciences.* 2011;6(3):147–152.
- Capa N, Malkondu O, Kazazoglu E, Calikkocaoglu S. Evaluating factors that affect the shade matching ability of dentists, dental staff members and laypeople. *J Am Dent Assoc.* 2010;141(1):71-6.
- Carney MN, Johnston WM. Appearance differences between lots and brands of similar shade designations of dental composite resins. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(2):E6-E14.
- Çelik EU , Akin Aladağ, L Şebnem Türkün, Gökhan Yilmaz. Color changes of dental resin composites before and after polymerization and storage in water. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(3):179-88.
- Chalifoux PR. Perception esthetics: factors that affect smile design. *J Esthet Dent.* 1996;8(4):189-92.
- Chen H, Huang J, Dong, X, Qian J, He J, Qu X, Lu E. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence Int.* 2012;43(8):649-59.
- Chen MH. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res.* 2010;89(6):549-60.

- Chen YW, Stanley K, Att W. Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives. *Quintessence Int.* 2020;51(3):248-257.
- Chu SJ. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *J Esthet Dent.* 2003;15 Suppl 1:S42–8.
- Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color Matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e2-e16.
- Chu SJ, Devigus A, Mieleszko AJ. Color theory. In: *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry.* 2nd. Ed. Chicago: Quintessence; 2011.
- CIE (Comission Internationale de l'Eclairage) Colorimetry-technical report. CIE Pub N°15 (3rd ed). Vienna: Bureu central de la CIE 2004.
- CIE (Comission Internationale de l'Eclairage) Improvement to industrial color-difference evaluation. CIE Technical Report 142, Vienna: CIE Central Bureau; 2001.
- Clark EB. The Clark tooth color system: parts 1 and 2. *Dental Magazine and Oral Topics.* 1933; 50(1):139-151.
- Clarke FJJ, McDonald R, Rigg B. Modification to the JPC79 Colour-difference Formula. *J S D C.*1984;100(4):128-32.
- Comission Internationale de l'Eclairage. Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms. Suplemment 2 to CIE, Publication. Vol 15. Paris: CIE Central Bureau; 1978.

- Cotrim ER, Vasconcelos Júnior AV, Haddad AC, Reis SA. Perception of adults' smile esthetics among orthodontists, clinicians and laypeople. *Dental Press J Orthod*. 2015;20(1): 40-4.
- Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *J Prosthet Dent*. 1970; 24(2):166-73.
- 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.
- Da Costa J, Fox P, Ferracane J. Comparison of various resin composite shade and layering technique with a shade guide. *J Esthet Restor Dent*. 2010;22(2):114-24.
- Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometer system on tooth color reproduction. *J Prosth Dent*. 2008; 99(5):361-8.
- De Azevedo D, Valle YL, Picoli F, Pimenta TK, Nobre L, Baggio FH. Color correspondence of different brands and composite resin systems in relation to the Vita Classical scale through spectrophotometry. *Dent Oral Craniofacial Res*. 2018;5(1):1-4.
- Della Bona A. *Color and appearance in dentistry*. 1st. ed. Switzerland:Springer;2020.
- 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):276–281.
- Diamantopoulou S, Kakaboura A, Margaritis V, Papazoglou E. Color comparison of three layered resin composite systems with three shade guides. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(2):323-340

- Dietschi D, Abdelaziz M, Krejci I, Di Bella E, Ardu S. A novel evaluation method for optical integration of class IV composite restorations. *Aust Dent J.* 2012;57(4):446-52.
- Dietschi D, Ardu S, Krejci I. A new concept base don natural tooth color applied to direct composite restorations. *Quintessence Int.* 2006;37(2):91-102.
- Donahue JL, Goodkind RJ, Schwabacher WB, Aeppli DP. Shade color discrimination by men and women. *J Prosthet Dent.* 1991;65(5):699-703.
- Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 1998;79(3):254-60.
- Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent.* 2007;97(4):200-8.
- Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, KhashayarG. Performance of five commercially available tooth color measuring devices. *J Prosthodont.* 2007;16(2):93-100.
- Dozić A, Kleverlaan CJ, Aartman IH, Feilzer AJ. Relations in color among maxillary incisors and canines. *Dent Mater.* 2005;21(3):187-91.
- Duarte S, Schnider, P, Lorezon AP. The importance of width/length ratios of maxillary anterior permanent teeth in esthetic rehabilitation. *Eur J Esthet Dent.* 2008;3(3):224-34.
- Falcone ME, Kelly JR, Rungruananut P. In vivo color relationships between the maxillary central incisors and canines as a function of age. *Int J Prosthodont.* 2016;29(5):496-502.

- Fares C, Elhassani R, Ren F, Cabrera AR, Chai I, Neal D, Hsu SM, Esquivel-Upshaw JF. Color perceptibility and validity of silicon carbide-based protective coatings for dental ceramics. *J Prosthet Dent.* 2021;S0022-3913(20):30729-0.
- Fernández Millán D, Gallas Torreira M, Alonso de la Peña V. Using a repositioning splint to determine reproducibility in the color registers of a dental spectrophotometer. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(1):19-25.
- Ferracane JL. Resin composite –state of the art. *Dent Mater.* 2011;27(1):29-38.
- Gasparik C, Grecu AG, Culic B, Badea ME, Dudea D. Shade-matching performance using a new-correcting device. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(5):285-92.
- Gerlach RW. Whitening paradigms 1 year later: introduction of a novel professional tooth-bleaching system. *Compend contin educ dent.* 2002; 23(1A): 4-8.
- Gerlach RW, Barker ML, Sagel PA. Objective and subjective whitening response of two self-directed bleaching systems. *Am J Dent.* 2002;15 Spec No:7A–12A.
- Gerlach RW, Gibb RD, Sagel PA. A randomized clinical trial comparing a novel 5.3% hydrogen peroxide whitening strip to 10%, 15%, and 20% carbamide peroxide tray-based bleaching systems. *Compend contin educ dent Suppl.* 2000;(29):S22–8;quiz S42-3
- Ghinea R, Perez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent.* 2010 38 Suppl 2:e57-64.

- Gokce HS, Piskin B, Ceyhan D, Gokce SM, Arisan V. Shade matching performance of normal and color vision-deficient dental professionals with standard daylight and tungsten illuminants. *J Prosthet Dent.* 2010;103(3):139-47.
- Goldstein RE, Garber DA. Complete dental bleaching. Chicago: Quintessence Publishing Co.; 1995.
- Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Celemín-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.
- Gómez-Polo C, Gomez Polo M, Montero J, et al. Correlation of natural tooth colour with aging in the Spanish population. *Int Dent J.* 2015;65(5):227-234
- Gomez-Polo C, Montero J, Gómez-Polo M, de Parga JA, Celemín-Viñuela A. Natural Tooth Color Estimation Based on Age and Gender. *J Prosthodont.* 2017;26(2):107-114.
- Gomez-Polo C, Portillo Muñoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado A. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2016;115(1):65-70.
- Gozaló-Díaz D, Johnston WM, Wee AG. Estimating the color of maxillary central incisors based on age and gender. *J Prosthet Dent.* 2008;100(2):93-98.
- Goodcare CJ, Paravina RD, Bergen SF, Preston JD. A contemporary guide to color and shade selection for prosthodontics. American color of prosthodontics 2009. [educational DVD].

- Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent.* 1985;53(1):105-9.
- Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of fiber-optic colorimeter for in vivo measurement of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 1987;58(5): 535-42.
- Guan YH, Lath DL, Lilley TH, Willmot DR, Marlow I, Brook AH. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. *J Oral Rehabil* 2005;32(1):7-15
- Haddad HJ, Jakstat HA, Arnetzl G, Borbely J, Vichi A, Dumfahrt H, Renault P, Corcodel N, Pohlen B, Marada G, de Parga JA, Reshad M, Klinke TU, Hannak WB, Paravina RD. Does gender and experience influence shade matching quality?. *J Dent.* 2009;37Suppl 1:e40-4.
- Halliday D, Resnick R, Walker J. *Fundamentals of physics.* 9th ed. New York: Wiley & Sons, Inc.; 2010.
- Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):418-23.
- Hasegawa A, Motonomi A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color of natural tooth crown in Japanese people. *Color Res Appl.* 2000;25(1):43-8.
- Hassel AJ, Johanning M, Grill S, Schröder J, Wahl HW, Corcodel N, Klotz AL, Rammelsberg P, Zenthöfer A. Changes of tooth color in middle and old age: A longitudinal study over a decade. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(6):459-463.
- Haywood VB, Leonard RH, Nelson CF, Brunson WD. Effectiveness, side effects, and long term status of Nightguard Vital bleaching. *J Am Dent Assoc.* 1994;125(9):1219-26.

- Heintze SD, Rousson V, Hickel R. Clinical effectiveness of direct anterior restorations – a meta-analysis. *Dent Mater.* 2015;31(5):481-95.
- Hervas-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006;11(2):E215-20.
- Hirata R. Shortcuts in Esthetic Dentistry. A new look on TIPS. Quintessence Publishing Brasil 2017 cap.2 págs 112-144.
- Huang PY, Masri R, Romberg E, Driscoll CF. The effect of various disinfectants on dental shade guides. *J Prosthet Dent.* 2014;112(3):613-7.
- Hunt RWG. Measuring colour. 3rd ed. Kingston-upon-thames:Fountain Press; 1998.
- Igiel C, Lehmann KM, Ghinea R, Weyhrauch M, Hangx Y, Scheller H, Paravina RD. Reliability o visual and instrumental color matching. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(5):303–8.
- Imbery TA, Tran D, Baechle MA, Hankle JL, Janus C. Dental shade matching and value discernment abilities of first-year dental students. *J Prosthodont.* 2018;27(9):821-7.
- Ikeda T, Nakanishi A, Yamamoto T, Sano H. Color differences and color changes in Vita Shade tooth-colored restorative materials. *Am J Dent.* 2003;16(6):381-4.
- Ikeda T, Murata Y, Sano H. Translucency of opaque-shade resin composites. *Am J Dent.* 2004;17(2):127-30.

- Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Sakai M, Kristiansen J, da Silva JD. Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *J Dent.* 2009;37Suppl 1:e57–63.
- Ismail EH, Paravina RD. Color adjustment potential of resin composites: Optical illusion or physical reality, a comprehensive overview. *J Esthet Restor Dent.* 2022;34(1):42-54.
- Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989; 68(5): 819-22.
- Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent.* 2009;37 Suppl 1:e2-e6.
- Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12.
- Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent.* 2008;36 Suppl 1:S2-7.
- Joiner A, Jones NM, Raven SJ. Investigation of factors influencing stain formation utilizing an in situ model. *Adv Dent Res.* 1995; 9(1):471-6.
- Joiner A, Pickles MJ, MATHeson JR, Weader E, Noblet L, Huntington E. Whitening toothpastes: effects on tooth stain and enamel. *Int Dent J.* 2002;52(5):424-30.
- Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *J Dent.* 2017;67S:S3-S10.
- Kang HR. *Color Technology for Electronic Imaging Devices.* 1st ed. SPIE Optical Engineering Press;1997.

- Karaman T, Altintas E, Eser B, Talo Yildirim T, Oztekin F, Bozoglan A. Spectrophotometric Evaluation of Anterior Maxillary Tooth Color Distribution According to Age and Gender. *J Prosthodont.* 2019;28(1):e96-e102.
- Karamouzou A, Papadopoulou MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehab.* 2007; 34(8):613-21.
- Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Data comparison between two dental spectrophotometers. *Oper Dent.* 2012;37(1):12-20.
- Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Br Dent J* .2007;203(12):675–80.
- Kim BJ, Lee YK. Influence of the shade designation on the color difference between the same shade-designated resin composites by the Brand. *Dent Mater.* 2009;25(9):1148-54.
- Kim HK. A study on the color distribution of natural teeth by age and gender in the Korean population with an intraoral spectrophotometer. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(5):408-414.
- King KA , deRijk WG. Variations of L*a*b* values among Vitapan Classical Shade Guides. *J Prosthodont.* 2007;16(5):352-6.
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent.* 2009;101(3):193-9.

- Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, 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.
- Lee YK, Powers JM. Influence of background color on the color changes of resin composites after accelerated aging. *Am J Dent.* 2007;20(1):27-30.
- Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. Shade compatibility of esthetic restorative materials—A review. *Dent Mat.* 2010;26(12):1119-26.
- Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiozzi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2019;121(2):271-5.
- Lindsey DT, Wee AG. Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *J Dent.* 2007;35(7):593-9.
- Li Q, Wang N. Comparison of shade matching by visual observation and an intramural dental colorimeter. *J Oral Rehabil.* 2007;34(11): 848-54.
- Lozano García E. Análisis de las alteraciones visuales en la toma de color dental mediante espectrometría y guías dentales. [Tesis doctoral]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2018. Recuperado a partir de: <http://hdl.handle.net/10366/140323>.
- Macpherson LMD, Stephen KW, Joiner A, Schafer F, Huntington E. Comparison of a conventional and modified tooth stain index. *J Clin Periodontol.* 2000; 27(11):854-9.

- Mahn E, Tortora SC, Olate B, Cacciuttolo F, Kernitsky J, Jorquera G. Comparison of visual analog shade matching, a digital visual method with a cross-polarized light filter, and a spectrophotometer for dental color matching. *J Prosthet Dent.* 2021;125(3):511-516.
- Mahy M, van Eycken L, Oosterlinck A. Evaluation of uniform color spaces developed after the adoption of CIELAB and CIELUV. *Color Res Appl.* 1994;19(2):105-121.
- Manauta J, Anna S. (2012). *Layers: an atlas of composite resin stratification.* 1ª Edición. Quintessenza Edizioni SRL Italy.
- Marson FC, Sensi LG, Vieira LCC, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Oper Dent.* 2008;33(1):15-22.
- Matis B, Mousa H, Cochran M, Eckert G. Clinical evaluation of bleaching agents of different concentrations. *Quintessence Int.* 2000;31(5):303-310.
- McDonald R., Smith K.J. CIE 94 - a new colour-difference formula. *J S D C* 1995; 111(1):376-9.
- McGowan S. Characteristics of Teeth: A Review of Size, Shape, Composition, and Appearance of Maxillary Anterior Teeth. *Compend Contin Educ Dent.* 2016;37(3):164-71.
- Milagres V, Teixeira ML, Miranda ME, Osorio Silva CH, Ribeiro Pinto JR. Effect of gender, experience, and value on color perception. *Oper Dent.* 2012;37(3):228-33.
- Mante FK, Ozer F, Walter R, Atlas AM, Saleh N, Dietschi D, Blatz MB. The current state of adhesive dentistry: a guide for clinical practice. *Compend Contin Educ Dent.* 2013;34(9):2-8.

- Montero J, Gómez-Polo C, Santos JA, Portillo M, Lorenzo MC, Albaladejo A. Contributions of dental colour to the physical attractiveness stereotype. *J Oral Rehabil.* 2014; 41(10):768-82.
- Nardi MA. Observer metamerism in college-age students. *Color Res App J.* 1980;5(2):73.
- Nassau K. *Color for Science, Art and Technology*, 1st Edition. Amsterdam: Elsevier Science; 1997.
- Newton JT, Prabhu N, Robinson PG. The impact of dental appearance on the appraisal of personal characteristics. *Int J Prosthodont.* 2003; 16(4): 429–434.
- O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A New, Small-color-difference Equation for Dental Shades. *J Dent Res.* 1990;69(11):1762-4.
- O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater.* 1997;13(3):179—85
- Okubo S, Kanawati A, Richards M, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *Prosthet Dent.* 1998;80(6):642-8.
- Oliveira DC, Souza-Júnior EJ, Prieto LT, Coppini EK, Maia RR, Paulillo LA. Color stability and polymerization behavior of direct esthetic restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2014;26(4):288-95.
- Olms C, Jakstat H. Learning Shade Differentiation Using Toothguide Trainer and Toothguide Training Box: A Longitudinal Study with Dental Students. *J Dent Educ.* 2016;80(2):183-90.
- Ontiveros J, Eldiwany MS, Paravina R. Clinical effectiveness and sensitivity with overnight use of 22% carbide peroxide gel. *J Dent.* 2012;40 Suppl 2:17-24.

Ozat PB, Tuncel I, Eroglu E. Repeatability and reliability of human eye invisual shade selection. *J Oral Rehabil.* 2013;40(12):958-64.

Paolone G, Orsini G, Manauta J, Devoto W, Putignano A. Composite shade guides and color matching. *Int J Esthet Dent.* 2014;9(2):164-82

Paravina RD. Color in dentistry: match me, match me not. *J Esthet Restor Dent.* 2009;21(2): 133-139.

Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e15-20.

Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E, Perez Mdel M. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent.*2015;27 Suppl 1:S1-9.

Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Color compatibility of resin composites of identical shade designation. *Quintessence Int.* 2006;37(9):713-9.

Paravina RD, Johnston WM, Powers JM. New Shade Guide for Evaluation of Tooth Whitening—Colorimetric Study.*J Esthet Restor Dent.* 2007;19(5):276-83.

Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility tresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(2):103-112.

Paravina RD, Powers JM, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthod.* 2002;15(1):73-8.

Park SK, Lee YK. Shade distribution of commercial resin composites and color difference with shade guide tabs. *Am J Dent.*

2007;20(5):335-9

- Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002;81(8):578-82.
- Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs Spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004;24(3):222-31.
- Pecho OE, Ghinea R, Pérez MM, Della Bona A. Influence of gender on visual shade matching in dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(2):E15-23.
- Pérez MM, Ghinea R, Herrera LJ, Ionescu AM, Pomares H, Pulgar R, Paravina RD. Dental ceramics: a CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *J Dent.* 2011;39 Suppl 3:e37-44.
- Pérez MM, Herrera LJ, Carrillo F, Pecho OE, Dudea D, Gasparik C, Ghinea R, Bona AD. Whiteness difference thresholds in dentistry. *Dent Mater.* 2019;35(2):292-297
- Pimental W, Tiozzi R. Comparison between visual and instrumental methods for natural tooth shade matching. *Gen Dent.* 2014;62(6):47-9.
- Poljak-Guberina R, Celebic A, Poers JM, Paravina RD. Colour discrimination of dental professionals and colours deficient laypersons. *J Dent.* 2011;39(3):17-22.
- Preston JD. Current status of shade selection and color matching. *Quintessence Int.* 1985;16(1):47-58.
- Ragain JC, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Res Appl.* 2000;25(4):278-85.

Ragain JC, Johnston WM. Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *J Esthet Restor Dent.* 2001;13(1):41-8.

Randolph LD, Palin WM, Leloup G, Leprince JG. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physicomechanical properties. *Dent Mater.* 2016;32(12):1586-1599

Ristic I, Paravina RD. Color measuring instruments. *Acta Stomatol Naissi* 2009; 25(60):925-32.

Ritter AV. Direct resin-based composites: current recommendations for optimal clinical results. *Compend Contin Educ Dent.* 2005;26(7): 481-490.

Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246-51.

Saegusa M, Kurokawa H, Takahashi N, Takamizawa T, Ishii R, Shiratsuchi K, Miyazaki M. Evaluation of Color-matching Ability of a Structural Colored Resin Composite. *Oper Dent.* 2021;46(3):306-315.

Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater.* 2018;34(8):1168-1174.

Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G. Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. *Oper Dent.* 2007;32(4):406-11.

Schmeling M, Sartori N, Monteriro Jr S, Baratireri LN. Color stability of shade guides after autoclave sterilization. *Int J Perio Restor Dent.* 2014;34(5): 689-93.

- Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent.* 1990;64(4):425-31.
- Schwabacher W, Goodkind R, Lua M. Interdependence of the hue, value and chroma in the middle site of anterior human teeth. *J Prosthodont.* 1994;3(4):188-92.
- Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. *Color Res Appl.* 2005; 30(1):21-30.
- Sideridou ID, Karabela MM, Micheliou CN, Karagiannidis PG, Logothetidis S. Physical properties of a hybrid and a nanohybrid dental light-cured resin composite. *J Biomater Sci Polym Ed.* 2009;20(13):1831-44.
- Silva MA, Almeida TE, Matos AB, Vieira GF. Influence of gender anxiety and depression symptoms, and use of oral contraceptive in color perception. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27 Suppl 1:S74-9.
- Smith PW, Wilson NH. Shade selection for single-unit anterior metal ceramic crowns: a 5-year retrospective study of 2,500 cases. *Int J Prosthodont.* 1998;11(4):302-6.
- Sproull RC. Colour matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of colour. *J Prosthet Dent.* 1973; 29(5):556-66.
- Staedt H, Mally E, Scheller H, Wentaschek S, Kämmerer PW, Kasaj A, Devigus A, Lehman KM. The reproducibility of electronic color measurements of the marginal gingiva. *Clin Oral Investig.* 2021;25(1):145-50.

- Sulieman M. An Overview of bleaching techniques.1. History, chemistry, safety and legal aspects. *Dent Update*. 2004; 31(10):608-16.
- Tabatabaian F, Beyabanaki E, Alirezaei P, Epakchi S. Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their accuracy and precision: A literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(8):1084-1104.
- Takatsui F, Andrade MF, Neisser MP, Barros LA, Loffredo Lde C. CIE L*a*b*: comparison of digital images obtained photographically by manual and automatic modes. *Braz Oral Res*. 2012; 26(6): 578-83.
- Tam WK, Lee HJ. Dental shade matching using a digital camera. *J Dent*. 2012;40 Suppl 2:e3-10.
- Ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth colour and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res*. 1995; 74(1):374-80.
- Terry DA, Geller W, Tric O, Anderson MJ, Tourville M, Kobashigawa A. Anatomical form defines color: function, form, and aesthetics. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2002;14(1):59-67.
- Thoma DS, Ioannidis A, Fehmer V, Michelotti G, Jung RE, Sailer I. Threshold values for the perception of color changes in human teeth. *Int J Perio Restor Dent*. 2016;36(6):777-83.
- Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent*. 2002;88(6):585-90.
- Vallittu PK, Vallittu ASJ, Lassila VP. Dental aesthetics—a survey of attitudes in different groups of patients. *J Dent*. 1996;24(5):335-8.

- Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth colour. *J Prosthet Dent.* 1990;63(2):155-62.
- Vichi A., Ferrari M., Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater.* 2004;20(6):530-4.
- Vidal ML, Pecho OE, Xavier J, Della Bona A. Influence of the photoactivation distance on the color and whiteness stability of resin-based composite after bleaching and aging. *J Dent.* 2020;99:103408.
- Vita Zahnfabrik. (7 de Julio de 2022.). *Guía de colores Vita Classical A1-D4®*. https://www.vita-zahnfabrik.com/pdb_GG1G10G100_es.html.
- Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001;190(6):309-316.
- Wee A, Monaghan P, Johnston W. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent.* 2002;87(6):657-66.
- Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, Johnston WM. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2007;98(2):101-9.
- Westland S, Luo W, Li Y, Pan Q, Joiner A. Investigation of the perceptual thresholds of tooth whiteness. *J Dent.* 2017;67S:S11-S14.
- Yilmaz B, Karaagaclioglu L. Comparison of visual shade determination and intra-oral dental colourimeter. *J Oral Rehabil.* 2008;35(10):789-794.

Yu B, Lee YK. Translucency of varied brand and shade of resin composites. *Am J Dent*. 2008;21(4):229-32.

Zekonis R, Matis BA, Cochran MA, al Shetri SE, Eckert GJ, Carlson TJ. Clinical evaluation of in-office and at-home bleaching treatments. *Oper Dent*. 2003;28(2):114-121.

17. PUBLICACIONES DERIVADAS DE ESTA TESIS

> *J Esthet Restor Dent*. 2020 Jan;32(1):19–25. doi: 10.1111/jerd.12532. Epub 2019 Oct 4.

Using a repositioning splint to determine reproducibility in the color registers of a dental spectrophotometer

David Fernández Millán ¹, Mercedes Gallas Torreira ², Víctor Alonso de la Peña ³

Affiliations – collapse

Affiliations

- 1 Stomatology Area, Department of Surgery and medical–surgical specialties, Faculty of Medicine and Dentistry, Universidade de Santiago de Compostela, A Coruña, Spain.
- 2 Comprehensive Adult Dental Care, Stomatology Area, Department of Surgery and medical–surgical specialties, Faculty of Medicine and Dentistry, Universidade de Santiago de Compostela, A Coruña, Spain.
- 3 Operative Dentistry and Endodontics, Stomatology Area, Department of Surgery and medical–surgical specialties, Faculty of Medicine and Dentistry, Universidade de Santiago de Compostela, A Coruña, Spain.

PMID: 31583836 DOI: [10.1111/jerd.12532](https://doi.org/10.1111/jerd.12532)

Abstract

Objectives: The purpose of this study was to assess if the use of intraoral positioning guides could increase the reproducibility of color measurements with a dental spectrophotometer.

Methods: Twenty–three subjects were selected, and positioning guides for the maxillary arch of each participant were fabricated with clear 4 mm thermo–sheets. One orifice was made in the center of the clinical crown of the upper–right central incisor and another in the canine, with an external 6 mm diameter trephine. Color measurements were performed with a Vita EasyShade Compact IV dental spectrophotometer by the same operator in the same conditions. Forty measurements were taken per patient, 20 for each tooth, 10 with a positioning guide, and 10 without one. Before each measurement, the spectrophotometer was calibrated following the manufacturer's instructions.

Results: Using the Wilcoxon test to evaluate nonparametric variables, there are statistically significant differences ($P < .05$) between the use or not of positioner for color recording with spectrophotometer. Greater repeatability of the measurements is obtained using repositioning split.

Conclusions: Within the limitations of this study, the use of positioning guides provides greater reproducibility in spectrophotometer measurements for all parameters of tooth 11 and for some parameters of tooth 13.

Clinical significance: The use of a positioning guide for color measurement with a dental spectrophotometer allows a greater reproducibility of the measurements to be obtained. Achieving repeatable measurements is essential for studying the same area of the tooth, for example, in bleaching treatments and in color checks for prosthetic treatments.

ANEXOS

Anexo 1- Indicios de calidad de la publicación

- TIPO DE APORTACIÓN: Artículo en revista periódica
- AUTORES: Fernández Millán D., Gallas Torreira M., Alonso V.
- AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020
- ISSN: 1496-4155
- REVISTA: Journal of Esthetic and Restorative Dentistry (JERD)
- ÍNDICE DE IMPACTO: 2,843
- 2020 JOURNAL CITATION REPORTS (Clarivate Analytics):
31/92 (Dentistry, Oral Surgery & Medicine)
- CITAS G-Scholar: 3
- CITAS Scopus: 1
- CITAS WOS: 1
- CONTRIBUCIÓN DEL DOCTORANDO: autor principal y
corresponding author.
- AUTORIZACIÓN DE LA REVISTA PARA SU UTILIZACIÓN:
<https://s100.copyright.com/CustomAdmin/PLF.jsp?ref=34b52794-9f17-4ccc-afed-b782b8872861>

- *En los apartados 11.1(tabla 3), 11.4.2 (Figura 10), 11.4.3.1 (Figura 11), 13.1.1 (Figuras 14 y 15), 13.1.2 (Tabla 5 y figura 16) y 13.1.3 (Figuras 17 y 18) han sido utilizadas tablas y figuras de la siguiente publicación: Fernández Millán D, Gallas Torreira M, Alonso de la Peña V. Using a repositioning splint to determine reproducibility in the color registers of a dental spectrophotometer. J Esthet Restor Dent 2020;32(1)19-25. ISSN:1496-4155. Editorial: Wiley Periodicals (John Wiley & Sons, Inc.). DOI:10.1111/jerd.12532*

Artículo disponible en el siguiente enlace:

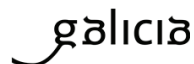
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jerd.12532>

Anexo 2- Comite de ética de la investigación



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE SANIDADE
Secretaría Xeral Técnica

Secretaría Técnica
Comité Autonómico de Ética da Investigación de Galicia
Secretaría Xeral, Consellería de Sanidade
Edificio Administrativo San Lázaro
15703 SANTIAGO DE COMPOSTELA
Tel: 881546425. Correo-e: ceic@sergas.es



DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE SANTIAGO-LUGO

Cristina Márquez Riveras, Secretaria del Comité de Ética de la Investigación de Santiago-Lugo,

CERTIFICA:

Que este Comité evaluó en su reunión del día 19/07/18 el estudio:

Título: Determinación y valoración del color en los procedimientos odontológicos

Versión:

Promotor/a: David Fernández Millán

Investigador/a: David Fernández Millán

Código de Registro: 2018/348

Y que este Comité, tomando en consideración la pertinencia del estudio, el conocimiento disponible, los requisitos legales aplicables y los Procedimientos Normalizados de Trabajo del Comité, emite un dictamen **FAVORABLE** para la realización del citado estudio.



Documento firmado digitalmente por:
Márquez Riveras, Cristina: 23/07/2018 13:06
E4C4-BOAH-OFP4-1H15-3234-3997-369



Y HACE CONSTAR QUE:

1.- El Comité Territorial de Ética de la Investigación de Santiago-Lugo cumple tanto en su composición como en sus PNTs los requisitos legales vigentes.

2.- La composición actual del Comité Territorial de Ética de la Investigación de Santiago-Lugo es:

- **Juan Manuel Vázquez Lago (Presidente).** Médico especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública. Área de Gestión Integrada de Santiago.
- **Pilar Rodríguez Ledo (Vicepresidenta).** Médico especialista en Medicina Familiar y Comunitaria. Área de Gestión Integrada de Lugo.
- **Cristina Márquez Riveras (Secretaria).** Enfermera. Dirección Xeral de Saúde Pública.
- **Lorenzo Armenteros del Olmo (Secretario Suplente).** Médico especialista en Medicina Familiar y Comunitaria. Área de Gestión Integrada de Lugo.
- **Francisco Campos Pérez.** Biólogo. Fundación Instituto de Investigación Sanitaria de Santiago de Compostela.
- **Rosana Castelo Domínguez.** Farmacéutica de Atención Primaria. Área de Gestión Integrada de Santiago.
- **Ricardo García Martínez.** Licenciado en Derecho. Área de Gestión Integrada de Lugo.
- **Jaime Gulín Dávila.** Farmacéutico especialista en Farmacia Hospitalaria. Área de Gestión Integrada de Lugo.
- **Victor Herrán Carreira.** Paciente. ADIL-Asociación de Diabéticos Lucense.
- **María Jesús Lamas Díaz.** Farmacéutica especialista en Farmacia Hospitalaria. Área de Gestión Integrada de Santiago.
- **Guillermo José Prada Ramallal** Médico especialista en Farmacología Clínica. Área de Gestión Integrada de Santiago. Fundación Instituto de Investigación Sanitaria de Santiago de Compostela.
- **Carlos Rodríguez Moreno.** Médico especialista en Farmacología Clínica. Área de Gestión Integrada de Santiago.
- **Sandra Vidal Martínez.** Enfermera. Área de Gestión Integrada de Santiago
- **Rafael Carlos Vidal Pérez.** Médico especialista en Cardiología. Área de Gestión Integrada de Lugo.

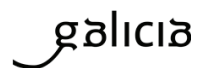
Para que conste donde proceda, y a petición de quien proceda, en Santiago de Compostela,

La Secretaria del Comité Territorial de Ética de la Investigación de Santiago Lugo,

Cristina Márquez Riveras



Documento firmado digitalmente por:
Márquez Riveras, Cristina: 23/07/2018 13:06
E4G4-BOAH-0FP4-1H15-3234-3997-369



Se emite un informe favorable condicionado a modificar el apartado ¿Por qué me ofrecen participar a mí? de la HIP. Debe indicarse que se le ofrece participar en el estudio porque es alumno/a de esa facultad de odontología.



Documento firmado digitalmente por:
Márquez Riveras, Cristina: 23/07/2018 13:06
E4C4-BOAH-OFP4-1H15-3234-3997-369

Anexo 3- Consentimiento informado para participar en el estudio

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: *Determinación y valoración del color en los procedimientos odontológicos*

INVESTIGADOR: *David Fernández Millán*

Este documento tiene por objeto ofrecerle información sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. Este estudio se está realizando por el investigador principal, David Fernández Millán fue aprobado por el Comité Ético de Investigación de Galicia, de acuerdo con la legislación vigente.

Si decide participar en el mismo, debe recibir información personalizada del investigador, **leer antes este documento** y hacer todas las preguntas que precise para comprender los detalles sobre el mismo. Si así lo desea, puede llevar el documento, consultarlo con otras personas, y tomar el tiempo necesario para decidir si participar o no.

La participación en este estudio es completamente **voluntaria**. Vd. puede decidir no participar o, si acepta hacerlo, cambiar de opinión retirando el consentimiento en cualquier momento sin obligación de dar explicaciones.

¿Cuál es el propósito del estudio?

Determinación y valorar el color y su registro en los procedimientos odontológicos.

¿Por qué me ofrecen participar a mí?

Porque usted es alumno de la facultad de odontología de la USC.

¿En qué consiste mi participación?

Su participación consiste en que nos permita utilizar la información clínica que disponemos de usted, entre la que se encuentra los registros de color de los dientes 11 y 13 con colorímetro, con y sin un posicionador. Para conformar el posicionador, nos permitirá realizar una impresión superior de alginato y una férula termoplástica.

¿Qué riesgos o inconvenientes tiene?

No existen riesgos asociados a la participación en el estudio. Su participación sólo implica que nos permita utilizar su información clínica (color dental)

¿Obtendré algún beneficio por participar?

No se espera que Vd. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. La investigación pretende descubrir alcanzar un conocimiento científico del color dental. En el futuro, es posible que estos descubrimientos sean de utilidad para conocer mejor el color dentario y quizá puedan beneficiar a personas como Vd., pero no se prevén aplicaciones inmediatas de ellos.

¿Recibiré la información que se obtenga del estudio?

Si Vd. lo desea, se le facilitará un resumen de los resultados del estudio. ¿Se publicarán los resultados de este estudio?

Los resultados de este estudio serán remitidos a publicaciones científicas para su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que pueda conducir a la identificación de los participantes.

¿Cómo se protegerá la confidencialidad de mis datos?

El tratamiento, comunicación y cesión de sus datos se hará conforme a lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal y por su reglamento (RD 1720/2007). En todo momento, Vd. podrá acceder a sus datos, oponerse, corregirlos o cancelarlos, solicitándolo ante el investigador.

Sólo el equipo investigador, los representantes del promotor y las autoridades sanitarias, que tienen deber de guardar la confidencialidad, tendrán acceso a todos los datos recogidos por el estudio. Se podrá transmitir a terceros relacionados con la investigación información que no pueda ser identificada, exclusivamente para los fines del estudio. En el caso de que alguna información sea transmitida a otros países, se realizará con un nivel de protección de los datos equivalente, como mínimo, al exigido por la normativa de nuestro país.

Sus datos serán recogidos y conservados hasta finalizar el estudio de modo codificado, que quiere decir que llevarán un código que no permite identificarlos directamente. La relación entre los códigos y su identidad será custodiada por el investigador, David Fernández Millán. Al finalizar el estudio los datos serán anonimizados.

¿Existen intereses económicos en este estudio?

Esta investigación es promovida por David Fernández Millán que es el Investigador principal del estudio) y la USC (Universidad de Santiago de Compostela) con fondos de investigación propios.

El investigador no recibirá retribución específica por la dedicación al estudio.

Ud. no será retribuido por participar. Es posible que se deriven productos comerciales o patentes de los resultados del estudio. En este caso, Ud. no participará de los beneficios económicos originados.

¿Quién me puede dar más información?

Puede contactar con D. David Fernández Millán en el teléfono 626 582 600 o en el correo electrónico davidfernandezmillan@gmail.com para más información.

Muchas gracias por su colaboración.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA LA PARTICIPACIÓN EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: Determinación y valoración del color en los procedimientos odontológicos

Yo, _____

- He leído la hoja de información al participante del estudio arriba mencionado que se me entregó, he podido hablar con su investigador principal y hacerle todas las preguntas sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntaria, y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.
- Accedo a que se utilicen mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante.
- Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Fdo./ El/la participante,

Nombre y apellidos:

Fecha

Fdo./ El investigador,

Nombre y apellidos:

Fecha

FOLLA DE INFORMACIÓN AO PARTICIPANTE NUN ESTUDO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: *Determinación e valoración da color nos procedimientos odontolóxicos*

INVESTIGADOR: David Fernández Millán

Este documento ten por obxecto ofrecerlle información sobre un estudo de investigación no que se lle invita a participar. Este estudo estase a realizar polo investigador principal, D.David Fernández Millán e foi aprobado polo Comité Ético de Investigación de Galicia, dacordo coa lexislación vixente.

Se decide participar no mesmo, debe recibir información personalizada do investigador, **ler antes este documento** e facer todas as preguntas que precise para comprender os detalles sobre o mesmo. Se así o desexa, pode levar o documento, consúltalo con outras persoas e tomar o tempo necesario para decidir se participar ou non.

A participación neste estudo é completamente **voluntaria**. Vd. pode decidir non participar ou, se acepta facelo, cambiar de opinión retirando o consentimento en calquera momento sen obriga de dar explicacións.

Cál é o propósito do estudo?

Determinar e valorar a cor e o seu rexistro nos procedementos odontolóxicos

Por qué me ofrecen participar a min?

Porque vostede e alumno da facultade de odontoloxía da USC.

En qué consiste a miña participación?

A súa participación consiste en que nos permita utilizar a información clínica que dispoñamos de vostede, entre a que se encontran os rexistros da cor dos dentes 11 y 13 con colorímetro, con e sen posicionador. Para conformar o posicionador, permitíranos realizar unha impresión superior de alxinato e unha férula termoplástica.

Qué riscos ou inconvenientes ten?

Non existen riscos asociados á participación no estudo. A súa participación só implica que nos permita utilizar a súa información clínica.

Obterei algún beneficio por participar?

Non se espera que Vd. obteña beneficio directo por participar no estudo. A investigación pretende alcanzar un coñecemento científico da cor dental. No futuro, e posible que estos descubrimentos sexan de utilidade para coñecer mellor a cor dental e quizá poidan beneficiar a personas como Vd., pero non se prevén aplicacións inmediatas.

Recibirei a información que se obteña do estudo?

Se Vd. o desexa, se lle facilitará un resumo dos resultados do estudo.

Publicaranse os resultados deste estudo?

Os resultados deste estudo serán remitidos a publicacións científicas para a súa difusión, pero non se transmitirá ningún dato que poida conducir á identificación dos participantes.

Cómo se protexerá a confidencialidade dos meus datos?

O tratamento, comunicación e cesión dos seus datos farase conforme ao disposto pola Lei Orgánica 15/1999, do 13 de decembro, de protección de datos de carácter persoal e polo seu regulamento (RD 1720/2007). En todo momento, Vd. poderá acceder aos seus datos, oponerse, corrixilos ou cancelalos, solicitándoo ante o investigador.

Só o equipo investigador, os representantes do promotor e as autoridades sanitarias, que teñen deber de gardar a confidencialidade, terán acceso a todos os datos recollidos polo

estudo. Poderase transmitir a terceiros relacionados ca investigación información que non poida ser identificada, exclusivamente para os fins do estudo. No caso de que algunha información sexa transmitida a outros países, realizarase cun nivel de protección dos datos equivalente, como mínimo, ao esixido pola normativa do noso país.

Os seus datos serán recollidos e conservados ata finalizar o estudo de modo codificado, que quere dicir que levarán un código que non permite identificalos directamente. A relación entre os códigos e a súa identidade será custodiada polo investigador principal D. David Fernández Millán. Ao finalizar o estudo os datos serán anonimizados.

Existen intereses económicos neste estudo?

Esta investigación é promovida por David Fernández Millán que é o Investigador principal do estudo e a USC (Universidade de Santiago de Compostela) con fondos de investigación propios.

O investigador non recibirá retribución específica pola dedicación ao estudo. O centro radiolóxico tampouco recibirá aportacións económicas pola realización da investigación.

Vd. non será retribuído por participar. É posible que se deriven produtos comerciais ou patentes dos resultados do estudo. Neste caso, Vd. non participará dos beneficios económicos orixinados.

Quen me pode dar máis información?

Pode contactar con D. David Fernández Millán no teléfono 626582600 ou no correo electrónico davidfernandezmillan@gmail.com para máis información.

Moitas grazas pola súa colaboración

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA A PARTICIPACIÓN NUN ESTUDO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: Determinación e valoración da cor nos procedimientos odontolóxicos

Eu, _____

- Lin a folla de información para o participante no estudo arriba mencionado que se me entregou, puiden falar co investigador principal e facerlle todas as preguntas sobre o estudo.
- Comprendo que a miña participación é voluntaria, e que podó retirarme do estudo cando queira, sen tener que dar explicacións .
- Accedo a que se utilicen os meus datos nas condicións detalladas na folla de información ao participante.
- Presto libremente a miña conformidade para participar no estudo.

Asinado/ O/A participante,

Nome e apelidos:

Fecha

Asinado O investigador,

Nome e apelidos:

Fecha

Anexo 4- Índice de figuras

Figura 1. Representación del espacio de color de Munsell.	46
Figura 2. Representación del color CIE 1931.	47
Figura 3. Representación sistema CIE L*a*b*.	48
Figura 4. Representación de sistema L*C*h*.	49
Figura 5. Guía de color VITAPAN <i>Classical</i> [®] (Fuente: web VITA Zahnfabrik).....	68
Figura 6. Guía Vita 3D Máster.	69
Figura 7. Guía de color Chromascop.....	70
Figura 8. Espectrofotómetro VITA <i>EasyShade Compact IV</i> [®] (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany).	97
Figura 9. Modelo férula termoplástica de 4mm de espesor.	98
Figura 10. Determinación del área de registro de color. A, Distancia mesio-distal en el cuello. B, Distancia mesio-distal en el borde incisal y eje vertical de la corona. C, Punto medio del eje vertical de la corona.	100
Figura 11. Diagrama de cajas representativo de la muestra.	102
Figura 12. Imagen de la plancha de politetrafluoroetileno.....	104
Figura 13. Portamuestras confeccionado para el registro de color de las muestras de la guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] en visión frontal y lateral.....	107
Figura 14. Representación gráfica del porcentaje de dientes de cada color de la guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] para el diente 11.	112

Figura 15. Representación gráfica del porcentaje de dientes de cada color de la guía VITAPAN *Classical*[®] para el diente 13.....112

Figura 16. Representación gráfica de la distribución de las variables ΔE_{11} y ΔE_{13}114

Figura 17. Error relativo (*trueness*) para el diente 11.....117

Figura 18. Error relativo (*trueness*) para el diente 13.....117

Figura 19. Representación CIE L*a*b* del color A2 para la guía VITAPAN *Classical*[®] (azul) y los composites Empress[®] (violeta), Harmonize[®] (rosa), Vocco[®] (verde) y Filtek[®](negro).128

Figura 20. Representación CIE L*a*b* del color A3 para la guía VITAPAN *Classical*[®] (azul) y los composites Empress[®] (violeta), Harmonize[®] (rosa), Vocco[®] (verde) y Filtek[®](negro).129

Figura 21. Representación CIE L*a*b del color A3,5 para la guía VITAPAN *Classical*[®] (azul) y los composites Empress[®] (violeta), Harmonize[®] (rosa), Vocco[®] (verde) y Filtek[®](negro).129

Figura 22. Representación CIE L*a*b* de los colores A2 (verde), A3 (rojo) y A3,5 (negro) de la guía de color...130

Anexo 5- Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de las investigaciones de umbrales de aceptabilidad y perceptibilidad aplicados a la Odontología y los principales hallazgos en los estudios.	62
Tabla 2. Dispositivos y softwares disponibles para el registro de color.	72
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión para participación en el estudio.	96
Tabla 4. Nombre, fabricante, composición, tamaño de relleno y porcentaje de relleno de cada composite	103
Tabla 5. P-valor de Wilcoxon test para diente 11 y diente 13.	115
Tabla 6. Coeficientes de variación para los dientes 11 y 13 con y sin posicionador.	116
Tabla 7. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] con ambos métodos para el diente 11 en hombres.	118
Tabla 8. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] con ambos métodos para el diente 11 en mujeres.	118
Tabla 9. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] con ambos métodos para el diente 13 en hombres.	118
Tabla 10. Número de mediciones asociadas a la Guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] con ambos métodos para el diente 13 en mujeres.	119

Tabla 11. Valores $L^*C^*h^*a^*$ y b^* de los colores A2, A3 y A3,5 de la Guía VITAPAN <i>Classical</i> [®]	121
Tabla 12. Valores CIE $L^*C^*h^*a^*$ y b^* para los colores A2, A3 y A3,5 de cada marca composite.	122
Tabla 13. Valores CIE $L^*C^*h^*a^*$ y b^* de los colores A2, A3 y A3,5 de las guías de color de cada marca de composite.	123
Tabla 14. Valores CIEDE2000 (ΔE_{00}) de los composites Empress [®] , Filtek [®] , Harmonize [®] y Vocco [®] en relación con la guía VITAPAN <i>Classical</i> [®]	124
Tabla 15. Valores CIELAB(ΔE_{ab}) de los composites Empress [®] , Filtek [®] , Harmonize [®] y Vocco [®] en relación con la guía VITAPAN <i>Classical</i> [®]	125
Tabla 16. Valores CIEDE2000 (ΔE_{00}) entre muestras de composites Empress [®] , Harmonize [®] y Vocco [®] y sus respectivas guías de color.	126
En la tabla 17 se muestra la diferencia de color CIEDE2000(ΔE_{00}) entre la guía de color de los composites y la guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] para cada color	127
Tabla 17. Valores CIEDE2000 (ΔE_{00}) entre guías de color Empress [®] , Harmonize [®] y Vocco [®] y guía VITAPAN <i>Classical</i> [®]	127
Tabla 18. P-valor entre de guía VITAPAN <i>Classical</i> [®] y las respectivas guías de color de cada composite.....	131
Tabla 19. P-valor entre pares de materiales para color A2	132
Tabla 20. P-valor entre pares de materiales para color A3,5	132



Los tratamientos de estética dental son complejos y suponen un reto para el profesional. Esta situación se debe a diferentes factores, entre ellos la determinación de color dental y la restauración mediante resinas compuestas que igualen el color del diente. El presente trabajo consta de dos estudios. El objetivo del primer estudio consistió en determinar la repetibilidad del espectrofotómetro digital en el registro del color utilizando una férula de posicionamiento dental. El objetivo del segundo estudio fue determinar y representar gráficamente la diferencia de color existente entre la guía de color VITAPAN Classical y los composites Grandio, Harmonize, Empress Direct y Filtek 500; entre la guía de color VITAPAN Classical y las guías de color de cada composite; así como las diferencias de color entre composites.