



TESIS DOCTORAL

***Influencia del color del material de
cementación y espesor de la cerámica
en las propiedades ópticas de carillas de
cerámica feldespática y de disilicato de litio***

Autor:

Joana Santos de Cunha Pereira

Director/es:

Dra. María Victoria Fuentes Fuentes

Dr. Paulo João Bela Teiga de Durão Mauricio

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

Escuela Internacional de Doctorado

2023

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me apoyaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

Gracias a mi directora de tesis, Profesora Doctora María Victoria Fuentes, por su incansable orientación, disponibilidad, dedicación, motivación y ayuda, por su asertivo consejo y permanente aliento, que hicieron posible la realización de este trabajo;

Gracias a mi director de tesis, Profesor Doctor Paulo Maurício por su orientación y dirección en todas la etapas de esta tesis;

Gracias a Profesor Doctor José Reis, por el apoyo y disponibilidad que siempre me brindó, por su ayuda incansable en cualquier momento, motivación diaria y dedicación, sin ustedes no hubiera sido posible;

Gracias a Profesor Doctor Francisco Martins, por su ayuda en este camino y en la analisis de los datos;

Gracias a todos mis compañeros del Departamento de Rehabilitación Oral del Instituto Universitário Egas Moniz por la ayuda en todos los momentos;

Gracias a Catarina, Beatriz, Cláudia, João e Marta por la ayuda en la realización de este proyecto;

Gracias a Profesora Doctora Ana Paula Serro y Doctor António Maçanita del Instituto Superior Técnico por la ayuda indispensable que me brindaron y la facilidad con la que me recibieron;

Gracias a Carolina, mi amiga de muchos años, por haberme acompañado a lo largo de las distintas etapas de mi vida y por permanecer siempre presente y dispuesta a ayudar, habiendo sido una amiga fundamental;

Gracias a mis suegros, por la disponibilidad y ayuda siempre que es necesario;

Gracias a Constança, Carlota y Lourenço, que son como si fueran "míos", por estar siempre y "soportar" mi mal genio en los momentos de mayor ansiedad;

Gracias a mi hermano, que siempre estuvo a mi lado, compartiendo los buenos y malos momentos;

Gracias a mis padres, pilares fundamentales en cada momento de mi vida, por su confianza y guía en el camino a seguir, así como por su aliento, disponibilidad y dedicación;

Gracias a mis hijos, os amo incondicionalmente, que son mi refugio, me dan motivación diaria para seguir adelante y por quien siempre daré todo lo que pueda.

...a todos muchas, muchas gracias!

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE..... | 5 |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 1.1 Propiedades ópticas de los dientes | 11 |
| 1.1.1 Color | 11 |
| 1.1.1.1 Espacios de representación del color..... | 12 |
| 1.1.1.1.1 Sistema de color de Munsell | 13 |
| 1.1.1.1.2 Espacio cromático CIE 1976 (CIELAB) | 13 |
| 1.1.1.1.3 Espacio cromático L* C* hº (CIEDE2000) | 16 |
| 1.1.1.2 Percepción del color en el diente natural | 18 |
| 1.1.1.3 Métodos de medición del color en Odontología | 20 |
| 1.2 Propiedades ópticas secundarias..... | 24 |
| 1.2.1 Translucidez..... | 24 |
| 1.2.2 Opalescencia..... | 25 |
| 1.2.3 Fluorescencia | 26 |
| 1.3 Carillas de cerámica | 34 |
| 1.3.1 Sistemas cerámicos..... | 36 |
| 1.3.1.1 Cerámicas de matriz vítrea..... | 38 |
| 1.3.1.1.1 Cerámica Feldespática..... | 38 |
| 1.3.1.1.2 Cerámicas sintéticas (cerámicas a base de leucita; cerámica de disilicato de litio y derivados y cerámicas a base de fluorapatita) | 39 |
| 1.3.1.1.3 Cerámicas infiltradas con vidrio (alúmina; alúmina y magnesio; alúmina y circonio) 41 | |
| 1.3.1.2 Cerámicas Policristalinas | 42 |
| 1.3.1.3 Cerámicas con matriz de resina | 42 |
| 1.3.2 Propiedades ópticas de las cerámicas | 44 |
| 1.4 Cementación de carillas cerámicas | 50 |
| 1.4.1 Cementos de resina | 51 |
| 1.4.2 Composite calentado para cementación de restauraciones indirectas | 55 |
| 1.4.3 Resinas compuestas fluidas | 56 |
| 1.4.4 Selección del tono del material de cementación..... | 57 |
| 2 OBJETIVOS..... | 63 |
| 3 HIPÓTESIS | 67 |
| 4 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 71 |
| 4.1 Fluorescencia de carillas feldespáticas confeccionadas en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina | 74 |
| 4.1.1 Preparación de la superficie cerámica y cementación de las carillas de cerámica feldespática..... | 81 |
| 4.1.2 Medición de la fluorescencia..... | 83 |
| 4.2 Fluorescencia y color de carillas de disilicato de litio confeccionadas en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina | 85 |
| 4.2.1 Preparación de la superficie cerámica y cementación de las carillas de cerámica de disilicato de litio | 89 |
| 4.2.2 Medición de la fluorescencia..... | 89 |
| 4.2.3 Medición del color | 90 |
| 4.3 Análisis estadístico | 92 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5 | RESULTADOS..... | 93 |
| 5.1 | Fluorescencia de cerámica feldespática confeccionada en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina | 95 |
| 5.1.1 | Espesor de cerámica de 0.5 mm | 99 |
| 5.1.2 | Espesor de cerámica de 0.8 mm | 99 |
| 5.1.2 | Espesor de cerámica de 0.5 versus 0.8 mm | 100 |
| 5.2 | Fluorescencia y diferencia de color de la cerámica de disilicato de litio confeccionada en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina 101 | |
| 5.2.1 | Fluorescencia de la cerámica de disilicato de litio tras la cementación. | 101 |
| 5.2.1.1 | Espesor de cerámica de 0.5 mm | 104 |
| 5.2.1.2 | Espesor de cerámica de 0.8 mm | 105 |
| 5.2.1.2 | Espesor de cerámica 0.5 mm vs 0.8 mm | 106 |
| 5.2.2 | Diferencia de color de la cerámica de disilicato de litio. | 106 |
| 5.2.2.1 | Valores de las coordenadas L*, a*, b* | 106 |
| 5.2.2.2 | Diferencia de color según el espacio cromático CIELAB (ΔE_{ab}) | 111 |
| 5.2.2.2.1 | Espesor de cerámica 0.5 mm | 112 |
| 5.2.2.2.2 | Espesor de cerámica de 0.8 mm..... | 113 |
| 5.2.2.2.3 | Espesor de cerámica de 0.5 mm <i>versus</i> 0.8 mm | 114 |
| 5.2.2.2.4 | Comparación de los valores CIELAB de los grupos experimentales con el grupo control | 114 |
| 5.2.2.3 | Diferencia de color según el espacio cromático CIEDE2000 (ΔE_{00})..... | 115 |
| 5.2.2.3.1 | Espesor de cerámica 0.5 mm | 116 |
| 5.2.2.3.2 | Espesor de cerámica 0.8 mm | 116 |
| 5.2.2.3.3 | Espesor de cerámica de 0.5 mm <i>versus</i> 0.8 mm | 117 |
| 5.2.2.3.4 | Comparación de los valores CIEDE2000 de los grupos experimentales con el grupo control..... | 117 |
| 6 | DISCUSIÓN..... | 119 |
| 6.1 | Discusión de la metodología | 121 |
| 6.2 | Discusión de los resultados | 124 |
| 6.2.1 | Fluorescencia de la cerámica feldespática confeccionada en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina | 124 |
| 6.2.2 | Fluorescencia de la cerámica de disilicato de litio confeccionada en dos espesores y cementada con diferentes materiales basados en resina | 129 |
| 6.2.3 | Diferencia de color de la cerámica de disilicato de litio confeccionada en dos espesores y cementada con diferentes materiales basados en resina | 133 |
| 7 | CONCLUSIONES | 145 |
| 8 | BIBLIOGRAFÍA | 149 |
| 9 | PRODUCCIÓN CIENTIFICA..... | 167 |

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Propiedades ópticas de los dientes

Las restauraciones de los dientes anteriores tienen un alto compromiso estético. Además de reproducir la morfología y textura del diente natural en proporciones adecuadas e integradas en la sonrisa del paciente, deben poseer propiedades ópticas que simulen las de los dientes anteriores (Cubas et al, 2011; Doğu et al, 2017). Reproducir fielmente la apariencia de un diente natural, no es tarea fácil. La expresión cromática de los dientes naturales es dinámica y depende de la interacción de los tejidos que componen el diente natural, es decir, del esmalte, la dentina y la pulpa, con la luz durante fenómenos de reflexión, refracción y absorción (Baratieri, Araujo y Monteiro, 2007).

Reproducir las características de los dientes, requiere comprender en primer lugar el comportamiento óptico de los dientes, resultado de la interacción de la luz con los tejidos dentales. Estas propiedades se pueden describir fundamentalmente de acuerdo al color, translucidez, opalescencia y fluorescencia, que se describirán a continuación.

1.1.1 Color

El color es un fenómeno psicobiofísico complejo que resulta del comportamiento de la luz a través de sus longitudes de onda ante el ojo humano. El color no es una propiedad del objeto, sino de la luz que entra en nuestros ojos procedente de él (O'Brien, Groh y Boenke, 1989). Por lo tanto, el verdadero factor responsable de la percepción visual del color es la luz. La luz son ondas electromagnéticas, que pueden descomponerse en múltiples longitudes de onda, dando lugar a un amplio espectro. La región de luz que llega a nuestros ojos se denomina luz visible. Incluye el rango de 400 a 700 nm, y todos los colores que conocemos están dentro de este rango (Volpato et al, 2010).

Tres factores pueden influir la percepción del color: la fuente de luz, el objeto que se observa y el observador (Volpato et al., 2010).

-El iluminante o la fuente de luz. La luz es una forma de energía electromagnética. El ojo está expuesto a todas las longitudes de onda presentes en el campo electromagnético, solamente la pequeña franja entre 380 nm y 700 nm, denominado espectro visible, es capaz de estimular las células fotosensibles de la retina (Cardoso y Decurcio, 2015). El iluminante puede ser una fuente de luz natural o artificial, que, según

su origen, puede cambiar el color percibido de un objeto. Por ejemplo, una hoja de papel blanca puede parecer más azul bajo la luz fluorescente y más amarilla bajo una luz amarillenta. Este fenómeno se conoce como metamerismo (Chu et al., 2004). Con el objetivo de estandarizar el análisis visual e instrumental del color, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE, Comisión Internacional de l'Eclairage), clasificó los iluminantes según su efecto sobre la percepción del color. La CIE designó tres iluminantes estándar: A, B y C. Posteriormente añadieron el iluminante serie D, el hipotético iluminante E y extraoficialmente el iluminante serie F (Chu et al., 2004). La fuente de luz que ilumina un objeto influye en la percepción del color, ya que cada fuente contiene cantidades variables de cada una de las longitudes de onda visibles de la luz. La reflectancia espectral (o transmitancia) de un objeto caracteriza su composición cromática.

-El objeto puede tener diferentes comportamientos físicos en relación con la luz incidente. Un objeto transparente permite que la luz lo atraviese (transmisión de luz) y permite la visión a través de él. Si un objeto es translúcido, parte de la luz se transmite a través del objeto y parte se refleja. Si el objeto es opaco, el reflejo de la luz se produce de forma difusa, lo que es responsable de la percepción colorimétrica de nuestros ojos. Si el objeto absorbe toda la luz incidente, no hay reflejo, y percibiremos un color oscuro o negro. Si el objeto refleja completamente la luz incidente, nuestra visión identificará un objeto blanco. Sin embargo, si parte de la energía de la luz se refleja y parte se absorbe, se percibirá el color del objeto (Volpato et al., 2010).

-El observador. La observación de un objeto puede ser de forma visual o instrumental. En un análisis visual, la percepción del color es un proceso subjetivo y la interpretación depende de la individualidad visual del observador. Pueden suceder cambios en la percepción del color según la edad, la duración de la exposición del ojo, la fatiga o enfermedades relacionadas con el color, como el daltonismo. En el análisis instrumental, los instrumentos colorimétricos detectan y registran objetivamente el color, y pueden ser colorímetros o espectrofotómetros (Volpato et al., 2010).

1.1.1.1 Espacios de representación del color

El espacio cromático o de representación de un color es un sistema que permite organización de los colores en un espacio tridimensional, y se han utilizado ampliamente para especificar los colores (Paravina y Powers, 2004).

1.1.1.1.1 Sistema de color de Munsell

El color de los objetos opacos puede interpretarse a través de la interacción de tres dimensiones: tono o matiz, saturación y valor (Joiner, 2004). El concepto tridimensional del color fue descrito por Albert Munsell en 1905, y adoptado mundialmente como sistema de medición posteriormente, lo que ha permitido realizar análisis instrumental del mismo (Volpato et al., 2010).

Tono o matiz

El matiz es el atributo de un color que permite distinguir entre diferentes familias de colores, por ejemplo, rojos, azules y verdes (Joiner, 2004). El tono corresponde al color del pigmento constitutivo, siendo una interpretación fisiológica y psicológica de la suma de las longitudes de onda. Se describe como la principal longitud de onda reflejada, resultado de la interacción entre la energía luminosa y el objeto. En Odontología hay pequeñas variaciones, pues éstas se limitan a variaciones entre los tonos de amarillo y naranja, por lo que se considera la dimensión cromática menos importante (Cardoso y Decurcio, 2015).

Saturación o croma

El croma corresponde al grado de saturación del color, de intensidad o pureza Es la cantidad de pigmento que contiene un determinado tono. Por ejemplo, si mezclamos un colorante rojo en un vaso de agua, cada vez que ponemos más colorante, su intensidad aumenta siendo el mismo tono. A mayor saturación, menor valor tendrá el objeto. Es decir, la saturación y el valor son características inversamente relacionadas (Joiner, 2004).

Valor

El valor o brillo corresponde a la cantidad de luz reflejada por un objeto, e indica la luminosidad de un color. Munsell describió el valor como una escala de grises, limitada en sus extremos por el blanco y en el otro por el negro (Joiner, 2004). El valor se considera una de las propiedades ópticas primarias más importantes en Odontología, ya que el ojo humano es más sensible a esta propiedad que al matiz o a la saturación (Rafael et al., 2017).

1.1.1.1.2 Espacio cromático CIE 1976 (CIELAB)

Previo a la descripción de este espacio cromático, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), organización dedicada a la estandarización del color, definió en 1931

un sistema x, y, Z (CIE XYZ) con tres colores primarios de la síntesis aditiva del color, basándose en los receptores del color en el ojo humano (triple estímulo) a diferentes longitudes de onda. En dicho modelo, Y indica luminosidad, Z es igual al estímulo de azul y X es una mezcla del rojo al verde (Westland, 2003).

En 1976, la CIE definió un nuevo espacio cromático, el CIELAB, que apoya la teoría previa de la percepción del color basada en los tres receptores del ojo: rojo, verde y azul (Joiner, 2004). CIELAB representa un espacio de color tridimensional con tres ejes que representan las coordenadas L^* , a^* y b^* (Joiner, 2004), realizando la transformación de los valores triestímulos, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

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

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

donde X_n, Y_n, Z_n son los valores triestímulos de un estímulo acromático blanco acromático.

En el espacio de color tridimensional, los ejes a^* y b^* forman un plano perpendicular al eje L^* .

La coordenada L^* representa el valor o luminosidad, con valores que van de 0 (negro) a 100 (blanco) y se representa en el eje vertical. La coordenada a^* es la medida del rojo (valor positivo) o del verde (valor negativo). La coordenada b^* es la medida del amarillo (valor positivo) o del color azul (valor negativo) (Chu, Trushkowsky y Paravina, 2010; Dede et al, 2013; Niu, Agustin, y Douglas, 2014) (Figura 1). Ambas coordenadas a^* y b^* se representan en los ejes horizontales. El valor numérico de ambas, aumenta para colores más saturados, y se aproximan a cero para colores más blancos o grises (Joiner, 2004) (Figura 1).

El espacio es uniforme, con distancias iguales entre los ejes, correspondientes a las diferencias en la percepción del color.

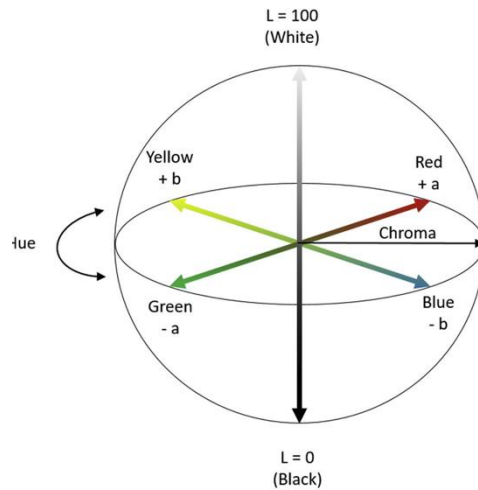


Figura 1: Espacio cromático CIELAB (Imagen de Ly et al., 2020).

La diferencia de color (ΔE_{ab}) entre dos objetos puede determinarse comparando las diferencias de color entre los valores de las respectivas coordenadas de cada objeto aplicando la siguiente fórmula) (Chaiyabutr et al., 2011; Chu, Trushkowsky y Paravina, 2010; Niu, Agustin y Douglas, 2013; Pires et al., 2017; Westland, 2003):

$$\Delta E (L^*a^*b^*) = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}, \text{ donde}$$

$$\Delta L^* = (L_1 - L_2)$$

$$\Delta a^* = (a_1 - a_2), \text{ y}$$

$$\Delta b^* = (b_1 - b_2).$$

Cuanto más bajo es el valor de ΔE , más similares son los objetos que se comparan (Pires et al., 2017).

La ventaja del sistema del laboratorio de la CIE es que las diferencias de color pueden expresarse en unidades que pueden relacionarse con la percepción y la importancia clínica (Joiner, 2004). La fórmula de diferencia de color CIELAB (ΔE_{ab}) se ha utilizado para evaluaciones instrumentales y visuales desde que se describió, en 1976 (Ghinea et al., 2010).

Dado que la capacidad del ojo humano para detectar diferencias de color difiere de un individuo a otro, se utilizan diferentes umbrales de ΔE para distinguir las diferencias

de color. La determinación de la diferencia de color tiene poco valor clínico sin una comprensión de la magnitud que es visualmente detectable (perceptibilidad) y la magnitud que constituye una alteración inaceptable de la estética dental (aceptabilidad). No hay consenso en la literatura en cuanto a los valores de ΔE , según los cuales los cambios de color son considerados perceptibles por el clínico. La perceptibilidad hace referencia a la simple detección de diferencias de color entre dos objetos. Mientras que aceptabilidad consiste en la diferencia de color entre dos objetos que se considera aceptable. Aunque puede usarse en diferentes situaciones en el ámbito de la Odontología, citamos como ejemplo el supuesto de las restauraciones, si la diferencia de color está dentro del umbral considerado aceptable indica que la restauración se integra con el resto de los dientes.

Se han descrito una variedad de valores de perceptibilidad visual en numerosos estudios, lo que sugiere que se necesita un enfoque y métodos sistemáticos para estandarizar la investigación (Paravina, Pérez y Ghinea, 2019). Los valores de $\Delta E < 1$ son considerados indetectables por el ojo humano; los valores entre 1 y 3.3 son considerados visibles por operadores cualificados y clínicamente aceptables, y los valores de $\Delta E > 3.3$ son visibles para cualquier individuo y clínicamente no aceptables (Pires et al., 2017; Vichi, Ferrari, y Davidson, 2004). La norma ISO/TR 28642 (*ISO/TR 28642:2016 Dentistry — Guidance on colour measurement*, 2016) define un umbral de perceptibilidad ΔE_{ab} de 1.2, y de aceptabilidad de 2.7.

1.1.1.1.3 Espacio cromático L* C* h° (CIEDE2000)

CIEDE2000 es la fórmula más reciente y se introdujo para mejorar la correlación entre las evaluaciones visuales y los valores instrumentales de diferencia de color (Ghinea et al., 2010; Lee, Lu y Powers, 2005). Esta fórmula no es un espacio de color en sí misma, sino que describe un método de combinación y ponderación de las diferencias, más complejo que en el sistema CIELAB, y sin duda más eficaz, que la simple medición de la distancia euclidiana (Luo, Cui y Rigg, 2001).

Los atributos cromáticos derivados de las coordenadas L*, a* y b* están relacionados con la percepción del color. El valor de L* corresponde a la claridad de un

estímulo. De las coordenadas a^* y b^* se obtiene los valores del croma C^* y del ángulo de tono h° , creando el sistema CIE $L^*C^*h^\circ$.

En cada plano cromático horizontal del espacio CIELAB, C^* (croma) se caracteriza por la distancia con respecto al eje vertical (neutro o gris), con valor de 0.0 en el centro del diagrama (estímulo acromático). El valor de h° (tonalidad cromática) corresponde al ángulo de desplazamiento (de 0° a 360°) medio desde el eje rojo/verde. Los ángulos de 0° a 90° corresponden con los colores rojos, naranjas y amarillos; los ángulos de 90° a 180° son colores amarillos, amarillos verdosos y verdes; los ángulos de 180° a 270° corresponden a colores verdes, verdes azulados y azules y los ángulos de 270° a 360° son colores azules, lilas y magenta, que pasan nuevamente por el rojo al llegar a los 360° (Luo et al., 2001; Pecho, 2012).

La fórmula para el cálculo de la diferencia de color se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}}$$

La fórmula de CIEDE2000 incorpora una serie de correcciones y aspectos que se detallan a continuación (Luo et al., 2001; Pecho et al., 2016):

- Correcciones específicas considerando la no uniformidad del espacio de color CIELAB, las denominadas funciones de ponderación:

S_L : Compensación por luminosidad

S_C : Compensación por saturación

S_H : Compensación por tono

- Un término de rotación (R_T) que tiene en cuenta la interacción entre las diferencias de saturación y tono en la región azul.
- Modificación de la coordenada a^* de CIELAB que afecta principalmente a los colores de saturación baja (colores neutros) para lograr un mejor acuerdo con las diferencias de color percibidas para esos colores.

- Parámetros que tienen en cuenta la influencia de las condiciones de iluminación y visión en la evaluación de la diferencia de color (los denominados factores paramétricos: K_L , K_C , K_H)

Recientes investigaciones en Odontología de la evaluación del color encontraron que la fórmula del CIEDE2000 tiene mayor aceptación evaluado por el ojo humano en comparación con el (ΔE_{ab}). Donde existe diferencia es en los valores de croma, que están ligados con el a^* y el b^* (Ghinea et al., 2010). Con respecto a L^* , no hay tanta diferencia. A nivel matemático existe diferencia significativa, pero a nivel óptico por el ojo humano, no es relevante (Ghinea et al., 2010; Gómez-Polo et al., 2016). La norma ISO/TR 28642 (*ISO/TR 28642:2016 Dentistry — Guidance on colour measurement*, 2016) define el umbral de perceptibilidad ΔE_{00} de 0.8, y de aceptabilidad de 1.8.

1.1.1.2 *Percepción del color en el diente natural*

El color de un diente corresponde a la combinación de sus propiedades ópticas. Cuando la luz incide sobre un diente, pueden describirse cuatro fenómenos asociados a la interacción del diente con la luz: transmisión especular de la luz a través del diente; reflexión especular en la superficie; reflexión difusa de la luz en la superficie y absorción y dispersión de la luz a través de los tejidos dentales. Este color resulta de una dispersión de la luz, o sea, la luz incide primero sobre el diente antes de llegar a la superficie de incidencia y ser visualizada por el observador (Joiner, 2004).

En 1995, un grupo de investigadores midió la propagación de la luz en el esmalte y la dentina y descubrió que en el esmalte, los cristales de hidroxiapatita contribuyen significativamente a la dispersión de la luz y en la dentina son los túbulos los que causan este fenómeno (Vaarkamp, Ten Bosch y Verdonschot, 1995).

Se descubrió que la desmineralización del esmalte triplica el coeficiente de dispersión (Joiner, 2004). La dentina es la primera fuente de color y la luz interna reflejada se transmitirá a través del esmalte y se modificará por su grosor (Raptis, Michalakis y Hirayama, 2006). El estudio de Ten Bosch et al., (1995), confirmó que el color del diente está determinado principalmente por el color de la dentina, mientras que el esmalte juega solo un papel menor a través de la dispersión en longitudes de onda en el rango azul (Ten Bosch & Coops, 1995).

En el diente natural, la dentina se considera la principal fuente de color, que se modifica por el espesor y la translucidez del esmalte subyacente. El color de los dientes naturales es el resultado de la luz que se refleja en la superficie del esmalte, además del efecto de la luz dispersa en el interior del esmalte y la dentina, antes de ser reflejada de nuevo (Azer et al., 2006). El esmalte, la dentina y la pulpa sufren cambios durante la vida de un individuo. La dentina se vuelve más gruesa con el tiempo, mientras que la cavidad pulpar disminuye de volumen debido a la deposición de dentina secundaria. Además, la dentina se vuelve menos permeable por el depósito de dentina peritubular. Estos cambios aumentan la saturación cromática de la dentina y reducen su opacidad (Baratieri et al., 2007; Ouati, Miara y Nathanson, 1993). El esmalte aumenta su contenido mineral con el tiempo, pero a su vez pierde grosor y la superficie se vuelve más lisa por el desgaste fisiológico. Estos cambios, hacen que el esmalte se vuelva más translúcido (Baratieri et al., 2007; Magne y Holz, 1996). El color de los dientes además está determinado por la pigmentación extrínseca, producida por alimentos y otros productos, como el té, vino tinto, café, clorhexidina, entre otros (Joiner, 2004).

Determinar e interpretar el color de un diente natural es la fase previa necesaria para poder seleccionar el color del material de restauración y reproducirlo. Estos factores tienen una gran influencia en el tono final de los tratamientos de restauración (Perroni et al., 2016). La selección del color es compleja en las restauraciones con carillas de cerámica, normalmente porque los dentistas seleccionan el color basándose únicamente en el color de los dientes adyacentes, cuando la selección del color depende de una serie de factores, como la estructura dental donde se realiza la restauración y el color del cemento de resina (Hernandes et al., 2016). Los instrumentos de medición del color ayudan en su análisis, minimizando así las variables subjetivas de este proceso. Las lecturas de color permiten una mejor determinación del color de la restauración y una mejor comunicación con el laboratorio (Chu, Trushkowsky y Paravina, 2010; Perroni et al., 2017).

1.1.1.3 *Métodos de medición del color en Odontología*

La percepción de una diferencia de color se define como la discrepancia más pequeña que puede ser detectada por el ojo humano (Della Bona et al., 2015; Ghinea et al., 2010).

En la práctica clínica, por ejemplo, al preparar y colocar una corona, el clínico debe medir el color del diente con precisión; después, comunicar el color del diente a un técnico de laboratorio que seleccionará los materiales dentales de color apropiados para fabricar la corona y juntos producirán una corona con una coincidencia de color aceptable con la dentición existente (Joiner y Luo, 2017).

Se pueden utilizar dos tipos de métodos para medir el comportamiento colorimétrico de los materiales estéticos y observar los posibles cambios de color. Los métodos subjetivos se realizan comparando con colores estandarizados (guías de color fundamentalmente), en los que las situaciones clínicas son evaluadas por observadores en condiciones de iluminación apropiadas (Sproull, 2001).

La percepción visual del color es el método de identificación del color más utilizado en Odontología. Este método subjetivo se basa en escalas estandarizadas que se componen de muestras representativas del promedio de los colores presentes en la dentición humana. A través de esta guía de colores, se puede realizar una comparación visual con los dientes naturales (Volpato et al., 2010). La selección del color debe realizarse al inicio del procedimiento, cuando los dientes no estén deshidratados y el profesional no esté cansado; la escala de colores debe mantenerse en el mismo plano de los dientes anteriores inferiores para que la luz que cae sobre ellos pueda reflejarse en el mismo plano para el observador; la escala y los dientes deben humedecerse ligeramente para facilitar el reflejo de la luz; el operador debe buscar un máximo de 10 a 15 segundos en cada tono y descansar mirando un fondo gris neutro entre observaciones; el paciente debe estar protegido con un color claro para que el color de su ropa no confunda al operador; el ambiente debe proporcionar la cantidad y calidad de luz natural indirecta, generalmente entre las 11 y las 14 horas; y, finalmente, el comportamiento óptico del color elegido debe ser reevaluado con diferentes iluminaciones artificiales (luz incandescente y luz fluorescente), en busca de un metamerismo notable que pueda inducir en error el color elegido (Chu et al., 2004; Volpato et al., 2010).

Actualmente, Vitapan Classical (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) y Vita 3D-Master (VITA Zahnfabrik) son las guías cromáticas que se utilizan más frecuentemente en clínica. En la primera la disposición de las muestras cromáticas se organiza en matices (A-marrón, B-amarillo, C-gris y D-rojo) y los diferentes grados de saturación se expresan con valores numéricos. Aunque fue considerada como guía de referencia entre las escalas de color, presenta problemas debido que el rango de cobertura cromático no es adecuado y las guías comercializadas no son idénticas, presentando diferencias cromáticas entre las muestras. En la guía Vita 3D-Master (VITA Zahnfabrik), las muestras cromáticas se disponen en cinco grupos ordenados según el valor (de 1 a 5 de mayor a menor valor). La selección del valor es el primer paso y después el cromatismo y matiz siguiendo este orden (Cardoso y Decurcio, 2015). En ambos casos, no es posible la conversión a valores numéricos de acuerdo a los espacios cromáticos anteriormente definidos.

La selección de colores usando escalas es extremadamente compleja porque el proceso de selección puede verse influenciado por variables que van desde la interpretación de la naturaleza tridimensional del color hasta las influencias ambientales (Volpato et al., 2010).

Otro de los factores que influyen en el color es el carácter de la fuente de luz, que puede variar en cuanto al tipo, la intensidad y el ángulo de incidencia (Dagg et al., 2004; Volpato et al., 2009).

Cuando se hace la selección del color, un solo iluminante puede interferir con el color observado y confundir al operador. Muchas veces es necesario utilizar diferentes fuentes de luz (Dagg et al., 2004). El iluminante puede ser una fuente de luz natural o artificial y, según su origen, puede cambiar el color de un objeto. Este fenómeno, que se produce según la energía de las diferentes fuentes de luz, se conoce como metamerismo (Lee, Lim, y Kim, 2004).

Otros métodos para el análisis de color son los objetivos, o, también llamado análisis instrumental, caracterizado por el uso de instrumentos como colorímetros y espectrofotómetros, que especifican numéricamente la percepción del color del objeto (Volpato et al., 2009).

Los avances en la tecnología han hecho posible el desarrollo de varios instrumentos electrónicos de igualación de colores disponibles para uso clínico (Öztürk et al., 2013).

Pueden ser colorímetros, espectrofotómetros, espectrómetros, analizadores de imágenes o una combinación de estos. En Odontología, los más utilizados son los colorímetros y espectrofotómetros, que definen el color de los dientes midiendo la cantidad de composición espectral de la luz reflejada en la superficie del diente (Vichi et al., 2011).

El espectrofotómetro mide la curva de reflexión o de transmisión de la luz de una muestra y es útil para medir el color de la superficie. Se utiliza un prisma que dispersa la luz blanca de una lámpara de tungsteno con una longitud de onda de bandas espectrales de entre 5 y 20 nm. La cantidad de luz reflejada de una muestra se mide para cada longitud de onda del espectro visible (Joiner, 2004).

En comparación con las observaciones realizadas por el ojo humano, se ha descrito que los espectrofotómetros son un 33% más fiables y ofrecen una coincidencia más objetiva en el 93.3% (Chu, Trushkowsky y Paravina, 2010; Lehmann et al., 2011; Niu et al., 2013).

Un espectrofotómetro contiene una fuente de irradiación óptica (Weyhrauch et al., 2015).

La capacidad de un aparato de medición del color de los dientes para producir valores constantes cuando se utiliza en un modo determinado es un factor decisivo en la reproducción del color de las restauraciones dentales. Al principio de la reproducción del color es necesario obtener datos fiables sobre los valores de color y asegurarse de que el dispositivo puede repetir las mediciones con una cierta consistencia. Esta repetitividad es una de las características más importantes de un dispositivo de medición de color dental (Sarafianou et al., 2012).

Hay varios espectrofotómetros disponibles para elegir el color en el ambiente intraoral. El dispositivo Vita EasyShade (VITA Zahnfabrik) es un pequeño espectrofotómetro inalámbrico y portátil que se utiliza para ello. Se ha utilizado con frecuencia para la investigación del color y su fiabilidad en la medición del color ha sido respaldada por varios estudios (Dozic et al., 2007; Lasserre, Pop-Ciutrla y Colosi, 2011; Niu et al., 2013).

Así como en el análisis visual, se debe tener cuidado durante la selección de un color instrumental: los dientes deben estar limpios y secos para capturar el color, ya que la presencia de placa y saliva pueden afectar el color real registrado por el equipo; la sonda debe tocar perpendicularmente el área seleccionada; y se debe realizar un mínimo

de tres lecturas en los tercios cervical, medio e incisal de los tejidos dentales (Chu et al., 2004; Volpato et al., 2010).

Además de que los espectrofotómetros tienen una vida útil más larga que los colorímetros, no se ven afectados por el metamerismo de la muestra o el objeto y, por lo tanto, son más fiables (Ritter, 2010; Shamma y Alla, 2012). Los espectrofotómetros tienen más ventajas sobre los colorímetros para la determinación del color, siendo mayor su nivel de exactitud y precisión (Hirata, 2008). Así pues, además de que los datos espectrofotométricos no se ven afectados por la luz ambiental y la cantidad de luz reflejada por la muestra que se está midiendo en una longitud de onda espectral completa, siguen presentando una coherencia en su lectura, lo que permite una correspondencia correcta con la realidad en el análisis de la muestra (Shamma y Alla, 2012; Vichi et al., 2011).

Hay, también, otros dos métodos instrumentales de medición del color además de los ya descritos: espectralradiómetros y análisis de imágenes digitales (Joiner y Luo, 2017).

Los espectralradiómetros miden cantidades radiométricas (irradiancia, radiancia) emitidas o reflejadas por objetos en el espectro visible. Sus valores colorimétricos se expresan por luminancia y iluminancia y se pueden convertir en coordenadas de color (CIEXYZ, CIELAB y CIECLH). Las principales diferencias entre los espectrofotómetros y los espectralradiómetros son que los espectros radiómetros no tienen fuentes de luz incorporadas y son dispositivos de medición sin contacto. El uso de espectralradiómetros para medir el color de los dientes se ha aplicado en estudios *in vitro* e *in vivo*. Las ventajas de medir el color de los dientes con espectralradiómetros se asocian principalmente con su enfoque de medición sin contacto (Joiner y Luo, 2017).

Otro método de medición del color sin contacto es el uso de imágenes digitales. Las cámaras digitales graban en un material sensible a la luz y generan imágenes representadas por valores de rojo, verde y azul (RGB) para cada píxel. Las ventajas de este método incluyen la medición sin contacto; capacidad para evaluar toda la superficie del diente; se puede minimizar el error sistemático debido a la translucidez y la curvatura de la superficie; proporciona una base de datos permanente de imágenes que se pueden analizar y volver a investigar en una fecha posterior; entrenamiento y operación rápidos y simples, y no requieren un clínico. Un sistema típico de imágenes dentales para la medición del color consta de una cámara digital y una fuente de luz. Para el análisis posterior a la imagen, dado que los valores RGB de la cámara dependen del dispositivo

y están relacionados con la sensibilidad espectral del sensor, los valores RGB se convierten en sistemas de color independientes del dispositivo (CIE XYZ, CIELAB, etc) mediante modelos matemáticos. (Joiner y Luo, 2017).

Las desventajas de las imágenes digitales pocas veces se reportan en la literatura. El metamerismo podría ser un problema potencial cuando diferentes colores de dientes bajo diferentes condiciones de iluminación se ven iguales debido al fenómeno del metamerismo. Por lo tanto, las condiciones de iluminación y visualización para las imágenes digitales son críticas (Joiner & Luo, 2017). Un avance reciente consiste en la incorporación del protocolo eLAB, que permite a los clínicos y ceramistas comunicar el color de forma objetiva utilizando una imagen digital calibrada. En el sistema eLAB requiere un equipo fotográfico y una tarjeta de grises neutra (White_balance by Emulation) y un protocolo fotográfico bien estandarizado. Este protocolo permite la comunicación objetiva del color entre el clínico y el ceramista incrementado la predictibilidad y precisión (Hein, Tapia y Bazos, 2017).

1.2 Propiedades ópticas secundarias

Además del valor, el tono y saturación, hay otras propiedades ópticas secundarias que afectan al aspecto general de los dientes y restauraciones. Entre ellas se encuentran la translucidez, la opalescencia y la fluorescencia. Estas tres propiedades deben imitar las características del diente natural para lograr el éxito clínico de las restauraciones (Joiner, 2004).

1.2.1 Translucidez

La translucidez puede expresarse como un coeficiente de transmisión o como la cantidad de luz que pasa a través de la unidad de espesor del material (Duarte, Perdigão y Lopes, 2003). Así pues, esta propiedad indica la cantidad y la calidad de la reflexión de la luz (Joiner, 2004). Los objetos translúcidos permiten el paso de luz de forma parcial, sufriendo variaciones en menor o mayor grado (Cardoso y Decurcio, 2015).

La translucidez se identifica como uno de los factores fundamentales con respecto a la estética de las restauraciones y es una característica que ha de tenerse en cuenta en la selección de materiales (Kelly, Nishimura y Campbell, 1996). El aumento del espesor

de los tejidos o materiales restauradores, aumenta su translucidez (o lo que es lo mismo, disminuye su opacidad).

Hay algunas diferencias entre la translucidez del esmalte y la dentina. El porcentaje de transmisión de la luz en el esmalte es del 70.1% y en la dentina del 52.6% siendo este último tejido más opaco (Duarte et al., 2003). En el esmalte, el coeficiente de transmisión depende de la longitud de onda de la luz incidente, siendo mayor a longitudes de onda más largas. La translucidez del esmalte varía según el ángulo de incidencia, el brillo de la superficie y el nivel de deshidratación. La dentina pierde opacidad con el paso del tiempo debido a su mayor espesor por la formación de dentina secundaria y esclerosis tubular. En el diente natural, el tercio incisal es más translúcido, ya que el grosor de la dentina es más delgado en esta zona que en el tercio cervical (Duarte et al., 2003). Los materiales de restauración deben imitar las características de translucidez de ambos tejidos. Así pues, se utilizan materiales más opacos para reproducir la dentina y más translúcidos para reproducir el esmalte. Esta técnica permite una disminución progresiva de la saturación desde la zona cervical hasta la incisal, así como desde la parte interna hasta la parte externa de la restauración. En el caso de restauraciones cerámicas, se aplican diferentes incrementos con diferentes opacidades y colores (Duarte et al., 2003).

1.2.2 Opalescencia

La opalescencia es una propiedad óptica que consiste en la dispersión de las longitudes de onda más cortas de la luz visible, dando un aspecto azulado/grisáceo al objeto cuando es observado bajo luz reflejada, y un aspecto anaranjado/marrón en la luz transmitida (Cho, Yu, y Lee, 2009).

Las piedras opalescentes, el cielo y el esmalte de los dientes parecen tener un color cuando reflejan la luz y un color diferente cuando la refractan (Baratieri et al., 2007). La piedra de ópalo da el nombre a esta propiedad. Este mineral es un disilicato acuoso que se comporta como un prisma y descompone la luz transiluminada en sus diferentes espectros por refracción. La dispersión de la luz es causada por partículas dispersas a través un material translúcido. El ópalo consiste en un conjunto tridimensional de esferas de sílice amorfa de igual tamaño (aproximadamente 0.15 μm), de modo que hay una diferencia en los índices de refracción entre las esferas y el espacio entre ellas (Lee, 2016). Los cristales de hidroxiapatita del esmalte también actúan como prismas. Las

distintas longitudes de onda de la luz producen diferentes grados de translucidez a través de los dientes y los materiales de restauración (Lee, 2016).

El esmalte constituye la parte externa de los dientes, y presenta opalescencia, debido a su estructura translúcida, constituida por cristales de hidroxiapatita que también actúan como prismas (Baratieri et al., 2007). Esta propiedad se observa mejor en el borde incisal de los incisivos centrales superiores, en los que se observa un borde azulado denominado halo opalescente (Cardoso y Decurcio, 2015).

Las características translúcidas del esmalte destacan las longitudes de onda más cortas del espectro visible que recae sobre él, reflejando la luz azul-gris, que se hace claramente visible en el halo incisal entre los mamelones de la dentina, que varía según la edad, la forma de los mamelones y la distribución (Duarte et al., 2003; Lee y Yu, 2007).

1.2.3 Fluorescencia

La fluorescencia es un fenómeno luminiscente, puesto que produce una emisión luminosa espontánea por un proceso que no implica calor. Un objeto fluorescente emite parte de la energía luminosa absorbida en una longitud de onda mayor, visible a una velocidad de 10^{-8} segundos. Este comportamiento cesa cuando termina la exposición de energía, lo que difiere del fenómeno de fosforescencia, en el que la emisión continua (Lim y Lee, 2007; Park, Lee y Lim, 2007; Rattle y Bush, 2009). Puede definirse como un tipo de reflejo de un material opaco (Fondriest, 2012).

Se trata de un fenómeno óptico, en el que una sustancia es excitada energéticamente cuando se expone a una luz con longitudes de onda entre 350 y 400 nanómetros (nm), lo que conduce a la elevación de los electrones de la capa más externa de esa sustancia en órbitas de mayor contenido energético. Cuando vuelve a su estado fundamental, el electrón regresa a su órbita normal, emitiendo fotones de energía en forma de luz. Esta emisión de luz se produce sólo durante la exposición del objeto a la fuente de energía (Rafael et al., 2017). Por lo tanto, es una consecuencia de la interacción de la luz con los átomos presentes en la superficie del material (Catelan et al., 2015; Rafael et al., 2017).

La fluorescencia es responsable de la percepción de los dientes más luminosos (Rafael et al., 2017). En 1911, Studel demostró que los dientes naturales emiten una fuerte fluorescencia azul bajo la acción de la luz ultravioleta (UV). Esta propiedad los hace más blancos y brillantes a la luz del día debido a la gran cantidad de luz en el espectro azul

producida por la fluorescencia (Takahashi et al., 2008). La luz del día varía debido al clima u otras condiciones que cambian la cantidad de componente ultravioleta en la luz natural. El nivel del componente UV en la luz del día puede influir en el color de los materiales de restauración fluorescentes (Lee, Kim y Ahn, 2007). También hay una cantidad significativa de luz ultravioleta en ciertas luces artificiales, como las lámparas fluorescentes, los flashes o la luz negra (Dos Reis et al., 2007).

Hay tres tipos de fluorescencia en el diente: la fluorescencia azul, emitida bajo la acción de la luz ultravioleta; la fluorescencia amarilla/naranja emitida bajo la acción de las longitudes de onda del azul y verde; y la fluorescencia en el espectro rojo y el infrarrojo cercano (Hein y Ten Bosch, 2018).

La autofluorescencia es la emisión natural de luz por parte de estructuras biológicas cuando absorben la luz, y se utiliza para distinguir la emisión de luz de los marcadores fluorescentes añadidos artificialmente (fluoróforos) (Lee, 2015; Monici, 2005). La autofluorescencia de los dientes se basa en la presencia de fluoróforos endógenos que constituyen el esmalte y la dentina. La fluorescencia del esmalte se atribuye a sus componentes orgánicos, que aportan menos del 2% de su composición total (Takahashi et al., 2008). La fluorescencia está asociada a la matriz orgánica, por lo que es la dentina la que presenta más intensidad, siendo tres veces mayor que la del esmalte. Existen determinados aminoácidos en las fibras colágenas de la dentina, como el triptófano y la tirosina que proporcionan la fluorescencia (Busato et al., 2006; Takahashi et al., 2008).

Algunas investigaciones sobre dientes utilizando luz UV indicaron que la luz emitida provenía de la matriz orgánica incrustada en la matriz inorgánica de apatito de calcio. Se confirmó que los valores de fluorescencia obtenidos de la hidrólisis de las proteínas de la dentina serían idénticos a los del triptófano y la tirosina (Lee, 2015). La fluorescencia de las proteínas de la dentina calcificada se produce como una combinación de la excitación de tres o más moléculas fluorescentes, tirosina, triptófano y otros grupos de fluoróforos (Lee, 2015).

Sin embargo, según el estudio de Fukushima et al., 1987, la fluorescencia de la dentina se debe a la presencia de un complejo de hidroxiapatita-piridinolina. Según este autor, existe una incoherencia entre la dentina y las moléculas de triptófano, tirosina e hidroxipiridina, ya que estas moléculas tienen un pico de emisión entre 350 y 400 nm,

respectivamente, mientras que la dentina presenta un pico de emisión a 440 nm (Fukushima, Araki, y Yamada, 1987).

Por otro lado, Spitzer y Bosch encontraron que los tejidos dentales tienen diferentes comportamientos ópticos dependiendo de la longitud de onda emitida y, según sus estudios, la hidroxiapatita no jugaría un papel importante en este fenómeno (Spitzer y Bosch, 1976).

Desde entonces, varios estudios han propuesto que varios compuestos luminiscentes son responsables de la fluorescencia dental, como la pirimidina (Hartles y Leaver, 1955), tirosina (Foreman, 1988) y piridinolina (Fukushima et al., 1987). Estos estudios refuerzan la idea de que la fluorescencia dental natural es probablemente el resultado de la acción de muchos agentes, lo que hace que su comportamiento óptico sea aún más difícil de predecir.

Cuanto más mineralizados están los tejidos, menor es la intensidad de la fluorescencia, y ésta es una de las razones por las que la dentina muestra más fluorescencia que el esmalte (Volpato, Pereira y Silva, 2018).

A lo largo de la vida, el esmalte, la dentina y la pulpa sufren cambios notables y, por lo tanto, la fluorescencia de los dientes puede variar según la edad. El esmalte se vuelve más mineralizado con el tiempo debido a la absorción de iones a través de la saliva y los alimentos, y la dentina se vuelve más gruesa con el tiempo, mientras que la pulpa se vuelve menos voluminosa debido a la deposición de la dentina secundaria. La dentina también se vuelve menos permeable como resultado del depósito de dentina peritubular. Todos estos cambios aumentan la saturación cromática de la dentina y al mismo tiempo reducen su opacidad (Lee, 2015). Los cambios que ocurren a lo largo de la vida de la dentina y que cambian su color, también afectan la fluorescencia del diente. La fluorescencia de la dentina actúa como una especie de indicador de maduración del cuerpo humano (Lee, 2015).

Matsumoto et al., 1999, no encontraron diferencias en la intensidad de la fluorescencia y el perfil de los espectros en dientes de individuos de la misma edad (Matsumoto, Kitamura, y Araki, 1999). En el mismo estudio, la correlación entre la edad y la fluorescencia de los dientes en diferentes grupos de edad se realizó mediante el análisis de imágenes digitales. Llegaron a la conclusión de que la fluorescencia disminuía cuando se comparaban los grupos de edad de 21 a 30, 31 a 40, 41 a 50 y 51 a 63 años. La

fluorescencia dental se correlacionó con la edad y tuvo un comportamiento similar y estable de 7 a 21 años, alcanzando su valor máximo a los 26.5 años de edad y luego disminuyó. Sin embargo, cuando se realizan estudios de envejecimiento acelerado, el calor puede actuar como catalizador, degradando la capacidad de los componentes orgánicos, lo que provoca una disminución de la fluorescencia (Matsumoto et al., 1999).

El espectro de fluorescencia de los dientes naturales consiste en una banda de 410 a 420 nm que alcanza lentamente los 500 nm, valor característico del malva. La dentina presenta valores entre <300, 325, 380 y 410 nm, con una correspondencia de emisión máxima a 350, 400, 450 y 520 nm, respectivamente, mientras que el esmalte presenta picos a 285 y 330 nm y una emisión máxima a 360 y 410 nm (Joiner, 2004) (Figura 2).

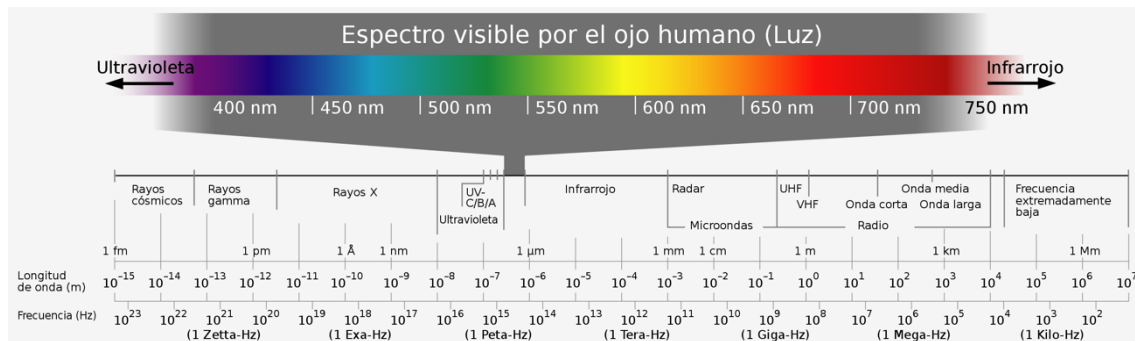


Figura 2: Espectro electromagnético de la luz visible.

Autor: Horst Frank, Jailbird (CC BY-SA 3.0). Disponible en https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum_-de.svg

Debido a una proporción relativamente alta del componente UV en el iluminante estándar CIE D65, que simula la luz del día, la diferencia de color entre los materiales dentales fluorescentes y no fluorescentes aumenta bajo el iluminante D65 en comparación con otros iluminantes estándar (Panzeri, Fernandes y Minelli, 1977).

La temperatura del color y el componente UV concomitante de la luz del día varían, siendo más baja (más roja) al amanecer y al atardecer y más alta (más azul) al mediodía. En un día claro, la temperatura del color del sol y de la luz del cielo es de aproximadamente 5500 grados Kelvin. La luz del cielo nublado puede tener una temperatura de color más alta, dependiendo de la altitud de las nubes. Por lo tanto, el componente UV de la luz del día puede cambiar según la situación (Lee et al., 2007).

Otro parámetro discutido en la literatura es el cambio en la intensidad de la fluorescencia después del blanqueamiento dental. Algunos estudios indican la pérdida de

contenido mineral en el esmalte después del uso de agentes blanqueadores dentales, sin embargo, no hay prácticamente ninguna pérdida en la fluorescencia del esmalte (Caneppele, Torres y Bresciani, 2015). Sin embargo, una disminución significativa del contenido orgánico de la dentina después del uso de peróxido de hidrógeno parece ser responsable de la pérdida de fluorescencia (Caneppele, Torres y Bresciani, 2015). Los cambios observados en la fluorescencia después del blanqueamiento se observaron tanto con la aplicación de peróxido de carbamida al 35% y al 10% (Caneppele, Borges y Torres, 2013).

En un artículo reciente se evaluaron las propiedades fluorescentes de los dientes humanos extraídos y blanqueados con un 40% de peróxido de hidrógeno, observando una reducción significativa de la fluorescencia después del blanqueamiento. Según los autores, la reducción resultó de dos mecanismos: la absorción de parte de la radiación UV en el diente, que redujo la cantidad de excitación causada por la fluorescencia y la absorción de parte de esta radiación emitida en la región del espectro azul (Pereira Sanchez et al., 2017).

Es importante señalar que la emisión de fluorescencia de una luz ambiental UV se utiliza más comúnmente para evaluar la estética de una restauración que la emitida por una luz UV artificial. Sin embargo, además de ayudar a la estética, la fluorescencia también ha demostrado ser eficaz para identificar caries (lesiones de mancha blanca que son apenas fluorescentes), cálculos salivales (que emiten fluorescencia naranja/roja), cálculos dentales supra y subgingivales (que también emiten fluorescencia naranja/roja) y materiales de restauración estética (para ayudar a la eliminación de restauraciones antiguas) (Volpato et al., 2018).

Existen varios métodos para cuantificar y analizar la intensidad de emisión de fluorescencia de los materiales. Entre ellos se encuentran las fotografías del material aplicación iluminación con luz ultravioleta, proporcionando resultados cualitativos, y por tanto subjetivos y dependientes de varios factores, como el tipo de cámara, el tipo de flash o de luz y el observador (Gamborena y Blatz, 2011; Lee, Lu, y Powers, 2006). También hay métodos alternativos, como los fluorímetros y los espectrofluorómetros, que dan lugar a mediciones cuantitativas que no están tan limitadas como los métodos fotográficos (Suputtamongkol et al., 2013).

En los estudios que realizan análisis de fluorescencia mediante la captura de imágenes bajo luz ultravioleta, éstas se procesan en un software que analiza la

fluorescencia del material de restauración y la compara con el área dental adyacente (Dos Reis et al., 2007). Cuando se analizan las fotografías, la intensidad de la fluorescencia se calcula convirtiendo la imagen en color en una imagen en escala de grises. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$I = 0.299 VR + 0.587 VG + 0.114 VB,$$

Las siglas VR, VG y VB corresponden a los valores digitales de los colores primarios rojo (VR), verde (VG) y azul (VB), donde los valores por debajo de 0.06 se consideran aceptables (la fluorescencia del material coincide con la fluorescencia del área dental adyacente) y los valores por encima de 0.06 no lo son (la fluorescencia del material difiere de la fluorescencia de la estructura dental) (de Lima et al., 2015; Volpato et al., 2018).

Sin embargo, en la mayoría de los estudios se utilizan dispositivos de medición más sofisticados, como los fluorómetros (Ameer y Sc, 2015; Antonov et al., 2016; Catelan et al., 2015; Ecker et al., 1985; Gawriolek et al., 2012; Jablonski et al., 2014; Meller y Klein, 2015; Peplinski, Wozniak, y Moser, 1980; Takahashi et al., 2008; Tani et al., 2004; Volpato et al., 2018; Wozniak y Moore, 1978).

Los fluorómetros, también conocidos como espectrofluorómetros o espectrómetros de fluorescencia, son dispositivos utilizados para medir los parámetros de fluorescencia, en varias longitudes de onda. Un espectro de emisión corresponde a la distribución de intensidad de la longitud de onda de fluorescencia emitida a una longitud de onda de excitación constante. Por otra parte, un espectro de excitación indica la dependencia de la intensidad de emisión, medida a una sola longitud de onda de emisión, cuando la longitud de onda de excitación es variada. Estos espectros pueden presentarse en diferentes escalas, como la energía o el número de ondas, pero la más común es la escala de longitudes de onda (en nm) (Volpato et al., 2018).

Los fluorómetros tienen una fuente de excitación de luz, que corresponde en la mayoría de los casos a una lámpara de xenón, que produce un espectro continuo que comienza en el espectro de luz UV, cubre toda la región de luz visible y se extiende hasta cerca de la región infrarroja. Dos monocromadores acoplados al equipo seleccionan las longitudes de onda de excitación y emisión, mientras que las rendijas controlan el ancho de banda de la luz que pasa a través de los monocromadores. La fluorescencia se recoge mediante detectores de luz como tubos fotomultiplicadores, dispositivos de acoplamiento de carga o semiconductores de óxido metálico complementarios y se cuantifica mediante

dispositivos electrónicos. Los resultados se muestran gráficamente y almacenan digitalmente. Estos dispositivos son capaces de analizar muestras sólidas o líquidas. En el caso de las muestras sólidas, el soporte tiene una varilla metálica flexible que captura las muestras y, al mismo tiempo, permite colocarlas en la geometría frontal o, si se utiliza la geometría de ángulo recto, la muestra se coloca a 45° del haz de emisión (Volpato et al., 2018).

Los primeros fluorómetros fueron construidos por Benedict en 1928 (Benedict, 1928) y Forziati en 1963 (Forziati, Kumpula, y Barone, 1963). Desde entonces, se han desarrollado versiones más sofisticadas. Con estos dispositivos se puede obtener la intensidad de la fluorescencia en función de la longitud de onda y se pueden obtener espectros tridimensionales mediante mediciones de luminiscencia basadas en longitudes de onda con intervalos de excitación de 10 nm (Tani et al., 2004).

En un espectro tridimensional, uno de los espectros representa la longitud de onda de excitación, el otro la onda de emisión y el tercero la intensidad de la emisión de fluorescencia (Gawriolek et al., 2012).

La emisión de fluorescencia total puede calcularse como el volumen entre la superficie de la intensidad de la fluorescencia, teniendo en cuenta los planes de emisión y excitación (Volpato et al., 2018).

La fluorescencia también se puede caracterizar por la máxima fluorescencia (en unidades de fluorescencia relativa), que corresponde a la longitud de onda de excitación y emisión (en nanómetros) (Volpato et al., 2018).

Como se ha mencionado anteriormente, algunos estudios utilizan espectrómetros y espectrofotómetros en el análisis de fluorescencia (Alves et al., 2010; Da Silva et al., 2014; Monsénego et al., 1993; Panzeri et al., 1977). Son dispositivos que se utilizan para obtener espectros ópticos y pueden detectar ondas en todo el espectro electromagnético, desde las ondas de radio hasta la radiación gamma. Un espectrofotómetro se considera un espectrómetro, y mide y registra la intensidad de la luz radiante reflejada por un objeto o transmitida a través de él en una longitud de onda determinada. Su banda espectral incluye UV, visible e infrarrojo. Los modelos más avanzados son los que tienen una esfera integrada, también llamada esfera óptica, en la que la luz reflejada por la muestra se recoge desde diferentes ángulos y direcciones. Los valores registrados de transmisión y reflexión se expresan como porcentaje de la luz incidente, mientras que la

absorbancia se obtiene mediante una simple operación matemática sobre la transmitancia (Sharma, Wu y Dalal, 2005). Sus mediciones también pueden expresarse en luminosidad (L^*), croma a (a^*) y croma b (b^*), que representan las coordenadas básicas para calcular las diferencias de color en los diferentes sistemas colorimétricos (por ejemplo, CIELAB y CIEDE 2000) (Sharma et al., 2005).

Algunos estudios asociaron los aditamentos de fluorescencia (Panzeri et al., 1977) o las fibras ópticas (Alves et al., 2010; Da Silva et al., 2014) a estos dispositivos con el fin de registrar los valores de fluorescencia obtenidos de las muestras. Sin embargo, el pequeño número de estudios indica que estas fuentes deben ser estudiadas más a fondo para su validación científica (Volpato et al., 2018).

Así pues, se utilizan diferentes métodos para el análisis y la medición de la fluorescencia, que es un fenómeno óptico complejo asociado a un secreto industrial sobre las especies luminiscentes presentes en la composición de los materiales. En la mayoría de los casos, sólo se informa de la presencia o ausencia de fluorescencia (Volpato et al., 2018).

1.3 Carillas de cerámica

La demanda de tratamientos dentales estéticos por parte de los pacientes ha llevado a la introducción de técnicas destinadas a restablecer o mejorar la apariencia natural de la dentición, con especial énfasis en el segmento anterior (Araujo & Perdigão, 2021). La evolución de los materiales cerámicos y desarrollo de la adhesión ha impulsado el desarrollo de restauraciones totalmente cerámicas, funcionales, duraderas y al mismo tiempo estéticas. Las carillas cerámicas, cuando están correctamente indicadas, representan la mejor opción restauradora con capacidad para reproducir las características ópticas de los dientes naturales, además de restaurar o simular la rigidez del diente para así restablecer las propiedades mecánicas del mismo (Cardoso y Decurcio, 2015).

Desde la introducción de las cerámicas grabables con ácido a principios de la década de 1980, las carillas de porcelana se han utilizado ampliamente en Odontología (Barizon et al., 2014; Kelly et al., 1996).

Las carillas de cerámica se diferencian de la mayoría de las otras restauraciones en Odontología en la medida en que la mayoría son restauraciones electivas, generalmente colocadas en ausencia de enfermedad y solo por motivos estéticos (Burke, 2012). Hoy en día, las carillas se utilizan principalmente para optimizar la forma y la posición de los dientes, cerrar diastemas, reemplazar restauraciones de resina compuesta, restaurar dientes con desgastes incisales o erosión dental y enmascarar o reducir la discoloración dental (Beier y Dumfahrt, 2012; Friedman, 2001; Magne y Belser, 2022). Sin embargo, la salud y la preservación del tejido dental nunca debe comprometerse para obtener un resultado estético inmediato y a corto plazo. Es fundamental realizar una adecuada selección del tratamiento más conservador y realizar una técnica adecuada, valorando otras opciones de tratamiento más conservadoras como son el blanqueamiento dental o restauraciones directas de composite, especialmente en pacientes muy jóvenes, pero también en pacientes de todos los grupos de edad (Hirata et al., 2022). Aunque las carillas cerámicas implican un desgaste mínimamente invasivo en comparación con el tratamiento de coronas, es importante valorar la indicación de cada caso, ya que también son más susceptibles de intervenciones futuras si no están bien indicadas (Cardoso y Decurcio, 2015).

La conservación del esmalte es fundamental para el éxito a largo plazo de las carillas cerámicas, ya que requieren una adhesión óptima entre la carilla y la estructura dental. Por lo tanto, lo ideal es que las preparaciones permanezcan dentro de la estructura del esmalte (Aslan, Uludamar y Özkan, 2019; Gurel et al., 2013; Jankar et al., 2014). Dependiendo de la situación clínica pueden realizarse diferentes tipos de preparación dental, incluso no realizar preparación o que ésta sea mínima (Gordon, 2006). La planificación y el diseño de la preparación tiene gran influencia en el éxito del tratamiento (Aslan et al., 2019; Edelhoff y Sorensen, 2002; Gurel et al., 2012; Gurel et al., 2013). La cantidad de dentina expuesta podría ser un factor de riesgo para el fracaso clínico de las restauraciones de carillas de cerámica (Burke, 2012; Morimoto et al., 2016). El fracaso se atribuye a dos aspectos principales. En primer lugar, la adhesión a la dentina sigue siendo inferior a su unión al esmalte, y por otro lado, la mayor exposición de la dentina durante la preparación conduce a una mayor flexibilidad del diente preparado, y mayor riesgo de fractura debido a la alta rigidez de la cerámica. Cuando se utilizan carillas extendidas como tratamiento sustituto de una corona de cobertura total, normalmente se presentan grandes áreas de dentina expuesta (Rinke et al., 2020). Según una sistemática realizada por Morimoto et al., la influencia de la exposición de la dentina en el fracaso de la restauración sigue sin estar clara (Morimoto et al., 2016), debido a que se necesitan más estudios clínicos con periodos de observación a largo plazo (Rinke et al., 2020).

Varios estudios clínicos longitudinales han documentado la longevidad de las restauraciones de carillas de cerámica anteriores utilizando una variedad de materiales y técnicas con periodos de observación de hasta 20 años (Layton y Clarke, 2013; Layton y Walton, 2011; Rinke et al., 2020). Sobre la base de los resultados de las revisiones sistemáticas actualmente disponibles, se calcularon tasas de supervivencia a 5 años del 92.4-95.7% para las carillas de cerámicas vítreas (Layton y Clarke, 2013; Rinke et al., 2020). Mihali et al., 2022, concluyeron que el uso de carillas de cerámica feldespática en una práctica privada, utilizando métodos de preparación mínimamente invasivos, logró una tasa de éxito global del 91.77% durante un período de 7 años (Mihali et al., 2022). Dúran Ojeda et al., (2022), estudiaron la tasa de éxito de las carillas cerámicas durante 8 años y concluyeron que las carillas laminadas parciales mostraron buenas tasas de supervivencia durante el seguimiento a largo plazo. Los principales problemas observados estaban relacionados con la calidad de los márgenes, la falta de coincidencia de color y la integridad de la restauración. Sin embargo, en la mayoría de los casos, no fue necesario reemplazar la restauración (Dúran Ojeda et al., 2022).

Las principales causas de fracaso de las cerámicas, son la fractura, microfiltración y descementación (Cardoso y Decurcio, 2015).

1.3.1 Sistemas cerámicos

El término cerámica deriva de la palabra griega "keramos", que significa tierra quemada (Rosenblum y Schulman, 1997), ya que sus componentes básicos consistían en arcillas calentadas, procedentes de la tierra, utilizadas para fabricar piezas de cerámica (Giordano y McLaren, 2010). La palabra "cerámica" denota una clase de productos preparados a partir de materiales inorgánicos no metálicos mediante cocción y sinterización a altas temperaturas con gas a alta presión (Alayad et al., 2020).

Las cerámicas se definen como materiales inorgánicos y no metálicos (Giordano et al., 2022). Para distinguirlas de las rocas y minerales, la cerámica se define como materiales sólidos formados por la cocción de minerales a altas temperaturas (Rosenblum y Schulman, 1997), enfriamiento de compuestos crudos como carburos, boruros, nitruros, óxidos metálicos y múltiples mezclas de estos materiales (Giordano y McLaren, 2010; McLaren y Figueira, 2015).

En cuanto a su constitución química, contienen principalmente silicio (Si), generalmente en forma de sílice (óxido de silicio - SiO_2) o numerosos silicatos. Estos últimos tienen si-tetraedros como unidades constituyentes (Li, Chow, y Matinlinna, 2014).

Existen gran cantidad de cerámicas en el mercado y se han utilizado diferentes criterios para clasificarlas, según su indicación, composición, técnica de confección, capacidad de ser grabadas, según su temperatura de fusión, o según su resistencia mecánica (Mallat, Cadalfach y De Miguel, 2018).

Según la forma de procesado, las cerámicas pueden ser inyectadas, cerámicas sinterizadas y cerámicas fresadas.

Según el tratamiento que pueda aplicarse antes de ser cementadas, se clasifican en cerámicas que se pueden grabar o acondicionables (cerámicas feldespáticas y cerámicas vítreas, ricas en sílice) y cerámicas que no se pueden grabar, resistentes al grabado con ácido fluorhídrico (cerámicas policristalinas). Las cerámicas grabables incluyen en su composición una proporción significativa de sílice para que puedan grabarse mediante ácido fluorhídrico y acondicionarse con silano (Mallat, Cadalfach y De Miguel, 2018).

Esto permite que estas cerámicas puedan cementarse de forma adhesiva. Presentan mayor estética, translucidez y menor resistencia a la fracturas que las cerámicas ricas en óxidos metálicos (no grabables) (Cardoso y Decurcio, 2015).

De acuerdo a la composición química, las cerámicas pueden clasificarse siguiendo la clasificación de Gracis et al., (2015) (Figura 3).

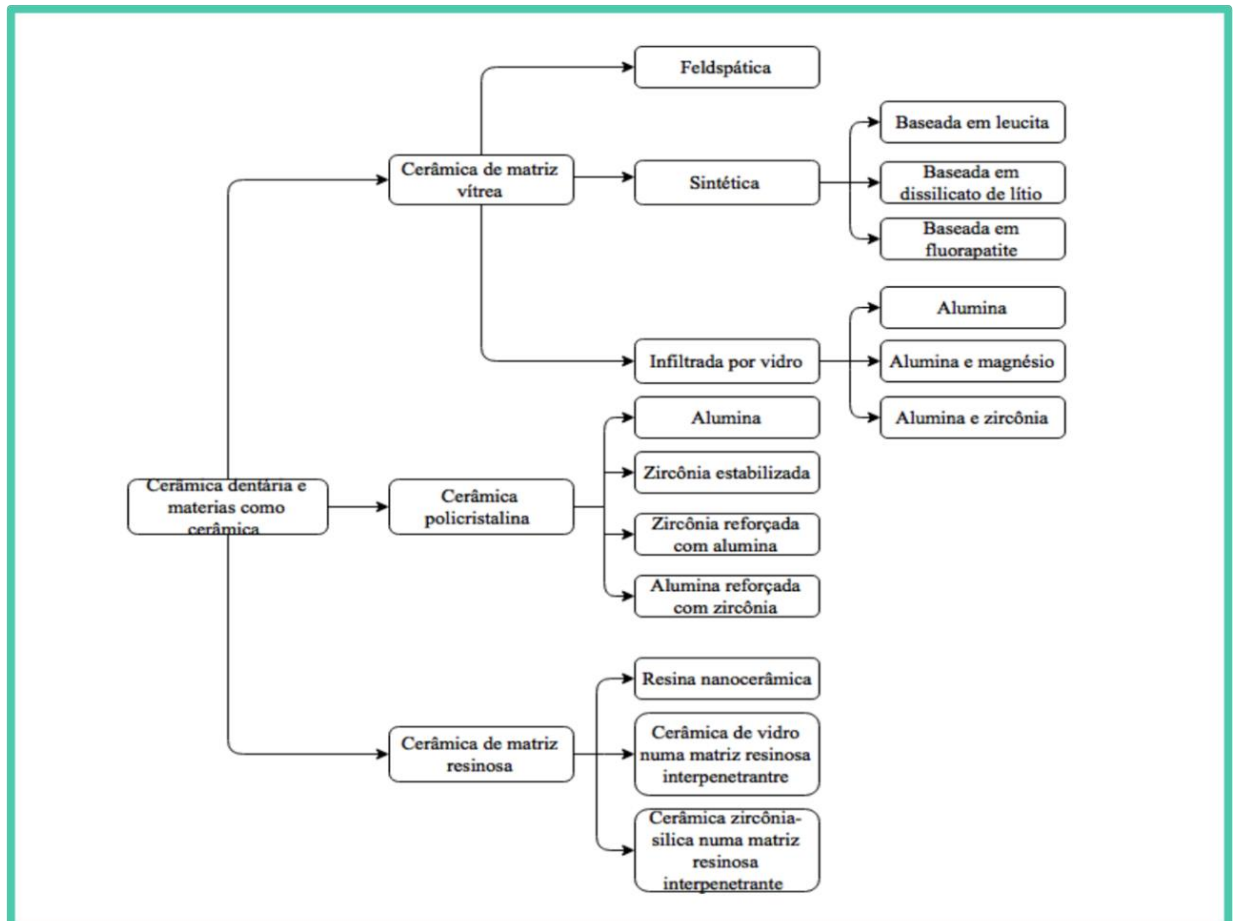


Figura 3: Clasificación de las cerámicas dentales (Gracis et al., 2015).

1. Cerámicas de matriz vítrea: materiales cerámicos inorgánicos y no metálicos que contienen una fase vítrea. Esta familia de cerámicas se subdivide en tres grupos: cerámicas feldespáticas, cerámicas sintéticas y cerámicas infiltradas con vidrio.
2. Cerámicas policristalinas: materiales cerámicos inorgánicos y no metálicos que no contienen ninguna fase vítrea. Este tipo de cerámicas son subdivididas en los siguientes grupos: alúmina, circonio estabilizada, alúmina reforzada con circonio y circonio reforzado con aluminio.

3. Cerámicas de matriz de resina: matrices de polímero que contienen predominantemente compuestos refractarios inorgánicos, pudiendo incluir cerámicas y cristales, siendo la matriz de resina el componente fundamental (Gracis et al., 2016). Este tercer grupo, se divide en varios subgrupos según su composición (cerámica y/o resina) (Gracis et al., 2016). Incluimos en este grupo un material híbrido, de reciente incorporación en el mercado, consistente en una red cerámica infiltrada por polímero (PICN). El único material disponible en el mercado es VITA Enamic (VITA Zahnfabrik).

1.3.1.1 Cerámicas de matriz vítrea

La vitrocerámica sintética fue descubierta casualmente por Stanley Donald Stookey en 1953 (Fu, Engqvist, y Xia, 2020).

Las vitrocerámicas dentales son muy atractivas para los dentistas y los pacientes debido a su combinación de excelentes propiedades físicas y químicas, como una estética excepcional, translucidez, baja conductividad térmica, resistencia adecuada, biocompatibilidad, resistencia al desgaste y durabilidad química (Fan et al., 2022; Fu et al., 2020; Ritzberger et al., 2010).

Actualmente, las vitrocerámicas dentales más utilizadas, más resistentes y más resistentes son las fabricadas con disilicato de litio (Fu et al., 2020; Willard y Chu, 2018).

1.3.1.1.1 Cerámica Feldespática

Las primeras porcelanas de uso dental tenían la misma composición que las porcelanas utilizadas en la elaboración de piezas artísticas (Martínez et al., 2007).

Este grupo tradicional de cerámica está compuesto por tres elementos básicos: feldespato natural (una mezcla de aluminosilicatos de potasio y sodio), cuarzo (sílice, SiO_2) y caolín (aluminosilicato hidratado). El feldespato de potasio ($\text{K}_2\text{A}_{12}\text{Si}_6\text{O}_{16}$) forma cristales de leucita (fase cristalina) que, dependiendo de la cantidad, no solo aumenta la resistencia intrínseca de la restauración, sino que también hacen que esta porcelana sea adecuada como material de revestimiento de estructuras metálicas o de cerámicas (Gracis et al., 2016). El feldespato, al descomponerse en vidrio, es el responsable de la translucidez de la porcelana. El cuarzo constituye la fase cristalina, aumentan la resistencia

del material. El caolín confiere plasticidad (Martínez et al., 2007) y aumenta la resistencia a la tenacidad de la cerámica (Shi et al., 2022). Puesto que el caolín es opaco, para garantizar la naturalidad de la cerámica, la proporción de caolín no debe ser demasiado alta. Además se incorporan colorantes para ajustar las distintas tonalidades, y fundentes (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018; Ho y Matinlinna, 2011).

Las cerámicas altamente estéticas son predominantemente vítreas, son los mejores materiales para reproducir las propiedades ópticas del esmalte y de la dentina (Cardoso y Decurcio, 2015). La cerámica feldespática se considera el material cerámico de mayor translucidez. Posee unas excelentes propiedades ópticas, por lo que se le considera el "patrón oro" de material estético (Shi et al., 2022), y material de primera elección de carillas cerámicas durante muchos años (Araujo y Perdigão, 2021). Además, es un material biocompatible y resistente a la degradación química y al desgaste (Anusavice, 1992; Araujo y Perdigão, 2021). Debido a su fragilidad, resistencia a la tracción y a la flexión relativamente bajas e insuficiente tenacidad a la fractura, se asocian problemas de fractura en las restauraciones, así como desgaste en los dientes antagonistas (Araujo y Perdigão, 2021; Conrad, Seong y Pesun, 2007).

Actualmente se utiliza para el recubrimiento de estructuras metálicas y cerámicas policristalinas o vítreas reforzadas por partículas, así como para la confección de restauraciones cementadas sobre el sustrato dental, como carillas y incrustaciones.

La supervivencia estimada a los 9 años de las carillas de porcelana feldespática es ligeramente inferior a las de cerámica vítreas más recientes, como la fluorapatita, la leucita o el disilicato de litio (Araujo y Perdigão, 2021; Morimoto et al., 2016).

En este grupo de cerámicas se incluye la CEREC Blocs (Dentsply Sirona) usada en el presente estudio.

1.3.1.1.2 Cerámicas sintéticas (cerámicas a base de leucita; cerámica de disilicato de litio y derivados y cerámicas a base de fluorapatita)

Para ser menos dependientes de los recursos naturales, la industria con la intención de mejorar las propiedades mecánicas como resistencia, expansión térmica y contracción, los fabricantes añadieron partículas a la composición básica de las cerámicas vítreas. Estas partículas son generalmente cristalinas (Cardoso y Decurcio, 2015; Kelly, 2004). La

composición varía entre fabricantes, pero comúnmente se incluyen dióxido de silicio (SiO_2), óxido de potasio (K_2O), óxido de sodio (Na_2O) y óxido de aluminio (Al_2O_3). La fase vítrea se puede combinar con cristales de apatita, además de leucita, para obtener una expansión térmica compatible con metales y mejorar la resistencia (Gracis et al., 2016).

Las cerámicas reforzadas de leucita, se les adicionó cerca del 55% en peso de cristales de leucita a la matriz vítrea, con el objetivo de aumentar su resistencia, obteniendo una cerámica con buena translucidez, sin necesidad de utilizar un núcleo (Cardoso y Decurcio, 2015).

La cerámica vítrea reforzada de disilicato de litio es actualmente el material cerámico más popular para carillas, inlays, onlays y coronas anteriores. El sistema IPS Empress II (Ivoclar Vivadent) consta de una cerámica feldespática reforzada con disilicato de litio y ortofosfato de litio. Estos cristales refuerzan la resistencia de la cerámica pero en cambio aumentan su opacidad, por lo que es necesario recubrir con otra cerámica feldespática de tipo convencional (Martínez et al., 2007). La cerámica Empress II mejoró hasta tres veces más la resistencia a la flexión de la cerámica IPS Empress.

En 2005, se desarrolló la cerámica IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent), que consiste en una cerámica reforzada solamente con cristales de disilicato de litio que mejoró las propiedades físicas y translucidez, pudiéndose utilizar también como material de revestimiento y para la confección de restauraciones cementadas indirectas. La cerámica IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent) utiliza la técnica de inyección, mientras que la cerámica IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) utiliza la tecnología asistida por ordenador (CAD/CAM, Computer Aid Design-Computer Aid Machining) (Cardoso y Decurcio, 2015; Martínez et al., 2007).

Recientemente, ha aumentado el interés en el uso de cerámicas de disilicato de litio para carillas de porcelana laminada debido a sus propiedades ópticas y propiedades mecánicas superiores en comparación con las cerámicas vítreas existentes (Aldryhim et al., 2021).

Este material puede utilizarse para confección de carillas, siendo el espesor mínimo de las carillas de 0.3 mm cuando se utiliza con la técnica de inyección (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent), o 0.4 mm cuando se utiliza la versión CAD/CAM (IPS e.max CAD), de acuerdo al fabricante (Araujo y Perdigão, 2021). Estudios clínicos con restauraciones de

carillas han dado como resultado excelentes tasas de supervivencia (Araujo y Perdigão, 2021; Morimoto et al., 2016). También se utilizan para coronas unitarias. Sin embargo, el uso de disilicato de litio para prótesis parciales fijas o puentes no ha tenido tanto éxito, y sólo se recomienda incluir hasta el segundo premolar (Araujo y Perdigão, 2021; Höland et al., 2000).

Un tipo más reciente de vitrocerámica de silicato de litio se conoce como vitrocerámica de disilicato de litio reforzada con circonio (Vita Suprinity, VITA Zahnfabrik) y Celtra Duo (Dentsply Sirona). Básicamente, es un material con cristales de metasilicato de litio y 10% de granos de circonio dispersos, que no parecen reforzar la estructura. La circonio permanece amorfa y agregada a la matriz vítrea (Araujo y Perdigão, 2021; Riquieri et al., 2018). Los resultados clínicos a corto plazo han sido decepcionantes debido a las fracturas al cabo de 1 año (Araujo y Perdigão, 2021; Christensen, 2018).

1.3.1.1.3 Cerámicas infiltradas con vidrio (alúmina; alúmina y magnesio; alúmina y circonio)

El primer material infiltrado con vidrio, In-Ceram Alumina (VITA Zahnfabrik), fue introducido en 1989, y fue el primer sistema cerámico indicado para restauraciones unitarias y prótesis fijas anteriores de tres elementos. Se fabrica utilizando la técnica "Slip cast". Una suspensión densa de Al_2O_3 se sinteriza en una matriz refractaria y, después de formar un esqueleto poroso de partículas de alúmina, se realiza una infiltración con vidrio de lantano en una segunda cocción para infiltrar la porosidad y aumentar la resistencia. Se observan tres tamaños diferentes de partículas de alúmina, incluyendo granos grandes alargados, partículas facetadas y granos esféricos de menos de 1 μm de diámetro. Debido a su opacidad, se requiere una estratificación de carillas de porcelana. La composición, según el fabricante, es Al_2O_3 (82 %), La_2O_3 (12 %), SiO_2 (4,5 %), CaO (0.8 %) y otros óxidos (0,7 %) (Gracis et al., 2016). También están disponible el sistema Vitablocks In-Ceram Alumina (VITA Zahnfabrik) para ser procesado mediante técnica CAD/CAM (Gracis et al., 2016)

In-Ceram Spinell (VITA Zahnfabrik), introducido en 1994, surge como alternativa al In-Ceram Alumina y se procesa de manera similar, pero el vidrio se infiltra con una mezcla de aluminio y magnesio ($MgAl_2O_4$) en la estructura, lo que la vuelve más

translúcida (Cardoso y Decurcio, 2015; Gracis et al., 2016). Sin embargo, su resistencia es menor y está indicado para coronas en dientes anteriores.

In-Ceram circonio es una modificación de In-Ceram Alumina donde se agrega óxido de zirconio parcialmente estabilizado a la composición de Al_2O_3 para fortalecer la cerámica, obteniendo una resistencia a la flexión mayor en un 20%. Permite la confección de coronas en dientes posteriores y prótesis fijas de tres elementos. Puede fabricarse mediante “Slip-casting” o mecanizado de bloques parcialmente sinterizados (Cardoso y Decurcio, 2015; Gracis et al., 2016).

El uso de esta clase de materiales se ve disminuido debido a la creciente popularidad del disilicato de litio y la circonio, particularmente para la fabricación CAD/CAM (Gracis et al., 2016).

1.3.1.2 Cerámicas Policristalinas

Presentan una estructura cristalina de grano fino, que les confiere resistencia y tenacidad a la fractura. Son exclusivamente producidos por tecnología CAD/CAM. Sus átomos están densamente empaquetados en disposición regular, lo que hace que estos materiales sean extremadamente resistentes a la propagación de grietas y tengan un comportamiento mecánico muy superior a las cerámicas vítreas. La ausencia de fase vítrea, hace que estas cerámicas no sean sensibles al ácido fluorhídrico. Presentan además una translucidez limitada (Gracis et al., 2015; Kelly 2016; Cardoso y Decurcio, 2015). Todas estas características, permiten su indicación para la confección de infraestructuras de coronas y puentes, que serán revestidas por cerámicas vítreas (Cardoso y Decurcio, 2016). Estas cerámicas se clasifican en alúmina, circonio estabilizado, y circonio reforzado con alúmina (Gracis et al., 2015). Dado que no están indicadas para el tratamiento de carillas, no las describiremos en el presente trabajo.

1.3.1.3 Cerámicas con matriz de resina

Esta categoría comprende materiales con una matriz orgánica integrada por partículas cerámicas (Gracis et al., 2016). La lógica de los fabricantes para desarrollar materiales cerámicos de matriz de resina fue la de obtener materiales que simulen más fielmente el módulo de elasticidad de la dentina en comparación con las cerámicas

tradicionales; desarrollar un material más fácil de fresar y ajustar que las cerámicas de matriz vítrea o cerámicas policristalinas; y facilitar la reparación o modificación con resina compuesta (Gracis et al., 2016). La composición cerámica de matriz de resina varía sustancialmente, pero están formuladas específicamente para CAD/CAM (Gracis et al., 2016). Actualmente, los materiales cerámicos de matriz resinosa se pueden dividir en varias subfamilias.

Resina nanocerámica

- Las resinas nanocerámicas, consisten en una matriz de resina altamente curada reforzada con aproximadamente 80% en peso de partículas de nanocerámica (Gracis et al., 2016). Estos materiales CAD/CAM se basan en una resina compuesta preprocesada (Araujo & Perdigão, 2021; Wendler et al., 2017), que contienen nanopartículas (Araujo y Perdigão, 2021; Yoshihara et al., 2017). La mayoría de las propiedades mecánicas de esta familia de materiales son peores que las de las vitrocerámicas (Araujo y Perdigão, 2021; Rosentritt et al., 2020). Además, algunos de estos materiales sufren degradación con el envejecimiento en agua y fatiga térmica (Araujo y Perdigão, 2021; Rosentritt et al., 2020), así como cambios de color inaceptables cuando se utilizan para carillas *in vitro* (Araujo y Perdigão, 2021; Arif, Yilmaz y Johnston, 2019). Su uso para restauraciones de carillas anteriores no ha sido respaldado por estudios clínicos, a pesar de ser recomendado por varios fabricantes. (Araujo y Perdigão, 2021)

Vitrocerámica en una matriz interpenetrante de resina

- Red cerámica infiltrada por polímero. Por lo general, se compone de una red dual: una red de cerámica feldespática y una red de polímeros. La composición específica de la pieza cerámica es 58% a 63% SiO_2 , 20% a 23% Al_2O_3 , 9% a 11% Na_2O , 4% a 6% K_2O , 0,5% a 2% B_2O_3 , menos de 1% de Zr_2O y CaO . La red de polímeros está compuesta por dimetacrilato de uretano (UDMA) y dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA). Es una cerámica híbrida (Gracis et al., 2016). Vita Enamic (VITA Zahnfabrik) es el material de red cerámico infiltrado con polímero más popular. Está compuesto por una estructura de doble red de cerámica infiltrada con polímeros. La parte orgánica es UDMA y TEGDMA (14% en peso), mientras que la parte inorgánica es una red de cerámica feldespática (86% en peso) (Araujo y Perdigão, 2021; Bello et al., 2019; Egilmez et al., 2017; Elsaka, 2015). Se desarrolló para reemplazar la cerámica vítrea en algunas

indicaciones clínicas, incluidas coronas, inlays/onlays y carillas oclusales. Algunas propiedades físicas, como el módulo de elasticidad, pueden ser más favorables que las del disilicato de litio (Araujo y Perdigão, 2021; Spitznagel, Boldt y Gierthmuehlen, 2018). Los datos disponibles no demuestran que el comportamiento de estos materiales híbridos superan el de disilicato de litio (Araujo y Perdigão, 2021).

1.3.2 Propiedades ópticas de las cerámicas

Es importante conocer los requisitos clínicos de las restauraciones para poder seleccionar el material adecuado que cumpla los requerimientos funcionales y estéticos.

Las propiedades de las cerámicas son diferentes de acuerdo a su composición, microestructura y según su procesado. En particular, esta interacción está bien demostrada con el uso de cerámicas CAD/CAM que tienen la misma microestructura y composición química pero se procesan de manera diferente, lo que lleva a una mejora en propiedades como la resistencia a la flexión y en las tasas de éxito clínico (Giordano li, 2022).

Las carillas de cerámica son restauraciones indirectas más conservadores que las coronas y se indican para mejorar la sonrisa, devolviendo el color, la forma y la función adecuados de los dientes estéticamente comprometidos (Radz, 2011). Se utilizan para cerrar diastemas, restaurar defectos morfológicos y estructurales, y mejorar el aspecto estético de los dientes oscurecidos (Chen et al., 2015).

Los tratamientos de carillas cerámicas son tratamientos predecibles, con excelentes resultados estéticos, y menos invasivos en comparación con el tratamiento mediante coronas. El desarrollo de los procedimientos adhesivos y cementos de resina y materiales cerámicos, ha hecho posible la confección de carillas cerámicas con espesores reducidos, que requieren una preparación mínima de la estructura dental (Magalhães et al., 2013).

Las cerámicas vítreas dentales son el material de elección para la confección de carillas ya que tienen excelentes propiedades como la estabilidad del color, la translucidez y una gran capacidad para imitar la estructura dental, ya que es el material que más fielmente reproduce las propiedades ópticas del diente (Wang, Takahashi y Iwasaki, 2013).

En comparación con los materiales de resina, las carillas cerámicas tienen varias ventajas, como la biocompatibilidad, el aspecto natural y la alta tasa de éxito (Chen et al., 2015).

La diferente composición y microestructura de los sistemas cerámicos, determina diferentes propiedades ópticas. El aumento del contenido cristalino para obtener una mejor resistencia generalmente resulta en una mayor opacidad (Luo y Zhang, 2010).

Cuanto más translúcidos son los sistemas cerámicos, mayor será la transmisión de la luz a través del material y más natural será el aspecto final (Dede et al., 2017; Kürklü et al., 2013) (Figura 4).



Figura 4: Efecto de translucidez en cerámicas dentales. Imagen cedida por el doctor Paulo Monteiro

Sin embargo, la translucidez de los materiales cerámicos aumenta la complejidad de la elección del color y el resultado final puede verse fácilmente afectado por diferentes factores (Dede et al., 2017).

La translucidez de las cerámicas, permite la reproducción de las características ópticas de los dientes naturales. Las restauraciones totalmente cerámicas, permiten que la luz se transmita a través de la corona, creando una mejor estética en comparación con las coronas de metal-cerámica que reflejan la mayor parte de la luz y bloquean el paso de luz a través del metal.

La translucidez de las restauraciones totalmente cerámicas permite que el color del diente preparado influya en el color final de la restauración (Ishikawa-Nagai et al., 2010). Esta propiedad es altamente dependiente de la dispersión de la luz. Si la cantidad

de luz que pasa a través de una cerámica se dispersa internamente y se refleja mal, el material aparecerá opaco; si sólo una parte de la luz se dispersa y una gran parte se transmite, el material aparecerá translúcido. La cantidad de luz que se absorbe, refleja y transmite depende de la cantidad de cristales contenida en la matriz vítrea, su naturaleza química y el tamaño de las partículas en relación con la longitud de onda de la luz incidente (Heffernan et al., 2002). Las partículas de tamaño similar a la longitud de onda son las que tienen el mejor efecto de dispersión. Los materiales de pequeño tamaño de partículas (aproximadamente $0.1 \mu\text{m}$) son menos opacos cuando la luz visible los atraviesa, con menos refracción y absorción, a pesar de la mayor dispersión de un mayor número de partículas. Las partículas más grandes, de unos $10 \mu\text{m}$, provocan la reflexión de la superficie, fenómeno por el que la luz pasa y es absorbida (Heffernan et al., 2002). Sin embargo, los materiales con partículas grandes, tienen reducido el número de partículas por unidad de volumen y, por consiguiente, tienen menos dispersión y una opacidad reducida. Para una máxima dispersión y opacidad, se requiere una dispersión de partículas de tamaño ligeramente mayor que la longitud de onda de la luz y un índice de refracción diferente al de la matriz. Este efecto se observa con el óxido de circonio, que tiene un efecto de opacidad máxima. La disminución del contenido cristalino, para aumentar la resistencia, y un índice de refracción similar al de la matriz produce una menor dispersión de la luz, y consecuentemente una mayor opacidad del material (Heffernan et al., 2002).

El espesor de algunos tipos de materiales afecta a su resistencia y a sus propiedades ópticas. A fin de asegurar una mayor resistencia, los fabricantes recomiendan un cierto espesor mínimo para las restauraciones totalmente cerámicas. El espesor de los materiales afecta a la translucidez, y los materiales más gruesos muestran pequeñas concentraciones de óxidos de alto índice de refracción en una mayor opacidad, haciendo más complejo la capacidad de mimetizar las propiedades ópticas de los dientes naturales (Heffernan et al., 2002).

La opalescencia también es otra de las propiedades ópticas que debe estar presente en las carillas, para que tengan una apariencia natural. En las cerámicas dentales se presenta como un efecto de dispersión de la luz logrado con la adición de una gama de tamaños cercana a las longitudes de onda de la luz visible. Estas partículas deberían ser más pequeñas que la longitud de onda de la luz (Raptis et al., 2006). Los dientes naturales muestran una cierta opalescencia y la incorporación de este efecto en las restauraciones de cerámica puede proporcionar un efecto de vitalidad adicional, junto

con la translucidez natural, el tono, el croma y la textura de la superficie (Kelly et al., 1996) (Figura 5).

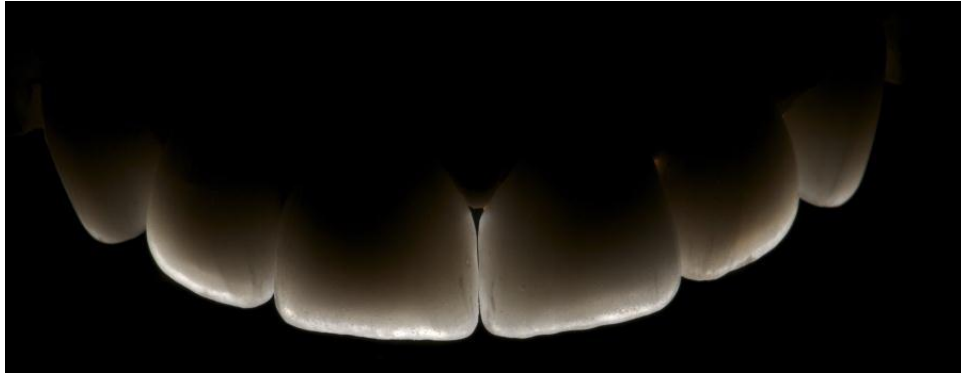


Figura 5: Efecto de opalescencia en cerámicas dentales. Imagen cedida por el doctor Paulo Monteiro

Las propiedades mejoradas de fluorescencia y opalescencia de las cerámicas dentales, combinadas con la translucidez, dan como resultado restauraciones, que se perciben naturales y estéticas con cualquier tipo de luz y que reaccionan a la incidencia de la luz de la misma manera que los dientes naturales (Cho et al., 2009; Lee y Yu, 2007). La fluorescencia en las cerámicas aporta luminosidad en las restauraciones. Al mostrar una fluorescencia satisfactoria, los materiales cerámicos también son capaces de iluminar el margen gingival donde se encuentra la interfase entre el diente y la restauración, disminuyendo así la típica zona grisácea de las coronas de metal-cerámicas (Gamborena y Blatz, 2011). Para generar esa fluorescencia, se añaden compuestos fluorescentes a la cerámica, aumentando la luz reflejada hacia al observador, y se bloquean las discoloraciones del sustrato y se disminuye la saturación (Fondriest, 2003). El óxido de uranio se ha utilizado como luminóforo durante muchos años; sin embargo, como tiene una dosis de radiactividad mayor que la aprobada, no puede utilizarse (Dos Reis et al., 2007). Los óxidos de tierras raras como el europio, el terbio, el cerio y el iterbio se utilizan actualmente como luminóforos (Monsénego et al., 1993). Sin embargo, ninguno de estos componentes por sí solo puede dar un color o fluorescencia similar a los de un diente natural. Para que esto suceda, deben estar mezclados (Baran, O'brien, y Tien, 1977). La fluorescencia resultante de la incorporación de varios óxidos de tierras raras mezclados, no es igual a la suma de sus fluorescencias individuales (Baran et al., 1977). Ya en 1980, investigadores lograron obtener una fluorescencia muy similar a la del diente natural, con materiales de los grupos 3.4 y 5 de la tabla periódica (metales de transición), aunque

estos luminóforos, tienen un tipo de fluorescencia muy dependiente del tipo de cerámica (Peplinski et al., 1980).

Los espectros de emisión y excitación dependen de la composición de la cerámica, de la matriz cristalina y de los parámetros de sinterización (Baran et al., 1977).

Ecker et al., (1985), observaron que la repetición de los ciclos de sinterización tenía un efecto similar al aumento de la temperatura y, en consecuencia, reducía el efecto de la fluorescencia. (Ecker et al., 1985).

Hoy en día, cuando buscamos información científica sobre la fluorescencia de los sistemas cerámicos, hay pocas investigaciones hasta la fecha. Esta falta de estudios e información hace que el comportamiento de la fluorescencia en estos materiales sea difícil de comprender y, en última instancia, representa una laguna en esta área de investigación (Volpato et al., 2018) (Figura 6).

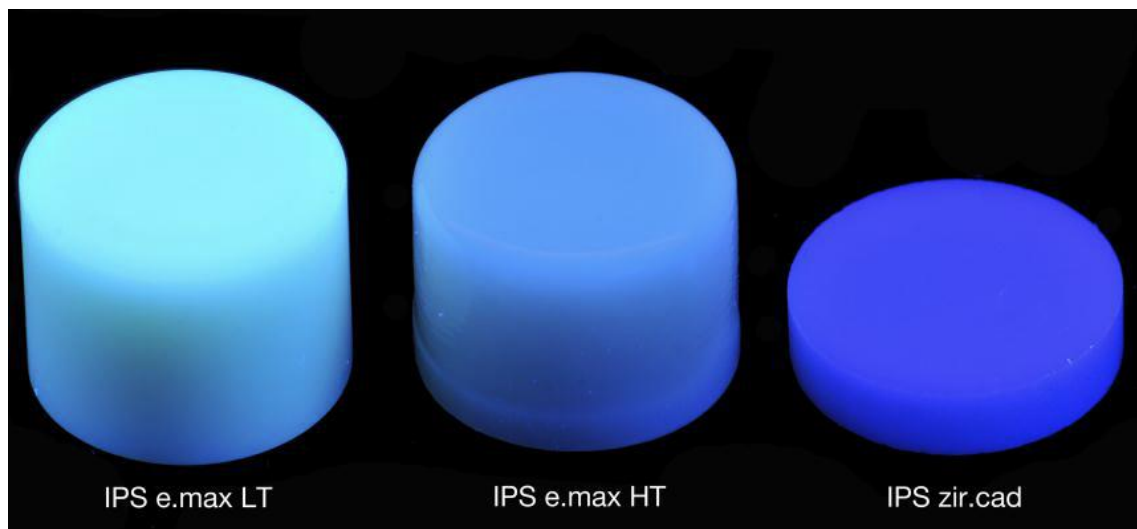


Figura 2: Fluorescencia de cerámica IPS e.max (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).
Imagen cedida por el doctor Paulo Monteiro

En 2017, un estudio evaluó el color, la translucidez y la fluorescencia de las muestras de cerámica de disilicato de litio que se colocaron en sustratos de diferente color. La asociación de la cerámica con estos sustratos, especialmente los más oscuros, dio lugar a una disminución de la intensidad de la emisión de fluorescencia (Rafael et al., 2017).

La fluorescencia puede utilizarse para camuflar los dientes oscurecidos sin afectar negativamente a la translucidez y puede aumentar la vitalidad de una restauración (Park et al., 2007).

En un estudio realizado por Tani et al., (2004), se investigó la diferenciación entre la cerámica y los dientes naturales utilizando la emisión fluorescente para distinguir visualmente los dientes restaurados con cerámica en los exámenes masivos de salud bucal. Los espectros de fluorescencia se midieron en los incisivos centrales superiores extraídos y en cinco tipos de cerámica utilizando una longitud de onda de 380 a 470 nm. Encontraron que había una clara diferencia en la emisión de fluorescencia entre los dientes naturales y la cerámica cuando se utilizaban longitudes de onda superiores a 400 nm. Además, el diente natural y la cerámica se distinguían fácilmente en fotografía de luz fluorescente (Tani et al., 2004).

Así pues, aunque la fluorescencia tiene un pequeño impacto en condiciones de luz natural, en condiciones de luz negra puede ser un aspecto crítico, ya que el diente y la restauración presentan fluorescencias diferentes (Lu et al., 2006). Es importante señalar que la emisión de fluorescencia de una luz ambiental UV se utiliza más comúnmente para evaluar la estética de una restauración que la emitida por una luz UV artificial (Figura 7)

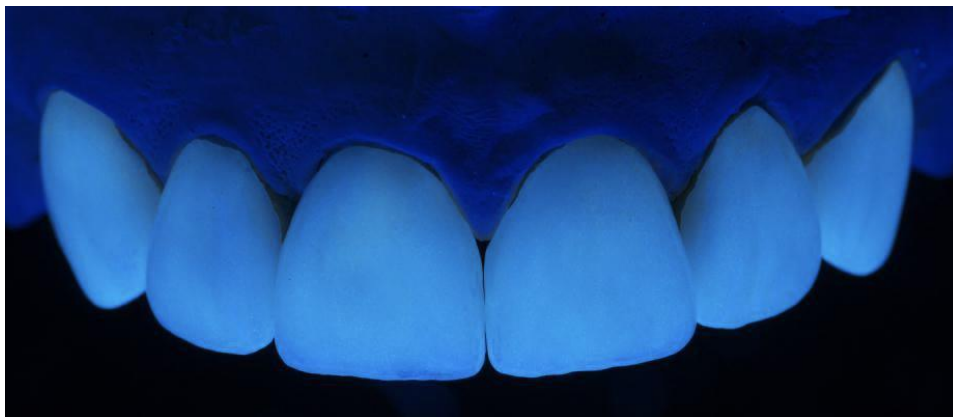


Figura 7: Efecto de la fluorescencia en la cerámica dental. Imagen cedida por el doctor Paulo Monteiro.

1.4 Cementación de carillas cerámicas

Las carillas se confeccionan con cerámicas vítreas, que requieren de una cementación adhesiva para lograr su retención en el diente preparado. La calidad de la adhesión es de gran importancia, para asegurar el éxito a largo plazo de las restauraciones cerámicas vítreas.

Para ello se utilizan los adhesivos dentinarios y cementos de resina que logran la adhesión de la cerámica a la superficie dental (Araujo y Perdigão, 2021). Los cementos de resina proporcionan mayor resistencia adhesiva y adhesión duradera, y también permiten lograr mejor resultado estético, así como aumentar la resistencia de la cerámica (Addison, Marquis y Fleming, 2008; Jensen, Sheth y Tolliver, 1989; Pagniano et al, 2005; Tian et al, 2014).

La adhesión es más compleja que en una restauración directa, ya que intervienen dos interfases (la del diente, y la de la cerámica) y un material intermedio que es el cemento de resina (Araujo y Perdigão, 2021; Manso et al., 2011).

En cuanto a la superficie del diente preparado, debe ser tratada mediante adhesivos dentinarios que unen su superficie con el agente de cementación. Es crucial que los márgenes de la superficie dental preparada estén en esmalte y que la técnica adhesiva aplicada utilice el grabado previo de este tejido con ácido ortofosfórico. La adhesión a esmalte es más predecible que a la dentina debido al alto contenido de componente mineralizado. La presencia de gaps en los márgenes, discoloración marginal e incluso fractura marginal debido a estrés, se asocia por la presencia de dentina en los márgenes (Araujo y Perdigão, 2021; Dumfahrt y Schäffer, 2000; Rinke et al., 2020).

Las superficies cerámicas también habrán de recibir un tratamiento superficial para lograr su adhesión al cemento de resina mediante retención micromecánica y/o química. El protocolo de tratamiento deberá adecuarse al tipo de cerámica, debido a sus diferencias de composición. El grabado con ácido fluorhídrico es el acondicionamiento de elección para lograr la retención micromecánica del cemento a la cerámica. El ácido fluorhídrico tiene un efecto característico en la superficie, creando una superficie uniformemente porosa debido a la remoción selectiva de la matriz vítrea, así como aumentando la energía superficial de la cerámica (Della Bona et al., 2007; Tian et al., 2014). El tratamiento posterior mediante silanización proporciona una adhesión química

entre la resina y la cerámica vítrea. Los silanos tienen un grupo inorgánico que reaccionan con el Si-OH de la superficie cerámica mediante una reacción de condensación. Poseen otro grupo orgánico que se adhiere químicamente a la resina de metacrilato. El agente silano más comúnmente utilizado es el γ - metacriloxipropiltrimetoxi-silano (MPS) (Tian et al., 2014).

Como material intermedio que une ambos sustratos se utilizan los cementos de resina, que se desarrollaron para adherir restauraciones totalmente cerámicas (Wolf, Powers y O'Keefe, 1993).

1.4.1 Cementos de resina

Los cementos en Odontología tienen como objetivo retener las restauraciones, los postes y los núcleos en una posición estable y duradera en la cavidad oral; evitar que las bacterias y los fluidos orales penetren en la superficie preparada y aislar la conducción térmica, así como la retención de la restauración al llenar el espacio entre la superficie del diente y la restauración (Elsaka, 2015).

La cementación es un paso esencial para la retención, capacidad de sellado y disipación del estrés funcional, mejorando la longevidad de procedimientos restaurativos (Falacho et al., 2022).

Los mecanismos de retención para la restauración pueden ser químicos, mecánicos y micromecánicos, y la retención suele lograrse mediante una combinación de estos mecanismos, dependiendo de la naturaleza del cemento y del sustrato (Pegoraro, da Silva y Carvalho, 2007).

Hoy en día, hay muchos cementos disponibles en el mercado, entre ellos los cementos de fosfato de zinc, cementos de policarboxilato de zinc, los ionómeros de vidrio, cementos de ionómero de vidrio modificados con resina, los cementos de resina y cementos de resina modificada con poliácidos (Pegoraro et al., 2007; Alla et al., 2014).

El uso de restauraciones indirectas con cementos de resina como medio de retención constituye una gran parte de la rehabilitación diaria en la clínica. El éxito clínico depende de varios aspectos relacionados con el mecanismo de adhesión, tanto al diente como al material de restauración. Estos cementos se han expandido considerablemente en el campo de la prótesis fija (Pegoraro et al., 2007).

Los cementos de resina son resinas compuestas, que poseen menor porcentaje de relleno inorgánico (Falacho et al., 2022). Esto les otorga una menor viscosidad y la fluidez requerida para que puedan ser usados como materiales de cementación. Su composición está formada por una matriz de resina, constituida por monómeros de resina, entre los que destacan el bisfenol A-metacrilato de glicidilo (Bis-GMA), uretano dimetacrilato (UDMA), y trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA). El contenido de relleno inorgánico lo constituyen las partículas de vidrio o de sílice, en porcentaje variable del 57% al 82% en volumen. Algunos de estos cementos contienen otros monómeros como el 4-META, HEMA, 10-MDP y PMMA (Anusavice, 2004; Haddad, Rocha y Assunção, 2011; Kina y Bruguera, 2008).

Los cementos de resina son los de preferencia para la cementación de restauraciones de cerámica debido a su alta estética, baja solubilidad, obtención de resistencia adhesiva alta, y propiedades mecánicas superiores que ayudan a reforzar las restauraciones de cerámica (Kilinc et al., 2011).

Los cementos basados en resina se han popularizado porque han superado las desventajas de la solubilidad y la falta de adhesión de otros tipos de cemento, están disponibles en varios colores y son adecuados para la cementación de coronas metálicas y totalmente cerámicas, incrustaciones, onlays, facetas y postes (Pegoraro et al., 2007). La estabilidad del color del cemento puede ser un factor crítico en el éxito a largo plazo de las restauraciones (Kilinc et al., 2011). Sin embargo, pueden causar discoloraciones tanto externas como internas. Especialmente las internas se deben a cambios químicos en el material. En los productos químicamente activados, como los cementos de resina auto y dual, la oxidación de los productos reactivos de los aceleradores y los inhibidores de la amina puede provocar cambios de color (Eliades et al., 2004; Kilinc et al., 2011; Koishi, et al., 2002), causando un cambio de color a un tono más amarillo (Buchalla et al., 2002; Eliades et al., 2004; Kilinc et al., 2011). Las discoloraciones pueden ser debidas a factores intrínsecos (porcentaje de relleno, composición del material, o tipo de activación) y también a factores extrínsecos (causadas por bebidas y algunos componentes de los alimentos) (Espíndola-Castro et al, 2020).

Los cementos de resina con mayor porcentaje de carga sufren menor sorción de agua y solubilidad. Aunque es inherente a los materiales poliméricos, la sorción y la solubilidad pueden influir en la biocompatibilidad, propiedades mecánicas y estabilidad del color de los cementos de resina (Espíndola-Castro et al., 2020). A largo plazo, la

absorción de agua afectará a las propiedades de estos cementos. Por lo tanto, la capa de cemento debe mantenerse lo más delgada posible a fin de minimizar las consecuencias del fenómeno de plasticidad de los cementos de resina. Para reducirla la polimerización debe ser lo más completa posible. Este fenómeno de absorción de agua también puede dar lugar a una expansión higroscópica del cemento que puede repercutir en la restauración (Manso et al., 2011; Pegoraro et al., 2007).

Los cementos de resina pueden clasificarse de acuerdo al modo de curado en los siguientes:

- Autopolimerizables. Hoy en día se han sido sustituidos por los cementos de polimerización dual. Se presentaban en dos pastas, una de ellas contenía el iniciador de la reacción de curado (peróxido de benzoilo), y la otra el activador (amina terciaria). La reacción de polimerización se iniciaba al mezclar ambas pastas (Kina y Bruguera, 2008).

- Fotopolimerizables. Presentan en su composición moléculas sensibles a la luz que absorben energía luminosa y reaccionan para formar radicales libres que inician la reacción de polimerización (Kina y Bruguera, 2008). En comparación con otros cementos presentan como ventajas clínicas un mayor tiempo de trabajo, el profesional decide cuando polimerizar y una mejor estabilidad del color debido a la ausencia de la amina terciaria aromática (Aldryhim et al., 2021). Están especialmente indicados para la cementación de carillas o preparaciones poco profundas, en las que el espesor y el color de la restauración no afectan a la capacidad de penetración de la luz (Manso et al., 2011). Presentan gran variedad de colores, así como diferentes grados de opacidad, con sus correspondientes pastas de prueba que permiten comprobar el color final antes de la cementación (Cardoso y Decurcio, 2015). En este grupo de cementos podemos citar el Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent), RelyX Veneer (3M Oral Care), Choice 2 (Bisco), AllCem Veneer (FGM), entre otros.

- Duales. Los cementos de resina de curado dual se presentan en sistemas de dos pastas y están indicados en situaciones en que las características del material pueden impedir que se transmita suficiente energía luminosa al cemento (Manso et al., 2011; Myers, Caughman y Rueggeberg, 1994). En estas situaciones, la intensidad de la luz que llega al cemento puede ser suficiente para desencadenar el proceso de polimerización, pero se necesita un catalizador para asegurar un curado máximo. Una de las pastas contiene una amina reductora y un fotoiniciador. La otra pasta contiene, generalmente, peróxido de benzoilo. Aunque el concepto de polimerización dual parece ser atractivo,

se han planteado varios problemas en la literatura dental con respecto a su rendimiento (Manso et al., 2011). Algunos ejemplos de este tipo de cemento son el RelyX Ultimate (3M Oral Care), RelyX Unicem (3M Oral Care), Variolink II (Ivoclar Vivadent), Panavia F 2.0 (Kurakay), ClearFil Esthetic Cement (Kurakay), entre otros.

Los cementos de resina también pueden clasificarse de acuerdo al tratamiento de la superficie dental previo a la cementación.

- Cementos que requieren adhesión previa a la estructura dental, ya sea con cementos adhesivos de grabado y lavado, sistemas adhesivos autograbadores y universales. Requieren múltiples pasos para la preparación de la superficie del diente, siendo una técnica sensible, susceptible de contaminación y que además consume tiempo en la práctica clínica. La correcta aplicación de la técnica es la clave del éxito para la longevidad de las restauraciones (Abad-coronel, Naranjo y Valdiviezo, 2019). En los adhesivos de grabado y lavado la adhesión se consigue mediante un mecanismo de retención micromecánico, en el esmalte grabado mediante tags de resina, y en la dentina fundamentalmente por la formación de la capa híbrida, resultado de la imbricación de la resina adhesiva con el colágeno expuesto tras el grabado. Los adhesivos autograbadores contienen monómeros ácidos pero poseen un pH suave y simultáneamente acondicionan el sustrato y lo infiltran de manera más superficial y la incorporación de monómeros funcionales puede favorecer la unión con el calcio de la hidroxiapatita (Abad-coronel et al., 2019; Perdigão, 2020). Pueden clasificarse de acuerdo con sus mecanismos de curado en fotopolimerizables, autopolimerizables y dual.

- Cementos de resina autoadhesivos. Permiten la adhesión a la estructura dental sin necesidad de aplicar un adhesivo previo. Su mayor beneficio es la simplicidad de la aplicación. La mayor parte de la literatura publicada sobre estos cementos se refiere a RelyX Unicem (3M Oral Care), que fue el primer producto de esta categoría (Ferracane, Stansbury y Burke, 2011). Combinan las características de las resinas compuestas, los adhesivos autograbadores y, en algunos casos, los cementos dentales. Son materiales de polimerización dual, por tanto, su presentación es en dos pastas con jeringa auto-mezcla. Están compuestos por monómeros metacrílicos como en el resto de cementos, e incorporan otros monómeros con radicales del ácido carboxílico (4-META, PMGDPM), o del ácido fosfórico (10-MDP, Fenil-P, Penta-P) (Manso et al., 2011). Se introdujeron los cementos de resina dual autoadhesivos para simplificar el paso del procedimiento de cementación y superar las limitaciones de las aplicaciones complejas de varios pasos, la susceptibilidad

a la humedad y la posible sensibilidad post-operatoria de los cementos de resina convencionales (Camargo et al., 2019). Los monómeros ácidos en los cementos de resina autoadhesivos desmineralizan e infiltran la superficie dental, proporcionando retención micromecánica (Pisani-Proença et al., 2011).

- Cementos Universales. Son los cementos introducidos más recientemente. Son cementos menos sensibles a la técnica; y pueden utilizarse según preferencia del clínico, aplicando un sistema adhesivo previo, o como cementos autoadhesivo. Sin embargo, se recomienda el uso de un sistema adhesivo multimodo o universal. Estos adhesivos se pueden aplicar sobre esmalte y/o dentina, ofreciendo la posibilidad de usarlos como sistema convencional (técnica de grabado y lavado), autograbador o realizando un grabado selectivo del esmalte. Estos sistemas, contienen en su mayoría el monómero MDP, que interactúa químicamente con la hidroxiapatita del tejido dental (Lima et al, 2016). Los cementos universales implican un proceso de polimerización dual.

1.4.2 Composite calentado para cementación de restauraciones indirectas

Las resinas compuestas se han recomendado como material de cementación adhesivo de restauraciones indirectas debido a algunas características que presentan como materiales de restauración directa: menor costo, propiedades mecánicas superiores, menor degradación marginal y amplia gama de tonos disponibles (Falacho et al., 2022). Se ha recomendado su uso debido a la facilidad para eliminar excesos y el mayor contenido de partículas en comparación con los cementos de resina tradicionales (Rocca y Krejci, 2007). Friedman fue el primero en implementar el precalentamiento en 2001 (Bhopatkar et al., 2022).

El precalentamiento del composite fotopolimerizable a 60 grados reduce su viscosidad para que pueda utilizarse como material de cementación (Goulart et al., 2018). De esta forma se obtienen espesores de película compatibles con resultados exitosos a largo plazo (Falacho et al., 2022). La relación entre el grado de conversión y el aumento de temperatura se ha estudiado en una amplia gama de resinas compuestas y en varias marcas comerciales. Sin embargo, se sabe poco sobre el efecto del precalentamiento en el grado de conversión y las propiedades ópticas de las resinas compuestas (Mundim et al., 2011). La disminución de la temperatura después de retirarlo del horno (Rueggeberg et al., 2010) hace que sea necesario un fotocurado prolongado

(60 segundos por superficie) para asegurar la polimerización completa (O'Connor y Gavriil, 2021; Rocca y Krejci, 2007). Los clínicos deben tener cuidado ya que la reducción de viscosidad después del calentamiento es muy transitoria (Rueggeberg et al., 2010). Por lo tanto, la restauración debe asentarse con una presión meticulosa (Rocca y Krejci, 2007).

1.4.3 Resinas compuestas fluidas

Las resinas fluidas son resinas compuestas en las que su composición y el pretratamiento de la superficie de partículas se han modificado para proporcionar una baja viscosidad y mejorar sus propiedades de manipulación (Sumino et al., 2013). Poseen un porcentaje de relleno inferior a las resinas compuestas convencionales (contienen entre 37% a 53% de partículas), característica que los hace más fluidos. Esta baja viscosidad les confiere una alta humectabilidad de la estructura dental. La viscosidad de este tipo de material permite que su presentación normal sea una jeringa de punta fina, lo que facilita su uso (Kubo et al, 2010). Las resinas fluidas se han sugerido como alternativas a los cementos de resina de polimerización dual cuando la restauración tiene un espesor inferior a 2 mm (Staněk et al., 2022). Su baja fluidez permite un asentamiento adecuado de la restauración indirecta, mientras que la contracción de polimerización es mayor que con los composites convencionales (Staněk et al., 2022; Sumino et al., 2013).

Se caracterizan también por un bajo módulo de elasticidad debido al menor contenido de relleno. Hoy en día, los fabricantes han introducido un mayor contenido de partículas en la composición con el fin de mejorar las propiedades ópticas y la estabilidad del color (Karadas, 2016).

Dado que la composición y el contenido de partículas tienen un papel importante en las propiedades ópticas y la estabilidad del color de las resinas compuestas, las resinas compuestas fluidas pueden exhibir diferentes propiedades ópticas en comparación con las resinas compuestas convencionales (Karadas, 2016).

Aunque los cementos de resina fotopolimerizables están indicados para la cementación de carillas, también se han indicado las resinas fluidas y resinas compuestas calentadas. Los composites fluidos presentan mayor estabilidad de color en comparación con los cementos de resina fotopolimerizables. Sin embargo, los materiales basados en

resina pueden variar su color durante el envejecimiento, alterando los resultados estéticos de las restauraciones cerámicas. La discoloración suele estar asociada a la degradación de la matriz polimérica y a los monómeros libres, así como a agentes de tinción extrínsecos (Almeida et al., 2015). En un estudio previo, las resinas fluidas presentaron mejores resultados en cuanto a la contracción de la polimerización en comparación con composites convencionales, tanto si se calentaron previamente como si no (Sampaio et al., 2017).

La estabilidad del color de las resinas compuestas es un factor importante para mantener la longevidad de estas restauraciones en relación con los requerimientos estéticos. Sin embargo, hay poca información disponible relacionada con la estabilidad del color y la translucidez de los composites fluidos (Karadas, 2016).

1.4.4 Selección del tono del material de cementación

El color final de las restauraciones realizadas mediante carillas es el resultado de la interacción luminosa de la cerámica, el cemento de resina y el sustrato (Cardoso y Decurcio, 2015). El éxito clínico del tratamiento depende de la perfecta combinación de estos tres factores (Wang, Takahashi y Iwasaki, 2013).

El color del sustrato es fundamental en la planificación del tratamiento. Si presenta un color alterado, se debe realizar una adecuada selección de la cerámica y el cemento de resina para neutralizarlo o enmascararlo (Cardoso y Decurcio, 2015).

Como ya se ha indicado anteriormente, la selección del tipo de cerámica es un factor clave, siendo las cerámicas vítreas las indicadas para el tratamiento de carillas, por sus excelentes propiedades ópticas y su cementación adhesiva al esmalte. La apariencia estética de las carillas de cerámica está muy influenciada por la translucidez de la cerámica, que depende de su composición y microestructura, pero también de su espesor. En términos generales, cuanto mayor es el contenido en cristales de la cerámica, menor es su translucidez. Sin embargo, la translucidez de la cerámica también se ve influenciada por otros aspectos, como la fracción de pigmentos y opacificantes agregados por el fabricante, según el tono y el nivel de opacidad (Perroni et al., 2018). En cuanto al espesor, puede variar entre 0.3 y 1.5 mm de espesor. Un aumento en el espesor de la cerámica se traduce en una disminución de la translucidez, lo que aumenta la influencia

del tono de la carilla, y disminuye la influencia del cemento de resina en el resultado de color final.

El color final de la restauración de cerámica está influenciado por el color del cemento utilizado (Chang et al., 2009; Vichi et al., 2011). Los cementos de resina de polimerización dual pueden causar discoloraciones internas, lo que puede afectar el aspecto de las restauraciones totalmente cerámicas (Kilinc et al., 2011). En algunos estudios se afirma que si el espesor de la cerámica es adecuado, la preocupación por el color del cemento debería ser mínima (Barath et al., 2003; Chang et al., 2009; Dede et al., 2017). Sin embargo, el color del cemento puede influir en el resultado final cuando el grosor de la cerámica es inferior a 1.5 mm o la restauración se coloca sobre un sustrato oscurecido (Chang et al., 2009).

Además, los cementos de resina pueden parecer más claros después de la polimerización (Emami, Sjö Dahl, y Söderholm, 2005; Lee, 2008). Por esta razón, el efecto del cemento de resina en el color final de la restauración debe probarse con pastas de prueba si éstas están disponibles (Dede et al., 2017). Varios estudios han demostrado diferentes espesores de la cerámica feldespática, y diferentes cementos influyen drásticamente en el color final de la restauración (Dozić et al., 2003; Vichi, Ferrari y Davidson, 2000). Es de gran importancia conocer las características y limitaciones del cemento, para el éxito estético del tratamiento (Cardoso y Decurcio, 2015). Por lo tanto, la individualización parece ser la clave del éxito, lo que implica probar cuidadosamente cada restauración en el diente, evaluando una gama de colores de agentes de cementación.

Por tanto, el clínico ha de elegir el color del material resinoso para cementar las carillas, teniendo en cuenta la importancia de la fina capa de cemento en el resultado estético final. Se han desarrollado cementos de resina en diferentes colores, que permiten a los clínicos seleccionar el cemento adecuado para que la rehabilitación sea lo más estética posible (Hernandes et al., 2016) y/o ajustar el tono final de la restauración (Chadwick, McCabe y Carrick, 2008).

La composición en la matriz orgánica e inorgánica de los cementos resinosos (Perroni et al., 2018), lleva a diferencias en la tonalidad y grado de opacidad. A pesar de que los agentes de cementación de diferentes marcas se etiqueten con el mismo

"nombre de tono" o uno equivalente, sus colores y opacidades reales son distintos, y por tanto, los resultados finales son diferentes (Perroni et al., 2018; Pecho et al., 2016).

Debido a su alta translucidez, las carillas de cerámica aumentan la complejidad en la elección del color y se debe prestar especial atención a los efectos ópticos del material y sustrato subyacente. Para camuflar el tono base o modificar el tono final de una restauración, el control de la opacidad y la saturación del tono se convierte en un factor muy importante. Esto se debe a que son dos factores clave que deben ser armoniosos para crear un resultado altamente estético (Chang et al., 2009).

Diferentes estudios (Alqahtani, Aijurais y Aishaafi, 2012; Chen et al., 2015), mostraron que los agentes de cementación opacos blancos producen un cambio de color clínicamente perceptible en el tono final de las carillas, dependiendo también del tipo y espesor de la cerámica. Cuando se quiere enmascarar el sustrato, será deseable seleccionar tonos de cementos que permitan obtener diferencias finales de color que superen el umbral de aceptabilidad.

Para mantener el color de la restauración similar al del diente natural, es vital mantener todas las propiedades ópticas sin cambios. Sin embargo, el oscurecimiento se produce en los materiales de restauración debido a diversas causas, como la degradación química, la oxidación de los dobles enlaces de carbono, la acumulación de placa, la deshidratación, la sorción acuosa, la desadaptación marginal y la rugosidad de la superficie (Lee, 2008).

Dada la repercusión clínica del tono del material de cementación en el resultado final de las carillas de cerámicas, consideramos de interés evaluar específicamente la influencia de diferentes marcas de cementos fotopolimerizables y resinas compuestas fluidas en diferentes tonalidades en la fluorescencia de diferentes cerámicas y en sus propiedades colorimétricas.

El color final de las restauraciones realizadas mediante carillas es el resultado de la interacción luminosa de la cerámica, el cemento de resina y el sustrato (Cardoso y Decurcio, 2015). El éxito clínico del tratamiento depende de la perfecta combinación de estos tres factores (Wang, Takahashi y Iwasaki, 2013).

El color del sustrato es fundamental en la planificación del tratamiento. Si presenta un color alterado, se debe realizar una adecuada selección de la cerámica y el cemento de resina para neutralizarlo o enmascararlo (Cardoso y Decurcio, 2015).

Como ya se ha indicado anteriormente, la selección del tipo de cerámica es un factor clave, siendo las cerámicas vítreas las indicadas para el tratamiento de carillas, por sus excelentes propiedades ópticas y su cementación adhesiva al esmalte. La apariencia estética de las carillas de cerámica está muy influenciada por la translucidez de la cerámica, que depende de su composición y microestructura, pero también de su espesor. En términos generales, cuanto mayor es el contenido en cristales de la cerámica, menor es su translucidez. Sin embargo, la translucidez de la cerámica también se ve influenciada por otros aspectos, como la fracción de pigmentos y opacificantes agregados por el fabricante, según el tono y el nivel de opacidad (Perroni et al., 2018). En cuanto al espesor, puede variar entre 0.3 y 1.5 mm de espesor. Un aumento en el espesor de la cerámica se traduce en una disminución de la translucidez, lo que aumenta la influencia del tono de la carilla, y disminuye la influencia del cemento de resina en el resultado de color final.

El color final de la restauración de cerámica está influenciado por el color del cemento utilizado (Chang et al., 2009; Vichi et al., 2011). Los cementos de resina de polimerización dual pueden causar discoloraciones internas, lo que puede afectar el aspecto de las restauraciones totalmente cerámicas (Kilinc et al., 2011). En algunos estudios se afirma que si el espesor de la cerámica es adecuado, la preocupación por el color del cemento debería ser mínima (Barath et al., 2003; Chang et al., 2009; Dede et al., 2017). Sin embargo, el color del cemento puede influir en el resultado final cuando el grosor de la cerámica es inferior a 1.5 mm o la restauración se coloca sobre un sustrato oscurecido (Chang et al., 2009).

Además, los cementos de resina pueden parecer más claros después de la polimerización (Emami, Sjö Dahl, y Söderholm, 2005; Lee, 2008). Por esta razón, el efecto del cemento de resina en el color final de la restauración debe probarse con pastas de prueba si éstas están disponibles (Dede et al., 2017). Varios estudios han demostrado diferentes espesores de la cerámica feldespática, y diferentes cementos influyen drásticamente en el color final de la restauración (Dozić et al., 2003; Vichi, Ferrari y Davidson, 2000). Es de gran importancia conocer las características y limitaciones del cemento, para el éxito estético del tratamiento (Cardoso y Decurcio, 2015). Por lo tanto,

la individualización parece ser la clave del éxito, lo que implica probar cuidadosamente cada restauración en el diente, evaluando una gama de colores de agentes de cementación.

Por tanto, el clínico ha de elegir el color del material resinoso para cementar las carillas, teniendo en cuenta la importancia de la fina capa de cemento en el resultado estético final. Se han desarrollado cementos de resina en diferentes colores, que permiten a los clínicos seleccionar el cemento adecuado para que la rehabilitación sea lo más estética posible (Hernandes et al., 2016) y/o ajustar el tono final de la restauración (Chadwick, McCabe y Carrick, 2008).

La composición en la matriz orgánica e inorgánica de los cementos resinosos (Perroni et al., 2018), conlleva a diferencias en la tonalidad y grado de opacidad. A pesar de que los agentes de cementación de diferentes marcas se etiqueten con el mismo "nombre de tono" o uno equivalente, sus colores y opacidades reales son distintos, y por tanto, los resultados finales son diferentes (Perroni et al., 2018; Pecho et al., 2016).

Debido a su alta translucidez, las carillas de cerámica aumentan la complejidad en la elección del color y se debe prestar especial atención a los efectos ópticos del material y sustrato subyacente. Para camuflar el tono base o modificar el tono final de una restauración, el control de la opacidad y la saturación del tono se convierte en un factor muy importante. Esto se debe a que son dos factores clave que deben ser armoniosos para crear un resultado altamente estético (Chang et al., 2009).

Diferentes estudios (Alqahtani, Aijurais y Aishaafi, 2012; Chen et al., 2015), mostraron que los agentes de cementación opacos blancos producen un cambio de color clínicamente perceptible en el tono final de las carillas, dependiendo también del tipo y espesor de la cerámica. Cuando se quiere enmascarar el sustrato, será deseable seleccionar tonos de cementos que permitan obtener diferencias finales de color que superen el umbral de aceptabilidad.

Para mantener el color de la restauración similar al del diente natural, es vital mantener todas las propiedades ópticas sin cambios. Sin embargo, el oscurecimiento se produce en los materiales de restauración debido a diversas causas, como la degradación química, la oxidación de los dobles enlaces de carbono, la acumulación de placa, la

deshidratación, la sorción acuosa, la desadaptación marginal y la rugosidad de la superficie (Lee, 2008).

Dada la repercusión clínica del tono del material de cementación en el resultado final de las carillas de cerámicas, consideramos de interés evaluar específicamente la influencia de diferentes marcas de cementos fotopolimerizables y resinas compuestas fluidas en diferentes tonalidades en la fluorescencia de diferentes cerámicas y en sus propiedades colorimétricas (Chang et al., 2009).

2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

1. Determinar la influencia del color de los cementos de resina fotopolimerizables y resinas compuestas fluidas, en la fluorescencia de carillas de cerámica feldespática en dos espesores diferentes (0.5 mm y 0.8 mm de espesor) una vez cementadas.
2. Determinar la influencia del color de los cementos de resina fotopolimerizables y resinas compuestas fluidas, en la fluorescencia de carillas de cerámica reforzada de disilicato de litio en dos espesores diferentes (0.5 mm y 0.8 mm de espesor) tras su cementación.
3. Determinar la influencia del color de los cementos de resina fotopolimerizables y resinas compuestas fluidas, en las propiedades colorimétricas de la cerámica reforzada de disilicato de litio en los mismos espesores citados anteriormente.

3 HIPÓTESIS

Para llevar a cabo los objetivos plantearon las siguientes hipótesis nulas:

1. El color de los cementos de resina fotopolimerizables y resinas compuestas fluidas, no tienen influencia en la fluorescencia de restauraciones de cerámica feldespática de 0.5 mm y 0.8 mm de espesor.
2. El color de los cementos de resina fotopolimerizables y resinas compuestas fluidas no tienen influencia en la fluorescencia de restauraciones de cerámica feldespática de 0.5 mm y 0.8 mm de espesor.
3. Las restauraciones de cerámica reforzada de disilicato de litio, presentan propiedades colorimétricas similares tras su cementación con diferentes colores del cemento de resina fotopolimerizable y resina compuesta fluida utilizada, con independencia del espesor de la cerámica.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental del siguiente estudio *in vitro* se ha desarrollado en el laboratorio del Instituto Universitario Egas Moniz (Almada, Portugal) y en el laboratorio del Instituto Superior Técnico (Lisboa, Portugal).

Los materiales cerámicos utilizados en el presente estudio fueron la cerámica feldespática CEREC Blocs (Dentsply Sirona) y la cerámica de disilicato de litio IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein): La composición e indicación se detallan en la tabla 1. A continuación detallaremos la metodología utilizada en el siguiente estudio estructurada en dos apartados, de acuerdo al material cerámico utilizado.

| Tabla 1: Composición de las cerámicas evaluadas en el presente estudio | | |
|---|--|--|
| Cerámica | Composición | Indicación Clínica |
| <p>CEREC Blocs (Dentsply Sirona, Bensheim, Alemania.)</p> <p>Color A2 Lote : 66301</p> <p>Cerámica feldespática</p> | <p>SiO₂ (56-64%), Al₂O₃ (20-23%), Na₂O (6-9%), K₂ (6-8%), CaO (0.3- 0.8%), TiO₂ (0.0-0.1%), pigmentos <0.1%.</p> | <p>Carillas, restauraciones indirectas parciales, coronas en dientes anteriores y posteriores, material de revestimiento</p> |
| <p>IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)</p> <p>Color A2 Lote: V21586, W34039</p> <p>Ceramica de disilicato de litio</p> | <p>>57% SiO₂, Li₂O, K₂O, P₂O₅, ZrO₂, ZnO, Al₂O₃, MgO, La₂O₃ y pigmentos</p> | <p>Carillas; inlays; onlays. Coronas parciales; coronas anteriores y posteriores; puentes anteriores de tres piezas; puentes de tres piezas hasta el segundo premolar; coronas telescópicas primarias.</p> |

4.1 Fluorescencia de carillas feldespáticas confeccionadas en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina

Para el presente estudio, se utilizaron bloques de cerámica feldespática CAD/CAM, CEREC Blocs, de tono A2 (Dentsply Sirona) (Figura 8) con dimensiones 10x12 mm.



Figura 8: Cerec Blocs C/PC color A2 (Dentsply Sirona).

Los bloques de cerámica se cortaron con un microtomo (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EEUU), a una velocidad de 450 rpm, aplicando refrigeración acuosa para obtener láminas con espesores que simulaban el espesor de carillas cerámicas de 0.5 y 0.8 mm (Sari et al., 2018). El número total de discos obtenidos fue de 180, que posteriormente se distribuyeron en los diferentes grupos experimentales.

Los discos se limpiaron ultrasónicamente con agua destilada y luego se cristalizaron en un horno de porcelana Ivoclar Programat P300 (Ivoclar Vivadent).

Para garantizar una rugosidad superficial uniforme, los discos se pulieron secuencialmente con discos de carburo de silicio de 400, 600 y 1200 grit (Buehler) durante 15 segundos cada disco, a una velocidad constante de 100 rpm y refrigerando continuamente con agua, en una máquina pulidora mecánica (LaboPol-4, Struers, Madrid, España) (Figura 9).



Figura 9: Máquina pulidora para calibrar las muestras de cerámica.

El espesor de las muestras se comprobó con un calibre digital de precisión (Heavyware Tools) en tres puntos diferentes para asegurar un grosor uniforme de las muestras (± 0.05 mm) (Figuras 10 y 11).



Figura 10: Control de espesor de las muestras de cerámica de 0.5 mm de espesor.



Figura 11: Control de espesor de las muestras de cerámica de 0.8 mm de espesor.

A continuación, se prepararon 180 discos de resina compuesta que se utilizaron como sustrato. Para ello se utilizó la resina compuesta Filtek Supreme XTE Body (3M Oral Care, Seefeld, Alemania) de color A3 (Figura 12) y utilizando un dispositivo de acero inoxidable Sampler (Ref. 7015 Smile Line Porcelain by Style Italiano, Saint-Imier Suiza) se prepararon los especímenes circulares de 1 mm de espesor y 12 mm de diámetro, y se fotopolimerizaron con la unidad de curado LED S10 (3M Oral Care), con una intensidad de luz de 1000 mW/cm² durante 20 segundos, según las indicaciones del fabricante (Figura 13). El espesor de los discos de resina se calibró con el micrómetro digital (Heavyware Tools) al igual que se ha explicado anteriormente para los discos cerámicos.



Figura 12: Resina Compuesta Filtek Supreme XTE Body A3 (3M Oral).



Figura 13: *Smile Line Porcelain by Style Italiano* (formador de resina) y discos de resina compuesta Filtek Supreme XTE A3 Body.

Las muestras de cerámica se emparejaron aleatoriamente con los discos de resina para formar 18 grupos experimentales de acuerdo al material de cementación utilizado y al espesor de la cerámica (Figura 14, 15, 16 y 17). Los materiales usados para la cementación se citan a continuación y su composición se detalla en la Tabla 2.

- Cemento de resina fotopolimerizable Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent) color Light;
- Cemento de resina fotopolimerizable Variolink Esthetic LC, color Neutral;
- Cemento de resina fotopolimerizable Variolink Esthetic LC, color Warm;
- Cemento de resina fotopolimerizable RelyX Veneer (3M Oral Care), color B0.5;
- Cemento de resina fotopolimerizable RelyX Veneer, color Translucent;
- Cemento de resina fotopolimerizable RelyX Veneer, color A3;
- Resina compuesta fluida G-aenial Universal Flo (GC Europa, Lovaina, Bélgica), color A2;
- Resina compuesta fluida G-aenial Universal Flo (GC Europa), color A3;
- Resina compuesta Filtek Supreme XTE Body precalentada en color A3. Este grupo corresponde al grupo control ya que no se utilizó ningún cemento, sino la misma resina que el sustrato, para que no presentara ninguna alteración en sus propiedades ópticas. El composite se precalentó a 55°C para que tuviera fluidez suficiente para poderlo utilizar como material de cementación. Esta resina se precalentó a 55°C utilizando el dispositivo ENA HEAT (Micerium, Avegno, Italia).

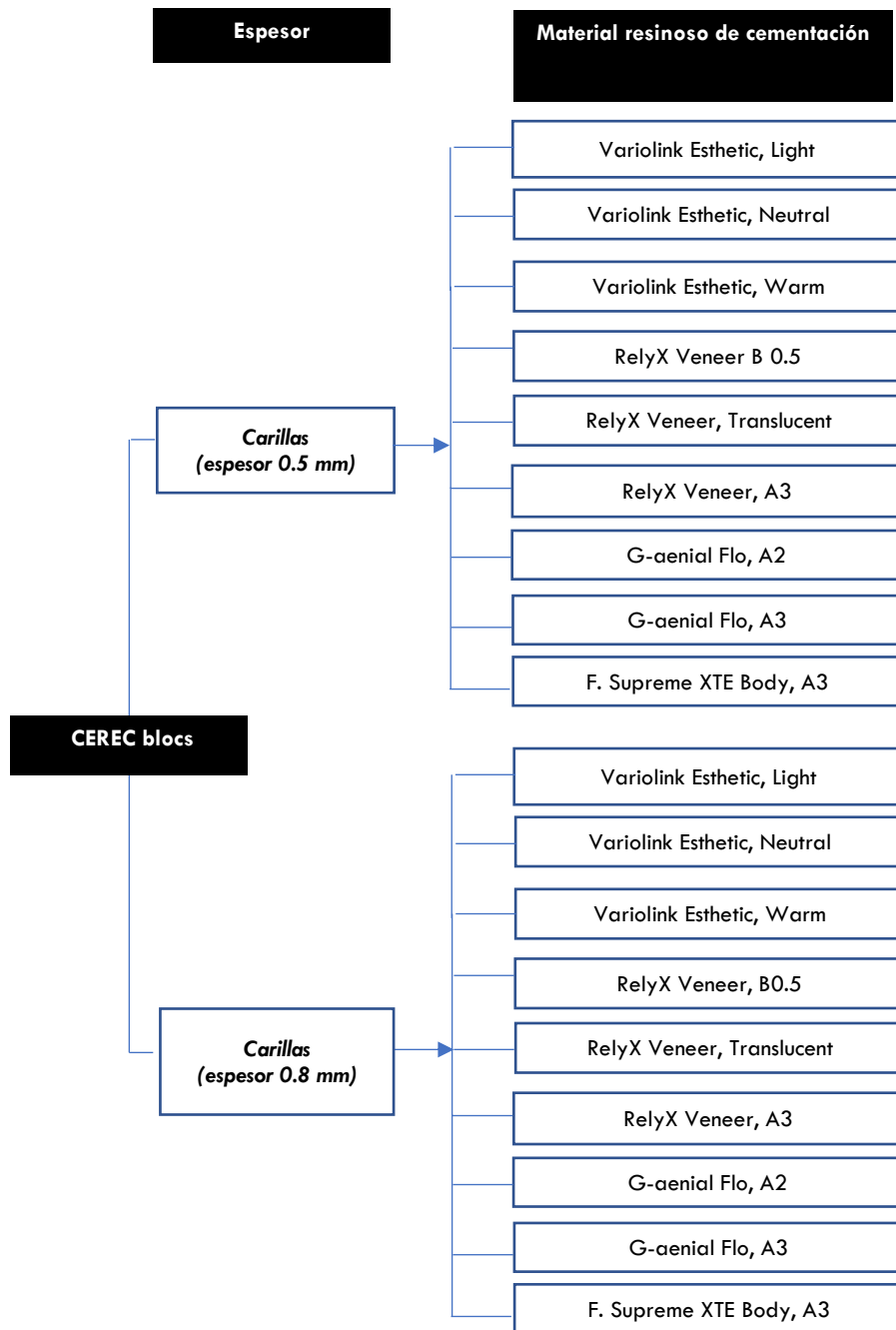


Figura 14: Esquema de los grupos experimentales evaluados (n=10).



Figura 15: Cemento de resina RelyX Veneer (3M Oral Care, colores B0.5, A3 y Translúcido).



Figura 16: Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent) colores Light, Neutral y Warm.



Figura 17: G-aenial Universal Flo (GC) colores A2 y A3.

Tabla 2: Composición de los discos de resina y materiales resinosos usados para la cementación.

| Material | Composición |
|--|---|
| <p>Filtek Supreme XTE Body (3M Oral Care, Minnesota, EE.UU) Color A3 Lote: N859611; Lote N859611; N927242</p> | <p>UDMA, Bis-GMA, Bis-EMA, Circonio (4-10nm), sílice (20nm). El tamaño medio de partículas de 0.6 a 10 μm. Las partículas inorgánicas representan el 72.5% en peso.</p> |
| <p>RelyX Veneer (3M Oral Care, Seefeld, Alemania) Colores: B0.5, A3 y Translúcido Lote: N862421, N816236, N843828</p> | <p>BisGMA, TEGDMA, circonio/sílice, modificado. Carga de partículas aproximadamente 66% del peso, tamaño de las partículas aproximadamente 0.6 μm, fotoiniciador.</p> |
| <p>Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) Colores Light, Neutral, Warm Lote: v48653, w05218, w06171</p> | <p>Dimetacrilato, monómeros de metacrilato. Partículas inorgánicas trifluoruro y óxido mixto esférico. Primers, estabilizadores y pigmentos. El tamaño de las partículas es de 0,04 a 0,2 μm. La carga inorgánica es de aproximadamente el 38%.</p> |
| <p>G-aenial Universal Flo (GC Europe, Lovaina, Bélgica) Colores: B1, A2 y A3 Lote: 161202^a; 104256^a, 125786^a</p> | <p>Uretano dimetacrilato (UDMA), Bis- MEPP, TEGDMA (31%. dióxido de silicio (16 nm), vidrio de estroncio (200 nm), pigmentos (69%), fotoiniciador</p> |

4.1.1 Preparación de la superficie cerámica y cementación de las carillas de cerámica feldespática

El tratamiento de la superficie de la cerámica se realizó de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En primer lugar, aplicación de ácido fluorhídrico al 9.6% (PulpDent Corporation, Massachusetts, EE.UU.) durante 90 segundos. A continuación se lavó durante 60 segundos, seguido de la aplicación de ácido ortofosfórico al 37% (R&S Supraetch, Francia) realizando movimientos circulares vigorosos durante 60 segundos utilizando un microbrush. Las muestras de cerámica se lavaron con agua destilada, seguido de un baño ultrasónico durante 4 minutos. Las superficies se secaron con alcohol al 96% y se aplicó un agente de acoplamiento Silano Calibra (Dentsply International, Milford, EE.UU.) durante 20 segundos. Finalmente, se aplicó el adhesivo Optibond FL (Kerr Dental, Orange, CA, EE. UU.) sin fotopolimerizar (Lung & Matinlinna, 2012) (Figura 18).

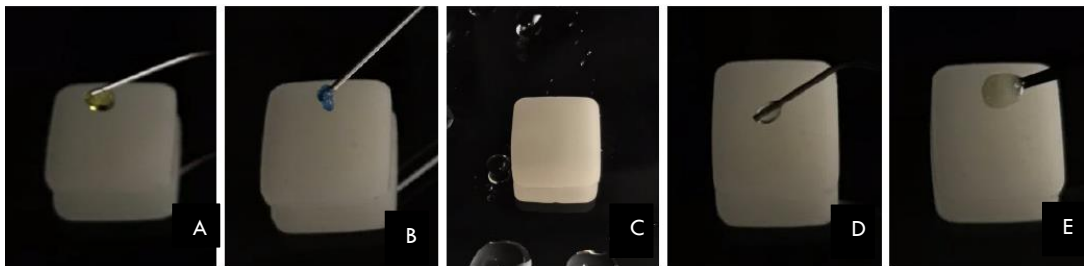


Figura 18: Secuencia de tratamiento superficial de las muestras de cerámica feldespática. A: aplicación del ácido fluorhídrico; B: Aplicación del ácido ortofosfórico; C: Lavado con agua; D: Aplicación de silano; E: Aplicación de adhesivo.

Tras la preparación de las superficies cerámicas, cada muestra de cerámica se cementó manteniendo una fuerza constante de 50 Newton durante 60 segundos (Mirmohammadi et al., 2010), para estandarizar el espesor del agente de cementación. En los grupos cementados con Filtek Supreme XTE, tono A3 Body (3M Oral Care), el composite fue precalentado a 55°C con la unidad ENA HEAT (Micerium) tras la cementación.

La fotopolimerización se realizó con la misma unidad LED durante 40 segundos, en el centro de cada muestra. La intensidad de la luz se comprobó periódicamente con un radiómetro Demetron (Kerr). Después de la polimerización, las muestras cementadas se almacenaron durante 24 horas en un ambiente seco y protegido de la luz.

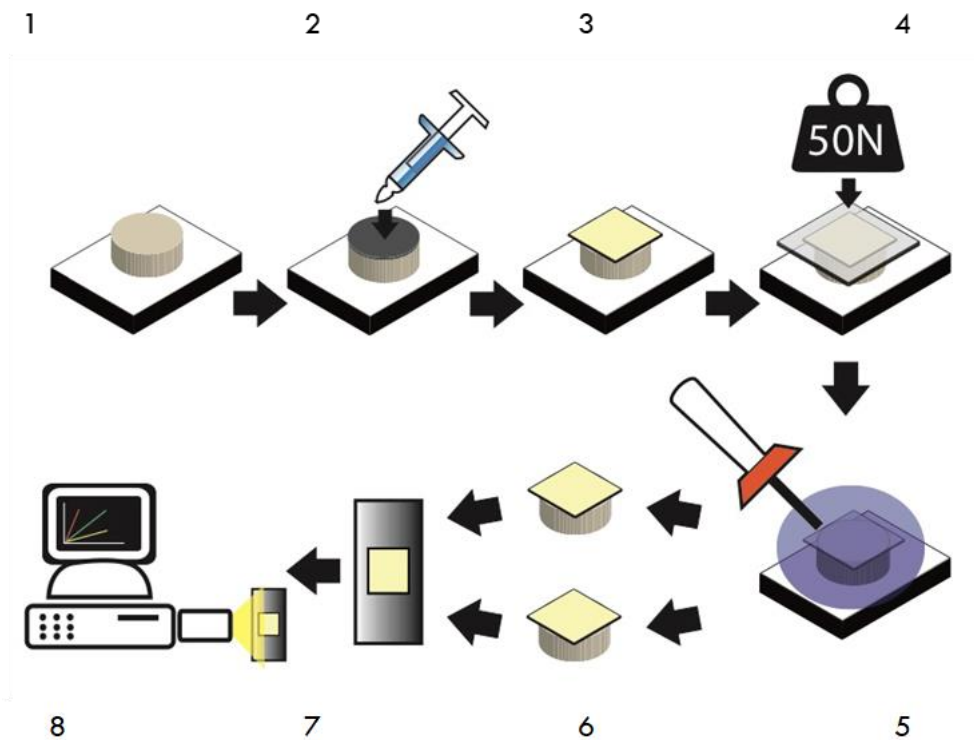


Figura 19: Diagrama de la metodología de trabajo. Se utilizó dispositivo como molde para la fabricación de discos de resina compuesta (1); aplicación del material de cementación sobre la resina compuesta (2); colocación de la cerámica sobre el disco de resina (3); se aplicó presión para obtener un espesor uniforme (4); polimerización de la muestra (5); los grupos de estudio se obtuvieron con espesores cerámicos de 0.5 y 0.8 mm (6); las muestras se marcaron para su posterior identificación (7); cada muestra se colocó en un soporte y se utilizó el espectrofluorómetro para medir su fluorescencia (8).

En las figuras 20 y 21 se pueden observar algunas muestras de cerámica de los grupos experimentales después de la cementación. Las muestras de la figura 20 iluminadas con luz artificial mientras que las de la figura 21 están iluminadas con luz ultravioleta.

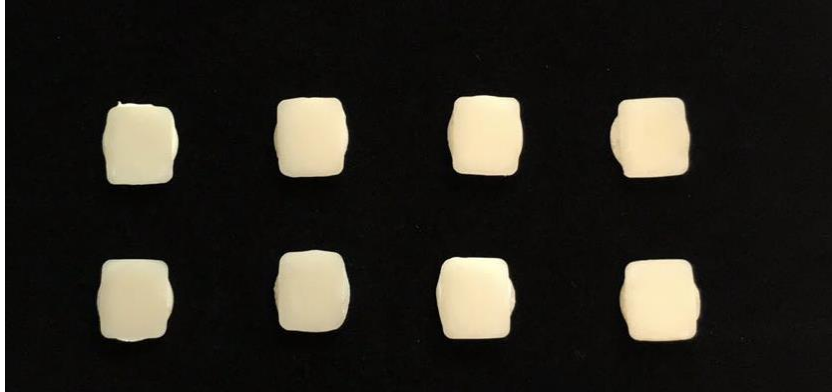


Figura 20: Muestras aleatorias de cerámica con un espesor de 0.5 mm y 0.8 mm.

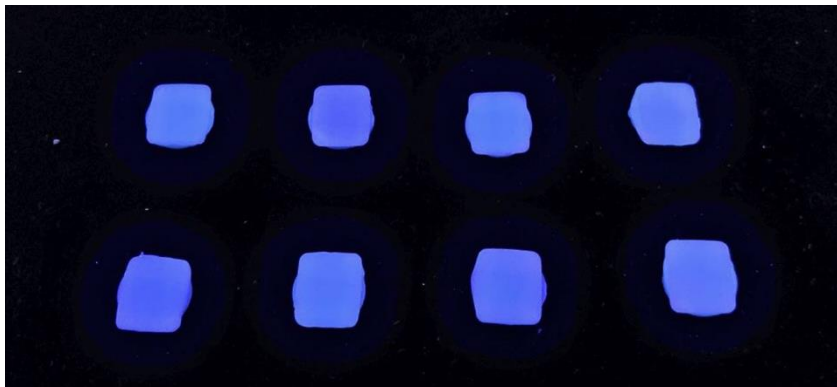


Figura 21: Muestras aleatorias iluminadas con luz ultravioleta con un espesor de 0.5 mm y 0.8 mm.

4.1.2 Medición de la fluorescencia

Los espectros de fluorescencia se obtuvieron utilizando un espectrofluorómetro (SPEX, Fluorolog®2121, Horiba, Kioto, Japón) (Figura 22 y 23). Todos los espectros se obtuvieron a una longitud de onda de 380 nm y a temperatura ambiente. Los espectros fueron posteriormente exportados a una hoja de excel para su análisis posterior.



Figura 22: Espectrofluorómetro SPEX Fluorolog 2121.

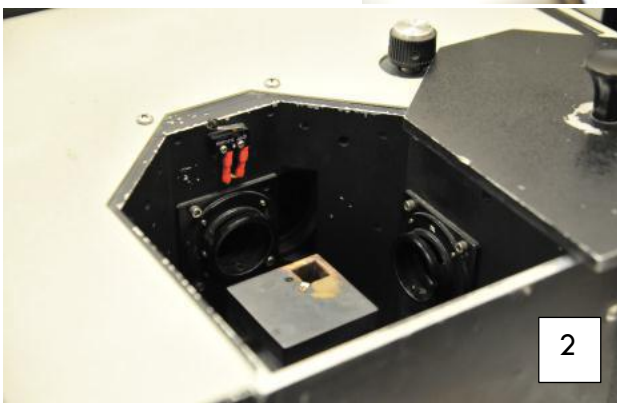
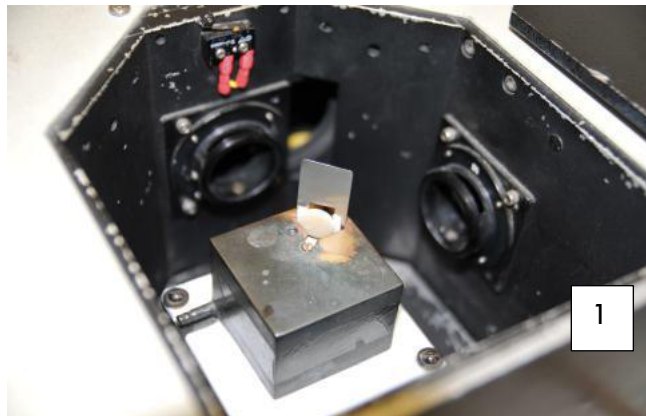


Figura 23: Espectrofluorómetro SPEX Fluorolog 2121. Sitio de ubicación de lectura (1); Soporte diseñado para lectura de muestras (2); muestra lista para lectura (3).

4.2 Fluorescencia y color de carillas de disilicato de litio confeccionadas en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina

Para la segunda parte del presente estudio, se utilizaron bloques de cerámica de disilicato de litio IPS e.max Press HT (Ivoclar Vivadent) de color A2 (Figura 24). La composición de los bloques se detalla en la Tabla 1.



Figura 24: Cerámica IPS e-max Press HT (Ivoclar Vivadent) color A2.

Los discos cerámicos de los lingotes IPS e.max Press se fabricaron mediante la técnica de cera perdida, según las instrucciones del fabricante.

Para obtener los dos espesores deseados, los patrones de cera de los núcleos fueron fabricados por la máquina PixCera (Perfactory, Gladbeck, Alemania). Las series que contenían tres modelos de cera se revistieron en un anillo de revestimiento con un revestimiento de fosfato (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) después de colocar un bebedero de 3 mm de diámetro en cada uno de los modelos. Los anillos se colocaron en banco durante 60 min y se colocaron en un horno (Ivoclar Vivadent) durante 120 min. A continuación, las muestras se prensaron con calor en un horno EP600 (Ivoclar Vivadent), se enfriaron con aire, se arenaron con perlas de vidrio de 80 μm a 4 bar de presión y se trataron ultrasónicamente en un líquido de limpieza ácido (Invex, Ivoclar Vivadent).

Se obtuvieron láminas con espesores que simulaban el espesor de carillas cerámicas de 0.5 y 0.8 mm (Figura 25). El número total de discos obtenidos fue de 180, que posteriormente se distribuyeron aleatoriamente en los diferentes grupos experimentales.

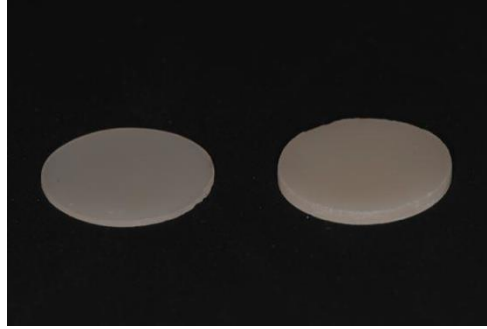


Figura 25: Discos de cerámica con 0.5 mm (izquierda) y 0.8 mm de espesor (derecha).

Para garantizar una rugosidad superficial uniforme, los discos se pulieron secuencialmente con discos de carburo de silicio de 400, 600 y 1200 grit, durante 15 segundos cada disco, a una velocidad constante de 100 rpm refrigerados con agua, utilizando la pulidora mecánica (LabolPol-4). El espesor de las muestras se comprobó con un calibre digital de precisión (Heavyware Tools) en 3 puntos diferentes de las muestras para asegurar un grosor uniforme de las muestras (± 0.05 mm).

A continuación se prepararon 180 discos de resina compuesta que se utilizaron como sustrato, siguiendo el mismo procedimiento explicado anteriormente. Los discos fueron confeccionados con la resina compuesta Filtek Supreme XTE Body en color A3, que se fotopolimerizaron con la unidad de curado LED S10 (3M Oral Care), con una intensidad de luz de 1000 mW/cm^2 durante 20 segundos, según las indicaciones del fabricante. También los discos de resina se calibraron con el micrómetro digital (Heavyware Tools) al igual que se describió anteriormente para los discos cerámicos.

Las muestras de cerámica se emparejaron aleatoriamente con los discos de resina para formar 18 grupos experimentales de acuerdo al material de cementación y al espesor de la cerámica (Figura 26).

Como grupo control, se utilizó el composite Filtek Supreme XTE Body color A3 precalentado a 55°C para la cementación las cerámicas con espesores 0.5 y 0.8 mm, como se indicó anteriormente. Los materiales usados para la cementación se citan a continuación y su composición se detalla en la Tabla 2.

- Cemento de resina fotopolimerizable Variolink Esthetic LC, color Light;
- Cemento de resina fotopolimerizable Variolink Esthetic LC, color Neutral;

- Cemento de resina fotopolimerizable Variolink Esthetic LC, color Warm;
- Cemento de resina fotopolimerizable RelyX Veneer, color B0.5;
- Cemento de resina fotopolimerizable RelyX Veneer, color Translucent;
- Cemento de resina fotopolimerizable RelyX Veneer, color A3;
- Resina compuesta fluida G-aenial Flo, color B1; Se seleccionó un tono más claro que en el utilizado en la cerámica feldespática, con el fin de poder apreciar mayor diferencias con el tono A3 del mismo material.
- Resina compuesta fluida G-aenial Flo, color A3;
- Resina compuesta Filtek Supreme XTE Body color A3, que se precalentó a 55°C utilizando el dispositivo ENA HEAT para ello.

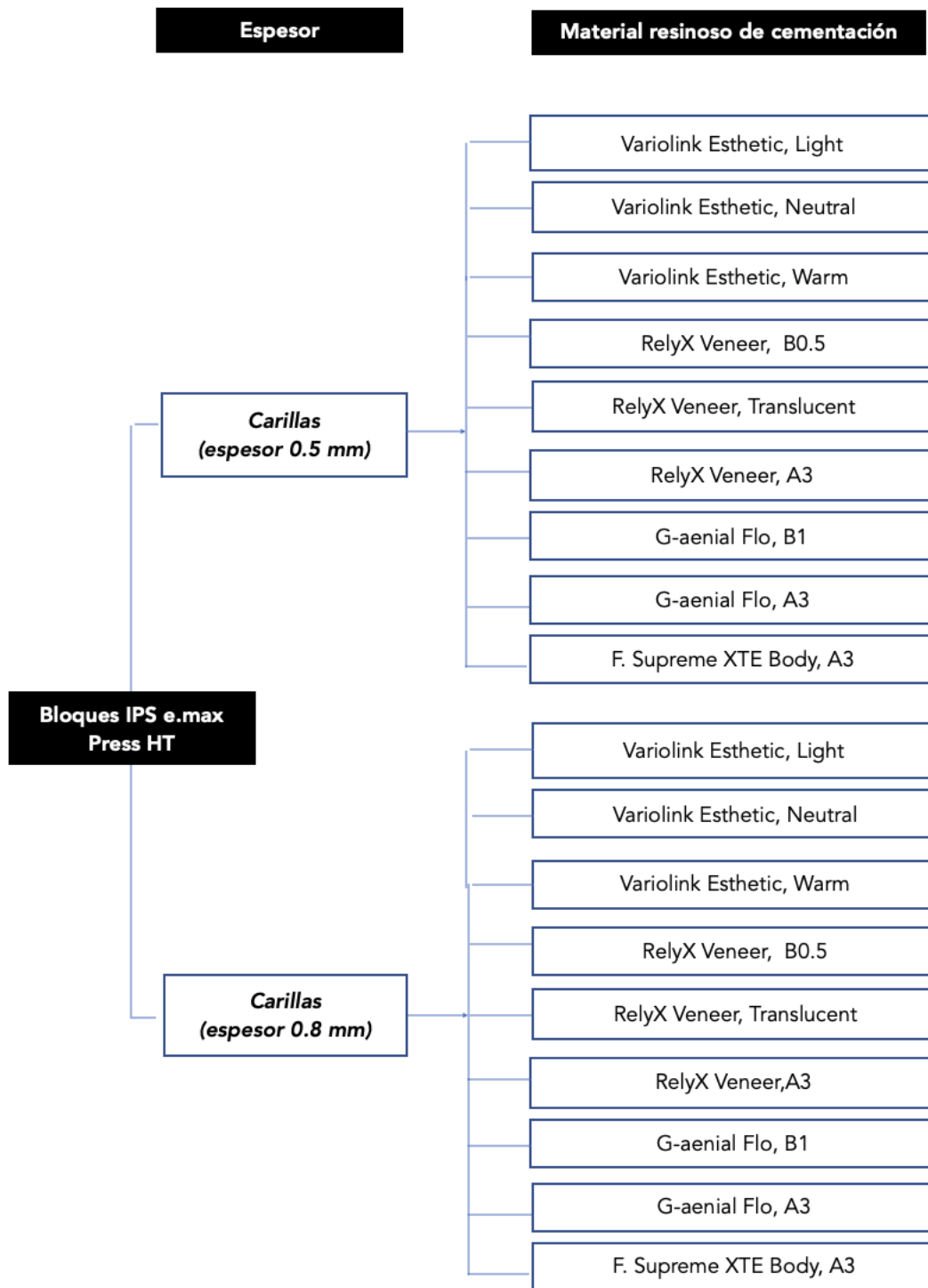


Figura 26: Esquema de los grupos experimentales evaluados (n=10).

4.2.1 Preparación de la superficie cerámica y cementación de las carillas de cerámica de disilicato de litio

El tratamiento de la superficie de la cerámica se llevó a cabo siguiendo las instrucciones del fabricante de acuerdo al tipo de cerámica utilizada. En primer lugar, la superficie cerámica fue acondicionada con ácido fluorhídrico al 9.6% (PulpDent® Corporation, Massachusetts, EE.UU.), durante 90 segundos. A continuación, se aspiró el gel y se lavó abundantemente con agua para eliminar restos del producto. Se aplicó ácido ortofosfórico al 37% (R&S, Francia), friccionando con movimientos circulares durante 60 segundos y se lavó con agua destilada. Se secó con la jeringa de aire hasta que la superficie de la cerámica se observó blanquecina. A continuación, las muestras se colocaron durante 4 minutos en agua destilada en un baño ultrasónico. Las muestras se secaron con alcohol al 96%. Se aplicó entonces agente de acoplamiento Silano Calibra (Dentsply International, Milford, EE.UU.) durante 20 segundos. Finalmente, se aplicó el adhesivo Optibond FL (Kerr) sin fotopolimerizar (Lung & Matinlinna, 2012).

Posteriormente, las muestras de cerámica se cementaron a los discos de resina compuesta con diferentes cementos de resina y composites fluidos citados anteriormente.

La cementación de todos los grupos se hizo aplicando una fuerza constante de 50 Newton durante 60 segundos y las muestras se polimerizaron durante 40 segundos con la unidad de curado LED S10. La intensidad de la luz de polimerización se comprobó regularmente con el radiómetro de Demetron.

Después de la polimerización, las muestras se almacenaron durante 24 horas en un ambiente seco y protegidas de la luz.

4.2.2 Medición de la fluorescencia

La medición de la fluorescencia se realizó en las muestras cementadas. Los espectros de fluorescencia se obtuvieron utilizando un espectrofluorómetro (SPEX, Fluorolog®2121). Todos los espectros se obtuvieron a una longitud de onda de 380 nm y a temperatura ambiente. Los espectros fueron posteriormente exportados a una hoja de Excel.

4.2.3 Medición del color

La medición de todos los parámetros de color, se realizó en las muestras cerámicas antes de la cementación y después de la cementación (cerámica + cemento + sustrato), para obtener así la diferencia de color entre ambos sustratos.

Los datos correspondientes al análisis de color se obtuvieron con la espectrofotometría de reflexión, midiendo la cantidad de energía luminosa reflejada por muestra en condiciones de fondo y luz estandarizadas, antes y después de su cementación. El espectrofotómetro utilizado fue el ShadeSpectro (MHT S.p.A., Vernoia, Italia). El dispositivo se calibró utilizando las tablillas de calibración blancas y verdes proporcionada por el fabricante antes de realizar las mediciones. El espectrofotómetro midió los valores L^* , a^* , b^* de cada muestra, lo que permitió realizar posteriormente el cálculo de la diferencia de color ΔE_{ab} del espacio cromático CIELAB y ΔE_{00} del espacio cromático CIEDE2000 entre dos mediciones (Figura 27). Las mediciones de la cerámica se realizaron antes y después de su cementación (muestras de cerámica + cemento + sustrato).



Figura 27: ShadeSpectro y soporte de uniformidad con la muestra colocada.

Todas las lecturas se realizaron sobre el mismo fondo (gris), con la misma angulación de 90° sobre la superficie, aisladas de la luz y con un soporte de estandarización de lectura, exponiéndose a la lectura 9 mm por 7 mm de muestra.

A partir de las coordenadas $L^*a^*b^*$, se procedió al cálculo ΔE_{ab} utilizando la fórmula (Robertson, 1977) en que 1 corresponde al valor de la cerámica sin cementar y 2 a la muestra cementada.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L1 - L2)^2 + (a1 - a2)^2 + (b1 - b2)^2}$$

Se utilizó la ecuación CIEDE 2000 (ΔE_{00}) para calcular la diferencia de color (Luo et al., 2001), donde $\Delta L'$, $\Delta C'$ y $\Delta H'$ son diferencias en luminosidad, saturación y tono entre dos conjuntos de coordenadas de color:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C' \Delta H'}{k_C S_C k_H S_H}}$$

CIEDE2000 (ΔE_{00}) incluye correcciones específicas para la falta de uniformidad del CIELAB (funciones de ponderación S_L , S_C y S_H) y los factores paramétricos para la influencia de las condiciones de iluminación y visualización en la evaluación de la diferencia de color (K_L , K_C y K_H). Los valores de K_L , K_C y K_H en la fórmula CIEDE2000 se establecieron en 1. R_T es la función de rotación, que muestra la interacción entre croma y diferencias de color en la región azul (Luo et al., 2001).

4.3 Análisis estadístico

En primer lugar se realizó un análisis descriptivo de los valores de fluorescencia y los parámetros de color (L^* a^* b^* , ΔE_{ab} y ΔE_{00} , utilizando la media como medida de tendencia central y la desviación estándar como medida de dispersión.

Para cada una de las cerámicas evaluadas, el análisis inferencial se realizó utilizando el test de ANOVA de dos vías, siendo la fluorescencia y los valores de las coordenadas L^* a^* b^* , y diferencia de color (ΔE_{ab} y ΔE_{00}) las variables dependientes, y las variables independientes el material de cementación (con su correspondiente tono) y el espesor de la cerámica (0.5 mm y 0.8 mm). Previamente se comprobó si los valores presentaban una distribución normal y la homogeneidad de varianzas mediante los tests de Shapiro-Wilk y el test de Levene, respectivamente. Las comparaciones posteriores se realizaron mediante el test de Tukey. La comparación entre los valores obtenidos para los dos espesores de cerámica (0.5 y 0.8 mm) se realizaron mediante el test de la t de Student. Este mismo test también se utilizó para comparar las medias de los parámetros L^* a^* b^* , ΔE_{ab} y ΔE_{00} de cada grupo experimental con el grupo control.

En todos los casos el nivel de significación estadística aceptada fue de 0.05.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente en una base de datos creada en el Paquete Estadístico IBM SPSS, versión 22 (IBM SPSS, Armonk, Nueva York, EEUU).

5 RESULTADOS

5.1 Fluorescencia de cerámica feldespática confeccionada en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina

Los espectros de fluorescencia de los materiales ensayados mostraron un patrón similar, con un pico de fluorescencia alrededor de 450 nm que disminuyó progresivamente hasta los 700 nm. En las Figuras 28 y 29 se representa el patrón medio de emisión de fluorescencia de los grupos experimentales en función del espesor de la cerámica. Los picos de menor intensidad de emisión de fluorescencia se encontraron alrededor de 542 nm. Los materiales testados mostraron diferentes intensidades de emisión de fluorescencia. En la figura 30 se representa el diagrama de barras de los valores medios y desviación estándar obtenidas para muestras cerámicas adheridas según el material de cementación y el espesor de la cerámica feldespática.

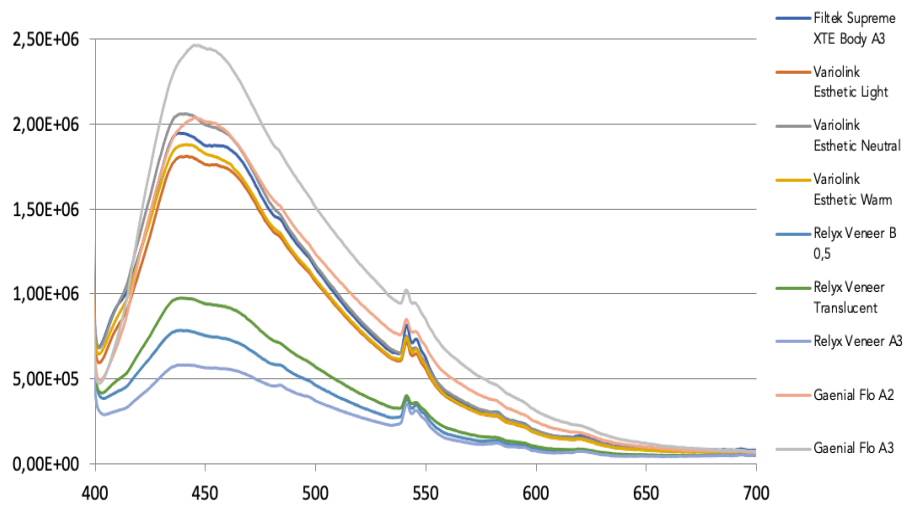


Figura 28: Gráfica que muestra el patrón medio de emisión de fluorescencia de los grupos experimentales con 0.5 mm de espesor.

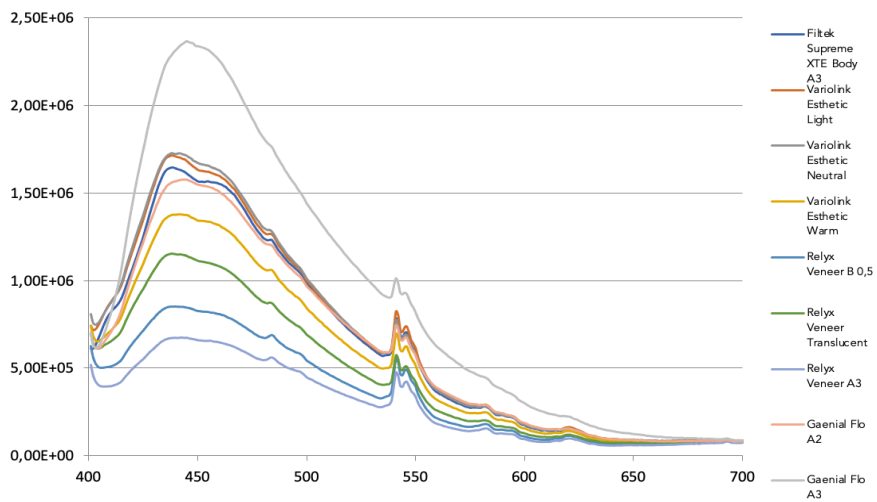


Figura 29: Gráfica que muestra el patrón medio de emisión de fluorescencia de los grupos experimentales con 0.8 mm de espesor.

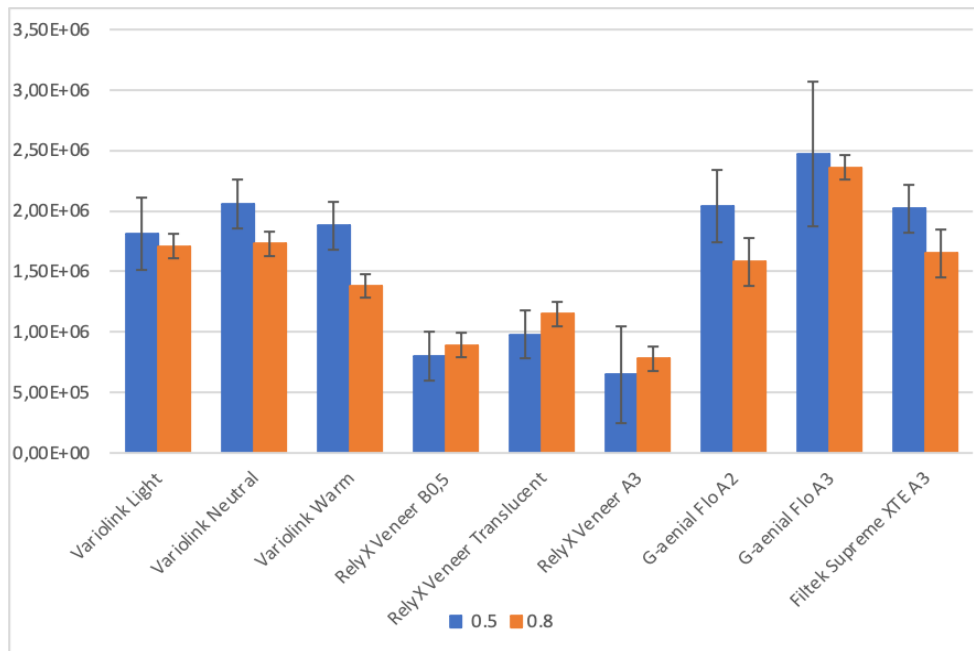


Figura 30: Diagrama de barras de los valores medios y desviación estándar (unidades arbitrarias, a.u.) obtenidas para muestras de cerámica cementadas según el material de cementación y el espesor de la cerámica feldespática (n=10).

Los resultados del valor medio de la intensidad de la emisión de fluorescencia obtenida a partir de las mediciones con el espectrofluorómetro se muestran en la Tabla 3.

| Tabla 3: Valor medio y desviación estándar (DE) de la intensidad de la emisión de fluorescencia (unidades arbitrarias, u.a.) de los diferentes grupos experimentales, según el material de resina utilizado en la cementación y el espesor de la cerámica feldespática. | | | |
|---|---|---|------------------|
| Material de cementación | Espesor de la cerámica | | 0.5 mm vs 0.8 mm |
| | 0.5 mm | 0.8 mm | |
| | Media (DE) | Media (DE) | Valor de p |
| Variolink Light | 1.81x10 ⁶ (3x10 ⁵) b | 1.71x10 ⁶ (1x10 ⁵) e | 0.361 |
| Variolink Neutral | 2.06 x10 ⁶ (2x10 ⁵) bc | 1.73 x10 ⁶ (1x10 ⁵) e | 0.005 |
| Variolink Warm | 1.88 x10 ⁶ (2x10 ⁵) b | 1.38 x10 ⁶ (1x10 ⁵) cd | <0.001 |
| RelyX Veneer B0.5 | 0.80 x10 ⁶ (2x10 ⁵) a | 0.89 x10 ⁶ (1x10 ⁵) ab | 0.296 |
| RelyX Veneer Translucent | 0.98 x10 ⁶ (2x10 ⁵) a | 1.15 x10 ⁶ (1x10 ⁵) bc | 0.072 |
| RelyX Veneer A3 | 0.65 x10 ⁶ (4x10 ⁵) a | 0.78 x10 ⁶ (1x10 ⁵) a | 0.442 |
| G-aenial Flo A2 | 2.04 x10 ⁶ (3x10 ⁵) bc | 1.58 x10 ⁶ (2x10 ⁵) de | 0.003 |
| G-aenial Flo A3 | 2.47 x10 ⁶ (6x10 ⁵) c | 2.36 x10 ⁶ (2x10 ⁵) f | 0.630 |
| Filtek Supreme XTE A3 (precalentado) | 2.02 x10 ⁶ (2x10 ⁵) bc | 1.65 x10 ⁶ (2x10 ⁵) de | 0.05 |
| <i>Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados para cada espesor de cerámica.</i> | | | |

Los resultados de ANOVA de dos vías, mostraron que la intensidad de emisión de fluorescencia, estuvo influenciada por el material utilizado en la cementación ($p < 0.001$) y el espesor de la cerámica ($p < 0.001$). La interacción entre ambos factores fue también significativa ($p < 0.001$) (Tabla 4).

| Tabla 4: Efecto de las variables independientes, material de cementación y espesor de la cerámica, en los valores medios de intensidad de emisión de fluorescencia. | | | | | |
|---|------------------------|-----|----------------------|----------|------|
| Variable dependiente: Fluorescencia | | | | | |
| Fuente de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Modelo corregido | 5.4x10 ¹³ a | 17 | 3.2x10 ¹² | 38.958 | .000 |
| Intersección | 4.4 x10 ¹⁴ | 1 | 4.4x10 ¹⁴ | 5352.995 | .000 |
| Material de cementación | 5.0x10 ¹³ | 8 | 6.2x10 ¹² | 76.730 | .000 |
| Espesor de cerámica | 1.2x10 ¹² | 1 | 1.2x10 ¹² | 14.719 | .000 |
| Material * Espesor | 2.8x10 ¹² | 8 | 3.4x10 ¹¹ | 4.215 | .000 |
| Error | 1.3x10 ¹³ | 162 | 8.1x10 ¹⁰ | | |
| Total | 5.0x10 ¹⁴ | 180 | | | |
| Total corregida | 6.7x10 ¹³ | 179 | | | |
| a. R cuadrado = .803 (R al cuadrado ajustada = .783) | | | | | |

5.1.1 Espesor de cerámica de 0.5 mm

Para espesores de cerámica feldespática de 0.5 mm (Tabla 3 y Figura 28), las muestras cementadas con la resina compuesta fluida G-aenial Flo A3 obtuvieron un valor medio de fluorescencia mayor aunque estadísticamente similar la fluorescencia emitida por muestras cementadas con la misma marca en el tono A2, y las cementadas con Variolink Neutral y el composite precalentado Filtek Supreme XTE (grupo control). Las muestras cementadas con Variolink Esthetic LC, independientemente del color, obtuvieron valores similares de fluorescencia y también similares al grupo Filtek Supreme XTE. Los valores más bajos de fluorescencia se obtuvieron en los tres grupos cementados con RelyX Veneer, independientemente del color.

5.1.2 Espesor de cerámica de 0.8 mm

Los grupos experimentales con espesor de cerámica feldespática de 0.8 mm (Tabla 3 y Figura 29), mostraron diferencias estadísticamente significativas en la intensidad de emisión de fluorescencia, como se puede observar en la Tabla 3.

Para el espesor de cerámica feldespática de 0.8 mm, los valores más altos de fluorescencia se obtuvieron en el grupo experimental cementado con G-aenial Flo A3,

seguido por los grupos Variolink Esthetic LC Light y Neutral, G-aenial Flo A2 y el grupo Filtek Supreme XTE. La fluorescencia del grupo Variolink Warm fue menor que la obtenida por los otros dos grupos Variolink citados anteriormente (Light y Neutral) de la misma marca, y estadísticamente similar a G-aenial Flo A2, RelyX Translucent y Filtek Supreme XTE. Los grupos RelyX Veneer B0.5 y A3 mostraron los valores más bajos, siendo los valores de este último grupo inferiores a los obtenidos por el grupo de RelyX Translucent.

5.1.2 Espesor de cerámica de 0.5 versus 0.8 mm

La prueba t de Student no mostró diferencias significativas en la intensidad de fluorescencia media entre los grupos cementados con cerámicas de espesor 0.5 mm y 0.8 mm en los grupos cementados con Variolink Esthetic LC Light, RelyX Veneer independientemente del color, G-aenial Flo A3 y Filtek Supreme XTE (Tabla 3). En el resto de grupos, la intensidad de fluorescencia emitida fue menor en los grupos con espesor de cerámica de 0.8 mm.

5.2 Fluorescencia y diferencia de color de la cerámica de disilicato de litio confeccionada en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina

5.2.1 Fluorescencia de la cerámica de disilicato de litio tras la cementación.

Los espectros de fluorescencia mostraron un patrón similar entre sí, con picos de intensidad de fluorescencia alrededor de 450 nm, 550 nm y 620 nm. En las Figuras 31 y 32 se representa el patrón medio de emisión de fluorescencia de los grupos experimentales en función del espesor de la cerámica. Al igual que sucedió con las muestras de cerámica feldespática cementadas, los materiales testados mostraron diferentes intensidades de emisión de fluorescencia. En la figura 33 se representa el diagrama de barras de los valores medios y desviación estándar obtenidas para muestras cerámicas adheridas según el material de cementación y el espesor de la cerámica de disilicato de litio.

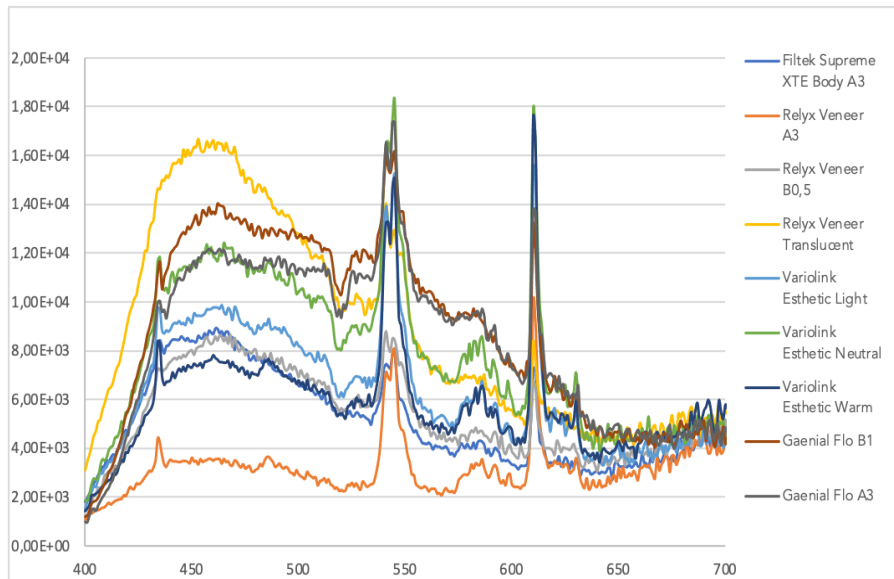


Figura 31: Gráfica que muestra el patrón medio de emisión de fluorescencia de los grupos experimentales con espesor de cerámica de 0.5 mm.

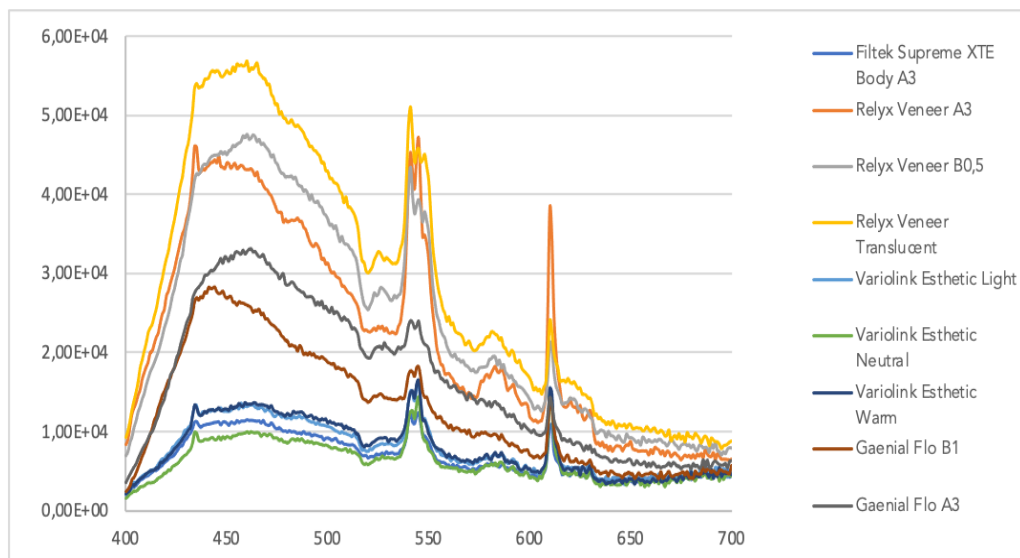


Figura 32: Gráfica que muestra el patrón medio de emisión de fluorescencia de los grupos experimentales con espesor de cerámica de 0.8 mm.

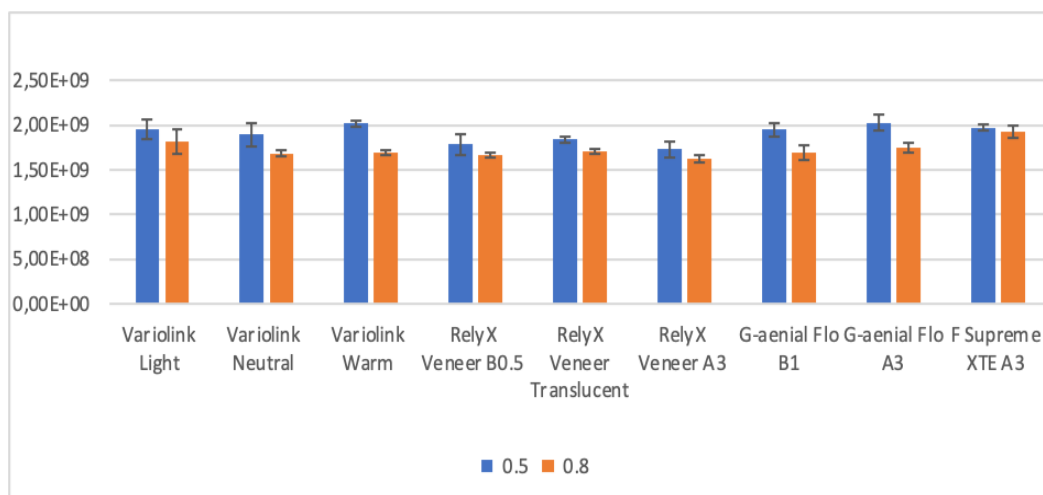


Figura 33: Diagrama de barras de los valores medios y desviación estándar (millones de unidades arbitrarias, a.u.) obtenidas para muestras cerámicas cementadas según el material de cementación a base de resina y el espesor de la cerámica de disilicato de litio (n=10).

Los resultados del valor medio de la intensidad de la emisión de fluorescencia obtenida a partir de las mediciones con el espectrofluorómetro se muestran en la Tabla

5.

| Material de cementación | Espesor de la cerámica | | |
|---------------------------------|--|---|------------------|
| | 0.5 mm | 0.8 mm | 0.5 vs 0.8 mm |
| | Media (DE) | Media (DE) | Valor de p |
| Variolink Light | 1.96x10 ⁹ (1.08x10 ⁸) bcd | 1.82x10 ⁹ (1.36x10 ⁸) ab | 0.001 |
| Variolink Neutral | 1.90x10 ⁹ (1.33x10 ⁸) de | 1.68x10 ⁹ (3.64x10 ⁷) ab | <0.001 |
| Variolink Warm | 2.02x10 ⁹ (3.72x10 ⁷) ab | 1.69x10 ⁹ (2.60x10 ⁷) ab | 0.012 |
| RelyX Veneer B0.5 | 1.78x10 ⁹ (1.16x10 ⁸) abc | 1.67x10 ⁹ (2.72x10 ⁷) ab | <0.001 |
| RelyX Veneer Translucent | 1.84x10 ⁹ (4.03x10 ⁷) a | 1.71x10 ⁹ (2.62x10 ⁷) a | 0.004 |
| RelyX Veneer A3 | 1.73x10 ⁹ (8.92x10 ⁷) cde | 1.62x10 ⁹ (4.08x10 ⁷) ab | <0.001 |
| G-aenial Flo B1 | 1.95x10 ⁹ (7.70x10 ⁷) e | 1.69x10 ⁹ (8.75x10 ⁷) bc | <0.001 |
| G-aenial Flo A3 | 2.03x10 ⁹ (8.83x10 ⁷) de | 1.75x10 ⁹ (5.27x10 ⁷) d | 0.079 |
| F Supreme XTE A3 (precalentado) | 1.97x10 ⁹ (3.56x10 ⁷) cde | 1.93x10 ⁹ (6.51x10 ⁷) c | 0.021 |

Los resultados de ANOVA de dos vías, mostraron que la intensidad de emisión de fluorescencia, estuvo influenciada por el material utilizado en la cementación ($p < 0.001$) y el espesor de la cerámica ($p < 0.001$). La interacción entre ambos factores fue también significativa ($p < 0.001$) (Tabla 6).

Tabla 6: Efecto de las variables independientes, material de cementación y espesor de la cerámica, en los valores medios de intensidad de emisión de fluorescencia en las muestras cementadas de disilicato de litio.

| Variable dependiente: Fluorescencia | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-----|----------------------|-----------|-------|
| Fuente de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Modelo corregido | 3.0x10 ¹⁸ a | 17 | 1.8x10 ¹⁷ | 29.605 | 0.000 |
| Intersección | 5.0x10 ²⁰ | 1 | 5.9x10 ²⁰ | 99935.987 | 0.000 |
| Material de cementación | 1.2x10 ¹⁸ | 8 | 1.5x10 ¹⁷ | 25.482 | 0.000 |
| Espesor de cerámica | 1.4x10 ¹⁸ | 1 | 1.4x10 ¹⁸ | 241.562 | 0.000 |
| Material * Espesor | 3.4x10 ¹⁷ | 8 | 4.3x10 ¹⁶ | 7.233 | 0.000 |
| Error | 9.6x10 ¹⁷ | 162 | 6.0x10 ¹⁵ | | |
| Total | 6.0x10 ²⁰ | 180 | | | |
| Total corregida | 4.0x10 ¹⁸ | 179 | | | |

a. R cuadrado = .756 (R al cuadrado ajustada = .731)

5.2.1.1 Espesor de cerámica de 0.5 mm

De acuerdo con los resultados del test de Tukey, los grupos experimentales mostraron valores de emisión de fluorescencia que pueden agruparse en cinco grupos de menor a mayor emisión de fluorescencia, que se describen en adelante.

La agrupación con menor emisión de fluorescencia incluyó los grupos cementados con Variolink Esthetic Warm y RelyX Veneer de colores B0.5 y Translucent. Estos grupos mostraron valores de fluorescencia similares entre sí. El grupo cementado con RelyX Veneer Translucent, presentó los valores de fluorescencia más bajos en comparación con el resto de los grupos evaluados (a excepción de los otros dos grupos citados anteriormente).

A continuación, se agruparon las cerámicas cementadas con Variolink Esthetic Light, que no presentaron diferencias estadísticamente significativas con los grupos Variolink

Esthetic Warm y RelyX Veneer B0.5. Es decir, estos tres grupos presentaron valores de emisión de fluorescencia similares.

En la tercera agrupación, se incluyen los grupos cementados con RelyX Veneer A3 y Filtek Supreme XTE, que mostraron valores de emisión similares a los grupos Variolink Esthetic Light y RelyX Veneer B0.5.

Se distingue una cuarta agrupación, a la que se sumaron las cerámicas cementadas con G-aenial Flo A3 y Variolink Esthetic Neutral, con valores de fluorescencia similares a los grupos Variolink Esthetic Light, RelyX Veneer A3 y Filtek Supreme XTE.

En la quinta agrupación con los mayores valores de fluorescencia, el grupo cementado con G-aenial Flo B1, presentó valores de fluorescencia mayores a los emitidos por los grupos RelyX Veneer en colores Translucent y B0.5, y Variolink Esthetic en colores Warm y Light. En cambio, sus valores de fluorescencia fueron similares a los obtenidos por los grupos Variolink Esthetic Neutral, RelyX Veneer A3, G-aenial Flo A3 y Filtek Supreme XTE.

Comparando los resultados por marcas comerciales, se observa que el grupo RelyX Veneer Translucent presentó una emisión de fluorescencia menor que RelyX en color A3, mientras que RelyX en color B0.5 obtuvo valores similares a los dos grupos anteriores. El grupo Variolink Neutral presentó mayor intensidad de fluorescencia en comparación con el cemento del mismo nombre pero en colores Light y Neutral.

Por último, los grupos cementados con el composite fluido G-aenial Flo en diferente color, no mostraron diferencias en la emisión de fluorescencia.

5.2.1.2 Espesor de cerámica de 0.8 mm

De acuerdo al test de Tukey, y al igual que sucedió con las muestras cementadas con láminas de cerámica de 0.5 mm, los diferentes grupos experimentales mostraron valores de emisión de fluorescencia diferentes. Los grupos con menor valor de fluorescencia fueron los cementados con Variolink Esthetic Warm, Neutral y Light, y RelyX Veneer B0.5, Translucent y A3. Estos seis grupos mostraron valores de fluorescencia similares entre sí.

El composite fluido G-aenial Flo B1, presentó valores de emisión de fluorescencia similares a los obtenidos en todos los grupos citados anteriormente, y sólo superiores a los obtenidos por RelyX Translucent.

El grupo cementado con Filtek Supreme XTE presentó valores de fluorescencia mayores a los obtenidos por los grupos citados hasta ahora con la excepción del G-aenial Flo B1.

Los valores mayores de fluorescencia, los obtuvo el grupo cementado con G-aenial Flo A3.

Por tanto, todos los materiales de la misma marca mostraron valores de emisión de fluorescencia similares entre sí, excepto los grupos cementados con G-aenial Flo, ya que el color A3 mostró valores más altos que el grupo con color B1.

5.2.1.2 Espesor de cerámica 0.5 mm vs 0.8 mm

En todos los grupos experimentales, la emisión de fluorescencia disminuyó cuando se utilizó cerámica de mayor espesor, con la excepción del composite G-aenial Flo en color A3 que mantuvo valores mayores de fluorescencia y similares en los dos espesores de cerámica (Tabla 5).

5.2.2 Diferencia de color de la cerámica de disilicato de litio.

5.2.2.1 Valores de las coordenadas L^ , a^* , b^**

Los valores obtenidos de L^* , a^* , b^* de las carillas cerámicas antes y después de su cementación, se muestran en la tabla 7 y 8 para espesores de 0.5 mm y 0.8 mm respectivamente.

La Tabla 9 muestra la media y desviación estándar de la diferencia de dichos parámetros en las carillas cementadas de cada grupo experimental (de acuerdo al material de cementación) y el grupo control cementado con Filtek Supreme XTE. Esos valores muestran las diferencias debidas únicamente al material de cementación, sin tener en cuenta el sustrato que en todos los casos se confeccionó con el mismo composite (Filtek Supreme XTE, color A3)

De acuerdo a los resultados de la comparación de la **coordenada L*** de cada grupo experimental y el grupo control (Tabla 9) se aprecia lo siguiente:

En las carillas de espesor de 0.5 mm, la diferencia de los valores medios de la coordenada L* de los grupos experimentales y el grupo control (cementado con el mismo composite que el sustrato, Filtek Supreme XTE), mostró un aumento de los valores (y por tanto mayor luminosidad) en los grupos cementados con Variolink Esthetic Light y Neutral, y con RelyX Veneer B0.5. El resto de grupos (Variolink Warm, RelyX Translucent, RelyX A3 y G-aenial Flo A3) mostraron valores similares de L* que el grupo control.

En carillas con espesor de 0.8 mm, todos los grupos aumentaron la luminosidad, excepto los dos grupos cementados con el composite fluido G-aenial Flo, que mantuvieron valores de L* similares al grupo control.

Con respecto a la comparación de la **coordenada a*** de cada grupo experimental y el grupo control, se observa que en las carillas de 0.5 mm, los valores de los grupos experimentales mostraron una disminución con respecto al grupo control Filtek Supreme XTE, excepto en el grupo RelyX Veneer A3, que obtuvo valores similares al grupo control. En las carillas de 0.8 mm de espesor, los valores a* de los grupos Variolink Light, Neutral y RelyX A3 fueron similares al grupo control.

En cuanto a la **coordenada b***, las diferencias de cada grupo experimental y el grupo control fueron mayores en comparación con los valores de la coordenada a*, y por tanto, con mayor relevancia clínica.

En las carillas de 0.5 mm, todos los grupos experimentales mostraron un valor inferior en la coordenada b* respecto al grupo control.

En cambio, en carillas de espesor de 0.8 mm, los valores de b* de los grupos Variolink Light, RelyX A3 y los dos composites fluidos, fueron similares a los del grupo control.

Tabla 7: Valores medios y desviación estándar (DE) de las coordenadas L*, a* y b* obtenidas en las láminas cerámicas de 0.5 mm de espesor, antes y después de la cementación con los diferentes materiales testados (n=10).

Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

| Material de cementación y color evaluado | Cerámica cementada | | | Cerámica sin cementar | | |
|--|--------------------|--------------|---------------|-----------------------|---------------|-------------|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) |
| Variolink Light | 74.4 (0.5) c | 0.8 (0.4) ab | 15.7 (1.1) a | 66.8 (0.8) abc | -3.1 (0.2) ab | 5.0 (0.7) a |
| Variolink Neutral | 74.0 (0.5) bc | 0.8 (0.3) ab | 17.1 (0.6) bc | 66.0 (0.7) a | -3.1 (0.3) ab | 4.0 (1.0) a |
| Variolink Warm | 73.5 (1.1) abc | 0.7 (0.2) ab | 15.8 (0.8) a | 66.2 (0.6) ab | -3.0 (0.2) ab | 4.1 (1.0) a |
| RelyX Veneer B0.5 | 73.1 (0.8) ab | 0.7 (0.3) ab | 17.1 (0.5) bc | 67.7 (0.9) c | -3.0 (0.3) ab | 4.5 (1.1) a |
| RelyX Veneer Translucent | 73.5 (0.8) abc | 0.5 (0.2) a | 16.2 (1.1) ab | 67.3 (1.1) bc | -3.1 (0.2) ab | 5.0 (1.2) a |
| RelyX Veneer A3 | 73.5 (0.9) abc | 1.0 (0.5) bc | 17.8 (0.5) cd | 66.1 (1.3) ab | -3.2 (0.2) a | 4.2 (1.2) a |
| G-aenial Flo B1 | 74.0 (0.6) bc | 0.5 (0.1) a | 17.6 (0.7) cd | 66.6 (0.6) abc | -3.0 (0.2) ab | 4.4 (0.6) a |
| G-aenial Flo A3 | 72.9 (0.7) ab | 0.5 (0.1) a | 17.5 (0.8) cd | 66.0 (1.0) a | -3.0 (0.2) ab | 4.3 (0.7) a |
| F. Supreme XTE A3 | 72.9 (0.7) a | 1.3 (0.2) c | 18.5 (0.6) c | 66.7 (1.0) abc | -2.8 (0.2) b | 4.0 (0.9) a |

Tabla 8: Valores medios y desviación estándar (DE) de las coordenadas L*, a* y b* obtenidas en las láminas cerámica de 0.8 mm de espesor, antes y después de la cementación con los diferentes materiales testados (n=10).

Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

| Material de cementación y color evaluado | Cerámica cementada | | | Cerámica sin cementar | | |
|--|--------------------|--------------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) | Media (DE) |
| Variolink Light | 73.3 (1.2) abc | 0.8 (0.3) bc | 15.9 (0.9) a | 69.0 (0.9) ab | -2.6 (0.3) a | 7.5 (0.6) ab |
| Variolink Neutral | 73.0 (0.7) abc | 0.9 (0.2) bc | 17.9 (0.8) bc | 69.2 (1.0) ab | -2.6 (0.3) a | 7.8 (1.1) b |
| Variolink Warm | 73.9 (0.4) c | 0.7 (0.2) bc | 16.5 (0.5) a | 69.3 (0.8) ab | -2.6 (0.3) a | 7.7 (0.5) b |
| RelyX Veneer B0.5 | 73.6 (0.6) bc | 0.6 (0.3) a | 16.8 (0.9) a | 69.1 (1.0) ab | -2.7 (0.3) a | 7.3 (0.4) ab |
| RelyX Veneer Translucent | 73.0 (0.6) abc | 0.7 (0.3) bc | 16.8 (1.1) ab | 69.3 (0.9) ab | -2.7 (0.2) a | 7.3 (0.2) ab |
| RelyX Veneer A3 | 73.1 (0.7) abc | 0.8 (0.3) bc | 18.1 (0.5) c | 68.2 (1.4) a | -2.7 (0.3) a | 6.7 (0.5) b |
| G-aenial Flo B1 | 73.0 (0.4) abc | 0.7 (0.2) bc | 18.1 (0.7) c | 69.5 (0.6) b | -2.7 (0.4) a | 7.7 (0.7) ab |
| G-aenial Flo A3 | 72.6 (1.1) ab | 0.7 (0.2) bc | 17.9 (0.9) bc | 68.7 (0.7) ab | -2.8 (0.3) a | 7.5 (1.0) ab |
| F. Supreme XTE A3 | 72.3 (0.6) a | 1.0 (0.4) b | 18.0 (0.7) bc | 69.5 (0.5) b | -2.6 (0.2) a | 7.5 (0.2) ab |

Tabla 9: Media (desviación estándar, de) de las diferencias de las coordenadas L*, a*, y b*, y parámetros ΔE_{ab} y ΔE_{00} , entre cada grupo experimental y grupo control (Filtek Supreme XTE) tras la cementación de carillas de disilicato de litio.

Cifra en negrita indica diferencias estadísticamente significativas en los valores medios del grupo experimental evaluado y el grupo grupo control.

| Material de cementación y color evaluado | Espesor | L*exp-L*control | a*exp-a*control | b*exp-b*control | $\Delta E_{ab}exp - \Delta E_{ab}control$ | $\Delta E_{00}exp - \Delta E_{00}control$ |
|---|---------|------------------|-------------------|-------------------|---|---|
| Variolink Light | 0.5 mm | 1.6 (0.3) | -0.5 (0.2) | -2.8 (0.4) | -2.6 (0.5) | -1.4 (0.4) |
| | 0.8 mm | 1.0 (0.4) | -0.2 (0.2) | -2.1 (0.4) | -1.3 (0.3) | -0.5 (0.3) |
| Variolink Neutral | 0.5 mm | 1.1 (0.3) | -0.4 (0.1) | -1.4 (0.3) | -0.5 (0.6) | -0.0 (0.4) |
| | 0.8 mm | 0.7 (0.3) | -0.2 (0.1) | -0.1 (0.3) | -0.1 (0.7) | -0.0 (0.5) |
| Variolink Warm | 0.5 mm | 0.7 (0.4) | -0.6 (0.1) | -2.8 (0.3) | -2.1 (0.6) | -1.0 (0.4) |
| | 0.8 mm | 1.6 (0.2) | -0.4 (0.1) | -1.5 (0.3) | -0.9 (0.4) | -0.4 (0.3) |
| RelyX Veneer B0.5 | 0.5 mm | 0.2 (0.3) | -0.6 (0.1) | -1.4 (0.1) | -2.1 (0.6) | -1.4 (0.4) |
| | 0.8 mm | 1.3 (0.3) | -0.5 (0.1) | -1.2 (0.4) | -0.4 (0.5) | -0.1 (0.3) |
| RelyX Veneer Translucent | 0.5 mm | 0.7 (0.3) | -0.8 (0.1) | -2.3 (0.4) | -3.0 (0.6) | -1.9 (0.5) |
| | 0.8 mm | 0.7 (0.3) | -0.4 (0.1) | -1.1 (0.4) | -0.6 (0.4) | -0.3 (0.2) |
| RelyX Veneer A3 | 0.5 mm | 0.6 (0.4) | -0.3 (0.2) | -0.7 (0.2) | 0.3 (0.6) | -0.1 (0.5) |
| | 0.8 mm | 0.8 (0.3) | -0.3 (0.1) | 0.1 (0.3) | -1.5 (0.4) | -1.1 (0.3) |
| G-aenial Flo B1 | 0.5 mm | 1.1 (0.3) | -0.8 (0.1) | -1.0 (0.3) | -0.9 (0.6) | -0.6 (0.4) |
| | 0.8 mm | 0.6 (0.2) | -0.4 (0.1) | 0.2 (0.3) | -0.1 (0.3) | -0.0 (0.2) |
| G-aenial Flo A3 | 0.5 mm | 0.1 (0.3) | -0.8 (0.1) | -0.8 (0.1) | -1.0 (0.5) | -0.6 (0.4) |
| | 0.8 mm | 0.2 (0.4) | -0.3 (0.1)* | -0.1 (0.4) | -0.3 (0.4) | -0.3 (0.3) |

5.2.2.2 Diferencia de color según el espacio cromático CIELAB (ΔE_{ab})

En la tabla 10, se pueden observar los resultados del valor medio de ΔE_{ab} y la desviación estándar de las carillas cerámicas sin cementar y tras la cementación. Estos valores representan la diferencia de color de las restauraciones cerámicas cementadas con respecto al color de la cerámica sin cementar. Por lo que, las diferencias obtenidas representan la influencia del sustrato más el material de cementación.

Tabla 10: Valores medios y desviación estándar (DE) de los valores de ΔE_{ab} y ΔE_{00} obtenidos tras el cementado de la cerámica de disilicato de litio.

| Material de cementación y color evaluado | Espesor | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | ΔE_{ab} | | ΔE_{00} | |
| | 0.5 mm Media (DE) | 0.8 mm Media (DE) | 0.5 mm Media (DE) | 0.8 mm Media (DE) |
| Variolink Light | 13.74 (0.99) ab A | 10.13 (0.98) a B | 10.98 (0.83) a A | 8.13 (0.81) a B |
| Variolink Neutral | 15.84 (1.43) cde A | 11.35 (2.00) ab B | 12.35 (0.99) bc A | 8.57 (1.43) ab B |
| Variolink Warm | 14.28 (1.29) abcd A | 10.49 (1.04) a B | 11.33 (0.91) abc A | 8.18 (0.83) a B |
| RelyX Veneer B0.5 | 14.20 (1.18) abc A | 11.02 (1.36) a B | 11.00 (0.94) ab A | 8.52 (1.00) ab B |
| RelyX Veneer Translucent | 13.34 (1.33) a A | 10.77 (1.03) a B | 10.50 (1.06) a A | 8.31 (0.67) a B |
| RelyX Veneer A3 | 16.09 (1.52) de A | 12.95 (1.18) b B | 12.50 (1.16) c A | 9.72 (1.01) b B |
| G-aenial Flo B1 | 15.47 (1.32) bcde A | 11.55 (0.77) ab B | 11.79 (0.92) abc A | 8.60 (0.60) ab B |
| G-aenial Flo A3 | 15.34 (1.05) bcde A | 11.76 (1.06) ab B | 11.71 (0.72) abc A | 8.93 (0.92) ab B |
| F. Supreme XTE A3 | 16.34 e A | 11.42 ab B | 12.36 (1.02) bc A | 8.61 (0.42) ab B |

Letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos experimentales en función del material de cementación evaluado para cada espesor de cerámica (test de Tukey).
Letras mayúsculas diferentes dentro de la misma fila para los valores ΔE_{ab} y ΔE_{00} , indican diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos experimentales en función del material de cementación evaluado para cada espesor de cerámica (test de la t de Student).

Los resultados de ANOVA de dos vías, mostraron que la diferencia de color ΔE_{cb} está influenciada por el material de cementación ($p < 0.001$) y por el espesor de la cerámica ($p < 0.001$). Sin embargo, la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p < 0.05$) (Tabla 11).

| Tabla 11: Efecto de las variables independientes, material de cementación y espesor de la cerámica, en los valores de ΔE_{cb} . | | | | | |
|---|-------------------|-----|------------------|-----------|-------|
| Variable dependiente: ΔE_{cb} | | | | | |
| Fuente de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Modelo corregido | 762.629 a | 17 | 44.861 | 29.809 | 0.000 |
| Intersección | 30957.958 | 1 | 30957.958 | 20571.173 | 0.000 |
| Material de cementación | 128.715 | 8 | 16.089 | 10.691 | 0.000 |
| Espesor de cerámica | 613.610 | 1 | 613.610 | 407.736 | 0.000 |
| Material * Espesor | 20.304 | 8 | 2.538 | 1.686 | 0.105 |
| Error | 243.797 | 162 | 1.505 | | |
| Total | 31964.383 | 180 | | | |
| Total corregida | 1006.425 | 179 | | | |
| a. R cuadrado = .758 (R al cuadrado ajustada = .732) | | | | | |

En los siguientes apartados se detallan los resultados de cada grupo experimental para cada espesor de cerámica.

5.2.2.2.1 Espesor de cerámica 0.5 mm

Los valores de ΔE_{cb} de los grupos RelyX Veneer en color Translucent y B0.5, Variolink Esthetic en colores Light y Warm, fueron estadísticamente similares. El grupo de cerámica cementado con el cemento de resina RelyX Veneer Translucent mostró una diferencia de color que fue significativamente inferior al detectado en los grupos RelyX Veneer A3, Variolink Esthetic Neutral, G-aenial Flo en colores B1 y A3 y el grupo Filtek Supreme XTE A3.

Los grupos G-aenial Flo en sus dos colores presentaron valores de ΔE_{ab} que fueron similares a los de todos los grupos y sólo mayores a los del grupo RelyX Veneer Translucent.

El valor ΔE_{ab} del grupo cementado con Variolink Esthetic Neutral fue mayor que el valor obtenido en los grupos RelyX Veneer Translucent y Variolink Esthetic Light, mostrando un valor similar al resto de los grupos.

El grupo cementado con RelyX Veneer A3 presentó valores estadísticamente superiores a los obtenidos en los grupos RelyX Veneer en colores B0.5 y Translucent, y Variolink Esthetic Light. Sus valores fueron similares a los obtenidos en los grupos Variolink Warm y Neutral, y G-aenial Flo B1 y A3.

Por último, el grupo control Filtek Supreme XTE presentó valores medios de ΔE_{ab} que fueron significativamente similares a los obtenidos en los grupos Variolink Esthetic Neutral, RelyX A3 y los dos colores evaluados de G-aenial Flo. Sin embargo, sus valores fueron mayores a los obtenidos por los grupos Variolink Esthetic Light y Warm, RelyX B0.5 y Translucent.

Al analizar los resultados de los grupos cementados con la misma marca de cemento, pero de diferente color, se han detectado diferencias en los valores de ΔE entre los cementos Variolink Esthetic Light y Warm, con el Neutral, presentando este último mayor diferencia de color tras la cementación. Con respecto al cemento RelyX Veneer, el color A3 mostró también un mayor cambio de color que los cementos B0.5 y Translucent. Sin embargo, los composites G-aenial Flo mostraron valores ΔE_{ab} que fueron similares.

5.2.2.2.2 Espesor de cerámica de 0.8 mm

Para el espesor de cerámica de 0.8 mm, los grupos cementados con Variolink Esthetic Light, Variolink Esthetic Warm, RelyX Veneer B0.5 y RelyX Veneer Translucent, presentaron una diferencia de color que fue estadísticamente inferior al obtenido por el grupo cementado con RelyX Veneer A3.

Los grupos cementados con Variolink Esthetic Neutral, G-aenial Flo B1, G-aenial Flo A3 y el grupo Filtek Supreme XTE, no presentaron diferencias estadísticamente significativas con los grupos citados en el párrafo anterior. Es decir, los valores fueron similares estadísticamente a todos los grupos evaluados.

El grupo RelyX Veneer en color A3 presentó valores similares a los obtenidos por Variolink Esthetic Neutral, G-aenial Flo B1, G-aenial Flo A3 y el grupo Filtek Supreme XTE. Sin embargo, sus valores ΔE_{ab} fueron similares a los obtenidos en los grupos Variolink Light y Warm, así como RelyX Veneer B0.5 y Translucent.

Podemos destacar, a la luz de los resultados, que la diferencia de color fue estadísticamente similar entre los materiales de diferente color de la misma marca, con la excepción de RelyX Veneer, ya que color A3 presentó un cambio de color mayor que los colores Translucent y B.05.

5.2.2.2.3 Espesor de cerámica de 0.5 mm *versus* 0.8 mm

Al comparar los resultados obtenidos de los dos espesores de cerámica, se observó que, las muestras cementadas con las carillas de 0.5 mm mostraron valores superiores de ΔE_{ab} tanto en el grupo control como en los grupos experimentales (Tabla 10).

5.2.2.2.4 Comparación de los valores CIELAB de los grupos experimentales con el grupo control

La tabla 9 muestra en las carillas cementadas, las diferencias de los valores ΔE_{ab} de cada grupo experimental y el grupo control cementado con Filtek Supreme XTE. Estos valores representan la influencia del material de cementación y su color, sin tener en cuenta el sustrato que se realizó con el mismo material en todos los grupos (Filtek Supreme XTE).

En las carillas de 0.5 mm, los grupos experimentales Variolink Light, Variolink Neutral, RelyX B0.5 y RelyX Translucent, mostraron un valor de ΔE_{ab} que fueron estadísticamente inferiores al grupo control. La diferencia de las medias en dichos grupos osciló entre 1.3 y 3.0.

En las carillas de 0.8 mm, los valores de CIELAB de los grupos experimentales fueron similares a los del grupo control, con la excepción de los grupos Variolink Light y Variolink Warm, y RelyX A3 que presentaron valores ΔE_{ab} menores que los del grupo

control. Las diferencias no superaron el valor absoluto de 1.5. Es decir, la magnitud de las diferencias fueron inferiores a las obtenidas para carillas de 0.5 mm, lo que indica una menor relevancia desde el punto de vista clínico de la marca/color del material de cementación en espesores de carillas de 0.8 mm.

5.2.2.3 Diferencia de color según el espacio cromático CIEDE2000 (ΔE_{00})

La tabla 10 muestra los resultados de la estadística descriptiva de la diferencia de color de la cerámica tras su cementación, aplicando la fórmula de CIEDE 2000. Estos valores representan la diferencia de color de las restauraciones cerámicas cementadas con respecto al color de la cerámica sin cementar. Por lo que, las diferencias obtenidas representan la influencia del sustrato más el material de cementación.

Los resultados de ANOVA de dos vías, mostraron que el cambio de color está influenciado por el material de cementación ($p < 0.001$) y por el espesor de la cerámica ($p < 0.001$). Sin embargo, la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p > 0.05$) (Tabla 12).

En los siguientes apartados se detallan los resultados de cada material de cementación para los dos espesores de cerámica.

| Tabla 12: Efecto de las variables independientes, material de cementación y espesor de la cerámica, en los valores de ΔE_{00} . | | | | | |
|---|----------------------|-----|------------------|-----------|-------|
| Variable dependiente: ΔE_{00} | | | | | |
| Fuente de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Modelo corregido | 462.621 ^a | 17 | 27.213 | 31.637 | 0.000 |
| Intersección | 18421.236 | 1 | 18421.236 | 21415.876 | 0.000 |
| Material de cementación | 47.334 | 8 | 5.917 | 6.879 | 0.000 |
| Espesor de cerámica | 403.861 | 1 | 403.861 | 469.514 | 0.000 |
| Material * Espesor | 11.426 | 8 | 1.428 | 1.660 | 0.112 |
| Error | 139.347 | 162 | 0.860 | | |
| Total | 19023.204 | 180 | | | |
| Total corregida | 601.968 | 179 | | | |
| a. R cuadrado = .769 (R al cuadrado ajustada = .744) | | | | | |

5.2.2.3.1 Espesor de cerámica 0.5 mm

Los cementos RelyX Veneer en los colores Translucent y B0.5, Variolink Esthetic Light y Warm, y los composites fluidos Gaenial Flo en color B1 y A3, no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los valores ΔE_{00} .

Los grupos cementados con Variolink Esthetic Neutral y el composite Filtek Supreme XTE, presentaron valores de ΔE_{00} superiores a Variolink Esthetic Light y RelyX Veneer Translucent, aunque similares a RelyX Veneer B0.5, Variolink Esthetic Warm, y los dos colores de los composites fluidos Gaenial Flo en color B1 y A3.

RelyX Veneer en color A3 presentó un valor de ΔE_{00} que fue estadísticamente mayor que los obtenidos en los otros dos grupos de este cemento (Translucent y B0.5), y que Variolink Esthetic Light. No hubo diferencias con el resto de grupos experimentales.

Al analizar los grupos cementados con la misma marca de cemento, pero de diferentes colores, podemos observar que en los grupos cementados con Variolink Esthetic, el valor medio ΔE_{00} más alto corresponde al color Neutral. De los grupos cementados con RelyX Veneer, el grupo con valor medio más alto ΔE_{00} corresponde al color A3. Por último, los dos grupos cementados con G-aenial Universal Flo, mostraron un valor medio de ΔE_{00} similar.

5.2.2.3.2 Espesor de cerámica 0.8 mm

El cambio de color tras la cementación de la cerámica Variolink Esthetic Light, Variolink Esthetic Warm y RelyX Veneer Translucent, fue inferior estadísticamente al cambio observado tras la cementación con RelyX Veneer A3.

Los grupos cementados con Variolink Esthetic Neutral, RelyX Veneer B0.5, G-aenial Universal Flo B1, G-aenial Flo A3 y Filtek Supreme XTE, mostraron una magnitud de diferencia de color estadísticamente similar.

Al analizar los grupos cementados con la misma marca de cemento, el cambio de color de los tres grupos cementados con Variolink fue similar, con independencia del color.

En cuanto a los grupos cementados con RelyX Veneer, el cambio de color fue mayor cuando se utilizó el color A3 que con los otros colores (B0.5 y Translucent).

5.2.2.3.3 Espesor de cerámica de 0.5 mm *versus* 0.8 mm

El test de la *t* de Student (Tabla 10) mostró que para todos los materiales de cementación, las muestras con espesores cerámica de 0.5 mm presentaron valores ΔE_{00} mayores que las muestras cementadas con cerámica con espesor de 0.8 mm.

5.2.2.3.4 Comparación de los valores CIEDE2000 de los grupos experimentales con el grupo control

La tabla 9 muestra en las carillas cementadas, las diferencias de los valores ΔE_{00} de cada grupo experimental y el grupo control cementado con Filtek Supreme XTE. Estos valores representan la influencia del material de cementación y su color, sin tener en cuenta el sustrato que se realizó con el mismo material en todos los grupos (Filtek Supreme XTE).

En las carillas de 0.5 mm, los grupos experimentales Variolink Light, Variolink Neutral, RelyX B0.5 y RelyX Translucent, mostraron un valor de ΔE_{00} , estadísticamente inferior al grupo control, al igual que se ha expuesto anteriormente para ΔE_{ab} . Sin embargo, la magnitud de las diferencias en esos grupos fue inferior a los correspondientes de ΔE_{ab} , oscilando entre 1 y 1.9 para los grupos que mostraron diferencias con el grupo control.

En las carillas de 0.8 mm, los valores de CIEDE2000 de los grupos experimentales fueron similares a los del grupo control en todos los grupos con la única excepción del grupo RelyX A3. La media de la diferencia entre los dos grupos, fue de -1.1.

6 DISCUSIÓN

6.1 Discusión de la metodología

El tratamiento restaurador mediante carillas cerámicas, permite restablecer la estética del paciente, realizando preparaciones mínimas de los tejidos duros dentales. Gracias a su adhesión al esmalte, sustrato dental preferente en este tipo de tratamiento restaurador, se logran propiedades físicas y mecánicas adecuadas, cumpliendo los requerimientos funcionales (Araujo y Perdigão, 2021; Blumentritt et al., 2021; Morimoto et al., 2016). Las cerámicas que se utilizan en el tratamiento mediante carillas se confeccionan con espesores delgados, lo que pueden condicionar la apariencia estética final del tratamiento. Hay que tener en cuenta que, son diversos los factores que contribuyen en el resultado estético final de las restauraciones, como la elección del material cerámico seleccionado y su espesor, el color del sustrato y del cemento, y la luz ambiental en la que se observan las restauraciones (Blumentritt et al., 2021; Carrabba et al., 2020; Günal-Abduljalil y Ulusoy, 2022; Hoorizad et al., 2021; Kandil et al., 2019; Lee, 2016; Tabatabaian, 2018).

Las cerámicas vítreas son las indicadas para la confección de carillas cerámicas, ya que se caracterizan por tener excelentes propiedades estéticas, alta biocompatibilidad, resistencia al desgaste y sobre todo por su adhesión al tejido dental. Tanto la cerámica feldespática como la cerámica reforzada de disilicato de litio se utilizan para dicho tratamiento (Araujo y Perdigão, 2021). El resultado estético se debe a la propia translucidez de la cerámica, que depende a su vez de la composición y microestructura de cada material, y de su espesor (Alghazzawi et al., 2012; Bagis y Turgut, 2013; Della Bona et al., 2015; Perroni, et al., 2018). En la presente Tesis Doctoral se seleccionaron dos tipos de cerámicas, y con método de confección diferente: una cerámica feldespática de tipo CAD-CAM (CEREC Blocs), y una cerámica reforzada de disilicato de litio (IPS e.max Press HT), por ser ambas frecuentemente utilizadas en la práctica clínica.

Las cerámicas feldespáticas, son puramente vítreas, y es por ello que, son las que poseen mejores propiedades estéticas y mejor mimetizan las propiedades ópticas del esmalte y la dentina (Conrad et al., 2007). A diferencia de los sistemas cerámicos feldespáticos tradicionales, CEREC Blocs es un sistema CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer- Aided Manufacturing*) que permite el diseño y fabricación asistido por ordenador. Una gran ventaja de las restauraciones producidas con sistemas CAD/CAM es que los bloques, se someten a procedimientos de sinterización optimizados realizados por el fabricante en condiciones industriales ideales, lo que da como resultado bloques

mecánicamente más fuertes y con menos defectos en comparación con las capas obtenidas por otros métodos (Da Silva et al., 2017).

La cerámica reforzada con disilicato de litio, por su composición y microestructura de disilicato de litio (Aldryhim et al., 2021), presentan menor translucidez y mejores propiedades mecánicas que la cerámica feldespática. La translucidez de la cerámica está muy relacionada con el aspecto estético de las carillas (Alghazzawi et al., 2012; Cho et al., 2013; Della Bona, Nogueira y Pecho, 2014; Della Bona et al., 2015; Dozić et al., 2003). En términos generales, cuanto mayor es la cristalinidad de la cerámica, menor es su translucidez (Alghazzawi et al., 2012; Della Bona et al., 2014), aunque también está influenciada por otros aspectos como su contenido en pigmentos y opacificadores que se agregan para obtener el tono y diferente grado de translucidez (alta y baja translucidez, esmalte o cerámica (Perroni et al., 2018). Su uso se ha generalizado en las rehabilitaciones de dientes anteriores por sus propiedades estéticas (coronas en dientes anteriores y carillas) (Silami et al., 2019), así como en coronas de dientes posteriores, puentes en dientes anteriores y de premolares, y en superestructuras de implantes. En el presente estudio se seleccionó la cerámica IPS e.max Press, que de acuerdo a la técnica de procesado, es de tipo prensada o inyectable. Esta misma cerámica también se encuentra disponible para su confección mediante la técnica de fresado CAD/CAM (IPS e.max CAD). La técnica de procesado da lugar a diferencias microestructurales en cerámicas con la misma composición, que parecen no tener repercusión en el color, ya que los valores $L^*a^*b^*$ son similares en ambas cerámicas de disilicato de litio (Turgut et al., 2014). El procesado influye en la translucidez de la cerámica por la aparición de poros (lo que es más frecuente en la técnica de condensación sobre muñón refractario), y por el tratamiento de superficie aplicado para mejorar su adhesión (microarenado vs grabado con ácido ortofosfórico (Turgut et al., 2014).

La preparación del diente para un tratamiento de carillas es más conservador que la preparación para coronas. La retención es posible gracias a su adhesión al esmalte dental, y por ello, generalmente, la preparación del diente es mínima y el espesor de las cerámicas oscila entre 0.5 a 1.0 mm. Cuanto menor espesor, mayor es la translucidez de las láminas cerámicas (Günel-Abduljalil y Ulusoy, 2022), por lo que el color tanto del sustrato como del material de cementación tienen gran influencia en la estética final de la restauración.

En este estudio se prepararon muestras de cerámica con dos espesores para simular el espesor de las carillas. Los espesores utilizados fueron, el más delgado, de 0.5 mm,

similar al evaluado en diferentes estudios (Begum et al., 2014; Blumentritt et al., 2021; Carrabba et al., 2020; Cengiz et al., 2018; Diniz et al., 2019; Günal-Abduljalil y Ulusoy, 2022; Hoorizad et al., 2021; Kandil et al., 2019; Lee y Choi, 2018; Oh et al., 2018; Pissaia et al., 2019; Turgut y Bagis, 2011, 2013; Turgut, Bagis, y Ayaz, 2014; Turgut et al., 2014; Xing et al., 2017), y el espesor de mayor grosor, de 0.8 mm (Çakmak et al., 2021; Gugelmin et al., 2020; Yildirim, Recen y Simsek, 2021).

El sustrato utilizado para la cementación de las carillas cerámicas fueron discos de resina compuesta, con el fin de evitar la variabilidad biológica de los dientes naturales (Rafael et al., 2017). Se sabe que la fluorescencia en dientes naturales es un fenómeno multifactorial basado en sus componentes orgánicos e inorgánicos, que a su vez están influidos por los condicionantes fisiológicos y patológicos, además del tipo de diente (Duro y Andrade, 2012; Volpato et al., 2018). Se ha comprobado que la fluorescencia del diente natural se pierde después de su extracción a menos que se realicen procedimientos de fijación (Duro y Andrade, 2012). Por lo tanto, para replicar artificialmente las características del sustrato dental y mantener su uniformidad en todas las muestras, se seleccionó la resina compuesta Filtek Supreme XTE basándonos en estudios previos que revelaron una fluorescencia óptima similar a la del diente natural (Ameer y Sc, 2015; De Lima et al., 2015; Duro y Andrade, 2012). Otros estudios, también utilizaron la resina compuesta como sustrato (Barbon et al. 2018; Chen et al., 2015; Diniz et al., 2019 y Pires et al., 2017).

El éxito a largo plazo de las restauraciones de cerámica está influenciado por la adhesión entre el material cerámico y el sustrato dental. El protocolo de adhesión de las restauraciones cerámicas, debe ser el más adecuado y eficaz (Turgut et al., 2014). Las muestras de cerámica se sometieron a un tratamiento de superficie similar al aplicado en clínica, ya que el tratamiento de superficie puede cambiar el color final de las restauraciones de cerámica de disilicato de litio, particularmente en las cerámicas más delgadas (Turgut, et al., 2014).

Un protocolo de adhesión eficaz debe tener en cuenta la composición y microestructura del material cerámico, para aplicar el tratamiento de superficie, el sistema adhesivo y material de cementación más adecuado. Teniendo en cuenta las características de las cerámicas seleccionadas, se aplicó el procedimiento de adhesión siguiendo las instrucciones del fabricante de cada una de ellas, para simular las condiciones en clínica.

Como material de cementación se seleccionaron diferentes marcas de cementos de resina fotopolimerizables, específicamente indicados para la cementación de carillas cerámicas (RelyX Veneer y Variolink Esthetic), utilizando tres tonos diferentes de cada marca. En el presente estudio se consideró además incluir una resina compuesta fluida, ya que tiene menos costo que los cementos de resina y tiene una gran variedad de colores disponibles (Almeida et al., 2015). Su fluidez permite utilizarse en la cementación de carillas obteniendo espesores adecuados (Sampaio et al., 2017), y el mayor porcentaje de relleno respecto a los cementos, le otorga una mayor una estabilidad de color (Almeida et al., 2015; Catelan et al., 2015). Para asegurar un espesor uniforme todos los materiales de cementación, las muestras cerámicas se cementaron aplicando una presión constante de 50 N durante 60 segundos (Mirmohammadi et al., 2010). Diferentes espesores de cemento conducirían a cambios significativos en las propiedades ópticas del material cerámico (Hernandes et al., 2016).

6.2 Discusión de los resultados

6.2.1 Fluorescencia de la cerámica feldespática confeccionada en dos espesores y cementadas con diferentes materiales basados en resina

Para lograr una restauración de aspecto natural, los materiales restauradores deben imitar las propiedades ópticas del diente natural (Joiner, 2004; Lopes et al., 2021). La fluorescencia es una de las propiedades que ha captado el interés de los profesionales de la Odontología en los últimos años (Volpato et al., 2018). Son numerosas las publicaciones que han evaluado la fluorescencia de los composites actualmente comercializados, pero en cambio las publicaciones sobre las cerámicas son escasas. Las carillas de cerámica feldespática se caracterizan por su alta translucidez, y esto hace pensar que el cemento de resina utilizado en su cementación pueda influir en la fluorescencia de la restauración final (Rafael et al., 2017; Zhang y Yu, 2022).

Los resultados obtenidos en el presente estudio, mostraron diferentes niveles de emisión de fluorescencia entre los diferentes materiales de cementación. Estos resultados permitieron rechazar la hipótesis nula, dado que la intensidad de emisión de la fluorescencia de la cerámica feldespática cementada está influida por el material de cementación y su tono, así como por el espesor de la cerámica.

Los resultados muestran que la alta translucidez de la cerámica feldespática permite que la fluorescencia del material de cementación influya en la fluorescencia final de la restauración, al igual que han publicado otros autores (Hashemikamangar et al., 2021). Parece evidente que los valores de fluorescencia obtenidos, son el resultado de la combinación de la fluorescencia de la cerámica feldespática y la del cemento subyacente filtrado por la cerámica.

Aunque la fluorescencia de las cerámicas dentales se ha estudiado previamente (Monsénégo et al., 1993; Rafael et al., 2017; Revilla-León et al., 2021; Wozniak y Moore, 1978), la información de las cerámicas actuales es limitada. Hasta donde sabemos, no se ha evaluado previamente la fluorescencia de la cerámica CEREC Blocs utilizada en este estudio.

Los componentes básicos de las cerámicas dentales no son capaces de promover la fluorescencia, por lo que esto se logra mediante la incorporación de óxidos de tierras raras como el europio, el terbio, el cerio y el iterbio, que emiten una fuerte fluorescencia cuando se exponen a la luz ultravioleta (Baran et al., 1977; Mack, 1988; Peplinski et al., 1980; Volpato et al., 2018). Estos compuestos fluorescentes aumentan la cantidad de luz que se refleja en la cerámica, bloquean las discoloraciones y disminuyen la intensidad cromática (Fondriest, 2003). Recientemente se ha informado de otros procedimientos como la aplicación de un glaseado fluorescente sobre una cerámica de disilicato de litio inyectada (Revilla-León et al., 2021). En cuanto a las resinas compuestas, su composición exacta es un secreto industrial, aunque se sabe que se han utilizado con frecuencia algunas especies luminiscentes, como los óxidos de tierras raras, los polímeros de coordinación de terbio de PEMA o los complejos aromáticos (Takahashi et al., 2008; Uo et al., 2005; Volpato et al., 2018). Las resinas compuestas presentan mayor fluorescencia que otros materiales de restauración como los cementos de ionómero de vidrio; y los cementos autoadhesivos. Zhang y Yu, 2022, argumentaron que los compuestos fluorescentes en los cementos autoadhesivos, podrían interferir en la adhesión al bloquear la polimerización. Estos agentes fluorescentes pueden absorber la luz, reduciendo la cantidad de luz que llega a los fotoiniciadores. Eso puede explicar que cementos autoadhesivos se fabriquen sin componentes fluorescentes (Zhang y Yu, 2022).

Mientras que la fluorescencia de las restauraciones de resina compuesta está determinada por la presencia de esta característica en su capa más externa, en el diente natural la fluorescencia depende de la dentina. Este tejido dental proporciona una fluorescencia tres veces mayor que el esmalte, debido a su alto contenido en materia

orgánica (colágeno), y aminoácidos que emiten fluorescencia, como el triptófano, (Busato et al., 2006; Rafael et al., 2017; Takahashi et al., 2008; Volpato et al., 2018).

Con respecto a los resultados obtenidos en las muestras de cerámica con espesor de 0.5 mm, los grupos cementados con Variolink Esthetic Veneer y el composite fluido G-aenial, exhibieron valores de fluorescencia similares al grupo que se cementó con Filtek Supreme XTE precalentado (grupo control, sin cemento). Como se ha indicado anteriormente, se seleccionó el Filtek Supreme XTE basándonos en estudios previos que revelaron una fluorescencia óptima similar a la del diente natural (Ameer y Sc, 2015; De Lima et al., 2015; Duro y Andrade, 2012).

Por el contrario, las intensidades de fluorescencia fueron inferiores cuando se utilizaron los cementos de resina RelyX Veneer. Estos resultados podrían explicarse por el contenido de luminóforos de los cementos evaluados. Variolink Veneer, contiene trifluoruro de iterbio, un compuesto que proporciona fluorescencia (Lu et al., 2006). En una publicación previa, también se observó que el cemento de resina fotopolimerizable Variolink II (Ivoclar Vivadent), mejoró el nivel de fluorescencia de la cerámica IPS e.max Press (Silami et al., 2019), también atribuido por su contenido en trifluoruro de iterbio. No tenemos información por parte del fabricante de la presencia de luminóforos en la composición de RelyX Veneer, y su ausencia podría explicar que el nivel de fluorescencia fuera más bajo que los otros grupos.

En los grupos con espesor cerámico de 0.8 mm se apreció una mayor influencia del tono del cemento entre cementos de la misma marca. Tonos más oscuros dentro de la misma marca, obtuvieron una menor emisión de la fluorescencia final de la restauración. Así, por ejemplo, las carillas cementadas con RelyX Veneer A3 presentaron valores de fluorescencia más bajos que RelyX Veneer Translucent. Lo mismo se observó con G-aenial Flo en color A3 en comparación con el color A2, y Variolink Veneer Warm en comparación con los colores Light y Neutral. Esta tendencia también se confirmó en un estudio reciente en el que se investigó la fluorescencia de diferentes tonos de color de materiales de restauración contemporáneos, incluyendo fundamentalmente resinas compuestas. Los autores concluyeron que para cualquier marca de material, las emisiones de fluorescencia diferían según el tono, siendo los tonos más claros los más fluorescentes. También se verificó que las emisiones de fluorescencia de mayor intensidad las presentaron las resinas compuestas, entre ellas, el Filtek Supreme XTE, en comparación con los cementos de ionómero de vidrio, cerámicas evaluadas y el material PICN (red cerámica infiltrada con

resina) (Kiran et al., 2020). La metodología diferente empleada en dicha publicación para la medición de fluorescencia y la publicación de los resultados referidos fundamentalmente a las resinas compuestas, impiden la comparación de los resultados e interpretación de los mismos.

La influencia del espesor de las cerámicas en la fluorescencia final de las restauraciones, fue también evaluada en el presente estudio. De acuerdo a los resultados, las carillas cerámicas cementadas de 0.8 mm emitieron menor intensidad de fluorescencia que las carillas de 0.5 mm en los grupos G-aenial en tono A2, y Variolink Esthetic en los tonos Neutral y Warm. De acuerdo a diferentes estudios, a mayor grosor de cerámica, la emisión de fluorescencia es menor (Silami et al., 2019; Zhang y Yu, 2022). Nuestros resultados coinciden con los de Zhang et al., 2022, en el que los autores evaluaron la influencia del tipo de cerámica y cemento en la fluorescencia de la restauración final. Aunque entre las cerámicas evaluadas no incluyeron la cerámica feldespática, los autores observaron que la intensidad de emisión de fluorescencia era mayor cuando el espesor de cerámica fue menor. Este fenómeno se atribuyó a la transmitancia de los materiales cerámicos que afecta a la fluorescencia emitida de las carillas cerámicas (Zhang y Yu, 2022).

Es posible que, en espesores mayores, la fluorescencia emitida refleje la contribución de la cerámica, que a su vez sea menos fluorescente que el material de cementación. Aunque esta tendencia no se observó en todos los grupos experimentales evaluados, pensamos que la reducción de fluorescencia sería más evidente a espesores mayores, como en los estudios anteriormente citados (Silami et al., 2019; Zhang y Yu, 2022).

Según Tabatabaei et al., 2019, la fluorescencia de un material fluorescente alcanza su nivel óptimo a una determinada concentración. La fluorescencia se debe a la interacción de la luz y las partículas fluorescentes, que también están presentes en profundidad. Una vez que se supera el umbral óptimo, la luz fluorescente se absorbe por otras partículas y disminuye la eficiencia de la fluorescencia (efecto de apagado). Este fenómeno está relacionado con el espesor y concentración del componente fluorescente en la restauración, más próximo al umbral de “apagado” (Tabatabaei et al., 2019).

En cambio, Hashemikamangar et al., 2021, obtuvieron valores más altos de fluorescencia en láminas cerámicas más gruesas (1 mm), que los autores atribuyeron al

mayor contenido de compuestos fluorescentes (Hashemikamangar et al., 2021). Estos resultados contradicen los de Tabatabaei et al., 2019. La controversia en la capacidad de fluorescencia según el espesor de la cerámica, pueden deberse a los diferentes materiales cerámicos evaluados, así como a diferencias metodológicas en ambos estudios.

Zhang et al., 2022, verificaron que el espesor de la cerámica vítrea (IPS emax Press, Ivoclar Vivadent) necesita 1.2 mm de espesor para que el sustrato no influya en el color final de la restauración (Zhang et al., 2022). Dado que los espesores de las muestras cerámicas fueron de 0.5 y 0.8 mm, la intensidad de fluorescencia se vio afectada por el sustrato y el cemento de resina.

Por último, es importante destacar que el grupo control (sin cemento, sólo Filtek Supreme XTE) mantuvo su fluorescencia en los dos espesores de cerámica, y que el cemento RelyX Veneer, independientemente de su tono, mantuvo los valores de fluorescencia más bajos, sin diferencias en los espesores de cerámica evaluados.

La fluorescencia es una propiedad que permite que los dientes se vean más brillantes y blancos a la luz del día (Magne y Belser, 2002). Aunque la fluorescencia es más evidente en presencia de luz ultravioleta, la luz ambiental también puede inducir cierto grado de fluorescencia, lo que repercute en el color percibido de las restauraciones (Gawriolek et al., 2012; Rafael et al., 2017; Tani et al., 2004; Uo et al., 2005).

Debido a los diferentes métodos utilizados para el análisis y medición de la fluorescencia, así como a la complejidad del fenómeno óptico y el secreto industrial sobre las especies luminescentes presentes en la composición de los materiales, es muy difícil comparar los resultados en los diferentes estudios (Volpato et al., 2018). En el presente estudio, se utilizó el fluorómetro, también conocido como espectrofotofluorómetro, como dispositivo para la medición de fluorescencia, ya que ofrece la ventaja de cuantificar la intensidad emitida y la distribución de ésta en diferentes longitudes de onda (Volpato et al., 2018). La técnica seleccionada nos proporciona una descripción más completa de los patrones de fluorescencia, generando un mapa de luminiscencia total, que funciona como una impresión digital para la identificación y caracterización del material (Volpato et al., 2018). Sin embargo, no existe ningún tipo de calibración previa que permita obtener unidades estandarizadas. Los resultados se expresan como unidades arbitrarias, por lo que la comparación de los resultados de diferentes estudios no es posible.

Las carillas cementadas presentaron dos picos de intensidad de emisión de fluorescencia, de mayor intensidad alrededor de 450 nm, y de menor intensidad a 542 nm, coincidiendo con los resultados de otras publicaciones previas sobre materiales dentales y dientes naturales (Caneppele, Torres y Bresciani., 2015; Lee, 2015; Lee, Lu y Powers, 2005; Matsumoto et al., 1999; Silami et al., 2016; Stoleriu et al., 2015; Takahashi et al., 2008; Tani et al., 2003; Uo et al., 2005; Yu y Lee, 2008). Los dientes naturales presentan picos similares de intensidad de fluorescencia que se ubican en longitudes de onda de 350, 360, 405, 410 y 440 nm (Matsumoto, Kitamura y Araki, 2001). El pico de mayor intensidad registrado en las muestras cerámicas evaluadas corresponde en el espectro de luz visible al color azul. El complemento azul presente por el fenómeno de fluorescencia dependiente del cemento, debe ser tenido en cuenta por el clínico y el técnico de laboratorio, ya que puede influir los resultados estéticos del tratamiento.

6.2.2 Fluorescencia de la cerámica de disilicato de litio confeccionada en dos espesores y cementada con diferentes materiales basados en resina

En la segunda parte experimental del estudio, se evaluó la fluorescencia de carillas de cerámica de disilicato de litio inyectable, IPS e.max Press HT. Se aplicó la misma metodología que para la cerámica feldespática y se evaluaron espesores de cerámica de 0.5 y 0.8 mm. Se seleccionaron los mismos materiales de cementación, con la salvedad del composite G-aenial, en el que se utilizaron los colores A3 y B1. El color B1 se seleccionó por presentar un tono sustancialmente diferente, lo que permitiría determinar más claramente las diferencias en la emisión de fluorescencia entre tonos diferentes.

Del análisis de los resultados se rechaza la hipótesis nula ya que la intensidad de la emisión de fluorescencia de la restauración final, es diferente de acuerdo al material de cementación utilizado, y al espesor de la cerámica.

Como se ha indicado anteriormente, es importante que en las cerámicas dentales haya elementos que tengan la capacidad de emitir fluorescencia para aumentar la cantidad de luz perceptible reflejada hacia el observador (Fondriest, 2003). La cerámica de disilicato de litio incorpora el óxido de cerio para simular la fluorescencia natural. Los iones de cerio emiten fluorescencia en un intervalo de longitud de onda (320-500 nm) similar al de los dientes naturales, dependiendo de la longitud de onda de excitación (Revilla-León et al., 2021). El acabado de la superficie de cerámica de disilicato de litio mediante la aplicación de un glaseado fluorescente, aumenta el valor de la luminosidad

(L*) con respecto a la cerámica no glaseada (Revilla-León et al., 2021). Esto muestra la repercusión de la fluorescencia en las propiedades ópticas de las restauraciones. Además, la propia cementación de las cerámicas altera los valores de fluorescencia. Zhang y Yu, 2022, detectaron una reducción en la emisión de fluorescencia de las cerámicas evaluadas, entre ellas la IPS e.max CAD, tras su cementación (Zhang y Yu, 2022).

Con respecto a las carillas cerámicas de 0.5 mm de espesor, los grupos experimentales mostraron un comportamiento diferente en cuanto a emisión de fluorescencia. Sin embargo, la fluorescencia final en la mayoría de los grupos experimentales fue similar al grupo control en el que no se utilizó cemento (grupo cementado con Filtek Supreme XTE precalentado). Tan sólo los grupos RelyX Veneer Translucent y Variolink Esthetic Warm, mostraron una intensidad de fluorescencia inferior. A diferencia de los resultados obtenidos con la cerámica feldespática, las diferencias entre diferentes marcas y tonos de los cementos parece de menor relevancia en la cerámica de disilicato de litio. La diferencia en los resultados puede deberse a la diferente translucidez ya que ambas cerámicas difieren en su composición y microestructura.

En los grupos con espesor cerámico de 0.8 mm, la emisión de fluorescencia fue más homogénea entre los grupos. Sin embargo, es importante destacar, que los grupos cementados con ambos cementos fotopolimerizables (Variolink Esthetic y RelyX Veneer), independientemente del tono mostraron valores de fluorescencia menores que los del grupo control. Solamente el grupo cementado con el composite G-aenial Flo en color B1 mostró un valor de fluorescencia similar, mientras que el grupo cementado con G-aenial Flo en tono A3 obtuvo un valor de fluorescencia mayor. Es posible que el composite fluido evaluado presente mayor contenido de luminóforos que los cementos de resina, ya que están indicados en la realización de restauraciones directas. Como se indicó anteriormente, ha habido un interés en mejorar la fluorescencia de las resinas compuestas para imitar los dientes naturales, desarrollando versiones mejoradas, como sucedió con el composite Filtek Supreme XTE, mejoró en este aspecto al Filtek Supreme XT (Meller y Klein, 2012, 2015). El tono más oscuro de G-aenial Flo (A3) mostró un valor superior al color B1, lo que contrasta en este caso con los resultados obtenidos en una publicación reciente en el que se investigó la fluorescencia de diferentes resinas compuestas en diferentes tonos. Los autores concluyeron que dentro de cualquier marca, las emisiones de fluorescencia diferían según el tono, siendo mayores en los tonos claros (Kiran et al., 2020).

Como se indicó anteriormente, son escasos los estudios que han evaluado la fluorescencia de restauraciones cerámicas cementadas.

Silami et al (Silami et al., 2019) cuantificaron la fluorescencia de dos carillas cerámicas diferentes (cerámica vítrea de disilicato de litio (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent) y cerámica vítrea de fluorapatita (IPS e.max Zirpress, Ivoclar Vivadent) y dos cementos de resina (el cemento de resina fotopolimerizable Variolink II versus el cemento autoadhesivo RelyX Unicem (3M Oral Care). Aunque no existe una comparación directa de resultados por la diferente metodología, la cerámica IPS e.max cementada con Variolink Veneer II obtuvo mayor fluorescencia que con el cemento autoadhesivo.

En el estudio de Zhang y Yu, 2022, se constató que el cemento tenía también una gran influencia en la fluorescencia final de las restauraciones de cerámica. El cemento Variolink N Translucent fotopolimerizable (Ivoclar Vivadent) aumentó la intensidad de emisión de fluorescencia de la muestra final (Zhang y Yu, 2022). Las cerámicas con menor espesor obtuvieron mayor fluorescencia (0.5 mm en comparación con 1 mm). Este fenómeno se debe a la transmitancia de los materiales cerámicos que afecta el nivel de fluorescencia de las carillas cerámicas. La cantidad de luz ultravioleta que transmite la carilla es dependiente de la transmitancia del material cerámico (Zhang y Yu, 2022). En el mismo estudio, el cemento de resina desempeñó un papel importante en la fluorescencia de las carillas cerámicas. Sin embargo, los agentes fluorescentes agregados en los cementos autoadhesivos pueden afectar el desempeño de la adhesión, al bloquear el proceso de polimerización, debido a que estos agentes fluorescentes pueden absorber la luz, reduciendo la cantidad de luz que llega a los fotoiniciadores (Zhang y Yu, 2022). En nuestro estudio, la fluorescencia de los cementos de resina evaluados, no fue tan evidente cuando se evaluó la cerámica de disilicato de litio, a diferencia de la feldespática. A diferencia del estudio de Zhang y Yu, 2022, puede deberse a que en nuestro estudio se seleccionaron dos cementos fotopolimerizables, que son los indicados para la cementación de carillas y por tanto con propiedades más parecidas entre sí, que las de un cemento autoadhesivo.

De acuerdo a los resultados, la fluorescencia emitida por las carillas cementadas de 0.8 mm mostraron menor intensidad con respecto a las de 0.5 mm de espesor para todos los cementos. Esta disminución puede ser debida a la fluorescencia emitida principalmente por la cerámica, que al ser menos translúcida (por el mayor espesor), bloquearía además la emisión de fluorescencia del material de cementación.

Tal como se describió anteriormente en el apartado de discusión de la cerámica feldespática, según Tabatabaei et al., 2019, la fluorescencia de un material fluorescente alcanza su nivel óptimo a una determinada concentración. La fluorescencia se debe a la interacción de la luz y las partículas fluorescentes, que también están presentes en profundidad. Una vez que se supera el umbral óptimo, la luz fluorescente se absorbe por otras partículas y disminuye la eficiencia de la fluorescencia (efecto de apagado). Este fenómeno se produce con el aumento de espesor, debido a la concentración del componente fluorescente en la restauración (Tabatabaei et al., 2019).

Los valores de fluorescencia obtenidos en las cerámicas cementadas, representan la combinación de cada material de cementación, y el tipo de cerámica y su espesor, sin considerar la influencia del sustrato que se preparó de manera similar en todos los grupos. En una situación clínica, habrá que considerar además el color y fluorescencia del sustrato dental en la apariencia final de carillas de cerámica (Rafael et al., 2017), ya que colores más oscuros como A3 o A3.5 afectan negativamente la apariencia final de la restauración (Rafael et al., 2017).

Por último, queremos puntualizar que el estudio se realizó en dos fases diferentes, comenzando con la evaluación de la fluorescencia de la cerámica feldespática. No se planteó la comparación de la fluorescencia de los dos tipos de cerámicas (CEREC Blocs e IPS e.max Press) y es por ello que ambas cerámicas se seleccionaron en colores diferentes. Sin embargo se aprecia que los valores de intensidad de emisión de fluorescencia final en la cerámica de IPS e.max Press resultaron más altos que los de CEREC Blocs. La gran discrepancia de los valores de intensidad de emisión de fluorescencia entre las dos cerámicas se debe al hecho de que la cerámica de disilicato de litio puedan contener mayor concentración de compuestos con capacidad de emisión de fluorescencia.

Como limitaciones del presente estudio, podemos considerar el no tener un valor de referencia de la fluorescencia en dientes naturales utilizando el mismo equipo, así como no disponer de las mediciones de fluorescencia del sustrato inicial ni de las cerámicas evaluadas.

Debido a la relevancia de la fluorescencia en las propiedades ópticas de las restauraciones, y al limitado número de publicaciones, futuras líneas de investigación

pueden ir dirigidas a evaluar cerámicas desarrolladas recientemente e incluir el color del sustrato en cerámicas.

Es importante no olvidar que, los resultados obtenidos en los estudios *in vitro* no reproducen las condiciones clínicas, por lo que las conclusiones no se puede extrapolar directamente a la situación clínica, y habrá que tener en cuenta condiciones particulares de cada caso (Adebayo, Burrow y Tyas, 2008; Zhang y Yu, 2022).

6.2.3 Diferencia de color de la cerámica de disilicato de litio confeccionada en dos espesores y cementada con diferentes materiales basados en resina

El análisis colorimétrico de las carillas cementadas se realizó utilizando los parámetros del espacio de color CIELAB y CIEDE2000. La diferencia de color ΔE_{ab} se ha utilizado clásicamente y su cálculo en el presente estudio permite comparar los resultados con los de publicaciones previas. También se determinó ΔE_{00} en todos los grupos experimentales, basándonos en las recomendaciones de la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), ya que mejora la correlación entre las diferencias de color calculadas y percibidas (Alman et al., 2001; Pecho et al., 2016). La fórmula de CIEDE2000 incorpora: correcciones específicas considerando la no uniformidad del espacio de color CIELAB (las denominadas funciones de ponderación: SL, SC, SH), un término de rotación (RT) que tiene en cuenta la interacción entre las diferencias de croma y tono en la región azul y una modificación de la coordenada a^* de CIELAB que afecta principalmente a los colores de croma bajo (colores neutros) y parámetros que tienen en cuenta la influencia de las condiciones de iluminación y visión en la evaluación de la diferencia de color (los denominados factores paramétricos: KL, KC, KH) (Luo et al., 2001; Pecho et al., 2016).

Los valores ΔE_{ab} y ΔE_{00} calculados, representan la diferencia del color de la cerámica de disilicato de litio antes de cementar y tras su cementación. Es decir, representan las diferencias de color en los grupos experimentales debidas al sustrato y al material de cementación. Cuanto mayor es el valor numérico, mayor es la diferencia de color entre los dos sustratos comparados, y más perceptible al ojo humano. La determinación de la diferencia de color tiene poco valor clínico sin una comprensión de la magnitud que es visualmente detectable (perceptibilidad) y la magnitud que constituye una alteración inaceptable de la estética dental (aceptabilidad).

Aunque se han determinado varios umbrales clínicos para establecer los cambios de color visualmente detectables, en el presente estudio se establecieron los descritos por Paravina et al. (Paravina et al., 2015), que fueron adoptados por la norma ISO/TR 28642 (ISO/TR 28642:2016 Dentistry — Guidance on colour measurement, 2016).

Los valores obtenidos muestran valores de ΔE_{ab} que oscilaron entre 13.3 para el cemento RelyX Veneer Translucent y 16.3 para el grupo control (Filtek Supreme XTE) en espesores de 0.5 mm de cerámica y 10.1 para el cemento Variolink Esthetic Light y 13.0 para el cemento RelyX Veneer A3, en espesores de 0.8 mm de cerámica. Con respecto a ΔE_{00} , los valores oscilaron entre 10.5 para el cemento RelyX Veneer Translucent y 12.5 para el cemento RelyX Veneer A3 para el espesor de 0.5 mm, y 8.1 para el cemento Variolink Light y 9.7 para el cemento RelyX Veneer A3 para espesores de cerámica de 0.8 mm. Estos valores superan el umbral de aceptabilidad determinado para ambos parámetros. Por tanto, el color del sustrato y del cemento tiene una gran influencia en el color final de la restauración.

La cerámica de disilicato de litio seleccionada en este estudio fue la de alta translucidez (HT). La translucidez se define como la luz que se difunde en un material que permite parcialmente la transmisión de luz en respuesta a la irradiación. La translucidez de una cerámica implica que el sustrato subyacente tiene una influencia significativa en el color final (Iravani et al., 2020). La cerámica HT permite mantener el color del sustrato, y el cemento tiene un papel muy importante en el color final de la carilla. Las cerámicas translúcidas se usan más comúnmente para fabricar restauraciones en dientes anteriores que las cerámicas opacas (Iravani et al., 2020). Cerámicas más opacas se utilizan para enmascarar el color del sustrato cuando presenta una alteración. Perroni et al., 2016, así como Shono et al., 2012 y Turgut et al., 2011, estudiaron el efecto del sustrato en el color final de la restauración y verificaron que el uso de cerámica de dentina obtiene un aspecto más opaco de la restauración, reduciendo la influencia del sustrato, resultando la apariencia final de la restauración menos estética (Perroni et al., 2016; Shono y Al Nahedh, 2012; Turgut y Bagis, 2011). Pires et al., 2017, reportaron que las cerámicas de disilicato de litio LT (baja translucidez) mostraron una mejor capacidad de enmascaramiento que las cerámicas HT (Pires et al., 2017). Sin embargo, aumentar el espesor de un material que no tiene un opacificante en su composición no conduce a una diferencia significativa en su capacidad de enmascaramiento. Así, las cerámicas LT y HT son los materiales IPS e.max más translúcidos (Iravani et al., 2020).

Puesto que en nuestro estudio se seleccionó una cerámica HT, caracterizada por su baja opacidad y alta transmitancia óptica, los resultados mostraron valores ΔE_{ab} y ΔE_{00} elevados, dado que el sustrato se elaboró a partir de un composite de color A3. En el grupo control en el que no se utilizó cemento (la cerámica se cementó con el mismo composite del sustrato Filtek Supreme XTE, color A3), los valores de $L^*a^*b^*$ aumentaron, reflejando un aumento de luminosidad y tono con más tendencia hacia el rojizo y amarillo, con respecto a la cerámica sin cementar.

La alta translucidez de la cerámica utilizada, hace que el color de la restauración final esté influida además de por el color del sustrato como se ha indicado anteriormente, por el material de cementación. Por ello, diferentes tonos de material de cementación, produjeron un aumento de los valores $L^*a^*b^*$ en diferente magnitud, y los resultados mostraron diferencias en los valores ΔE_{ab} y ΔE_{00} según el grupo experimental. En estudios similares al que se presenta, también se ha observado un aumento de los valores de L^* de discos cerámicos de IPS e.max (LT) cementados con diferentes marcas de cementos de resina y en diferentes colores (Chen et al., 2015). En cambio, con algunos de los cementos se produjo una reducción cromática de los valores de a^* y b^* (fundamentalmente por cementos translúcidos y blancos opacos), y con otros un ligero aumento (tonos más oscuros). Nuestros resultados son consistentes con los resultados del estudio citado (Chen et al., 2015), dado que el cemento RelyX A3, utilizado también en nuestro estudio, sí mostró aumento en sus valores cromáticos y de luminosidad tras la cementación.

Teniendo en cuenta los resultados del estudio del color, podemos por tanto, rechazar la hipótesis nula formulada inicialmente, ya que las propiedades colorimétricas de las cerámicas cementadas están influenciadas por el color del material de cementación y el espesor de la cerámica.

Las diferencias entre los diferentes grupos experimentales, son debidas a las propiedades ópticas de cada uno de los materiales de cementación, que a su vez dependen de su composición específica. Los fabricantes sólo proporcionan información limitada sobre el porcentaje de monómeros de resina y de relleno, y no detallan otros componentes como el tipo y concentración de silano, los pigmentos y opacificadores entre otros. Por eso, no es posible clasificar un material en términos de propiedades ópticas evaluando solamente la información proporcionada de su composición.

Con respecto a las carillas de 0.5 mm de espesor, se observó que los grupos cementados con tonos claros (RelyX Translucent, Variolink Light y RelyX Veneer B0.5)

mostraron una tendencia a valores de diferencia de color menores que los de grupos en los que se utilizaron tonos oscuros (RelyX A3, y el mismo grupo control). Estos resultados coinciden con el estudio de Begum et al., (2014). En este estudio el objetivo principal fue determinar el efecto del espesor de la cerámica y el agente de cementación, para verificar si la restauración enmascara variaciones de color del sustrato dental. Se utilizaron dos cerámicas: cerámica de disilicato de litio (IPS emax Press) y cerámica de leucita reforzada (Cergo- Dentsply) en tres espesores: 0.5, 1 y 1.5 mm. El sustrato utilizado fue resina compuesta de color C3 (Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent) y las muestras se cementaron con RelyX Veneer de color translúcido y A3. En este estudio los cementos translúcidos presentaron una menor diferencia de color final en la restauración final (Begum et al., 2014). Los valores de L^* fueron mayores en cementos más claros, como el Variolink Light, en espesor de 0.5 mm. En cambio, en los grupos con cementos en tonos más oscuros, se observaron valores más elevados de a^* y b^* , cuyos valores positivos indican tonos más rojizos y amarillos respectivamente.

Perroni et al., (2018), realizaron una revisión sistemática de estudios *in vitro* para evaluar la influencia del color del cemento de resina en el color final de carillas cerámicas. Con el fin de sintetizar la información, clasificaron los materiales de cementación en los siguientes: con tono (ya sea claro u oscuro), y según su translucidez (translúcidos u opacos) (Perroni et al., 2018). Los agentes de cementación opacos claros, generan un cambio de color mayor y clínicamente perceptible en el color final de las carillas, siendo dependiente de la marca. Por tanto, el aspecto final de las restauraciones estéticas está más influenciado por la translucidez y la luminosidad del agente de cementación (L^*), que por su tonalidad (a^* y b^*). Por otro lado, los autores destacaron que, la magnitud del cambio de color detectado en las restauraciones, depende más del tipo y grosor de la cerámica, que de las características ópticas individuales del cemento (Perroni et al., 2018).

Aunque los agentes de cementación de diferentes marcas se etiquetan con el mismo nombre de tono o equivalente, sus colores y opacidades reales son distintos, lo que ayuda a explicar las variaciones observadas en nuestro estudio (Pecho et al., 2016). Dede et al., 2017, evaluaron el efecto de diferentes tonos y marcas de cementos de resina en el color de cerámicas de disilicato de litio (IPS e.max Press HT), seleccionando cuatro marcas diferentes de cementos (Maxcem Elite (Kerr Hawe); Variolink II (Ivoclar Vivadent); Clearfil Esthetic (Kuraray); and RelyX Unicem (3M Oral Care) en colores translúcidos y universal (A2). Los autores verificaron que los cementos de resina del mismo tono aunque de

diferente marca, tuvieron efectos diferentes en el color de la cerámica de disilicato de litio (Dede et al., 2017).

El color y las propiedades ópticas de los materiales de resina están determinados por la matriz de resina, la composición del relleno y los aditivos que incluyen los pigmentos y los fotoiniciadores (Dede et al., 2017). Por eso, es normal que el tono translúcido y los tonos neutros y opacos de cada marca de cemento de resina tengan diferentes efectos en el color final. Las diferencias de color en las restauraciones cerámicas por el uso de cementos de resina con diferentes tonos, se relaciona con la cantidad de opacificadores y relleno inorgánico presente en su composición (Alqahtani, Aljurais y Alshaafi, 2012; Zhou et al., 2022). Los agentes de cementación de resina en tonos opacos contienen altas cantidades de esos componentes para aumentar su capacidad de enmascarar el fondo oscuro. Las partículas de relleno inorgánico poseen diferente índice de refracción generando dispersión de la luz, y proporcionando diferente grado de translucidez (Pissai et al., 2019; Zhou et al., 2022). Además, el aumento de la opacidad podría afectar el grado de curado del material de cementación de resina (Zhou et al., 2022).

Zhou et al., (2022), evaluaron la estabilidad del color de restauraciones cerámicas vítreas (IPS e.max Press HT y IPS e.max Press LT; Ivoclar Vivadent) cementadas mediante resinas de curado dual con diferentes sistemas iniciadores: Variolink N (Ivoclar Vivadent), colores Transparent, White y Bleach XL, y Variolink Esthetic DC (Ivoclar Vivadent), colores Light, Neutral y Warm; Panavia F (Kurakay), colores Clear, Brown y Opaque y Panavia V5 (Kurakay), en los mismos tonos que el anterior. Los factores influyentes analizados fueron la translucidez y el espesor de la cerámica y los tipos y tonalidades de los agentes de cementación de resina (Zhou et al., 2022). Comparando los umbrales de perceptibilidad, en el estudio de Zhou et al., 2022, el grupo cementado con Variolink Esthetic (Light, Neutral y Warm) no presentó diferencias perceptibles al ojo humano (Zhou et al., 2022). En nuestro estudio, los grupos cementados con Variolink Light y Warm presentaron variaciones de color visualmente detectables. Dado que los cementos utilizados fueron los mismos, así como la cerámica y su espesor, la diferencia de valores probablemente se debe a diferencias metodológicas, destacando en su estudio las muestras fueron sometidas a un proceso de envejecimiento.

Respecto a las carillas cerámicas de espesor 0.8 mm, los grupos experimentales mostraron valores ΔE_{00} más similares entre sí. Tan sólo el grupo cementado con RelyX Veneer A3 presentó un valor medio ΔE_{00} mayor en comparación con los grupos

cementados con materiales más claros como RelyX Veneer en tono Translucent y B0.5, y Variolink Esthetic en tono Light y Warm. Estos resultados coinciden con los obtenidos en estudios previos (Begum et al., 2014 y Carrabba et al., 2020), en los que se observó que los cementos de resina más translucidos son los que influyen menos el color final de la restauración y al contrario con los cementos más opacos, siendo estos últimos más útiles en los casos en los que queremos enmascarar más el sustrato (Begum et al., 2014; Carrabba et al., 2020; Comba et al., 2022).

Como se ha comentado anteriormente, las magnitudes de ΔE_{ab} y ΔE_{00} , fueron muy elevadas al contemplar la diferencia de color conjuntamente entre el [material cementación + sustrato], en comparación con la cerámica. Puesto que el objetivo del estudio fue determinar la influencia del material de cementación, se estandarizó la confección del sustrato utilizando el composite Filtek Supreme XTE. Para evaluar la magnitud de las diferencias atribuidas únicamente al cemento, se determinó la diferencia de cada grupo experimental con el grupo control, en el que no se espera cambio de color tras la cementación dado que se utilizó el composite Filtek Supreme XTE precalentado. Los valores de la tabla 9 muestran la magnitud de los parámetros de color atribuidos al material de cementación, en comparación con el grupo control (Filtek Supreme XTE). Estos valores permiten valorar los resultados desde un punto de vista clínico y explicar las diferencias atribuidas exclusivamente al cemento y su tono. Para evaluar el efecto del color del cemento, otros autores determinaron el cálculo de los valores ΔE_{ab} mediante la diferencia de los parámetros registrados del conjunto [carilla + agente incoloro (glicerina) + sustrato], y posteriormente [carilla + agente de cementación + sustrato] (Alqahtani et al., 2012; Chen et al., 2015).

Con respecto a la cerámica de 0.5 mm de espesor, sólo el grupo cementado con RelyX Veneer Translucent presentó una diferencia de color que no fue aceptable clínicamente ($\Delta E_{ab} > 2.7$ y $\Delta E_{00} > 1.8$) en comparación con el grupo control.

Los cementos Variolink Veneer Neutral y RelyX Veneer de color A3 mostraron un color similar al grupo control. Así como los composites fluidos G-aenial Flo B1 y A3. Estos serán los materiales que seleccionaremos clínicamente si se desea mantener el color de la carilla en combinación con el sustrato. En caso de que necesitemos aumentar la luminosidad final de la restauración de forma perceptible, lo conseguiremos mediante los cementos Variolink Light, Variolink Warm, RelyX Veneer B0.5 y de forma más notable con RelyX Translucent. Como se indicó anteriormente, estos resultados coinciden, en parte, con el

estudio de Begum et al., 2014, en que los cementos translúcidos presentan una menor diferencia de color final en la restauración (Begum et al., 2014). Elkhishen et al., 2022, evaluaron el efecto de la cerámica de disilicato de litio, silicato de litio reforzado con circonio y circonio translúcido (IPS emax CAD, Ivoclar Vivadent; Celtra Duo, Dentsply Sirona y Katana Zirconia UTML, Kuraray Noritake Dental Inc) .y cementos de resina en la estabilidad del color de carillas de cerámica utilizando los mismos cementos que en nuestro estudio (RelyX Veneer y Variolink Esthetic), pero solamente con los colores translúcidos. Los cementos translúcidos aportaron una menor diferencia de color que otros tonos de cemento (Elkhishen et al., 2022). Los autores también observaron que los grupos cementados con Variolink Esthetic obtuvieron valores de ΔE_{00} más elevados en comparación con los grupos cementados con RelyX Veneer.

En un estudio similar al nuestro, Chen et al. (2015) evaluaron el efecto de tres marcas de cementos de resina en el color final de carillas cerámicas de IPS e.max LT de 0.6 mm de espesor. El color de los cementos produjo valores ΔE_{ab} que oscilaron de 1.38 a 7.16. En el estudio evaluaron los cementos Variolink Veneer (Ivoclar Vivadent) en tonos LV -3, LV -2, MV, HV +2 y HV +3, Panavia F (Kuraray) en tono Light y Brown, y RelyX Veneer (3M Oral Care) en tonos WO, TR y A3. Los resultados mostraron que algunos colores de cementos, como el WO y HV +3 (blanco opaco, y de mayor luminosidad, respectivamente), produjeron cambios de color inaceptables en las cerámicas cementadas (Chen et al., 2015).

Para el espesor de cerámica de 0.8 mm (tabla 9), la diferencia de color fue aceptable clínicamente en todos los grupos con espesor de 0.8 mm, dado que los valores ΔE_{ab} y ΔE_{00} fueron, en todos los grupos, inferiores a 2.7 y 1.8, respectivamente. La mayoría de los grupos tuvieron valores que no mostraron cambios perceptibles respecto al grupo control. Estudios previos mostraron que tanto el color del cemento como el espesor de la cerámica translúcida, influyen en el color final de la restauración cementada (Yildirim et al., 2021). Sin embargo, se afirmó que el efecto del color del cemento sobre el tono final es menos significativo que otros parámetros cuando el espesor de las cerámicas oscila entre 1.0 y 2.0 mm (Chaiyabutr et al., 2011; Czigola et al., 2019; Vichi et al., 2000; Yildirim et al., 2021). En el presente estudio, debido a que las muestras de cerámica utilizadas fueron de 0.8 mm las de mayor espesor, la diferencia de color también está influida por el color del cemento, pero en menor medida que en el espesor de 0.5 mm.

En el estudio de Yildirim et al., 2021, evaluaron el color final tras la cementación de carillas cerámicas de disilicato de litio con espesor de 0.8 mm. Se verificó que las muestras cementadas con un cemento translúcido y un sustrato A3, fueron las que mostraron una variación de color menor (Yildirim et al., 2021). Estos resultados coinciden con los de nuestro estudio ya que los grupos cementados con Variolink Neutral y RelyX Veneer Translucent tampoco tuvieron variación de color final (ΔE_{00}).

Además de la diferencia de color que se pueda apreciar de forma inmediata, es importante considerar la estabilidad de color con el tiempo. Schneider et al., 2020 evaluaron el grado de curado y la estabilidad del color de diferentes materiales a base de resina, utilizados en la cementación de cerámica IPS e.max Press HT (A2) de 1.5 mm de espesor. Uno de los cementos utilizados fue el RelyX Veneer y la resina compuesta precalentada Filtek Supreme XTE, todos en color A. El composite precalentado, presentó valores de luminosidad más estables tras el envejecimiento a diferencia del resto de materiales, posiblemente debido a mayor porcentaje de relleno y monómeros menos hidrofílicos (Schneider et al., 2020). Sin embargo, este composite tiene menor capacidad para fluir que otros composites (Al-Ahdal, Silikas y Watts, 2014) y esto también puede afectar negativamente al espesor en la capa comprometiendo la adaptación de la cerámica.

En el estudio de Vafaei et al., 2018, se estudió el efecto de los cementos de resina en el color de restauraciones de cerámica de disilicato de litio para enmascarar sustratos de composite y amalgama de plata. Se utilizó cerámica IPS e.max Press, con un espesor de 1.2 mm y el cemento Variolink II en colores White, Yellow y Translucent. El cemento translúcido no produjo un cambio clínico en el color final de la restauración ($\Delta E_{ab} < 2.7$) (Vafaei et al., 2018). Estos resultados coinciden parcialmente con los de nuestro estudio, ya que los grupos cementados con Variolink Neutral (espesor de 0.5 y 0.8 mm) y RelyX Veneer Translucent (espesor de 0.8 mm) tampoco produjeron un cambio en el resultado final ($\Delta E_{ab} < 2.7$).

Zhou et al., (2022) analizaron la estabilidad del color de restauraciones cerámicas (IPS emax Press HT y LT, color A1, en espesores de 0.6, 0.8 y 1.1 mm) cementadas mediante cementos de resina dual con diferentes sistemas iniciadores (Zhou et al., 2022). Uno de los cementos en estudio fue el Variolink Esthetic evaluado en los mismos colores que en el presente estudio. La cerámica utilizada fue el IPS emax Press HT y LT, pero en color A1 y con espesores de 0.6; 0.8 y 1.1 mm. Coincidiendo con nuestros resultados, el

grupo cementado con Variolink Esthetic Neutral obtuvo el valor ΔE_{ab} más pequeño, en comparación con los otros grupos en estudio, cuando el espesor de la cerámica fue de 0.5 mm

Al comparar los valores medios obtenidos de ΔE_{ab} y ΔE_{00} en los dos espesores de cerámica, éstos fueron más elevados en la cerámica de 0.5 mm, confirmando que en espesores más delgados de cerámica el material de cementación tiene una mayor influencia en el color final de la restauración. Estos datos son consistentes con los referidos en la literatura previa, en los que el valor medio de ΔE_{00} fue mayor para la cerámica de menor espesor (Blumentritt et al., 2021; Chen et al., 2015; Xing et al., 2017, Sari et al., 2018)). Dado que a menor espesor de las cerámicas, su translucidez aumenta, es lógico que en espesores cerámicos menores, el cemento utilizado tenga una mayor influencia en el color final de la muestra (Barizon et al., 2014; Begum et al., 2014; Dede et al., 2017; Perroni et al., 2018; Zhou et al., 2022). La luz es transmitida internamente en la restauración hasta el cemento, y el color de cemento se refleja, influyendo en el color percibido de la restauración (Chen et al., 2015). La translucidez de la cerámica tiene una relación directa con su estructura cristalina y espesor, lo que influye en el índice de refracción de luz. A medida que aumenta el espesor de la cerámica, se reduce la transmisión de luz. Esto también puede resultar en una polimerización incompleta del cemento, con monómeros sin reaccionar, lo que está directamente relacionado con el cambio de color (Blumentritt et al., 2021).

Según el estudio de Zhou et al., 2022, las cerámicas con mayor espesor dieron como resultado valores de ΔE_{ab} más bajos. En dicho estudio se utilizaron materiales cerámicos (IPS emax Press, Ivoclar Vivadent) con dos grados de translucidez diferentes (alta: HT y baja: LT) en tres espesores (0.5, 0.7 y 1.0 mm). El ΔE_{ab} de cerámicas HT (alta translucidez) y de menor grosor fue mayor que las cerámicas LT (baja translucidez) y de mayor grosor. Esto implica que el color final cuando se utilizan cerámicas más translúcidas y delgadas, se alterará por los cambios de color del cemento. Por tanto, la estabilidad del color del cemento es un factor que también hay que tener en cuenta si se utilizan cerámicas translúcidas delgadas (Zhou et al., 2022).

También Blumentritt et al., 2021 evaluaron la influencia del espesor de la cerámica feldespática (Vitablocks Mark II, VITA Zahnfabrik) en las propiedades colorimétricas. Utilizaron espesores de cerámica que con espesores entre 0.5 y 3.5 mm, y que se cementaron con diversos cementos de resina: RelyX Veneer (3M ESPE), Allcem Veneer

(FGM), RelyX Ultimate (3M ESPE) y Allcem Dual (FGM). Los autores verificaron que con espesores de cerámica mayores, el cemento no tiene tanta influencia en el color y, con la propia cerámica se consigue camuflar el color del sustrato alterado (Blumentritt et al., 2021).

Nuestros resultados, ponen de manifiesto la importancia clínica del espesor de la cerámica de disilicato de litio. Es importante considerar el espesor de las carillas cerámicas para conseguir una buena reproducción del color de los dientes naturales adyacentes. Es posible compensar el color final de carillas translúcidas de disilicato de litio utilizando diferentes tonos de cementos, siempre que el sustrato no presente un color alterado que necesite su enmascaramiento. Espesores delgados de cerámica, dificultan el enmascaramiento del color del sustrato (Blumentritt et al., 2021). También es determinante seleccionar el tono de cemento más adecuado en cada caso. El espesor de las carillas está condicionado por la preparación del diente y forma final del diente. La preparación deber ser lo más conservadora posible, ya que el esmalte es el sustrato preferente que garantiza una adhesión estable (Öztürk et al, 2013). En casos en los que el color del diente esté alterado y requiera enmascaramiento, el clínico podría considerar la posibilidad de utilizar carillas de mayor espesor, aumentando la preparación del diente, o indicar una cerámica más opaca (Pires et al., 2017). Carraba et al., 2020, sugirieron cementos de resina más opacos en los casos en los que haya una discrepancia de color dentro del tono deseado (Carrabba et al., 2020). Günal-Abduljalil et al., 2022 recomiendan utilizar pastas de prueba “try-in” para garantizar que se cumplan las expectativas estéticas, especialmente al seleccionar el color del cemento de resina en restauraciones de carillas delgadas y con sustrato alterado (Günal-Abduljalil y Ulusoy, 2022).

En nuestro estudio se utilizaron espesores cerámicos de 0.5 y 0.8 mm, a diferencia de algunos estudios en los que se utilizaron espesores de 0.5 y 1 mm (Blumentritt et al., 2021; Carrabba et al., 2020; Günal-Abduljalil y Ulusoy, 2022; Pissaia et al., 2019). Esto puede tener algunas repercusiones en la comparación de los resultados de color con otros autores, dado que se esperan cambios más acentuados a los obtenidos en el presente estudio en carillas de 1 mm. La preparación de la carilla deber ser mínima, y debe limitarse al sustrato de esmalte para lograr una adhesión duradera. La reducción de la preparación se recomienda que esté comprendida entre 0.5 y 0.8 mm (Chen et al., 2015) y es por ello que se evaluaron dichos espesores de cerámica. Teniendo en cuenta que el espesor anatómico de esmalte oscila entre 0.4 mm en el tercio gingival y 1.3 mm en el

tercio incisal (Ferrari, Patroni y Balleri, 1992), es posible aumentar o disminuir la profundidad de la preparación en el esmalte, y variar el espesor de la cerámica, en determinadas situaciones clínicas.

El presente estudio es un trabajo de laboratorio por lo que no simula todos los factores presentes en una situación clínica, esto hace que los resultados no se puedan extrapolar directamente a la aplicación clínica. Futuros estudios deben ir encaminados a evaluar la estabilidad de las propiedades ópticas evaluadas en el tiempo, tras procesos de envejecimiento, así como testar las nuevas cerámicas que actualmente se están desarrollando.

7 CONCLUSIONES

De la presente investigación y sus resultados se puede concluir que:

1. El tipo de material de cementación y su color, influye en la intensidad de la emisión de fluorescencia de las carillas de cerámica feldespática cementadas. Las carillas cementadas con el cemento de resina fotopolimerizable RelyX Veneer presentaron menor fluorescencia que las cementadas con el cemento Variolink Esthetic LC y el composite fluido G-aenial Flo, independientemente del color. Los tonos más oscuros de los cementos de la misma marca, mostraron valores de fluorescencia menores que los tonos más claros, en las carillas cementadas de 0.8 mm de espesor.
2. Las carillas de disilicato de litio de 0.5 mm de espesor cementadas con la mayoría de los materiales de cementación evaluados mostraron valores de emisión de fluorescencia similares a las carillas cementadas con el mismo composite del sustrato (Filtek Supreme XTE Body A3, grupo control), excepto con los cementos RelyX Translucent y Variolink Esthetic LC Warm, en cuyo caso la fluorescencia fue inferior. Las carillas de 0.8 mm mostraron menor intensidad de fluorescencia con respecto al grupo control, cuando se cementaron con los cementos RelyX Veneer y Variolink Esthetic LC independientemente del color, y al menos similar intensidad fluorescencia con el composite fluido G-aenial Flo en los dos colores evaluados. La intensidad de fluorescencia fue menor en las carillas de 0.8 mm para todos los materiales de cementación evaluados.
3. Las carillas de disilicato de litio de 0.5 mm de espesor mostraron diferencias de color más acentuadas entre los diferentes materiales de cementación y colores evaluados, en comparación con las carillas de 0.8 mm. Las diferencias de color detectadas se consideraron clínicamente inaceptables cuando se utilizó el cemento RelyX Veneer Translucent en carillas de 0.5 mm de espesor, mientras que para espesores de cerámica de 0.8 mm las diferencias de color se consideraron aceptables clínicamente para todos los materiales evaluados.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Abad-Coronel, C., Naranjo, B., & Valdiviezo, P. (2019). Adhesive Systems Used in Indirect Restorations Cementation : Review of the Literature. *Dentistry Journal*, 7(3), 1–18.
- Addison, O., Marquis, P. M., & Fleming, G. J. P. (2008). Quantifying the Strength of a Resin-coated Dental Ceramic. *Journal of Dental Research*, 87(6), 542–547.
- Adebayo, O. A., Burrow, M. F., & Tyas, M. J. (2008). Bond strength test: Role of operator skill. *Australian Dental Journal*, 53(2), 145–150.
- Al-Ahdal, K., Silikas, N., & Watts, D.C. (2014). Rheological properties of resin composites according to variations in composition and temperature. *Dental Materials*, 30(5), 517–524.
- Alayad, A. S., Alqhatani, A., Alkatheeri, M. S., Alshehri, M., Alqahtani, M. A., Aljoharah, E. B. O., & Almusallam, R. A. (2020). Effects of CAD/CAM ceramics and thicknesses on translucency and color masking of substrates. *The Saudi Dental Journal*, 33(7), 761–768.
- Aldryhim, H., El-Mowafy, O., McDermott, P., & Prakki, A. (2021). Hardness of resin cements polymerized through glass-ceramic veneers. *Dentistry Journal*, 9(8), 92.
- Alghazzawi, T. F., Lemons, J., Liu, P. R., Essig, M. E., & Janowski, G. M. (2012). Evaluation of the optical properties of CAD/CAM generated yttria-stabilized zirconia and glass-ceramic laminate veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 107(5), 300–308.
- Alman, D. H., Berns, R. S., Komatsubara, H., Li, W., Luo, M. R., Melgosa, M., Nobbs, J.H., Rigg, B.Witt, K. (2001). *Improvement To Industrial Colour-Difference Evaluation* (Division 1, Vol. 142; G. Cui, Ed.). International Commission on Illumination.
- Almeida, J. R., Schmitt, G. U., Kaizer, M. R., Boscato, N., & Moraes, R. R. (2015). Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(2), 272–277.
- Alqahtani, M. Q., Aljuraif, R. M., & Alshaafi, M. M. (2012). The effects of different shades of resin luting cement on the color of ceramic veneers. *Dental Materials Journal*, 31(3), 354–361.
- Alves, L. P., Pilla, V., Murgo, D.O.A., & Munin, E. (2010). Core-shell quantum dots tailor the fluorescence of dental resin composites. *Journal of Dentistry*, 38(2), 149–152.
- Ameer, Z.M.A. & Mualla, S.K. (2015). In Vitro Evaluation of Fluorescence Stability of Different Composites and Dental Tissues Before And After Accelerated Aging. *Journal of Medical and Dental Science Research*, 3(2), 1–6.
- Antonov, M., Lenhardt, L., Manojlović, D., Milićević, B., Zeković, I., & Dramićanin, M. D. (2016). Changes of Color and Fluorescence of Resin Composites Immersed in Beer. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(5), 330–338.
- Anusavice, K. J. (1992). Degradability of dental ceramics. *Advances in Dental Research*, 6, 82–89.
- Anusavice, K. J. (2004). *Ciencia de los materiales dentales* (Undecima e; Elsevier, Ed.). Barcelona - España.
- Araujo, E., & Perdigão, J. (2021). Anterior Veneer Restorations – An Evidence-based Minimal-Intervention Perspective. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 23(2), 91–110.
- Arif, R., Yilmaz, B., & Johnston, W.M. (2019). In vitro color stainability and relative translucency of CAD/CAM restorative materials used for laminate veneers and complete crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(2), 160–166.
- Arimoto, A., Nakajima, M., Hosaka, K., Nishimura, K., Ikeda, M., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2010). Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dental Materials*, 26(11), 1090–7.
- Aslan, Y. U., Uludamar, A., & Özkan, Y. (2019). Clinical performance of pressable glass-ceramic veneers after 5, 10, 15, and 20 years: A retrospective case series study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(5), 415–422.
- Awad, D., Stawarczyk, B., Liebermann, A., & Ilie, N. (2015). Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(6), 534–40.

- Azer, S. S., Ayash, G.M., Johnston, W.M., Khalil, M.F., & Rosenstiel, S. F. (2006). Effect of esthetic core shades on the final color of IPS Empress all-ceramic crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(6), 397–401.
- Bagis, B., & Turgut, S. (2013). Optical properties of current ceramics systems for laminate veneers. *Journal of Dentistry*, 41(Suppl. 3), e24–e30.
- Bajraktarova-Valjakova, E., Korunoska-Stevkovska, V., Kapusevska, B., Gigovski, N., Bajraktarova-Misevska, C., & Grozdanov, A. (2018). Contemporary Dental Ceramic Materials, A Review: Chemical Composition, Physical and Mechanical Properties, Indications for Use. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 6(9), 1742–1755.
- Baran, G. R., O'Brien, W.J., & Tien, T.Y. (1977). Colored Emission of Rare Earth Ions in a Potassium Feldspar Glass. *Journal of Dental Research*, 56(11), 1323–9.
- Barath, V. S., Faber, F. J., Westland, S., & Niedermeier, W. (2003). Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Advances in Dental Research*, 17, 55–60.
- Baratieri, L. N., Araujo, E., & Monteiro, S. (2007). Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects. *The European Journal of Esthetic Dentistry : Official Journal of the European Academy of Esthetic Dentistry*, 2(2), 172–186.
- Barizon, K. T. L., Bergeron, C., Vargas, M. A., Qian, F., Cobb, D. S., Gratton, D. G., & Geraldini, S. (2014). Ceramic materials for porcelain veneers: Part II. Effect of material, shade, and thickness on translucency. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(4), 864–870.
- Begum, Z., Chheda, P., Shruthi, C. S., & Sonika, R. (2014). Effect of Ceramic Thickness and Luting Agent Shade on the Color Masking Ability of Laminate Veneers. *Journal of Indian Prosthodontist Society*, 14(Suppl1), 46–50.
- Beier, U. S., & Dumfahrt, H. (2012). Clinical performance of porcelain laminate veneers for up to 20 years. *The International Journal of Prosthodontics*, 25(1), 79–85.
- Bello, Y. D., Di Domenico, M. B., Magro, L. D., Lise, M. W., & Corazza, P. H. (2019). Bond strength between composite repair and polymer-infiltrated ceramic-network material: Effect of different surface treatments. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(3), 275–279.
- Benedict, H. C. (1928). A note on the fluorescence of teeth in ultra-violet rays. *Science (New York, N.Y.)*, 67(1739), 442.
- Bhopatkar, J., Ikhar, A., Chandak, M., Mankar, N., & Sedani, S. (2022). Composite Pre-heating : A Novel Approach in Restorative Dentistry. *Cureus*, 14(7), 8–15.
- Blumentritt, F.B., Cancian, G., Saporiti, J.M., de Holanda, T.A., Barbon, F.J., & Boscatto, N. (2021). Influence of feldspar ceramic thickness on the properties of resin cements and restorative set. *European Journal of Oral Sciences*, 129(2), 1–12.
- Brewer, J.D., Garlapo, D.A., Akers, C.K., & Sorensen, S.E. (1985). Spectrometric Analysis of the Influence of Metal Substrates on the Color of Metal-Ceramic Restorations. *Journal of Dental Research*, 64(1), 74–77.
- Buchalla, W., Attin, T., Hilgers, R. D., & Hellwig, E. (2002). The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(3), 264–270.
- Burke, F.J.T. (2012). Survival rates for porcelain laminate veneers with special reference to the effect of preparation in dentin: A literature review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 24(4), 257–265.
- Busato, A. L. S., Azambuja, R. L., Valin, R. R., Arossi, G. A., & Silveira, C. M. da. (2006). Comparação De Fluorescência Entre Resinas Compostas Restauradoras E a Estrutura Dental Hígida – in Vivo Fluorescence Comparision Among Composite Resins and Sound Dental Structure – in Vivo. *Revista Odontológica de Araçatuba*, 27(2), 142–147.
- Çakmak, G., Donmez, M. B., Kashkari, A., Johnston, W. M., & Yilmaz, B. (2021). Effect of

- thickness, cement shade, and coffee thermocycling on the optical properties of zirconia reinforced lithium silicate ceramic. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(8), 1132-1138.
- Callis, E. M., Cabaní, J. C., & Figuero, J. M. (2018). *Las Claves de la Ptótesis fija en Cerámica*. Lisermed Editorial SL.
- Camargo, F. S. A. S., González, A. H. M., Alonso, R. C. B., Di Hipólito, V., & D'Alpino, P. H. P. (2019). Effects of Polymerization Mode and Interaction with Hydroxyapatite on the Rate of pH Neutralization, Mechanical Properties, and Depth of Cure in Self-Adhesive Cements. *European Journal of Dentistry*, 13(2), 178–186.
- Caneppele, T. M., Borges, A. B., & Torres, C. R. (2013). Effects of dental bleaching on the color, translucency and fluorescence properties of enamel and dentin. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 8(2), 200–212.
- Caneppele, T. M. F., Torres, C. R. G., & Bresciani, E. (2015). Analysis of the color and fluorescence alterations of enamel and dentin treated with hydrogen peroxide. *Brazilian Dental Journal*, 26(5), 514–518.
- Cardoso, P., & Decurcio, R. (2015). *Carillas: lentes de contacto y fragmentos cerámicos*. Florianópolis/SC, Brasil: Editora Ponto.
- Carrabba, M., Vichi, A., Tozzi, G., Louca, C., & Ferrari, M. (2020). Cement opacity and color as influencing factors on the final shade of metal-free ceramic restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(2), 423–429.
- Catelan, A., Guedes, A. P. A., Suzuki, T. Y. U., Takahashi, M. K., De Souza, E. M., Briso, A. L. F., & Dos Santos, P. H. (2015). Fluorescence intensity of composite layering combined with surface sealant submitted to staining solutions. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(S1), S33–S40.
- Cengiz, E., Kurtulmus-Yilmaz, S., Karakaya, I., & Aktore, H. (2018). Color difference of composite resins after cementation with different shades of resin luting cement. *Odontology*, 106(2), 181–186.
- Chadwick, R. G., McCabe, J. F., & Carrick, T. E. (2008). Rheological properties of veneer trial pastes relevant to clinical success. *British Dental Journal*, 204(6), 1–4.
- Chaiyabutr, Y., Kois, J. C., LeBeau, D., & Nunokawa, G. (2011). Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 105(2), 83–90.
- Chang, J., Da Silva, J. D., Sakai, M., Kristiansen, J., & Ishikawa-Nagai, S. (2009). The optical effect of composite luting cement on all ceramic crowns. *Journal of Dentistry*, 37(12), 937–943.
- Chen, X. D., Hong, G., Xing, W. Z., & Wang, Y. N. (2015). The influence of resin cements on the final color of ceramic veneers. *Journal of Prosthodontic Research*, 59(3), 172–177.
- Cho, M. S., Yu, B., & Lee, Y. K. (2009). Opalescence of all-ceramic core and veneer materials. *Dental Materials*, 25(6), 695–702.
- Christensen, G.J. (2018). Zirconia: most durable tooth-colored crown material in practice-based clinical study. *Clinicians Report*, 11, 1–3.
- Christensen, Gordon J. (2006). Veneer mania. *Journal of the American Dental Association*, 137(8), 1161–1163.
- Chu, S. J. ., Devigus, A., Paravina, R., & Mielezsko, A. (2004). *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry* (ISBN 0-867). Chicago: Quintessence.
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38(2), 2–16.
- Comba, A., Paolone, G., Baldi, A., Vichi, A., Goracci, C., Bertozzi, G., & Scotti, N. (2022). Effects of Substrate and Cement Shade on the Translucency and Color of CAD/CAM Lithium-Disilicate and Zirconia Ceramic Materials. *Polymers*, 14(9), 1–10.

- Conrad, H. J., Seong, W.-J., & Pesun, I. J. (2007). Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98(5), 389–404.
- Cubas, G. B. de A., Camacho, G. B., Demarco, F. F., & Pereira-Cenci, T. (2011). The effect of luting agents and ceramic thickness on the color variation of different ceramics against a chromatic background. *European Journal of Dentistry*, 5(3), 245–252.
- Czigola, A., Abram, E., Kovacs, Z. I., Marton, K., Hermann, P., & Borbely, J. (2019). Effects of substrate, ceramic thickness, translucency, and cement shade on the color of CAD/CAM lithium-disilicate crowns. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(5), 457–464.
- Da Silva, T. M., De Oliveira, H. P. M., Severino, D., Balducci, I., Huhtala, M. F. R. L., & Gonçalves, S. E. P. (2014). Direct spectrometry: A new alternative for measuring the fluorescence of composite resins and dental tissues. *Operative Dentistry*, 39(4), 407–415.
- Dagg, H., O'Connell, B., Claffey, N., Byrne, D., & Gorman, C. (2004). The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(9), 900–904.
- De Lima, L. M., Abreu, J. D., Cohen-Carneiro, F., Regalado, D. F., & Pontes, D. G. (2015). A new methodology for fluorescence analysis of composite resins used in anterior direct restorations. *General Dentistry*, 63(5), 66–69.
- De Lima, E., Santos, R., Durão, M., Nascimento, A., & Braz, R. (2016). Universal cements: dual activated and chemically activated. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 2(1), 125–129.
- Dede, Dogu Ömür, Armaganci, A., Ceylan, G., Çankaya, S., & Çelk, E. (2013). Influence of abutment material and luting cements color on the final color
- Dede, Doğu Ömür, Ceylan, G., & Yilmaz, B. (2017). Effect of brand and shade of resin cements on the final color of lithium disilicate ceramic. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(4), 539–544.
- Dede, Doğu Ömür, Sahin, O., Özdemir, O. S., Yilmaz, B., Celik, E., & Köroğlu, A. S. (2017). Influence of the color of composite resin foundation and luting cement on the final color of lithium disilicate ceramic systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(1), 138–143.
- Della Bona, A., Donassollo, T. A., Demarco, F. F., Barrett, A. A., & Mecholsky, J. J. (2007). Characterization and surface treatment effects on topography of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced ceramic. *Dental Materials*, 23(6), 769–775.
- Della Bona, A., Nogueira, A. D., & Pecho, O. E. (2014). Optical properties of CAD/CAM ceramic systems. *Journal of Dentistry*, 42(9), 1202–1209.
- Della Bona, A., Pecho, O.E., Ghinea, R., Cardona, J.C., & Pérez, M.M. (2015). Colour parameters and shade correspondence of CAD/CAM ceramic systems. *Journal of Dentistry*, 43(6), 726–734.
- Dietschi, D., & Spreafico, R. (2019). Evidence-based concepts and procedures for bonded inlays and onlays. Part III. A case series with long-term clinical results and follow-up. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 14(2), 118–133.
- Diniz, R. S., Albuquerque, L. F. B. de, Tavares, R. de J. R., Moffa, E. B., Lago, A. D. N., & Gonçalves, L. M. (2019). Correspondence between try-in pastes and resin cements, and color stability of bonded lithium disilicate disks. *Brazilian Oral Research*, 33, 1–10.
- Dos Reis, R.S.A.A., Casemiro, L. A., Carlino, G. V., Lins, E. C. C. C., Kurachi, C., Bagnato, V. S., Pires-de-Souza, F.C.P. & Panzeri, H. (2007). Evaluation of fluorescence of dental composites using contrast ratios to adjacent tooth structure: A pilot study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(4), 199–207.
- Dozić, A., Cornelis, j. , Zohairy, a. , Albert, j. and Gazal, K. (2007). Performance of Five Commercially Available. *Journal of Prosthodontics*, 16(2), 93–100.

- Duarte, S., Perdigão, J., & Lopes, M. (2003). Composite resin restorations--natural aesthetic and dynamics of light. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry: PPAD*, 15(9), 657–666.
- Dumfahrt, H., & Schäffer, H. (2000). Porcelain laminate veneers. A retrospective evaluation after 1 to 10 years of service: Part II--Clinical results. *International Journal of Prosthodontics*, 13(1), 9–18.
- Dúran Ojeda, G., Naves, L., Oosterhaven, A., Kleinsman, R., Bäumer-König, A., Körner, G., ... Gresnigt, M. M. M. (2022). 8-year multicenter retrospective study on partial laminate veneers. *Journal of Prosthodontic Research*, advpub.
- Duro, F. R., & Andrade, J.S. (2012). Fluorescence : Clinical Evaluation of New Composite Resins. *Quintessence of Dental Technology*, 145–157.
- Ecker, G. A., Moser, J. B., Wozniak, W.T., & Brinsden, G.I. (1985). Effect of repeated firing on fluorescence of porcelain-fused-to-metal porcelains. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 54(2), 207–214.
- Edelhoff, D., & Sorensen, J.A. (2002). Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(5), 503–509.
- Egilmez, F., Ergun, G., Cekic-Nagas, I., Vallittu, P.K., & Lassila, L.V.J. (2017). Light Transmission of Novel CAD/CAM Materials and Their Influence on the Degree of Conversion of a Dual-curing Resin Cement. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 19(1), 39–48.
- Eliades, T., Gioka, C., Heim, M., Eliades, G., & Makou, M. (2004). Color stability of orthodontic adhesive resins. *Angle Orthodontist*, 74(3), 391–393.
- Elkhishen, E. A., Al-Zordk, W., Hassouna, M., Elsherbini, A., & Sakrana, A. A. (2022). Effect of ceramic and resin cement type on color stability and translucency of ceramic laminate veneers for diastema closure: an in vitro study. *Scientific Reports*, 12(1), 1–13.
- Elsaka, S. E. (2015). Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. *Dental Materials Journal*, 34(2), 161–167.
- Emami, N., Sjö Dahl, M., & Söderholm, K. J. M. (2005). How filler properties, filler fraction, sample thickness and light source affect light attenuation in particulate filled resin composites. *Dental Materials*, 21(8), 721–730.
- Espíndola-Castro, L. F., Brito, O. F. F. De, Araújo, L. G. A., Santos, I. L. A., & Monteiro, G. Q. D. M. (2020). In Vitro Evaluation of Physical and Mechanical Properties of Light-Curing Resin Cement: A Comparative Study. *European Journal of Dentistry*, 14(1), 152–156.
- Falacho, R.I., Marques, J.A., Palma, P.J., Roseiro, L., Caramelo, F., Ramos, J.C., Guerra, F., Blatz, M. B. (2022). Luting indirect restorations with resin cements versus composite resins: Effects of preheating and ultrasound energy on film thickness. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(4), 641–649.
- Fan, K., Lin, Y.-L., Tsao, H.W., Chen, H., Lee, S.-Y., Cheng, Y.-C., Huang, H.-P. Lin, W.-C. (2022). In Vivo Evaluation of the Effects of Sintering Temperature on the Optical Properties of Dental Glass-Ceramics. *Nanomaterials*, 12(13), 1–18.
- Ferracane, J. L., Stansbury, J. W., & Burke, F. J. T. (2011). Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of Oral Rehabilitation*, 38(4), 295–314.
- Ferrari, M., Patroni, S., & Balleri, P. (1992). Measurement of enamel thickness in relation to reduction for etched laminate veneers. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 12(5), 407–413.
- Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 23(5), 467–479.
- Fondriest, J. F. (2012). The optical characteristics of natural teeth. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 34(1), 39–42.

- Foreman, P. C. (1988). Fluorescent microstructure of mineralized dental tissues. *International Endodontic Journal*, 21(4), 251–256.
- Forziati, A. F., Kumpula, J. W., & Barone, J. J. (1963). Tooth Fluorometer. *Journal of the American Dental Association*, 67, 663–669.
- Friedman, M. J. (2001). Porcelain veneer restorations: a clinician's opinion about a disturbing trend. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 13(5), 318–327.
- Fu, L., Engqvist, H., & Xia, W. (2020). Glass – Ceramics in Dentistry : A Review. *Materials*, 13(5), 1–22.
- Fukushima, Y., Araki, T., & Yamada, M. (1987). Topography of fluorescence and its possible composites in human teeth. *Cellular and Molecular Biology*, 33(6), 725–736.
- Gamborena, I., & Blatz, M. B. (2011). Fluorescence — Mimicking Nature for Ultimate Esthetics in Implant Dentistry. *Quintessence of Dental Technology*, 1–18.
- Gawriolek, M., Sikorska, E., Ferreira, L.F.V, Costa, A.I., Khmelinskii, I., Krawczyk, A., Sikorski, M., Koczorowski, R. (2012). Color and Luminescence Stability of Selected Dental Materials In Vitro. *Journal of Prosthodontics*, 21(2), 112–122.
- Ghinea, R., Pérez, M. M., Herrera, L. J., Rivas, M. J., Yebra, A., & Paravina, R. D. (2010). Color difference thresholds in dental ceramics. *Journal of Dentistry*, 38(2), 57–64.
- Giordano li, R. (2022). Ceramics overview. *British Dental Journal*, 232(9), 658–663.
- Giordano, R., & McLaren, E. A. (2010). Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 31(9), 682–700.
- Gómez-Polo, C., Muñoz, M. P., Lorenzo Luengo, M. C., Vicente, P., Galindo, P., & Martín Casado, A. M. (2016). Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(1), 65–70.
- Goulart, M., Borges Veleda, B., Damin, D., Bovi Ambrosano, G. M., Coelho de Souza, F. H., & Erhardt, M. C. G. (2018). Preheated composite resin used as a luting agent for indirect restorations: effects on bond strength and resin-dentin interfaces. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 13(1), 86–97.
- Gracis, S., Thompson, V., Ferencz, J., Silva, N., & Bonfante, E. (2016). A New Classification System for All-Ceramic and Ceramic-like Restorative Materials. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(3), 227–235.
- Gugelmin, B. P., Miguel, L. C. M., Filho, F. B., da Cunha, L. F., Correr, G. M., & Gonzaga, C. C. (2020). Color stability of ceramic veneers luted with resin cements and pre-heated composites: 12 months follow-up. *Brazilian Dental Journal*, 31(1), 69–77.
- Günal-Abduljalil, B., & Ulusoy, M.M. (2022). The effect of resin cement shade and restorative material type and thickness on the final color of resin-matrix ceramics. *Journal of Prosthodontic Research*, 66(1), 75–82.
- Gurel, G., Morimoto, S., Calamita, M. A., Coachman, C., & Sesma, N. (2012). Clinical performance of porcelain laminate veneers: outcomes of the aesthetic pre-evaluative temporary (APT) technique. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 32(6), 625–635
- Gurel, G., Sesma, N., Calamita, M. A., Coachman, C., & Morimoto, S. (2013). Influence of enamel preservation on failure rates of porcelain laminate veneers. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 33(1), 31–39.
- Haddad, M.F., Rocha, E.P., & Assunção, W.G. (2011). Cementation of prosthetic restorations: From conventional cementation to dental bonding concept. *Journal of Craniofacial Surgery*, 22(3), 952–958.
- Hartles, R. L., & Leaver, A. G. (1955). The identification of pyrimidines in the fluorescing fractions of the teeth of the sperm whale (*Physeter macrocephalus*). *Journal of Dental Research*, 34(6), 820–830.
- Hashemikamangar, S. S., Valizadeh, S., Nahavandi, A. M., Tabatabaei, M., & Daryadar, M. (2021). Effect of Thickness on Fluorescence of Some Clinical Dental Ceramics. *Frontiers in Dentistry*, 18, 1–8.

- Heffernan, M.J., Aquilino, S. A., Diaz-Arnold, A.M., Haselton, D.R., Stanford, C.M., & Vargas, M.A. (2002). Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(1), 4–9.
- Hein, S., Tapia, J., & Bazos, P. (2017). eLABor_aid: a new approach to digital shade management. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 12(2), 186–202.
- Hein, S., & Ten Bosch, J. J. (2018). The effect of ultraviolet induced fluorescence on visually perceived tooth color under normal light conditions. *Dental Materials*, 34(5), 819–823.
- Hernandes, D. K. L., Arrais, C. A. G., Lima, E. de, Cesar, P. F., & Rodrigues, J. A. (2016). Influence of resin cement shade on the color and translucency of ceramic veneers. *Journal of Applied Oral Science : Revista FOB*, 24(4), 391–396.
- Hirata, R. *Avaliação da refletância, transmitância direta e fluorescência de resinas compostas*. Tesis Doctoral, Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2008.
- Hirata, R., Sampaio, C. S., de Andrade, O. S., Kina, S., Goldstein, R. E., & Ritter, A. V. (2022). Quo vadis, esthetic dentistry? Ceramic veneers and overtreatment-A cautionary tale. *Journal of Esthetic and Restorative*, 34(1), 7–14.
- Ho, G.W., Matinlinna, J.P. (2011) Insights on Ceramics as Dental Materials. Part I: Ceramic Material Types in Dentistry. *Silicon*, 3, 109–115.
- Hoerman, K. C., & Mancewicz, S. A. (1964). Fluorometric Demonstration of Tryptophan in Dentin and Bone Protein. *Journal of Dental Research*, 43(2), 276–280.
- Höland, W., Schweiger, M., Frank, M., & Rheinberger, V. (2000). A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53(4), 297–303.
- Hoorizad, M., Valizadeh, S., Heshmat, H., Tabatabaei, S. F., & Shakeri, T. (2021). Influence of resin cement on color stability of ceramic veneers: in vitro study. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 8(1), 11–17.
- Iravani, M., Shamszadeh, S., Panahandeh, N., Sheikh-Al-Eslamian, S. M., & Torabzadeh, H. (2020). Shade reproduction and the ability of lithium disilicate ceramics to mask dark substrates. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 45(3), 1–7.
- Ishikawa-Nagai, S., Yoshida, A., Da Silva, J.D., & Miller, L. (2010). Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 1: Analysis and interpretation of tooth color. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(1), 42–52.
- ISO/TR 28642:2016 *Dentistry — Guidance on colour measurement*. (2016). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/69046.html>
- Jablonski, T., Takahashi, M. K., Brum, R. T., Rached, R. N., & Souza, E. M. (2014). Comparative study of the fluorescence intensity of dental composites and human teeth submitted to artificial aging. *General Dentistry*, 62(1), 37–41.
- Jankar, A. S., Kale, Y., Kangane, S., Ambekar, A., Sinha, M., & Chaware, S. (2014). Comparative evaluation of fracture resistance of Ceramic Veneer with three different incisal design preparations - An In-vitro Study. *Journal of International Oral Health*, 6(1), 48–54.
- Jensen, M. E., Sheth, J. J., & Tolliver, D. (1989). Etched-porcelain resin-bonded full-veneer crowns: in vitro fracture resistance. *Compendium (Newtown, Pa.)*, 10(6), 336–347.
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32, 3–12.
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67S, S3–S10.
- Kandil, B. S. M., Hamdy, A. M., Aboelfadl, A. K., & El-Anwar, M. I. (2019). Effect of ceramic translucency and luting cement shade on the color masking ability of laminate veneers. *Dental Research Journal*, 16(3), 193–199.
- Kelly, J.R., Nishimura, I., & Campbell, S.D. (1996). Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 75(1), 18–32.

- Kelly, J Robert. (2004). Dental ceramics: current thinking and trends. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 513–530.
- Kelly, J. (2016). *Ceramics in Dentistry: principles and practice*. Quintessence, Chicago, EE. UU.
- Kilinc, E., Antonson, S. A., Hardigan, P. C., & Kesercioglu, A. (2011). Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *Journal of Dentistry*, 39(1), 30–36.
- Kim, H. K., Kim, S. H., Lee, J. B., & Ha, S. R. (2016). Effects of surface treatments on the translucency, opalescence, and surface texture of dental monolithic zirconia ceramics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(6), 773–779.
- Kina, S., & Bruguera. (2008). *Invisible: restauraciones Estéticas Cerámicas* (Primera Ed). Madrid-España: Panamericana.
- Kiran, R., Chapman, J., Tennant, M., Forrest, A., & Walsh, L. (2020). Direct tooth-colored restorative materials: a comparative analysis of the fluorescence properties among different shades. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 15, 318–332.
- Knispel, G. (1991). Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 22(7), 525–531.
- Koishi, Y., Tanoue, N., Atsuta, M., & Matsumura, H. (2002). Influence of visible-light exposure on colour stability of current dual-curable luting composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(4), 387–393.
- Kürklü, D., Azer, S. S., Yilmaz, B., & Johnston, W. M. (2013). Porcelain thickness and cement shade effects on the colour and translucency of porcelain veneering materials. *Journal of Dentistry*, 41(11), 1043–1050.
- Lasserre, J. F., Pop-Ciutrla, I. S., & Colosi, H. A. (2011). A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *Journal of Dentistry*, 39(3), 1–8.
- Layton, D. M., & Clarke, M. (2013). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Survival of Non-Feldspathic Porcelain Veneers Over 5 and 10 Years. *The International Journal of Prosthodontics*, 26(2), 111–124.
- Layton, D. M., & Walton, T. R. (2011). The up to 21-year clinical outcome and survival of feldspathic porcelain veneers: accounting for clustering. *The International Journal of Prosthodontics*, 25(6), 604–612.
- Lee, S. M., & Choi, Y. S. (2018). Effect of ceramic material and resin cement systems on the color stability of laminate veneers after accelerated aging. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(1), 99–106.
- Lee, Y.-K. (2015). Fluorescence properties of human teeth and dental calculus for clinical applications. *Journal of Biomedical Optics*, 20(4), 040901.
- Lee, Y.-K. (2016). Opalescence of human teeth and dental esthetic restorative materials. *Dental Materials Journal*, 35(6), 845–854.
- Lee, Y.-K., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Fluorescence of layered resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17(2), 93–101.
- Lee, Y.-K., & Yu, B. (2007). Measurement of opalescence of tooth enamel. *Journal of Dentistry*, 35(8), 690–694.
- Lee, Y. K. (2008). Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dental Materials*, 24(9), 1243–1247.
- Lee, Y. K., Kim, J. H., & Ahn, J. S. (2007). Influence of the changes in the UV component of illumination on the color of composite resins. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 97(6), 375–380.
- Lee, Y. K., Lim, B. S., & Kim, C. W. (2004). Influence of illuminating and viewing aperture size on the color of dental resin composites. *Dental Materials*, 20(2), 116–123.
- Lee, Y. K., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials*, 21(11), 1068–1074.

- Lee, Y. K., Lu, H., & Powers, J. M. (2006). Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. *Dental Materials*, 22(7), 653–660.
- Lehmann, K. M., Devigus, A., Igiel, C., Wentaschek, S., Azar, M. S., & Scheller, H. (2011). Repeatability of color-measuring devices. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 6(4), 428–435.
- Li, R. W. K., Chow, T. W., & Matinlinna, J.P. (2014). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. *Journal of Prosthodontic Research*, 58(4), 208–216.
- Lim, H. N., Yu, B., Lim, J. I., Ahn, J. S., & Lee, Y. K. (2009). Influence of 2-hydroxyethyl methacrylate content on the optical properties of experimental 2-hydroxyethyl methacrylate-added dental glass ionomer. *Materials and Design*, 30(10), 3996–4002.
- Lim, Y. K., & Lee, Y. K. (2007). Fluorescent emission of varied shades of resin composites. *Dental Materials*, 23(10), 1262–1268.
- Lopes, G. M., Prado, T. P., Camilotti, V., Bernardon, P., Mendonça, M. J., & Ueda, J. K. (2021). In vitro and In vivo evaluation of resin composites fluorescence. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 114, 104223.
- Lu, H., Lee, Y. K., Villalta, P., Powers, J. M., & Garcia-Godoy, F. (2006). Influence of the amount of UV component in daylight simulator on the color of dental composite resins. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(5), 322–327.
- Lung, C. Y. K., & Matinlinna, J. P. (2012). Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dental*, 28(5), 467–477.
- Luo, M. R., Cui, G., & Rigg, B. (2001). The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research and Application*, 26(5), 340–350.
- Luo, X. P., & Zhang, L. (2010). Effect of veneering techniques on color and translucency of y-tzp. *Journal of Prosthodontics*, 19(6), 465–470.
- Ly, B. C. K., Dyer, E. B., Feig, J. L., Chien, A. L., & Del Bino, S. (2020). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology*, 140(1), 3-12.
- Mack, P. J. (1988). *The recent history of radioactive fluorescers in dental porcelain*. 33(2), 404–406.
- Magalhães, A. P. R., Cardoso, P. de C., de Souza, J. B., Fonseca, R. B., Pires-de-Souza, F. de C. P., & Lopez, L. G. (2013). Influence of activation mode of resin cement on the shade of porcelain veneers. *Journal of Prosthodontics*, 23(4), 291–295.
- Magne, P., & Holz, J. (1996). Stratification of composite restorations: systematic and durable replication of natural aesthetics. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 8(1), 61–70.
- Magne, Pascal, & Belser, U. (2002). *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach*. Chicago, IL: Quintessence.
- Magne, Pascal, & Belser, U. (2022). *Biomimetic Restorative Dentistry*. Quintessence Publishing Co, Inc.
- Manso, A. P., Silva, N. R. F. A., Bonfante, E. A., Pegoraro, T. A., Dias, R. A., & Carvalho, R. M. (2011). Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dental Clinics of North America*, 55(2), 311–332, ix.
- Martínez Rus, F., Pradés Ramiro, G., Suárez Gracia, M. J., & Rivera Gómez, B. (2007). Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. *Rcoe*, 12, 253–263.
- Matsumoto, H., Kitamura, S., & Araki, T. (1999). Autofluorescence in human dentine in relation to age, tooth type and temperature measured by nanosecond time-resolved fluorescence microscopy. *Archives of Oral Biology*, 44(4), 309–318.
- Matsumoto, Hayashi, Kitamura, S., & Araki, T. (2001). Applications of fluorescence microscopy to studies of dental hard tissue. *The International Journal of the Japan Society of Medical Electronics and Biological Engineering*, 10, 269–284.

- McLaren, E. A., & Figueira, J. (2015). Updating Classifications of Ceramic Dental Materials: A Guide to Material Selection. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 36(6), 400–416.
- Meller, C., & Klein, C. (2012). Fluorescence properties of commercial composite resin restorative materials in dentistry. *Dental Materials Journal*, 31(6), 916–923.
- Meller, C., & Klein, C. (2015). Fluorescence of composite resins: A comparison among properties of commercial shades. *Dental Materials Journal*, 34(6), 754–765.
- Mihali, S. G., Lolos, D., Popa, G., Tudor, A., & Bratu, D. C. (2022). Retrospective Long-Term Clinical Outcome of Feldspathic Ceramic Veneers. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(6).
- Mirmohammadi, H., Aboushelib, M. N. M., Salameh, Z., Feilzer, A. J., & Kleverlaan, C. J. (2010). Innovations in bonding to zirconia based ceramics: Part III. Phosphate monomer resin cements. *Dental Materials Journal*, 26(8), 786–792.
- Monici, M. (2005). Cell and tissue autofluorescence research and diagnostic applications. *Biotechnology Annual Review*, 11, 227–256.
- Monsénégo, G., Burdairon, G., & Clerjoud, B. (1993). Fluorescence of dental porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69(1), 106–113.
- Morimoto, S., Albanesi, R., Sesma, N., Agra, C., & Braga, M. (2016). Main Clinical Outcomes of Feldspathic Porcelain and Glass-Ceramic Laminate Veneers: A Systematic Review and Meta-Analysis of Survival and Complication Rates. *The International Journal of Prosthodontics*, 29(1), 38–49.
- Mundim, F. M., Garcia, L. da F. R., Cruvinel, D. R., Lima, F. A., Bachmann, L., & Pires-de-Souza, F. de C. P. (2011). Color stability, opacity and degree of conversion of pre-heated composites. *Journal of Dentistry*, 39 (1), 25-29.
- Myers, M. L., Caughman, W. F., & Rueggeberg, F. A. (1994). Effect of restoration composition, shade, and thickness on the cure of a photoactivated resin cement. *Journal of Prosthodontics*, 3(3), 149–157.
- Niu, E., Agustin, M., & Douglas, R. D. (2013). Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of foundation restoration. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(6), 501–509.
- Niu, E., Agustin, M., & Douglas, R. D. (2014). Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 111(1), 42–50.
- O'Brien, W. J., Groh, C. L., & Boenke, K. M. (1989). A one-dimensional color order system for dental shade guides. *Dental Materials*, 5(6), 371–374.
- O'Connor, C., & Gavriil, D. (2021). Predictable bonding of adhesive indirect restorations: factors for success. *British Dental Journal*, 231(5), 287–293.
- Oh, S., Shin, S., Kim, H., Paek, J., Kim, S., Yoon, T. H., & Kim, S. (2018). Influence of glass-based dental ceramic type and thickness with identical shade on the light transmittance and the degree of conversion of resin cement. *International Journal of Oral Science*, 10(1), 1–6.
- Ouati, B., Miara, P., & Nathanson, D. (1993). *Esthetic dentistry and ceramic restorations*. London: Martin Dunitz.
- Öztürk, E., Bolay, Ş., Hickel, R., & Ilie, N. (2013). Shear bond strength of porcelain laminate veneers to enamel, dentine and enamel-dentine complex bonded with different adhesive luting systems. *Journal of Dentistry*, 41(2), 97–105.
- Öztürk, E., Chiang, Y. C., Coşgun, E., Bolay, Ş., Hickel, R., & Ilie, N. (2013). Effect of resin shades on opacity of ceramic veneers and polymerization efficiency through ceramics. *Journal of Dentistry*, 41(5), 8–14.
- Pagniano, R., Seghi, R., Rosenstiel, S., Wang, R., & Katsube, N. (2005). The effect of layer of resin luting agent on the biaxial flexure strength of two all-ceramic systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(5), 459–466.
- Panzeri, H., Fernandes, L. T., & Minelli, C. J. (1977). Spectral fluorescence of direct anterior

- restorative materials. *Australian Dental Journal*, 22(6), 458–461.
- Paravina, R. D., Ghinea, R., Herrera, L. J., Bona, A. D., Igiel, C., Linninger, M., Sakai, M., Takahashi, H., Tashkandi, E., Del Mar Perez, M. (2015). Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(1), 1–9.
- Paravina, R. D., Pérez, M. M., & Ghinea, R. (2019). Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(2), 103–112.
- Paravina, R. S., & Powers, J. M. (2004). *Esthetic Color Training in Dentistry*. Houston: Elsevier Mosby.
- Park, M. Y., Lee, Y. K., & Lim, B. S. (2007). Influence of fluorescent whitening agent on the fluorescent emission of resin composites. *Dental Materials*, 23(6), 731–735.
- Pecho, O. E. *Caracterización óptica y estructural de las cerámicas en base a policristales tetragonales de zirconia estabilizados con yttria*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 2012
- Pecho, O. E., Ghinea, R., Alessandretti, R., Pérez, M. M., & Della Bona, A. (2016). Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental Materials*, 32(1), 82–92.
- Pecho, O. E., Ghinea, R., Amaral, E.A.N. Do, Cardona, J.C., Della Bona, A., & Pérez, M.M. (2016). Relevant optical properties for direct restorative materials. *Dental Materials*, 32(5), 105–112.
- Pegoraro, T. A., da Silva, N. R. F. A., & Carvalho, R. M. (2007). Cements for use in esthetic dentistry. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 453–471.
- Peplinski, D. R., Wozniak, W. T., & Moser, J. B. (1980). Spectral Studies of New Luminophors for Dental Porcelain. *Journal of Dental Research*, 59(9), 1501–1506.
- Perdigão J. (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion - not there yet. *The Japanese Dental Science Review*, 56(1), 190–207.
- Pereira Sanchez, N., Aleksic, A., Dramicanin, M., & Paravina, R. D. (2017). Whitening-dependent changes of fluorescence of extracted human teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(5), 352–355.
- Perroni, A. P., Amaral, C., Kaizer, M. R., Moraes, R. R. De, & Boscato, N. (2016). Shade of Resin-Based Luting Agents and Final Color of Porcelain Veneers. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(5), 295–303.
- Perroni, A. P., Bergoli, C. D., dos Santos, M. B. F., Moraes, R. R., & Boscato, N. (2017). Spectrophotometric analysis of clinical factors related to the color of ceramic restorations: A pilot study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(5), 611–616
- Perroni, A. P., Kaizer, M. R., Della Bona, A., Moraes, R. R., & Boscato, N. (2018). Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials*, 34(11), 1610–1624.
- Pires, L. A., Novais, P. M. R., Araújo, V. D., & Pegoraro, L. F. (2017). Effects of the type and thickness of ceramic, substrate, and cement on the optical color of a lithium disilicate ceramic. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(1), 144–149.
- Pisani-Proença, J., Erhardt, M. C. G., Amaral, R., Valandro, L. F., Bottino, M. A., & Del Castillo-Salmerón, R. (2011). Influence of different surface conditioning protocols on microtensile bond strength of self-adhesive resin cements to dentin. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 105(4), 227–235.
- Pissaia, J. F., Guanaes, B. K. de A., Kintopp, C. C. de A., Correr, G. M., da Cunha, L. F., & Gonzaga, C. C. (2019). Color stability of ceramic veneers as a function of resin cement curing mode and shade: 3-year follow-up. *PloS One*, 14(7), 1–9.
- Primus, C. M., Chu, C. C. Y., Shelby, J. E., Buldrini, E., & Heckle, C. E. (2002). Opalescence of dental porcelain enamels. *Quintessence International*, 33(6), 439–449.
- Radz, G. M. (2011). Minimum thickness anterior porcelain restorations. *Dental Clinics of North America*, 55(2), 353–370.
- Rafael, C. F., Güth, J.-F., Kauling, A.E.C., Cesar, P.F., Volpato, C.A.M., & Liebermann, A.

- (2017). Impact of background on color, transmittance, and fluorescence of leucite based ceramics. *Dental Materials Journal*, 36(4), 394–401.
- Raptis, N.V, Michalakakis, K.X., & Hirayama, H. (2006). Optical behavior of current ceramic systems. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 26(1), 31–41.
- Rattle, C. N., & Bush, M. A. (2009). Fluorescence and structural degradation in composite resins as a function of temperature. *Journal of Forensic Sciences*, 54(2), 433–438.
- Revilla-León, M., Sorensen, J. A., Nelson, L. Y., Gamborena, I., Yeh, Y. M., & Özcan, M. (2021). Effect of fluorescent and nonfluorescent glaze pastes on lithium disilicate pressed ceramic color at different thicknesses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 932–939.
- Rinke, S., Bettenhäuser-Hartung, L., Leha, A., Rödiger, M., Schmalz, G., & Ziebolz, D. (2020). Retrospective evaluation of extended glass-ceramic ceramic laminate veneers after a mean observational period of 10 years. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(5), 487–495.
- Riquieri, H., Monteiro, J. B., Viegas, D. C., Campos, T. M. B., de Melo, R. M., & de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra, G. (2018). Impact of crystallization firing process on the microstructure and flexural strength of zirconia-reinforced lithium silicate glass-ceramics. *Dental Materials*, 34(10), 1483–1491.
- Ritter, R. G. (2010). Multifunctional uses of a novel ceramic-lithium disilicate. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(5), 332–341.
- Ritzberger, C., Apel, E., Hö, W., Peschke, A., Rheinberger, V. M., Ag, I. V., & Schaan, L.-. (2010). *Properties and Clinical Application of Three Types of Dental Glass-Ceramics and Ceramics for CAD/CAM Technologies*. 3, 3700–3713.
- Robertson, A. R. (1977). The CIE 1976 Color-Difference Formulae. *Color Research & Application*, 2(1), 7–11.
- Rocca, G. T., & Krejci, I. (2007). Bonded indirect restorations for posterior teeth: the luting appointment. *Quintessence International*, 38(7), 543–553.
- Rosenblum, M. A., & Schulman, A. (1997). A Review of All-Ceramic Restorations. *Journal of the American Dental Association*, 128(3), 297–307.
- Rosentritt, M., Krifka, S., Strasser, T., & Preis, V. (2020). Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. *Clinical Oral Investigations*, 24(7), 2395–2401.
- Roulet, J. F., Söderholm, K. J. M., & Longmate, J. (1995). Effects of Treatment and Storage Conditions on Ceramic/Composite Bond Strength. *Journal of Dental Research*, 74(1), 381–387.
- Rueggeberg, F. A., Daronch, M., Browning, W. D., & DE Goes, M. F. (2010). In vivo temperature measurement: tooth preparation and restoration with preheated resin composite. *Journal of Esthetic and Restorative*, 22(5), 314–322.
- Sampaio, C. S., Barbosa, J. M., Cáceres, E., Rigo, L. C., Coelho, P. G., Bonfante, E. A., & Hirata, R. (2017). Volumetric shrinkage and film thickness of cementation materials for veneers: An in vitro 3D microcomputed tomography analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(6), 784–791.
- Sarafianou, A., Kamposiora, P., Papavasiliou, G., & Goula, H. (2012). Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 107(3), 178–185.
- Sari, T., Ural, C., Yüzbasioglu, E., Duran, I., Cengiz, S., & Kavut, I. (2018). Color match of a feldspathic ceramic CAD/CAM material for ultrathin laminate veneers as a function of substrate shade, restoration color, and thickness. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(3), 455–460.
- Schneider, L. F. J., Ribeiro, R. B., Liberato, W. F., Salgado, V. E., Moraes, R. R., & Cavalcante, L. M. (2020). Curing potential and color stability of different resin-based

- luting materials. *Dental Materials*, 36(10), 309–315.
- Seghi, R. R., Johnston, W. M., & O'Brien, W. J. (1986). Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 56(1), 35–40.
- Shammas, M., & Alla, R. K. (2012). Color and shade matching in dentistry. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*, 25(4), 172–175.
- Sharma, G., Wu, W., & Dalal, E. N. (2005). The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research and Application*, 30(1), 21–30.
- Shi, H. Y., Pang, R., Yang, J., Fan, D., Cai, H., Jiang, H. B., Han, J., Lee, E. S., & Sun, Y. (2022). Overview of Several Typical Ceramic Materials for Restorative Dentistry. *BioMed research international*, 2022, 8451445.
- Shono, N. N., & Al Nahedh, H. N. A. (2012). Contrast ratio and masking ability of three ceramic veneering materials. *Operative Dentistry*, 37(4), 406–416.
- Silami, F. D. J., Pratavieira, S., Nogueira, M. S., Barrett, A. A., Sinhoreti, M. A. C., Geraldeli, S., & Pires-DE-Souza, F. de C. P. (2019). Quantitative image of fluorescence of ceramic and resin-cement veneers. *Brazilian Oral Research*, 33, 1–10.
- Silami, F. D. J., Tonani, R., Alandia-Román, C. C., & Pires-de-Souza, F. de C. P. (2016). Influence of Different Types of Resin Luting Agents on Color Stability of Ceramic Laminate Veneers Subjected to Accelerated Artificial Aging. *Brazilian Dental Journal*, 27(1), 95–100.
- Silva, L. H. da, Lima, E. de, Miranda, R. B. de P., Favero, S. S., Lohbauer, U., & Cesar, P. F. (2017). Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. *Brazilian Oral Research*, 31, 133–146.
- Spitzer, D., & Bosch Ten, J. J. (1976). The total luminescence of bovine and human dental enamel. *Calcified Tissue Research*, 20(1), 201–208.
- Spitznagel, F. A., Boldt, J., & Gierthmuehlen, P. C. (2018). CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *Journal of dental research*, 97(10), 1082–1091.
- Sproull, R. C. (2001). Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. 1973. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(5), 458–464.
- Strasser, T., Preis, V., Behr, M., & Rosentritt, M. (2018). Roughness, surface energy and superficial damages of CAD/CAM materials after surface treatment. *Clinical Oral Investigations*, 22, 2787–2797.
- Stoleriu, S., Iovan, G., Ghiorghe, A., Pancu, G., Nica, I., & Andrian, S. (2015). Comparative study regarding the fluorescence of different types of composite resins. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*, 7(1), 45–49.
- Suputtamongkol, K., Tulapornchai, C., Mamani, J., Kamchatphai, W., & Thongpun, N. (2013). Effect of the shades of background substructures on the overall color of zirconia-based all-ceramic crowns. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 5(3), 319–325.
- Tabatabaei, M. H., Nahavandi, A. M., Khorshidi, S., & Hashemikamangar, S. S. (2019). Fluorescence and Opalescence of Two Dental Composite Resins. *European Journal of Dentistry*, 13(4), 527–534.
- Tabatabaian, F. (2018). Color Aspect of Monolithic Zirconia Restorations: A Review of the Literature. *Journal of Prosthodontics*, 28(3), 276–287.
- Takahashi, M. K., Vieira, S., Rached, R. N., De Almeida, J. B., Aguiar, M., & De Souza, E. M. (2008). Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: A comparative study. *Operative Dentistry*, 33(2), 189–195.
- Tani, K., Watari, F., Uo, M., & Morita, M. (2003). Discrimination between composite resin and teeth using fluorescence properties. *Dental Materials Journal*, 22(4), 569–580.
- Tani, K., Watari, F., Uo, M., & Morita, M. (2004). Fluorescent Properties of Porcelain-Restored Teeth and Their Discrimination. *Materials Transactions*, 45(4), 1010–1014.

- Ten Bosch, J. J., & Coops, J. C. (1995). Tooth Color and Reflectance as Related to Light Scattering and Enamel Hardness. *Journal of Dental Research*, 74(1), 374–380.
- Tian, T., Tsoi, J. K. H., Matinlinna, J. P., & Burrow, M. F. (2014). Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dental Materials*, 30(7), 147–162.
- Turgut, S., & Bagis, B. (2011). Colour stability of laminate veneers: an in vitro study. *Journal of Dentistry*, 39 (3), 57-64.
- Turgut, S., & Bagis, B. (2013). Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(3), 179–186.
- Turgut, S., Bagis, B., & Ayaz, E. A. (2014). Achieving the desired colour in discoloured teeth, using leucite-based CAD/CAM laminate Systems. *Journal of Dentistry*, 42(1), 68–74.
- Turgut, S., Bağış, B., Korkmaz, F. M., & Tamam, E. (2014). Do surface treatments affect the optical properties of ceramic veneers? *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(3), 618–624.
- Uo, M., Okamoto, M., Watari, F., Tani, K., Morita, M., & Shintani, A. (2005). Rare earth oxide-containing fluorescent glass filler for composite resin. *Dental Materials Journal*, 24(1), 49–52.
- Vaarkamp, J., Ten Bosch, J.J., & Verdonschot, E. H. (1995). Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Research*, 29(1), 8–13.
- Vafaei, F., Heidari, B., Khoshhal, M., Hooshyarfard, A., Izadi, M., Shahbazi, A., & Moghimbeigi, A. (2018). Effect of Resin Cement Color on the Final Color of Lithium Disilicate All-Ceramic Restorations. *Journal of Dentistry*, 15(3), 143–150.
- Vichi, A., Ferrari, M., & Davidson, C. L. (2000). Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 83(4), 412–417.
- Vichi, A., Ferrari, M., & Davidson, C.L. (2004). Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*, 20(6), 530–534.
- Vichi, A., Louca, C., Corciolani, G., & Ferrari, M. (2011). Color related to ceramic and zirconia restorations: A review. *Dental Materials*, 27(1), 97–108.
- Volpato, C. Â. M., Frede, M. C., Philippi, A. G., & Petter, C. O. (2010). Ceramic Materials and Color in Dentistry. *Ceramic Materials*, 155–174.
- Volpato, Cláudia Angela Maziero, Monteiro, S., de Andrada, M. C., Fredel, M. C., & Petter, C.O. (2009). Optical influence of the type of illuminant, substrates and thickness of ceramic materials. *Dental Materials Journal*, 25(1), 87–93.
- Volpato, Claudia Angela Maziero, Pereira, M.R.C., & Silva, F.S. (2018). Fluorescence of natural teeth and restorative materials, methods for analysis and quantification: A literature review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(5), 397–407.
- Wang, F., Takahashi, H., & Iwasaki, N. (2013). Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(1), 14–20.
- Wendler, M., Belli, R., Petschelt, A., Mevec, D., Harrer, W., Lube, T., Danzer, R., & Lohbauer, U. (2017). Chairside CAD/CAM materials. Part 2: Flexural strength testing. *Dental Materials*, 33(1), 99–109.
- Westland, S. (2003). Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15(1), 5–12.
- Weyhrauch, M., Igiel, C., Pabst, A. M., Wentaschek, S., Scheller, H., & Lehmann, K. M. (2015). Interdevice agreement of eight equivalent dental color measurement devices. *Clinical Oral Investigations*, 19(9), 2309–2318.
- Willard, A., & Chu, T. G. (2018). The science and application of IPS e.Max dental ceramic. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 34, 238–242.
- Wolf, D. M., Powers, J. M., & O’Keefe, K. L. (1993). Wolf DM, Powers JM, O’Keefe KL. Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. *American Journal of Dentistry*, 6(3), 155–158.

- Wozniak, W. T., & Moore, B. K. (1978). Luminescence Spectra of Dental Porcelains. *Journal of Dental Research*, 57(11), 971–974.
- Xing, W., Chen, X., Ren, D., Zhan, K., & Wang, Y. (2017). The effect of ceramic thickness and resin cement shades on the color matching of ceramic veneers in discolored teeth. *Odontology*, 105(4), 460–466.
- Yildirim, B., Recen, D., & Tekeli Simsek, A. (2021). Effect of cement color and tooth-shaded background on the final color of lithium disilicate and zirconia-reinforced lithium silicate ceramics: An in vitro study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(2), 380–386.
- Yoshihara, K., Nagaoka, N., Maruo, Y., Nishigawa, G., Irie, M., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2017). Sandblasting may damage the surface of composite CAD/CAM blocks. *Dental Materials*, 33(3), 124–135.
- Yu, B., & Lee, Y. K. (2008). Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *Journal of Dentistry*, 36(10), 840–846.
- Zhang, J., & Yu, Q. (2022). Digital image analysis of fluorescence of ceramic veneers with different ceramic materials and resin cements. *Dental Materials Journal*, 41(30), 868–873.
- Zhou, W., Liao, Z.-X., Chen, J.-H., Qiu, B.-Y., Zhang, Y., & Zhang, L. (2022). Color change of glass ceramic restorations cemented by four types of dual-cured resin luting agents with different initiator systems. *Dental Materials Journal*, 41(6), 833–842.

9 PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Se muestra a continuación la producción científica realizada de la Tesis Doctoral:

Artículo Científico

Joana Pereira, José Alexandre Reis, Francisco Martins, Paulo Maurício y Maria Victoria Fuentes. The Effect of Feldspathic Thickness on Fluorescence of a Variety of Resin Cements and Flowable Composites. *Applied Sciences*. 2022, 12, 6535. <https://doi.org/10.3390/app12136535>.

Comunicaciones en Congresos en formato Póster:

- “Interacção de fluorescência de cimentos de resina com cerâmicas vítreas”, XXIV Congresso da Ordem dos Médicos Dentistas, Lisboa, Portugal, 2015;
- “Fluorescência de Cerâmicas Dentárias e resinas fluidas”, XXVII Congresso da Ordem dos Médicos Dentistas, Oporto, Portugal 2018.
- " Fluorescência de cerâmicas feldspáticas: estudo piloto”, Encontro com a Ciência, Lisboa, Portugal, 2018.
- “Fluorescence of feldspathic ceramics: in vitro pilot Study, 3º Congresso Internacional do CiiEM, Almada, Portugal, 2018.
- Effect of resin-based luting agent on Fluorescence of Feldspathic Ceramics, Annual Meeting of the IADR Continental European Division (CED), Madrid, España, 2019.

Comunicaciones en Congresos en formato Oral:

- “Influencia do cimento de resina: estudo in vitro das alterações de cor”, XXVIII Congresso da Ordem dos Médicos Dentistas, Lisboa, Portugal, 2019.

Premio de Investigación:

Premio a la mejor presentación en formato Póster en el XXVII Congresso da Ordem dos Médicos Dentistas (Oporto, 2018), por el trabajo titulado “Fluorescência de Cerâmicas Dentárias e resinas fluidas”

