



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

**“CAPACIDAD DE ENMASCARAR UN FONDO OSCURECIDO Y ESTABILIDAD
EN EL TIEMPO DE DOS SISTEMAS DE RESINAS COMPUESTAS UTILIZADAS
PARA TÉCNICA ESTRATIFICADA”**

Mhaivy Hormazábal Cornejo

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

TUTOR PRINCIPAL

Prof. Dr. Javier Martín Casielles

TUTORES ASOCIADOS

Prof. Dr. Pablo Angel Aguirre

Dra. Paola Barnafi Retamal

**Adscrito a Proyecto FONDOR 2022/01 Uso de técnica estratificada con dos
sistemas de resinas para enmascarar sustratos oscurecidos: Análisis**

CIEDE2000 y TP

Santiago – Chile

2024



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA RESTAURADORA

**“CAPACIDAD DE ENMASCARAR UN FONDO OSCURECIDO Y ESTABILIDAD
EN EL TIEMPO DE DOS SISTEMAS DE RESINAS COMPUESTAS UTILIZADAS
PARA TÉCNICA ESTRATIFICADA”**

Mhaivy Hormazábal Cornejo

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

TUTOR PRINCIPAL

Prof. Dr. Javier Martín Casielles

TUTORES ASOCIADOS

Prof. Dr. Pablo Angel Aguirre

Dra. Paola Barnafi Retamal

**Adscrito a Proyecto FONDOR 2022/01 Uso de técnica estratificada con dos
sistemas de resinas para enmascarar sustratos oscurecidos: Análisis**

CIEDE2000 y TP

Santiago – Chile

2024

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mis padres, Marco e Hivy, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de inspiración. Gracias por todo su apoyo durante estos años. La valentía y las ganas de ser mejor, sin duda, es algo que aprendí de ustedes. Gracias por brindarme todas las herramientas (literalmente) y por siempre creer en mí. Los amo mucho.

A mis pollis, Sayline y Mialen, mis besties, mis hermanas, gracias por ser mis fieles compañeras de pieza, por escuchar cada caso clínico y cada clase, especialmente durante la pandemia. Gracias por ser mis pacientes y modelos cada vez que lo necesité.

Gracias a mi pololo por toda su paciencia, comprensión y ternura. Somos un equipazo. Martino, eres una persona muy especial, capaz de transformar los momentos más incómodos y tristes en sonrisas. Es imposible no reírse contigo. Gracias por darme la serotonina que en algún momento me faltó. Eres mi persona. mi green flag, mi Martino. Te amo.

A mi familia materna y paterna, gracias por su apoyo constante, sus mensajes y su calidez humana. En especial, a mi abuelito Hernán, por su sabiduría entregada el año pasado. Sin usted como consejero, me hubiese vuelto loca literalmente. Es un cable a tierra y la persona más sabia que conozco. Infinitas gracias.

A mis hermosas bbys, que aprecio un montón, mis chicas Anto, Elola y Pau, gracias por las tardes de diversión post-clínica, por las escuchas activas que hacen que mi cabeza se sienta más liviana en los días más complicados. Gracias por ser fieles a lo largo de los años y por hacer que se sienta como si siguiéramos en el colegio.

A mis amiguitos de la universidad, gracias por ser parte del proceso universitario. Hemos congeniado en esta etapa, hemos crecido y madurado juntos a lo largo de estos años. Hemos reído un montón. Que nunca falten las completadas, los carretes, los viajes a la playita invaluable y bizarros y las juntas de señoras que me hacen sentir tan calentita. Es el calor del hogar que formamos estos seis años y que seguiremos formando.

A mis tutores de tesis, el Prof. Dr. Pablo Angel y el Prof. Dr. Javier Martín, por su incansable dedicación, paciencia y sabiduría. Gracias por guiarme y motivarme en cada etapa de este proyecto. Finalmente, a los profesores que he tenido a lo largo de mi formación, en especial a la Dra. Paola Barnafi y al Dr. Pablo Milla, por transmitir su pasión por el conocimiento y contribuir a mi crecimiento personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis tutores de tesis, el Prof. Dr. Javier Martín, Prof. Dr. Pablo Angel y la Dra. Paola Barnafi, por su incansable dedicación y esfuerzo durante todo este proceso. Muchas gracias.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN | |
| 2. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 3 |
| 3.1. Color | 3 |
| 3.2. Espacios de color y diferencia de color | 7 |
| 3.3. Color dental y estética | 11 |
| 3.3.1. Color dental..... | 11 |
| 3.3.1.1. Factores que afectan el color de los dientes | 13 |
| 3.3.1.2. Tratamiento de dientes con alteración de color..... | 14 |
| 3.4. Resinas compuestas | 14 |
| 3.4.1. Composición de las resinas compuestas..... | 15 |
| 3.4.1.1. Matriz orgánica..... | 15 |
| 3.4.1.2. Relleno | 16 |
| 3.4.1.3. Agente de conexión o acoplamiento | 17 |
| 3.4.1.4. Otros componentes | 17 |
| 3.4.2. Factores que influyen en el enmascaramiento | 22 |
| 3.5. Estabilidad de la capacidad de enmascaramiento de las resinas compuestas | 23 |
| 4. HIPÓTESIS..... | 25 |
| 5. OBJETIVO GENERAL | 25 |
| 6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 25 |
| 7. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 26 |
| 7.1. Características del estudio | 26 |
| 7.2. Determinación del tamaño muestral | 26 |
| 7.3. Obtención de las muestras | 26 |
| 7.4. Medición del color..... | 29 |
| 7.5. Determinación de diferencias | 31 |
| 7.6. Análisis estadístico | 31 |
| 8. RESULTADOS..... | 32 |
| 9. DISCUSIÓN | 40 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 9.1. Estudios futuros..... | 44 |
| 9.2. Limitaciones..... | 45 |
| 10. CONCLUSIONES | 46 |
| 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |

1. RESUMEN

Introducción: Las alteraciones de color dental comprometen la estética y la sonrisa de un individuo. El blanqueamiento o clareamiento dental es el tratamiento más conservador para los dientes con alteración de color. Sin embargo, los resultados óptimos no siempre se logran únicamente con este tratamiento. En estos casos, se indican restauraciones con resina compuesta para alcanzar los resultados esperados, ya que pueden enmascarar las alteraciones de color de una forma mínimamente invasiva. Estas requieren una preparación mínima o nula del sustrato, son altamente estéticas bajo una técnica estratificada y son más asequibles que las restauraciones indirectas de cerámica. Sin embargo, el éxito del enmascaramiento a largo plazo puede variar dependiendo del sistema de resina compuesta utilizado y su respectiva composición alterando la apariencia de la restauración en el tiempo. El presente estudio evaluó y comparó la estabilidad de la capacidad de enmascaramiento de dos sistemas de resinas compuestas en diferentes combinaciones de estratificación para enmascarar un sustrato severamente oscurecido en el tiempo.

Materiales y métodos: Se fabricaron 40 muestras en forma de disco de 1,5 mm de espesor de los sistemas de resina Essentia y ENA HRi. Estas incluyeron todas las posibles combinaciones de opacidades de cada sistema (simple y doble estratificación). Se realizó la medición de color a un tiempo inicial, a las 24 horas, a los 30, 60 y 90 días usando espectrofotómetro de irradiancia (Vita Easyshade) contra un fondo severamente oscurecido (fondo DD) y contra un fondo de la resina más opaca de cada sistema (color inherente). La diferencia de color entre ambas mediciones de color se calculó mediante la fórmula CIEDE2000. Se utilizaron las pruebas estadísticas T de Student, ANOVA y post-hoc de Tukey HSD. Se consideraron estadísticamente significativos valores $p < 0,05$.

Resultados: Ambos sistemas de resinas compuestas no variaron su capacidad en el tiempo ni obtuvieron un enmascaramiento aceptable ($\Delta E_{00} < 1,8$) en todas sus posibles combinaciones.

Conclusión: No es posible enmascarar un fondo severamente oscurecido con las resinas compuestas usadas en el presente estudio. No existen diferencias en la capacidad de enmascaramiento a los 90 días entre los sistemas de resinas Essentia y ENA HRi al momento de enmascarar un sustrato oscurecido. El uso de Essentia en 1,5mm de dentina es mejor para enmascarar un fondo oscurecido.

2. INTRODUCCIÓN

Durante la última década, la odontología restauradora ha estado en búsqueda de procedimientos destinados a mejorar la armonía orofacial. Las alteraciones de color dental son un hallazgo frecuente que representan un desafío ya que compromete la estética y la sonrisa de un individuo. Ante estos casos el blanqueamiento dental es el tratamiento más conservador. Sin embargo, no siempre se consiguen resultados óptimos únicamente con este tratamiento (Plotino y cols., 2008). Esta realidad ha generado un interés creciente en alternativas de tratamiento restaurador que puedan ofrecer soluciones efectivas y estéticamente satisfactorias.

Las resinas compuestas o composite de resina son el material de elección por su mínima necesidad de desgaste dentario en comparación con las cerámicas, son relativamente económicas y se pueden realizar en una sola sesión (da Veiga y cols., 2016). Para un óptimo resultado de estos procedimientos, está indicado su uso en una técnica multicapa o estratificada con resinas compuestas de diferente translucidez, dependiendo de las características del diente. (Pérez et al., 2019). La correcta aplicación de la técnica de estratificación minimiza las discrepancias de color, tales como pérdida de luminosidad e incluso podría promover cambios compensatorios en la restauración final, con lo que permite enmascarar un sustrato dentario oscurecido (An y cols., 2013)

En el desarrollo de las resinas compuestas, los principales avances provienen de las mejoras en los sistemas de relleno (Mittra y cols., 2003). El relleno no solo determina directamente las propiedades mecánicas de estos materiales, sino que también permite modificar el contenido de monómeros y, en consecuencia, la contracción de polimerización, el desgaste, la translucidez, la opalescencia, la radiopacidad, la rugosidad intrínseca de la superficie y su capacidad de pulido, además de mejorar la estética y el manejo de las propiedades del material (Ferracane, 1995).

El éxito a largo plazo de las restauraciones de resina compuesta dependerá en gran medida de la capacidad de enmascarar un fondo oscurecido y mantener sus características en el tiempo (Lago y cols., 2017). Sin embargo, a pesar de los avances en el desarrollo de las resinas compuestas, persisten interrogantes importantes sobre su capacidad para enmascarar alteraciones de color severas y mantener su estabilidad a largo plazo.

Conocer la estabilidad de los diferentes materiales especialmente en lo que se refiere a nuevas composiciones es un factor imperativo para el éxito. Así, la estabilidad de las resinas depende tanto de estos factores como de la estructura o marca del material (Ardu y cols., 2017).

Ante la aparición de nuevos materiales en el mercado, es importante investigar su capacidad de enmascarar un fondo oscurecido y estabilidad a largo plazo, junto con el comportamiento y las variaciones del concepto de capas ya que no suelen estudiarse (Kamishima y cols., 2006), con el fin de llamar la atención de los especialistas sobre posibles cambios futuros y así entregar un resultado estético y cumplir con las expectativas (Sulaiman y cols., 2021)

Se han realizado investigaciones previas que han abordado aspectos específicos de este tema. No obstante, hay un vacío en el conocimiento en cuanto a la comparación directa de la capacidad de enmascaramiento y la estabilidad de diferentes sistemas de resinas compuestas en combinaciones estratificadas para ocultar sustratos dentalmente oscurecidos.

Por consiguiente, este estudio se ha llevado a cabo con el propósito de abordar esta brecha en la literatura y proporcionar una evaluación comparativa de dos sistemas de resinas compuestas disponibles en el mercado para poder comprender mejor la capacidad de enmascaramiento de un sustrato oscurecido y evaluar su estabilidad en el tiempo.

3. MARCO TEÓRICO

En el ámbito de la odontología restauradora moderna, la búsqueda de soluciones estéticas ha cobrado cada vez más importancia. Los pacientes no solo buscan restauraciones funcionales, sino que también sean estéticas e imperceptibles (Ferracane, 2011). Unos de los desafíos restauradores son los dientes con alteraciones de color, especialmente en la región anterior maxilar, aún más cuando se trata de restauraciones unitarias (Pérez y cols., 2019). En estos casos el enmascaramiento del color de fondo subyacente a través de resinas compuestas podría alcanzar resultados estéticos y predecibles (Pecho y cols., 2016). Pero, a pesar de la constante evolución de los composites de resina, los sistemas restauradores que permiten varias posibilidades de estratificación no siempre garantizan resultados en el largo plazo (Perez y cols, 2019). Lamentablemente, aunque se logre un excelente enmascaramiento al momento de la restauración, la variación en el tiempo de los composites podría afectar esta “capacidad” (Perez y cols., 2019; Vichi y cols., 2004; Perez y cols., 2020).

La capacidad de enmascaramiento se refiere a la habilidad de un material para ocultar un fondo oscurecido, lo cual implica una interacción compleja entre el color y los fenómenos de la luz del material. La interacción dinámica entre la luz y el color dental proporciona una ventaja importante para lograr una óptima integración del tratamiento y una efectiva comunicación dental con el paciente (Bazos y Magne., 2014)

3.1. Color

El color es una característica omnipresente de nuestra experiencia psicológica, desempeña un papel en muchos aspectos de la mente y el comportamiento humano (Maule y cols., 2023). Se define como la interacción psicofísica que tiene lugar cuando la luz se refleja en la superficie de un objeto y

es percibida por las células receptoras en la retina ocular (Paravina y Powers, 2004).

La percepción del color es un fenómeno complejo que depende de la interacción de la luz con los objetos y del procesamiento de esta información por nuestro sistema visual. Sin la luz, los objetos no pueden reflejar colores, y sin nuestro sistema de visión, no podríamos interpretar esas señales para percibirlos. (Hunt, 1998)

La luz es la parte de la radiación electromagnética que se caracteriza por su distribución de energía en diferentes longitudes de onda del espectro, esta puede ser percibida por el ojo humano desde los 400 nanómetros (nm) hasta los 700 (nm). Fuera de este rango se encuentran muchos tipos de rayos como la radiación UV, la infrarroja o los rayos X (Chu y cols., 2004) (figura 1). Diferentes fuentes de luz pueden hacer que un mismo objeto se vea diferente (Chu y cols., 2004).

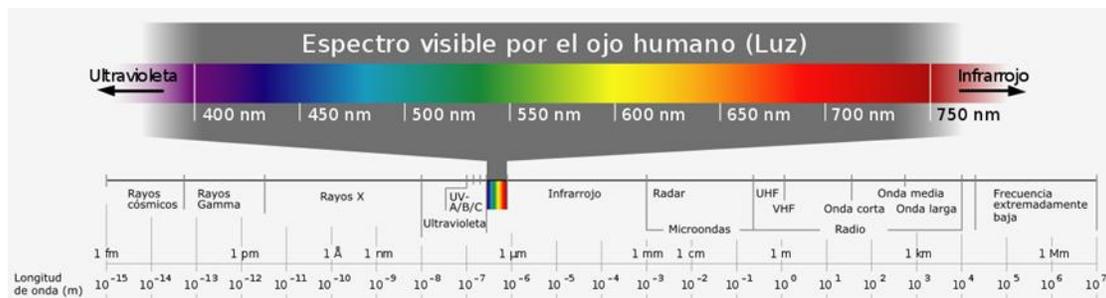


Figura 1: Representación gráfica espectro visible del ojo humano

Cuando la luz incide sobre un objeto y dependiendo de sus propiedades físicas, puede modificarse mediante transmisión, reflexión, absorción o dispersión. (figura 2)

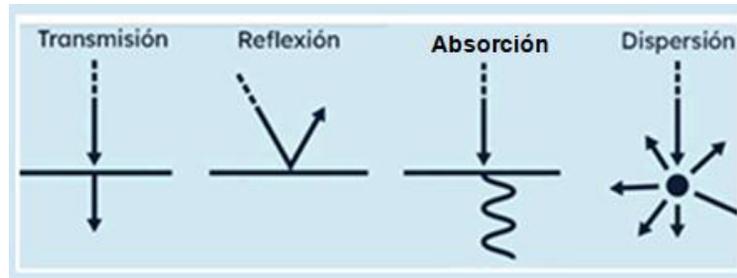


Figura 2: Fenómenos de la luz

La transmisión es el paso de una onda a través de un material o medio sin ser absorbida o reflejada. Cuando una onda se transmite a través de un material, atraviesa el medio y emerge del otro lado con su forma y características originales. La transmisión puede ser total, parcial o selectiva según las propiedades del material y la frecuencia de la onda. (Young y Freedman, 2009)

La reflexión es el fenómeno por el cual una onda rebota en una superficie en lugar de ser absorbida por ella. Esto significa que la onda cambia de dirección sin penetrar en el material. Puede ser especular, en que la onda rebota de manera ordenada, como en un espejo, o difusa, en la que la onda se dispersa en múltiples direcciones, como en una superficie rugosa (Young y Freedman, 2009).

La absorción de la luz es un fenómeno en el cual la energía de la luz es capturada por un material en lugar de ser reflejada o transmitida a través de él. Cuando la luz incide sobre un material, ciertas longitudes de onda son absorbidas por los átomos o moléculas del material, lo que provoca un aumento en la energía interna del material (Hunt, 1998).

La dispersión ocurre cuando una onda se separa en sus diferentes componentes al pasar a través de un medio. Esto ocurre cuando las diferentes longitudes de onda que componen la onda original se mueven a velocidades distintas dentro del medio, lo que provoca que se separen y se dispersen. Un ejemplo común que se puede observar en la figura 3 en donde la dispersión es el

arcoíris, donde la luz blanca del sol se descompone en sus colores componentes al atravesar gotas de agua en la atmósfera (Hunt, 1998).

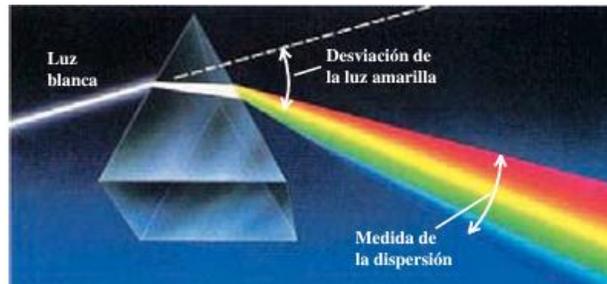


Figura 3: Dispersión de la luz a través de un prisma. La banda de colores se llama espectro.

La luz reflejada por un objeto llega finalmente a los ojos y su energía es absorbida por los fotorreceptores en la retina y convertida en una señal que es interpretada por el cerebro (Hunt, 1998).

Hasta principios del siglo XX no había normativas ni terminología cromática, lo que hacía que la comunicación del color fuera difícil. La comprensión del color dio sus primeros pasos en el año 1905, cuando el artista y profesor Albert Munsell propuso un sistema de notación y representación del color ("Sistema de Color de Munsell") basado en un espacio tridimensional en forma de "árbol de color", que permite medir y comparar los atributos de manera precisa y así proporcionar una forma sistemática de describirlo y comunicarlo (Munsell, 1905). Las dimensiones son:

HUE (matiz): Se refiere al nombre del color propiamente tal. Es el atributo de un color que permite distinguir entre diferentes familias de colores, por ejemplo, rojos, azules y verdes (Munsell, 1905).

CHROMA (saturación): Habla sobre la cantidad de pigmentos que un color posee. Esta cualidad permite distinguir un color fuerte de uno débil (Munsell, 1905).

VALUE (valor): Es el grado de luminosidad de un color, cualidad por la cual distinguimos un color claro de uno oscuro. Es considerado una dimensión “sin color” donde los extremos son el blanco y el negro (Munsell, 1905).

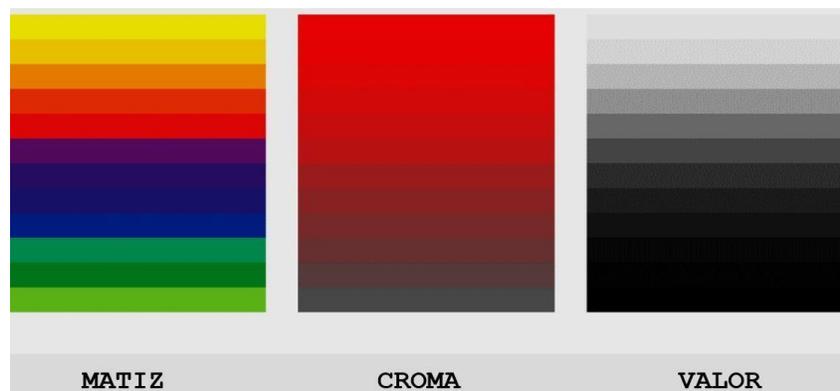


Figura 4: Matiz, croma y valor, esquema representativo

Si bien el sistema propuesto por Munsell es ampliamente utilizado, la necesidad de poder representar los colores de forma más precisa, uniforme y medible llevó al desarrollo de “espacios de color”. Un espacio de color puede ser descrito como un método para expresar el color de un objeto usando algún tipo de anotación, como pueden ser los números (Smith y Guild, 1931).

3.2. Espacios de color y diferencia de color

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), encargada de establecer normas, principios y estándares en el campo de la iluminación, en 1976 introdujo el espacio de color CIELab. Este define los colores en tres dimensiones asociadas con tres atributos perceptuales: valor, matiz y saturación. Este sistema permite

especificar los colores en un espacio tridimensional, donde se encuentran todos los colores visibles para el ojo humano. De esta forma se pueden expresar el color en forma precisa usando un lenguaje y estándar consistente. En este espacio tridimensional, hay tres ejes: L^* , a^* y b^* (Figura 5) (International Commission on Illumination, 2004).

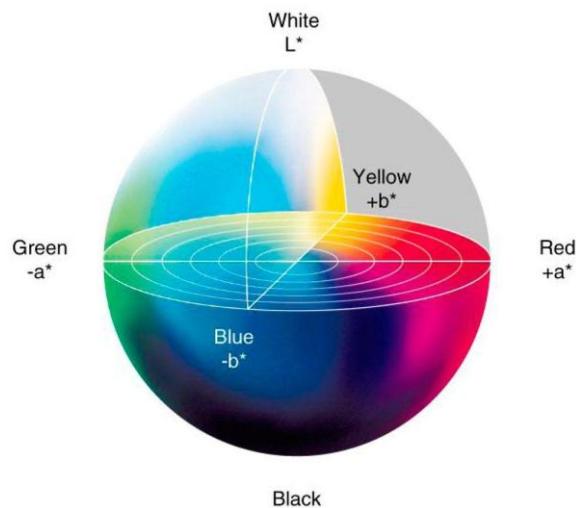


Figura 5: Espacio de color CIE Lab

El eje L^* indica la claridad de un objeto y va desde cero para el negro hasta 100 para el blanco. El eje a^* indica el grado de rojo (a^* positivo) a verde (a^* negativo), mientras que el eje b^* indica el grado de amarillo (b^* positivo) a azul (b^* negativo).

Las coordenadas a^* y b^* se acercan a cero para los colores neutros (blanco, gris, negro) y aumentan en magnitud para los colores más saturados o intensos. (O'Brien y cols., 1997)

En este espacio de color, al estar representados todos los colores que percibe el ojo humano, con coordenadas precisas, es posible calcular la diferencia entre dos colores. La diferencia de color (ΔE^*_{ab}) se define como la distancia euclidiana entre las coordenadas de dos estímulos en el espacio de color CIE Lab

(International commission on illumination, 2004). Esto se basa en determinar la distancia entre 2 puntos del espacio a través de la siguiente fórmula:

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

Donde ΔL corresponde a la diferencia en el eje L entre ambos colores, Δa a la diferencia en la coordenada de rojo y verde (a^*), y Δb a la diferencia en la coordenada de amarillo y azul (b^*).

Desafortunadamente, ecuaciones del espacio CIELab han revelado que ΔE_{ab}^* no es una medida especialmente precisa de la percepción de la diferencia cromática entre dos estímulos, ya que el espacio de color CIELab no es completamente uniforme y no considera la percepción del ojo humano. Esto significa que dos colores que tienen una diferencia de ΔE_{ab}^* igual pueden ser percibidos diferentes por una persona, en comparación con lo que indicaría esa medida (Luo y cols., 2001).

Esto llevó a desarrollar la fórmula ΔE_{00} para evaluar las diferencias de color y modificar los errores de luminosidad. Esta incorpora correcciones específicas para la falta de uniformidad en el espacio de color CIELab (Luo y cols., 2001) y está dada por la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

Donde ΔL , ΔC y ΔH son las diferencias en luminosidad, croma y tono, respectivamente, para un par de puntos.

La utilización de la fórmula de diferencia de color ΔE_{00} ofrece una evaluación precisa y completa de las diferencias de color, teniendo en cuenta los factores que influyen en la percepción visual humana del color (Rite, 2016), proporcionando una mejor estimación y correlación para la percepción visual que la fórmula CIELab. (Pecho y cols., 2016; Lissner y Urban, 2010; Yap, 1998) Esto lo hace una herramienta confiable para diversas aplicaciones industriales y de diseño.

Que 2 colores se ubiquen en zonas diferentes del espacio CIELab no significa que al observarlos se vayan a identificar como diferentes. Por esto, es de vital importancia en la práctica clínica y la investigación dental tener un conocimiento de los límites perceptuales del color en el espacio de color relacionado con la odontología (Paravina y cols., 2019). Surgen entonces 2 conceptos importantes cuando queremos evaluar visualmente el color de distintos objetos: perceptibilidad y aceptabilidad:

La perceptibilidad corresponde a la diferencia de color más pequeña que puede ser detectada por un observador. Un umbral de perceptibilidad del 50:50% se refiere a una situación en la que el 50% de los observadores notan una diferencia de color entre dos objetos mientras que el otro 50% no percibe ninguna diferencia (Paravina y cols., 2019).

De manera análoga, la diferencia de color que es aceptable para el 50% de los observadores corresponde a un umbral de aceptabilidad del 50:50% (AT). La aceptabilidad indica hasta qué punto dos colores pueden considerarse visualmente similares (Paravina y cols., 2019).

Con este fin, se han establecido intervalos para la interpretación de las diferencias de color entre los dientes, existiendo coincidencias excelentes, aceptables e inaceptables (Tabla 1) (Paravina y cols., 2015; Paravina y cols., 2019).

Tabla 1: Interpretación de las diferencias de color entre los dientes y los materiales de color dental a través del umbral de perceptibilidad (PT) y el umbral de aceptabilidad (AT) del 50:50 (Paravina y cols., 2015).

| Intervalos | Interpretación | ΔE_{00} |
|--|------------------------------|------------------|
| $\leq PT$ | Excelente | ≤ 0.8 |
| $>PT, \leq AT$ | Aceptable | $>0.8, \leq 1.8$ |
| $>AT, \leq AT \times 2$ (grado 3) | Moderadamente aceptable (MI) | $>1.8, \leq 3.6$ |
| $>AT \times 2, \leq AT \times 3$ (grado 2) | Claramente inaceptable (CI) | $>3.6, \leq 5.4$ |
| $>AT \times 3$ (grado 1) | Extremadamente inaceptable | >5.4 |

3.3. Color dental y estética

La apariencia física tiene un impacto importante en la vida de las personas, donde la estética orofacial desempeña un papel significativo, especialmente en lo que respecta a las interacciones sociales (Al-Kharboush y cols., 2017). La percepción de características de los dientes como el color, forma, tamaño, posición o su exposición pueden llegar a ser psicosocialmente importantes, independientemente de si existe una relación funcional o estética relevante (Tin-Oo y cols., 2011; Sandenberg y cols., 2011)

Por esta razón, la estética de los dientes y su color es un tema importante tanto para el clínico como para el paciente que desean seleccionar el material de restauración idóneo y el color correcto para maximizar la recreación de la estructura dental, logrando resultados satisfactorios y duraderos (Joiner, 2004).

3.3.1. Color dental

En el diente, el color surge de la compleja interacción de la luz con la composición heterogénea y distribución asimétrica de los componentes orgánicos e inorgánicos del esmalte y la dentina. El esmalte es un medio de dispersión translúcido que, en los espesores presentes en los dientes humanos, no oculta

completamente el color de la dentina subyacente, la que le otorga principalmente el color al diente (Ten Bosch y Coops, 1995). Por otro lado, la dentina juega un papel importante en la apariencia general del color del diente gracias a su alto contenido orgánico, produciendo tonalidades que van desde el amarillo hasta el amarillo-rojo. La intensidad de color es más pronunciada en el área cervical del diente y esto se debe a la estrecha proximidad de la dentina justo debajo del esmalte. En los dientes naturales, el grosor del esmalte es mayor en el tercio incisal, disminuyendo gradualmente hacia el tercio cervical. Por lo tanto, la translucidez en la región cervical es menor en comparación con la región incisal, lo que permite una percepción más evidente de la dentina. (Ten Bosch y Coops, 1995; Battersby y Battersby, 2015; Vanini 1996, Villarroel y cols., 2011)

Naturalmente, el color de los dientes tiende a aumentar en croma con la edad volviéndose generalmente más oscuro y amarillo en la zona incisal. Esto ocurre debido a la pérdida de esmalte, dejando visible más dentina, lo que se refleja en un aumento en saturación y disminución en el valor. Además, a medida que la pulpa dental envejece reduce de tamaño por la formación de dentina secundaria, la que puede tener un color ligeramente diferente al de la dentina primaria. Esto puede afectar el color del diente, especialmente si hay una exposición significativa de dentina por el desgaste de esmalte o recesión de las encías. Al mismo tiempo, los pigmentos y iones de naturaleza orgánica e inorgánica amorfa que atraviesan el esmalte se depositan en la unión amelodentinaria y en la estructura dentinaria, otorgando más croma y menos valor en la estructura dentaria. Esto puede resultar en cambios sutiles en el color, como un tono más amarillento o marrón (Vanini, 1996) (Figura 6).



Figura 6. Esquema simplificado del envejecimiento dentario

3.3.1.1. Factores que afectan el color de los dientes

Dentro de las propiedades ópticas que le entregan al diente su apariencia y percepción, además del color, tenemos la opalescencia, la fluorescencia y la translucidez (Hatayama y cols., 2020).

La opalescencia es un fenómeno óptico que se manifiesta cuando la luz atraviesa un objeto translúcido, generando una variedad de tonalidades en diversas direcciones debido a las pequeñas partículas del material. En términos simples, este efecto se produce por la dispersión diferencial de las ondas de luz rojas y azules (Barrancos y Barrancos, 2006). Este fenómeno ocurre en el esmalte dental, el cual es inherentemente opalescente, dispersando las longitudes de onda más cortas del espectro visible y dando al diente una apariencia azulada en la reflexión y una tonalidad anaranjada o marrón en la transmisión (Lee y Powers, 2006).

La fluorescencia es la absorción de luz por un material y la emisión espontánea de luz en una longitud de onda más larga. En el caso de los dientes naturales, emiten una fluorescencia azul bajo la acción de la luz ultravioleta (UV), lo que hace que los dientes se vean más blancos y brillantes a la luz del día (Lee y Powers, 2006).

Por último, la translucidez es el fenómeno que permite que la luz atraviese parcialmente un material, de manera que los objetos detrás del material no se ven con claridad. La opacidad es lo opuesto a la translucidez y se refiere a la capacidad del material para bloquear el paso de la luz y evitar que el color subyacente se manifieste. Dicho esto, la translucidez puede describirse como una opacidad parcial y se define como el grado relativo en el que los materiales impiden o permiten que el color subyacente afecte la apariencia de una capa de color (Winter, 1993; Kim y cols., 2009).

3.3.1.2 Tratamiento de dientes con alteración de color

El blanqueamiento dental, es un tratamiento conservador, y eficaz de aclarar el color de los dientes sin eliminar nada de su superficie. A pesar de la amplia variedad de protocolos existentes, este tratamiento no garantiza un resultado satisfactorio, especialmente cuando la causa de la decoloración es la impregnación de la dentina por iones metálicos provenientes de amalgama o hemorragia pulpar (Kwon, 2011). Cuando el resultado del blanqueamiento dental no cumple con las expectativas, los tratamientos restauradores se convierten en una opción a considerar. En ese sentido, las carillas dentales surgen como una solución rápida y sencilla, permitiendo ocultar o enmascarar el color subyacente (Migliau y cols., 2016). Dentro de los posibles materiales, las resinas compuestas son el material de elección por su mínimo desgaste, son relativamente económicas y se pueden realizar en una sola sesión (Araujo y Perdigão, 2021) (Da Veiga y cols., 2016).

3.4. Resinas compuestas

Las resinas compuestas o composites han sido un avance notable en la odontología restauradora en los últimos veinte años. En la actualidad, los composites han tomado un protagonismo indudable entre los materiales de

obtención que se usan mediante técnicas directas. Entre sus principales ventajas cabe destacar los resultados estéticos y la preservación de estructura dentaria. Su gran versatilidad incrementa sus posibilidades terapéuticas y, al mismo tiempo, al tratarse de materiales cuya retención se obtiene por técnica adhesiva y no depende del diseño cavitario, la preservación de estructura dentaria es mayor (Rodríguez y cols., 2008; Hervas y cols., 2006).

3.4.1. Composición de las resinas compuestas

Los componentes básicos de las resinas compuestas son la matriz orgánica, relleno inorgánico, agente de unión y otros componentes (figura 7). (Rodríguez y Pereira, 2007)

3.4.1.1. Matriz orgánica

Está conformada por una combinación de monómeros de dimetacrilatos, que pueden ser aromáticos y/o alifáticos, con diferentes pesos moleculares.

El uso de monómeros de alto peso molecular confiere rigidez y resistencia compresiva a la matriz y al mismo tiempo reduce la contracción de polimerización y la absorción de agua. Sin embargo, esta característica puede generar problemas de viscosidad, pegajosidad y comportamiento indeseable durante la manipulación del material. Para contrarrestar estas limitaciones, se agregan monómeros de baja viscosidad, que mejoran las propiedades de manejo de la resina.

Entre los monómeros de alto peso molecular se encuentra el Bis-GMA (bisfenol-glicidil metacrilato) y el UDMA (dimetacrilato de uretano), mientras que entre los de bajo peso molecular se incluyen el TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol) y el EGDMA (dimetacrilato de etilenglicol), conocidos como diluyentes (Hervas y cols, 2006, y Rodríguez cols., 2008)

Por otro lado, la presencia de grupos hidroxilos en la molécula de Bis-GMA puede promover la absorción de agua, lo que puede afectar negativamente las propiedades de la resina y provocar una posible degradación hidrolítica. Para reducir este efecto, se han incorporado monómeros menos viscosos, como el Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato), que disminuyen la contracción de polimerización y confieren mayor estabilidad a la matriz, además de aumentar la hidrofobicidad y reducir la sensibilidad a humedad (Rodríguez y cols., 2008).

La presencia de monómeros hidrofílicos puede aumentar la absorción de agua y provocar una mayor decoloración. Por el contrario, los monómeros hidrófobos dan como resultado una menor absorción de agua y una mayor estabilidad del color (Ardu y cols., 2010).

La degradación hidrolítica también puede promover la variación en la opacidad y el cambio en la estabilidad del color del compuesto de resina. Como consecuencia, se produce una disminución de la estabilidad cromática, aumentando la susceptibilidad de los composites a la pigmentación (Ardu y cols., 2010).

3.4.1.2. Relleno

Desempeña un papel fundamental al proporcionar estabilidad dimensional a la matriz orgánica y mejorar sus propiedades mecánicas. Estas partículas, que pueden ser de cuarzo, vidrio de bario o sílice, se dispersan en la matriz resinosa y contribuyen a reducir la contracción de polimerización, la absorción de agua y el coeficiente de expansión térmica. Esto resulta en un aumento de la resistencia a la tracción, a la compresión y a la abrasión, así como en un incremento del módulo de elasticidad (rigidez) del material. Además, proporcionan una mayor radiopacidad al material debido a la inclusión de cristales de bario, estroncio o zirconio (Hervas y cols., 2006; Rodríguez y cols., 2008)

3.4.1.3. Agente de conexión o acoplamiento (Silano)

Establece una conexión entre la matriz de resina y las partículas de relleno. Esta molécula bifuncional posee grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro. El agente más utilizado es el γ -metacril-oxipropil trimetoxi-silano (MPS), que se une a las partículas de relleno mediante puentes de hidrógeno y forma uniones covalentes con la resina durante la polimerización. Esta interfase mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta, proporcionando estabilidad hidrolítica y transfiriendo tensiones de la matriz resinosa a las partículas de relleno (Rodríguez y cols., 2008).

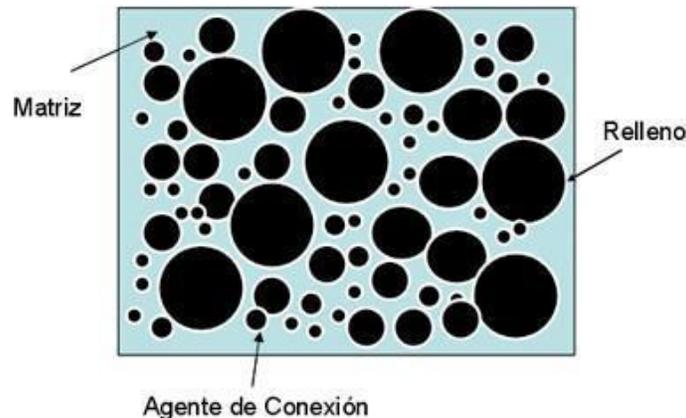


Figura 7. Esquema simplificado de la composición de resinas compuestas

3.4.1.4. Otros componentes

Los activadores o iniciadores son los componentes encargados de la polimerización por adición que es iniciada por radicales libres, que pueden ser formados por estímulos de un agente químico o físico (calor o luz visible).

Los pigmentos llevan en su contenido óxidos metálicos que dependiendo de su cantidad permiten al material presentar varios colores, para el esmalte que es un tejido translúcido requiere poca cantidad de óxidos, mientras que la dentina que

presenta un tejido opaco requiere mayor cantidad de óxidos. Los más usados son el dióxido de titanio o el óxido de aluminio (Rodríguez y cols., 2008).

Por último, los inhibidores de la polimerización que alargan la vida de almacenamiento y aumentan el tiempo de trabajo ya que impiden la polimerización prematura del material. Los más utilizados son la benzoquinona y la hidroquinona, así como los derivados del fenol, como el P-4 metoxifenol (PMP) y el butil-fenol-triterciario (BHT) (Rodríguez y cols., 2008).

Las propiedades mecánicas y ópticas de los composites de resina se han visto influenciadas por las variaciones en el tamaño, forma y composición de los rellenos (Asaka y cols., 2004). Por esta razón, los principales avances en las resinas compuestas provienen de mejoras en los sistemas de relleno (Mitra y cols., 2003). Las primeras resinas compuestas tenían partículas de relleno cuyo tamaño variaba dentro de los 10 a 50 micrómetros, eran los llamados de “macrorellenos”. Estos tenían una buena resistencia mecánica, pero eran difíciles de pulir y de mantener con suavidad en la superficie (Rodríguez y cols., 2008).

Para lograr una mejor estética, los fabricantes formularon composites con rellenos que variaban entre los 40 y 50 nanómetros, que fueron mal llamados “microrrellenos”, ya que su tamaño de partícula variaba en los tamaños nanométricos. Si bien estos nuevos composites eran más estéticos y fáciles de pulir, eran muy frágiles debido a su baja cantidad de relleno.

Para aumentar la resistencia, se incorporaron partículas molidas de composites convencionales, logrando un compuesto llamado “hibrido de partículas pequeñas”, los denominados microrrellenos. Estos poseían un tamaño de partícula que iba entre 1 y 10 micrómetros más un agregado de partículas de 40 nanómetros. Los siguientes avances lograron disminuir aún más las partículas de tamaño micrométrica dejándolas en el margen de 0,1 a 0,6 micrómetros, los cuales se convirtieron en los composites de minirellenos que actualmente se conocen como microhíbridos (Ferracane, 2011). (Figura 8).

Los sistemas microhíbridos están conformados por grupos poliméricos (fase orgánica) reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje de 60% o más del contenido total con tamaños de partículas que oscilan entre 0,6 y 1 micrómetro, incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04 micrómetros. Corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados al campo de la odontología por que disponen de gran variedad de colores y capacidad de mimetización con la estructura dental, menor contracción de polimerización, baja absorción de agua, excelentes características de pulido y texturización, abrasión y desgaste muy similar al experimentado por las estructuras dentarias (Ferracane, 2011).

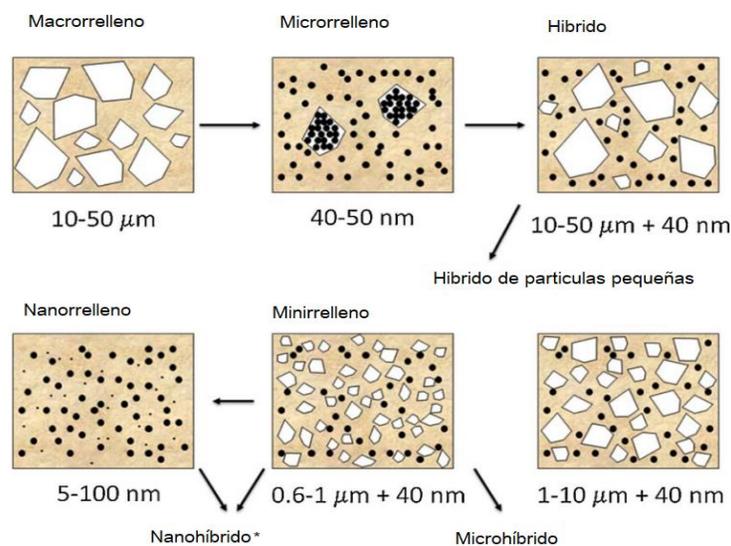


Figura 8 Clasificación de las resinas compuestas según el tamaño de las partículas de relleno (Ferracane, 2011)

| Tabla 2. Clasificación de las resinas compuestas según el tamaño de las partículas de relleno | |
|---|--------------------------------|
| Tipo de Resina Compuesta | Tamaño de partículas |
| Macrorelleno | 10-50 μm |
| Microrelleno | 40-50 nm |
| Híbridas | 10-50 μm + 40 nm |
| Relleno medio | 1-10 μm + 40 nm |
| Minirelleno o microhíbridos | 0,6-1 μm + 40 nm |
| Nanorelleno | 5-100 nm |
| Nanohíbridos | 0,6-1 μm + 5-100 nm |

Un ejemplo de este tipo es la resina Essentia™ (GC Europe, Leuven, Bélgica). Además de las características mencionadas anteriormente, permite una técnica simplificada de múltiples opacidades, lo cual le confiere excelentes resultados estéticos al imitar ambos sustratos. Sus presentaciones para esmalte y dentina contienen partículas de distinto tamaño y composición, lo que aporta un comportamiento óptico natural para obtener resultados estéticamente óptimos, facilitando su aplicación en comparación con las técnicas convencionales de múltiples opacidades. Por último, esta resina promete una facilidad de pulido en pocos pasos y una retención del brillo a largo plazo (Peumans y Guadix, n.d).

Desde la introducción de las resinas compuestas, ha habido una tendencia hacia la reducción del tamaño de las partículas de relleno. Esta evolución ha transitado desde los compuestos de "microrelleno" hasta llegar a los sistemas más recientes que incorporan nanopartículas (Ferracane, 2011; Wang y cols, 2021)

La innovación más reciente ha sido el desarrollo de los composites de nanorelleno, que contienen únicamente partículas a escala nanométrica. La mayoría de los fabricantes han modificado las formulaciones de sus microhíbridos para incluir más nanopartículas, y posiblemente rellenos de resina pre polimerizada, similares a los que se encuentran en los composites de microrelleno,

y han denominado a este grupo "nanohíbridos". Los composites de resina nanorellenos contienen sólo nano rellenos y nanoclusters, mientras que los composites de resina nano híbridos contienen tanto nanorellenos como rellenos híbridos (Mitra y cols, 2003; Ferracane, 2011). En general, es difícil distinguir entre nanohíbridos y microhíbridos, puesto que sus propiedades, como la resistencia a la flexión y el módulo, tienden a ser similares, siendo los nanohíbridos en general del rango más bajo de los microhíbridos, y ambos superiores a los microrellenos (Ilie y Hickel, 2009a)

Las resinas generadas con este tipo de partículas, al presentar un menor tamaño de partícula, permiten un mejor acabado de la restauración, que se observa en la textura superficial de la misma disminuyendo las posibilidades de biodegradación del material en el tiempo (Lee y cols., 2005).

Un representante de esta tecnología son las resinas ENA HRI de la empresa Micerium que describen una alta biocompatibilidad con el sustrato dentario (ENA HRi Esthetic Restorative System-Instructions for Use FUnction Ena® HRi®, n.d.). Este sistema presenta una composición de relleno distinta en sus tonos de esmalte y dentina, con variaciones en tamaño y volumen entre ellos. También, destaca por tener tonalidades de esmalte con un índice de refracción similar al del esmalte natural, lo que esperaría presentar un resultado ideal de las características ópticas encontradas en la naturaleza (Beolchi y cols., 2021).

A pesar de la constante evolución de los composites de resina, el enmascaramiento de sustratos con alteración de color sigue siendo un gran desafío para los clínicos, ya que los sistemas restauradores que permiten varias posibilidades de estratificación no garantizan resultados clínicamente aceptables y duraderos (Perez y cols., 2019). Lamentablemente, aunque se logre un excelente enmascaramiento inmediatamente después de la colocación de la restauración, las alteraciones de color del composite de resina pueden afectar posteriormente esta capacidad (Perez y cols., 2019; Vichi y cols. 2004; Perez y cols., 2020)

3.4.2. Factores que influyen en el enmascaramiento

En primer lugar, para minimizar el efecto del color de fondo, se utiliza una técnica restauradora de estratificación. El concepto clásico involucra una capa de un material más translúcido aplicado sobre uno más opaco con el objetivo de crear percepción de profundidad desde el interior de la restauración, evitando que el color sea generado sólo desde la superficie (Kamishima y cols., 2006). La correcta aplicación de la técnica de capa sobre capa debería minimizar las discrepancias de color, la pérdida de luminosidad, y también promover cambios compensatorios en la restauración final (An y cols., 2013; Schmeling y cols., 2012; Khashayar, 2014). Para generar espacio para la estratificación sobre un diente oscurecido es necesario realizar una preparación dentaria que otorgue espacio para ese fin. Esta preparación tiene limitaciones, ya que se debe tratar de conservar la mayor cantidad de tejido dentario posible y a su vez se debe poder enmascarar el sustrato desfavorable. Si consideramos la histología y morfología dentaria de un diente anterosuperior, la preparación dentaria debiera ser de menor profundidad en su tercio cervical y mayor en el incisal, y en concordancia con esto, la restauración debiera tener un grosor creciente desde cervical a incisal (Ardu y cols., 2010). Por lo tanto, se requiere de un sistema doble capa óptimo, en la cual una capa debe imitar las características ópticas de la dentina y otra las de esmalte con el fin de que la restauración se mimetice con la estructura dentaria (Kamishima y cols., 2005)

En segundo lugar, se requiere de un grosor mínimo de resina compuesta en tono opaco, el cual depende de la marca, composición y translucidez de la resina compuesta. Surge el concepto de "espesor óptico infinito", que se refiere al grosor que un material translúcido no altera la transmisión ni reflexión de la luz percibida. En otras palabras, no cambia de color incluso cuando se aumenta su grosor, ya sea que esté sobre un fondo blanco o negro. Varios estudios han indicado que el color de las resinas compuestas se manifiesta en un espesor de entre 2 y 4 mm, lo que significa que a este espesor su color no varía a pesar del aumento de grosor (Kamishima y cols., 2005; Valdivieso y cols., 2016). La creación de espacio para la

estratificación de dos o más tonos puede llevar a una reducción adicional del tejido dental. Por lo tanto, para evitar una preparación dental excesiva, el composite de resina idealmente debería presentar baja translucidez en grosores muy delgados.

En la búsqueda de espesores conservadores para lograr el enmascaramiento de resinas compuestas, estudios han demostrado que la estratificación de resinas compuestas con un espesor total de 1,5 mm puede efectivamente devolver las características ópticas naturales al diente tratado, incluso cuando el fondo está severamente oscurecido (Miotti y cols., 2017).

En tercer lugar, se ha atribuido la capacidad de enmascaramiento de las resinas compuestas a su composición, que incluye el contenido y componentes de la matriz, el uso de pigmentos y el contenido de relleno (Miotti y cols., 2017).

3.5. Estabilidad de la capacidad de enmascaramiento de las resinas compuestas

Desafortunadamente, aunque se logre un excelente enmascaramiento inmediatamente después de colocar una restauración de resina compuesta, las alteraciones de color del material pueden afectar posteriormente esta capacidad (Pérez y cols., 2019; Vichi y cols., 2004). El cambio de color intrínseco de las resinas compuestas está influenciado por factores inherentes del material y su respectiva composición, como el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno, el sistema de foto iniciación, la matriz de resina, la unidad de foto polimerización y su irradiancia (Ardu y cols., 2017). Los iniciadores, los agentes inhibidores, los monómeros, la sorción de agua y el grado de conversión de los composites de resina pueden influir en la degradación con el tiempo, afectando la apariencia clínica de la restauración y disminuyendo la longevidad (Lee y Powers, 2006).

Un estudio previo (Pérez y cols., 2023) encontró que algunas combinaciones de composites de resina aplicadas mediante la técnica de multicapas pueden

ocultar inmediatamente un sustrato descolorido. Sin embargo, no se evaluó el mantenimiento a largo plazo del enmascaramiento (Pérez y cols., 2023). Los estudios a largo plazo utilizando un período de almacenamiento relativamente corto indican que los principales cambios de color ocurren en los primeros días después de la polimerización (Pérez y cols., 2019).

El rendimiento de la estabilidad del color después de un envejecimiento prolongado podría simular el comportamiento de las restauraciones de composite de resina más cercano a la realidad clínica, considerando que se espera que permanezcan funcionales y estéticas durante muchos años (Sabatini y cols., 2012; Uchimura y cols., 2014). En definitiva, la investigación de los factores asociados con el método de aplicación, la dificultad de enmascaramiento y la exposición prolongada al agua puede ayudar a los clínicos a comprender mejor los aspectos relacionados con el mantenimiento a largo plazo de la capacidad de enmascaramiento de las resinas compuestas.

4. HIPÓTESIS

La capacidad de enmascarar un fondo oscurecido de los sistemas de resina compuesta se ve afectada a través del tiempo dependiendo de la marca de composites y su respectiva composición.

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad de enmascaramiento y la estabilidad en el tiempo de dos sistemas de resina para técnica estratificada.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la capacidad de enmascarar un fondo oscurecido de la resina compuesta microhíbrida Essentia®, con distintas estratificaciones de sus masas.
- Determinar la capacidad de enmascarar un fondo oscurecido de la resina compuesta nanohíbrida ENA Hri®, con distintas estratificaciones de sus masas.
- Determinar la estabilidad del color de la resina compuesta microhíbrida Essentia®
- Determinar la estabilidad del color de la resina compuesta ENA Hri®
- Comparar los resultados entre ambas resinas a las 24h y a los 3 meses.

7. MATERIALES Y MÉTODOS:

7.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

El siguiente estudio, de carácter experimental, *in vitro*, fue aprobado por la Dirección de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile. La investigación se llevó a cabo en los Laboratorios de preclínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile en el departamento de odontología restauradora.

7.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL

El tamaño de la muestra se determinó utilizando el software G*Power v.3.1 (Faul y cols., 2007) a partir de los datos obtenidos por Miotti y cols. (Miotti y cols., 2017). Se consideró un error α de 5%, un poder estadístico (1- error β) de 0,9. Esto dio como resultado $n=3$ discos por grupo. Se decidió realizar 5 discos por grupo para prevenir posibles pérdidas de datos y aumentar el espacio muestral.

7.3. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras se prepararon utilizando dos sistemas de resinas compuestas disponibles en el mercado nacional, en primer lugar, Essentia® (GC Corporation, Japón) y en segundo ENA HRi (Micerium, Avegno, Italia), ambos disponibles comercialmente con tonos de esmalte y dentina como opciones básicas. La composición química, los fabricantes y el tono de los materiales se enumeran en la tabla 3.

| Tabla 3 Información y composición de los sistemas de restauración | | | |
|--|---|--------------------------|-------------------------------------|
| Sistema de restauración | Composición | Fabricantes | Tono |
| Essentia (GC) | <p>Light enamel Matriz: UDMA, Bis-MEPP, Bis-EMA, Bis-GMA, TEGDMA.</p> <p>Relleno: Relleno pre-polimerizado (10nm), vidrio de bario (300nm), sílice pirógena (16nm). 81% en peso</p> <p>Light dentin Matriz: UDMA, Bis-MEPP, Bis-EMA, Bis-GMA, TEGDMA. Relleno: Relleno pre-polimerizado (10 µm), vidrio de bario (300nm), sílice pirógena (16nm), vidrio de sílice (850nm). 76% en peso</p> | GC Corporation, Japón | Light Dentin (LD) Light Enamel (LE) |
| ENA Hri | <p>Esmalte: Matriz: BisGMA, UDMA, Butanediol dimethacrylate Relleno: 68% volumen. Relleno de vidrio de 1,0 µm y 20 nm óxido de zirconio.</p> <p>Dentina: Matriz: BisGMA, UDMA, Butanediol dimethacrylate Relleno: 53% volumen. Relleno de vidrio tamaño medio 0,7 µm y SiO2 altamente disperso de tamaño 0,04 µm.</p> | Micerium, Avegno, Italia | UE2 UD2 |
| *datos proporcionados por los fabricantes | | | |

Las muestras se prepararon utilizando matrices divididas de acero inoxidable de 0,5, 1,0 o 1,5 mm de espesor y 11 mm de diámetro para combinaciones simples y de doble estratificación para ambos sistemas.

Se prepararon:

- Muestras de una sola capa (SE): Se realizaron con una matriz de 1,5 mm de espesor. La resina se colocó en un incremento y la superficie superior se aplanó con tiras de Mylar y placas de vidrio.
- Muestras de doble capa (DE): se realizaron discos de 0,5 o 1,0 mm de espesor de resina compuesta dentina (D), a partir de un incremento de resina y se polimerizó. Este disco se colocó dentro de la matriz de 1,5 mm de espesor y la cavidad resultante (1,0 o 0,5 mm) se completó con resina esmalte (E). Todo en incrementos únicos.



Figura 9: Matrices divididas de acero inoxidable 0,5, 1,0 o 1,5 mm de espesor y 11 mm de diámetro, en orden de abajo hacia arriba.

Cada capa de resina se fotopolimerizó durante 20 segundos con una lámpara LED con irradiancia de 1200 mW/cm² (Elipar DeepCure-L, 3M-ESPE). Se prepararon cuarenta muestras de resina compuesta en forma de disco, divididas en 8 grupos (n=5) para considerar todas las posibles combinaciones de colores de

capas de cada sistema restaurador, incluidas las muestras SE y muestras DE, como se puede observar en la Tabla 4.

| Tabla 4 Combinaciones posibles de estratos, simple estratificación (SE), doble estratificación (DE), de sistemas de resinas compuestas | | |
|---|-----------------------------|--|
| Fabricantes | Colores | Técnica de estratificación (n=5) |
| Essentia (GC) | LE: Light Enamel (E) | 1.5 mm E (SE) 1.5 mm D (SE) |
| | LD: Light Dentin (D) | 0,5 mm D + 1,0 mm E (DE) 1,0 mm D + 0,5 mm E (DE) |
| ENA Hri (Micerium) | UE2: Universal Enamel 1 (E) | 1.5 mm E (SE) 1.5 mm D (SE) 0,5 mm D + 1,0 mm E (DE) |
| | UD2: Universal Dentin 2 (D) | 1,0 mm D + 0,5 mm E (DE) |

A partir de entonces, las muestras se almacenaron en agua destilada durante 24 horas a 37°C para obtener translucidez, luminosidad y conversión de canforquinona adicionales del compuesto, antes de realizar las mediciones de color.

Una vez medido el color a las 24 horas, las muestras se mantuvieron en agua destilada por 3 meses en las mismas condiciones mencionadas anteriormente (37°C y agua destilada) y se volvió a medir color a los 30, 60 y 90 días para poder observar la capacidad de enmascaramiento transcurrido un tiempo y poder observar su estabilidad o variación en el tiempo.

7.4. MEDICIÓN DEL COLOR

Las mediciones de color se realizaron con un espectrofotómetro de punto (Vita Easyshade, VITA Zahnfabrik, H. Rauter GmbH & Co. KG). El espectrofotómetro se calibró de acuerdo con las instrucciones del fabricante antes de realizar la medición del color.

Para la medición de color se usaron 3 discos de 12 mm de diámetro y 5 mm de espesor de resina compuesta, el primero de resina Essentia Dark Dentin (DD) (L:51,4; a: 2,60; b: 33,3) que fue utilizado para simular un fondo severamente oscurecido. El segundo y tercer disco correspondieron al espesor del color inherente de la resina de la misma marca; LD para Essentia y UD2 para ENA HRi (Figura 10). Estos dos antecedentes simulan dos condiciones clínicas diferentes, la primera, un bloque de resina DD, representando un fondo dentario oscurecido, el segundo, un bloque de resina LD y UD2, representando una superficie dental sin alteración de color, siendo nuestras muestras control.



Figura 10: Esquema gráfico de discos de fondo. En orden, primero fondo oscurecido (DD), segundo fondo inherente Essentia (LD) y tercero, fondo inherente ENA HRi (UD2)

La confección de fondos de 5 mm de espesor permitió obtener el color inherente del fondo, lo que evitó que exista influencia del fondo bajo este (Kamishima y cols.,2005).

Las muestras se colocaron con un medio de acoplamiento (glicerina) y luego se midieron sobre el fondo oscurecido DD y el color inherente de cada marca respectiva por un evaluador. Todas las medidas de color siguieron el patrón de estratificación clínica, con las capas esmalte hacia arriba. Para cada muestra, se determinaron sus valores L^* , a^* y b^* de cada lectura de fondo.

7.5. DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS

La diferencia de color del mismo espécimen sobre los fondos oscurecidos e inherente se calculó mediante la ecuación de diferencia de color CIEDE2000 (ΔE_{00}) (Durand y cols., 2021):

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

Se logra una buena capacidad de enmascaramiento cuando el color de fondo no influye en el color final de la restauración, lo que se refleja en valores más bajos de ΔE_{00} . Estos valores indican que el espécimen es menos sensible a la influencia del color de fondo. Para interpretar las diferencias de color según ΔE_{00} , se consideraron los cinco intervalos presentados en la Tabla 1.

7.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics, versión 21. Se analizaron los valores de ΔE_{00} . Se utilizaron las pruebas estadísticas de Shapiro-Wilk (para evaluar la distribución de los datos) y en base a esto definir el uso de pruebas paramétricas o no paramétricas. Se consideraron estadísticamente significativos valores $p < 0,05$.

8. RESULTADOS

Se realizó la prueba de Shapiro Wilk para evaluar si los datos seguían una distribución normal. Como los datos se distribuyeron normalmente, el análisis estadístico se realizó con pruebas paramétricas, T de Student o ANOVA y post hoc de Tukey, según corresponda.

Los valores promedios de ΔE_{00} para cada combinación de la resina Essentia y ENA Hri obtenidos a través del sistema de de color CIELAB se muestran en las Tablas 4 y 5 respectivamente. Un valor de ΔE_{00} más bajo indica mayor capacidad de enmascaramiento.

a) SISTEMA DE RESINA ESSENTIA GC

Los valores de capacidad de enmascaramiento determinados en cada tiempo de evaluación de cada combinación de estratificación del sistema Essentia, son presentados en la Tabla 5.

Tabla 5: Capacidad de enmascaramiento de cada combinación de estratificación medida a un tiempo inicial, 24 horas, 30, 60 y 90 días del sistema Essentia expresada como promedio (\bar{x}) y desviación estándar (σ). Letras iguales por columna indican que no hay diferencia entre las muestras ($p < 0,05$).

| | | $\Delta E00$ | | $\Delta E00$ | | $\Delta E00$ | | $\Delta E00$ | | $\Delta E00$ | | |
|-----------------|------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|----------|
| | | Inicial | 24 hrs | 30 días | 60 días | 90 días | | | | | | |
| | | n | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ |
| ESSENTIA | 1,5mm LE | 4 | 5,22 | 3,29 | 10,16 a | 1,18 | 9,52 a | 1,88 | 9,90 | 0,89 | 10,71 a | 0,55 |
| | 0,5mm LD + 1.0mm LE | 5 | 6,85 | 4,20 | 6,18 b | 0,52 | 5,45 b | 1,05 | 6,49 | 1,04 | 5,99 b | 1,52 |
| | 1,0mm LD + 0,5mm LE | 5 | 2,93 | 2,69 | 4,16 c | 0,73 | 4,05 b | 1,41 | 4,41 | 0,91 | 5,72 b | 1,89 |
| | 1,5mm LD | 5 | 2,33 | 1,02 | 3,60 c | 0,52 | 4,63 b | 0,75 | 3,75 | 0,68 | 2,73 c | 1,24 |
| | p (ANOVA) | | | 0,111 | | <0,05 | | <0,05 | | 0,05 | | <0,05 |

Al comparar la capacidad de enmascaramiento de las diferentes combinaciones de estratificación del sistema de resinas Essentia GC en cada uno de los tiempos, mediante prueba ANOVA, se encontraron diferencias significativas sólo a las 24hrs, 30 y 90 días.

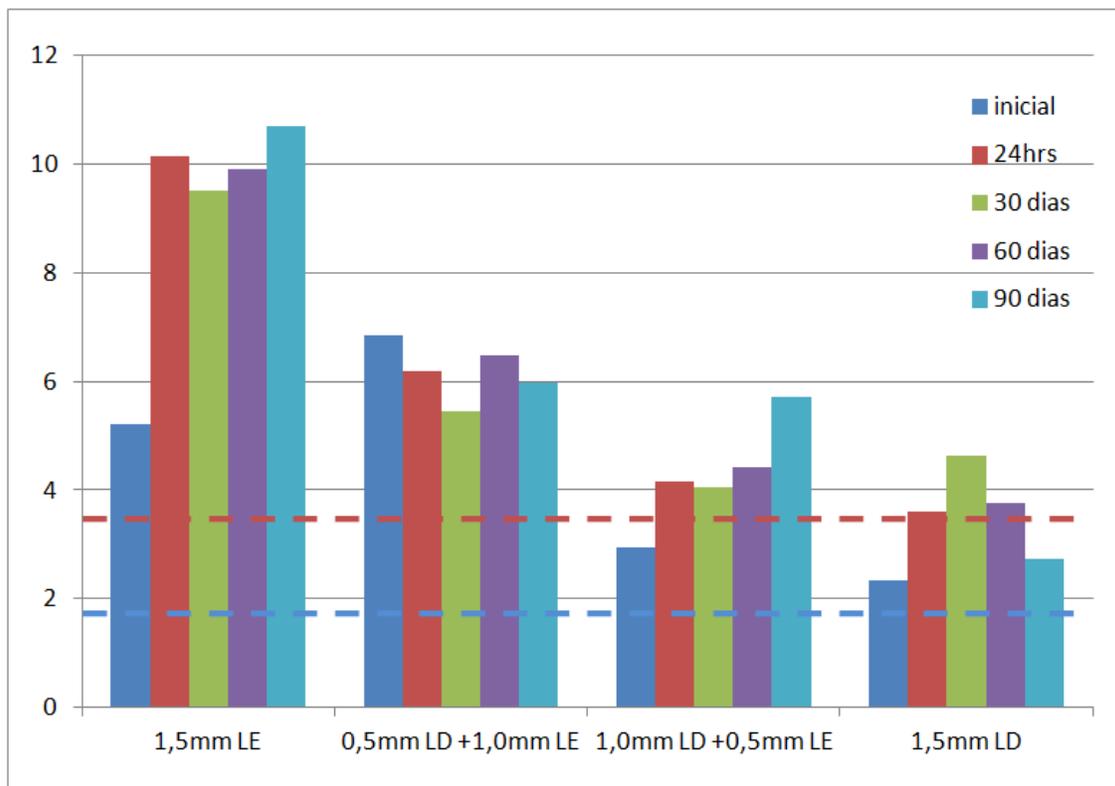
A las 24 horas la combinación con peor capacidad de enmascaramiento fue 1,5 mm LE. Las que obtuvieron la mejor capacidad fue 1,0 mm LD +0,5 mm LE y 1,5 mm LD las cuales se comportaron de forma similar.

A los 30 días la combinación con la peor capacidad de enmascaramiento fue 1,5 mm LE, mientras que el resto de las combinaciones que presentan dentina se comportaron de manera similar.

A los 90 días la peor capacidad de enmascaramiento fue 1,5 mm de LE y la mejor capacidad de enmascaramiento se obtuvo con 1,5mm de LD.

Los valores obtenidos a través del tiempo de cada combinación fueron estadísticamente similares ($p > 0,05$), estableciendo que no hay cambio a través del tiempo en ninguna de las combinaciones de la resina Essentia.

Gráfico 1. Capacidad de enmascaramiento de cada combinación de estratificación medida posterior a la confección de cada disco a cada uno de los tiempos del sistema Essentia. Las líneas horizontales representan el umbral de perceptibilidad (azul) y el umbral de aceptabilidad (rojo).



Para las muestras de resina compuesta Essentia, las de 1,5 mm de esmalte fueron las con peor capacidad de enmascaramiento, siendo esta inaceptable a todos los tiempos medidos. Similar comportamiento tuvieron las muestras de 0,5 mm LD+1,0 mm LE en cada tiempo de evaluación (Gráfico 1).

Las muestras de 1,0mm LD+0,5mm LE en un comienzo lograron estar dentro del umbral aceptable de enmascaramiento, sin embargo, a las 24 hrs su capacidad de enmascaramiento se reduce, pasando el umbral de aceptabilidad y manteniéndose así hasta los 90 días (Gráfico 1).

Las muestras de 1,5 mm de dentina fueron las que mejor enmascararon un fondo oscurecido al cabo de 90 días, mostrando una capacidad de enmascaramiento perceptible pero aceptable (Gráfico 1)

b) SISTEMA DE RESINA ENA HRI

Los valores de capacidad de enmascaramiento determinados en cada tiempo de evaluación de cada combinación de estratificación del sistema ENA HRI, son presentados en la Tabla 6.

Tabla 6: Capacidad de enmascaramiento de cada combinación de estratificación medida a un tiempo inicial, 24 horas, 30, 60 y 90 días del sistema ENA HRI expresada como promedio (\bar{x}) y desviación estándar (σ). Letras iguales en la columna indican que no hay diferencia entre las muestras ($p < 0,05$).

| | | n | ΔE_{00} Inicial | | ΔE_{00} 24 hrs | | ΔE_{00} 30 días | | ΔE_{00} 60 días | | ΔE_{00} 90 días | |
|------------|------------------------|---|----------------------------|----------|---------------------------|----------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|
| | | | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ |
| ENA | 1,5mm UE | 5 | 6,60 | 1,16 | 6,32 a | 1,08 | 9,46 a | 1,43 | 8,64 | 2,35 | 8,82 | 0,60 |
| | 0,5mm UD + 1,0mm UE | 5 | 5,71 | 0,87 | 4,55 b | 0,43 | 5,32 b | 1,61 | 7,51 | 2,21 | 8,89 | 2,49 |
| | 1,0mm UD + 0,5mm UE | 5 | 4,90 | 1,29 | 4,15 b | 0,86 | 6,38 b | 1,32 | 7,70 | 0,77 | 7,75 | 2,40 |
| | 1,5mm UD | 5 | 4,20 | 1,98 | 5,05 ab | 0,32 | 6,90 b | 0,62 | 6,43 | 1,10 | 5,99 | 3,43 |
| | p (ANOVA) | | 0,073 | | 0,002 | | 0,001 | | 0,294 | | 0,247 | |

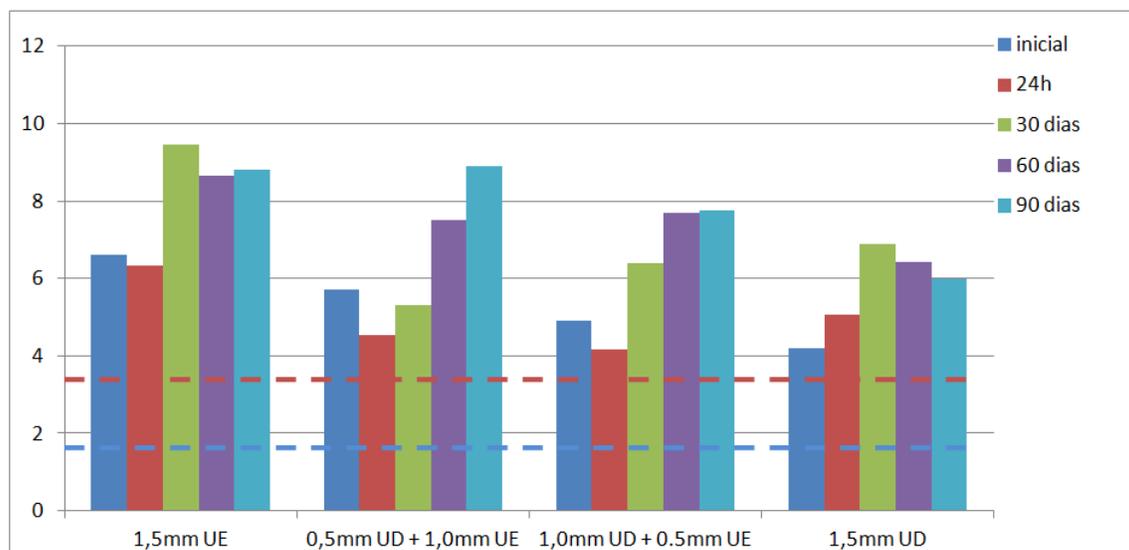
Al comparar la capacidad de enmascaramiento de las diferentes combinaciones de estratificación del sistema de resinas ENA HRi en cada uno de los tiempos, mediante prueba ANOVA, se encontraron diferencias estadísticamente significativas sólo a las 24hrs y a los 30 días.

A las 24 horas la combinación con peor capacidad de enmascaramiento fue 1,5 mm UE y 1,5 mm UD, ambas se comportaron de manera similar.

A los 30 días la combinación con la peor capacidad de enmascaramiento fue 1,5 mm UE, mientras que el resto de las combinaciones que presentan dentina se comportaron de manera similar.

Los valores obtenidos a través del tiempo de cada combinación fueron estadísticamente similares ($p > 0,05$), estableciendo que no hay cambio a través del tiempo en ninguna de las combinaciones de la resina ENA HRi.

Gráfico 2: Capacidad de enmascaramiento de cada combinación de estratificación medida posterior a la confección de cada disco a cada uno de los tiempos del sistema ENA HRi. Las líneas horizontales representan el umbral de perceptibilidad (azul) y el umbral de aceptabilidad (rojo).



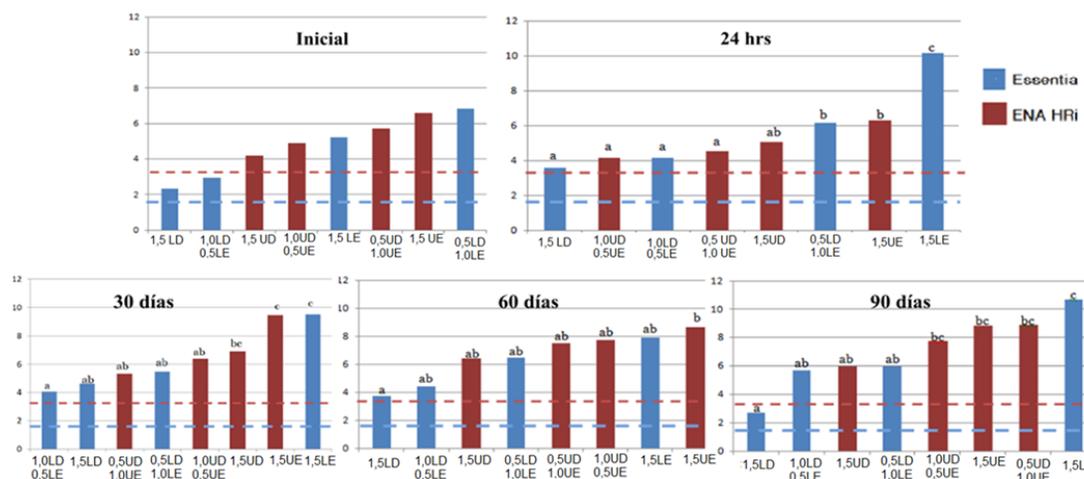
El esmalte de 1.5 mm mostró el peor comportamiento, siendo inaceptable en todos los tiempos medidos. La combinación 0.5 mm UD+1,0mm UE no presentó una buena capacidad de enmascaramiento en ningún momento observado y, al cabo de 90 días, su capacidad empeoró aún más, siendo similar a usar solo esmalte.

La muestra 1.0 mm UD + 0.5mm UE tuvo un comportamiento similar a los otros grupos, sin lograr estar dentro del umbral aceptable de enmascaramiento en ningún momento. Por otro lado, 1.5 mm UD fue la que mejor enmascaró en el tiempo inicial, pero no alcanzó valores aceptables en ninguno de los tiempos observados, mostrando un comportamiento similar al de usar 0.5 mm y 1.0 mm de dentina.

Para las muestras de resina compuesta ENA HRi, todas las combinaciones alcanzaron valores de capacidad de enmascaramiento fuera del umbral de aceptabilidad en cada uno de los tiempos medidos.

COMPARACIÓN SISTEMA ESSENTIA Y ENA HRI

Gráfico 3: Comparación de la capacidad de enmascaramiento de las resinas Essentia y ENA HRI en todos los tiempos. Líneas punteadas muestran umbral de perceptibilidad (línea azul) y de aceptabilidad (línea anaranjada). Letras diferentes indican que hay diferencia significativa entre los grupos, letras iguales indican que no hay diferencia significativa.



Al comparar los valores de la capacidad de enmascaramiento a las 24 horas la combinación que tuvo el peor enmascaramiento fue Essentia 1,5 mm de esmalte y la combinación que presenta una mejor capacidad de enmascaramiento fue Essentia 1,5 mm de dentina, que a su vez se comportó de manera similar a Essentia 1,0 mm LD/0,5 mm LE y a ENA HRI en 0,5 mm UD/1,0 mm UE, 1,0 mm UD/0,5 mm UE y 1,5 mm UD. Todas las combinaciones mostraron una capacidad de enmascaramiento inaceptable ($\Delta E_{00} > 3,6$)

A los 30 días la combinación que tuvo el peor enmascaramiento fue Essentia 1,5mm de esmalte, sin embargo, ENA Hri 1,5mm UE se comportó similar. La mejor capacidad de enmascaramiento fue del sistema Essentia 1,0 mm LD/0,5 mm LE que a su vez se comportó de manera similar a Essentia 1,5 mm LD y 0,5mm LD/ 1,0 mm LE y a ENA HRI en 0,5 mm UD/1,0 mm UE y 1,0 mm UD/ 0,5 mm UE.

A los 60 días la combinación que tuvo el peor enmascaramiento fue ENA HRi 1,5mm UE, sin embargo, se comportó de manera similar a Essentia en sus estratificaciones de 0,5 LD/1,0 LE y 1,0 LD/0,5 LE y a 1,5 de LE. La mejor capacidad de enmascaramiento fue del sistema a Essentia 1,5 LD, que a su vez se comportó de manera similar a todas las combinaciones exceptuando a ENA HRi 1,5mm UE

A los 90 días la combinación que tuvo el peor enmascaramiento fue Essentia 1,5mm LE, sin embargo se comportó de manera similar a ENA HRi 0,5UD/1,0 UE y 1,0 UD/0,5 UE y 1,5 UE. La mejor capacidad de enmascaramiento fue del sistema Essentia 1,5 mm LD, que a su vez se comportó de manera similar a Essentia 0,5 LD/ 1,0 LE y 1,0 LD/ 0,5 LE y a ENA HRi en 1,5mm UD.

9. Discusión

El presente estudio evaluó la capacidad de enmascaramiento de dos sistemas de resina compuesta, uno microhíbrido y otro nanohíbrido, además, determinó la estabilidad de esta capacidad en el tiempo mediante el envejecimiento en agua. Se evaluaron las diferentes combinaciones de capas dentro de los sistemas por separado y luego se compararon entre ellas.

Al analizar los resultados obtenidos del sistema de resina Essentia observamos que las distintas muestras presentaron diferente capacidad de enmascaramiento. Las muestras que presentaron solo dentina (1,5 LD) presentaron la mejor capacidad de enmascaramiento al compararse con 1,0 LD+0,5LE; 0,5 LD+1,0 LE y 1,5 LE. Las combinaciones de 1,0 LD + 0,5LE y 0,5 LD+1,0LE se comportaron de forma similar entre ellas, mientras que la combinación 1,5 LE fue la que presentó el peor rendimiento. Por otra parte, la capacidad de enmascaramiento se mantuvo estable en el tiempo en todas las muestras de Essentia.

Estos resultados coinciden con los de Pérez y colaboradores, donde observaron que una técnica estratificada con mayor espesor de dentina presenta mejor capacidad de enmascaramiento, en comparación con una técnica con mayor contenido de esmalte (Pérez y cols., 2019). Estos resultados pueden explicarse en la composición diferenciada entre las masas del sistema de resina Essentia, en donde el fabricante indica una diferencia en el porcentaje de relleno como en el tipo de relleno entre sus resinas. La resina de dentina presenta un mayor porcentaje del relleno total en comparación al esmalte y también presenta un relleno extra, el vidrio de sílice. Los compuestos de resina contienen una matriz orgánica y rellenos con varios índices de refracción (RI) (Vichi y cols., 2004; Kalachandra, 1989). Su inclusión podría influir en las propiedades ópticas de la resina, como el color y la translucidez. En la literatura se ha visto que este tipo de relleno puede afectar la manera en que la luz interactúa con la resina, aumentando la opacidad y en consecuencia afectando su capacidad de enmascaramiento (Vichi y cols, 2000).

Varios estudios indican que las resinas de esmalte son peores para enmascarar porque presentan un índice de refracción menor, lo cual implica que la luz tienda a pasar a través de ellos con menor desviación, aumentando su translucidez y disminuyendo su capacidad de enmascaramiento, en cambio la dentina tienden a tener un índice de refracción mayor, lo que hace que la luz se desvíe más y no permita su paso a través del material, resultando en una apariencia opaca y logrando una mayor capacidad de enmascaramiento (Vichi y cols.,2004; Souza y cols., 2021; Akbar y cols., 2012).

Respecto a su estabilidad en el tiempo, el sistema de resina Essentia si bien se describe como un material híbrido en dentina y nanohíbrido en esmalte, incluye relleno prepolimerizado tanto para esmalte como para dentina. El fabricante ha modificado las formulaciones de sus resinas para incluir más nanopartículas y rellenos de resina pre-polimerizados. Este cambio en la composición permite que propiedades como la susceptibilidad a la decoloración tienda a ser similar a los nanohíbridos, los cuales han mostrado evidencia de un aumento en la estabilidad durante el almacenamiento en agua (Ilie y Hickel, 2009b; Curtis y cols., 2009)

Los resultados del sistema ENA HRi, indican que, a todos los tiempos, todas las combinaciones presentan capacidad de enmascaramiento similar entre ellas. Esto se debe a la composición similar entre sus masas que, si bien tienen diferencias en su cantidad de relleno en peso, comparten el tamaño de partícula (nanohíbrida) y el tipo de relleno. Estudios indican que este tipo de resinas comparten índices de refracción muy pequeños entre esmalte y dentina. Las partículas de tamaño nanométrico tienen un impacto muy reducido en el índice de refracción global del material debido a su pequeño tamaño, que es menor que la longitud de onda de la luz visible. Esto resulta en menos dispersión de la luz, lo que hace que el material sea más translúcido (Mitra y cols., 2010).

Respecto a su estabilidad en el tiempo, ENA HRi, presenta en su matriz Bis-MPEPP, el cual es un monómero derivado del Bisfenol A y se conoce por mejorar las propiedades hidrófobas de la matriz de resina. Esta hidrofobicidad ayuda a reducir la absorción de agua, lo que a su vez minimiza la tinción y la degradación

del material compuesto. Este componente podría haber evitado la decoloración de las muestras, lo anterior se puede inferir de estudios como los de Ardu y colaboradores, que si bien ocuparon otros medios al almacenar las muestras explican la estabilidad del color por la baja absorción de agua del composite (Ardu y cols., 2017). En el presente estudio el Bis-MPEPP podría haber aportado la estabilidad de la capacidad de enmascaramiento.

Al comparar el sistema de resina Essentia y ENA HRi se observa que Essentia en sus combinaciones con dentina tenía mejor capacidad de enmascaramiento que ENA HRi. La peor capacidad de enmascaramiento era Essentia de esmalte. En este sentido, la capacidad de enmascaramiento de las resinas compuestas puede verse afectada por los componentes de formulación del material, como opacificadores, pigmentos y rellenos (Hannel y cols., 2010). Esto podría explicarse por la diferencia en la formulación de los sistemas de restauración, especialmente por el tamaño de las partículas de relleno, composición y tipo de monómero. Respecto a la composición de estos sistemas, el sistema de resina Essentia y el sistema ENA HRi son materiales basados en Bis-GMA, sin embargo, su tamaño, forma y contenido de relleno son diferentes, al igual que la cantidad de Bis-GMA.

En Essentia es necesario utilizar un tono dentinario para enmascarar el fondo oscurecido por lo menos 0,5 mm, en cambio en ENA HRi no se logra enmascarar independiente si se usa solo esmalte o solo dentina o en combinación. Estos resultados pueden estar relacionados con el parámetro de translucidez de Essentia de dentina la cual aparentemente es más opaca que ENA HRi (Miotti y cols, 2017; Perez y cols, 2019). Ninguna estrategia de estratificación ENA logró enmascarar un fondo severamente oscurecido a nivel de umbral de aceptabilidad ($<1.8 \Delta E_{00}$).

También se observó que la capacidad de enmascaramiento de las muestras envejecidas en agua por 90 días no presentó diferencia significativa al final de este estudio. En general, es complejo diferenciar las propiedades ópticas solo basándose en el tamaño de partícula, sobre todo cuando varían en rangos similares. El sistema de resina Essentia de acuerdo con la clasificación del tamaño

de relleno para esmalte corresponde a un sistema nanohíbrido, ya que contiene una significativa proporción de partículas de tamaño nanométrico (10nm y 16nm) y una fracción de tamaño submicrométrico (300nm), en cambio la dentina corresponde a una resina híbrida dado que contiene una combinación de partículas de tamaño micrométrico (10 μm), submicrométrico (300nm y 850nm), y nanométrico (16nm). Si bien entre estas hubo una diferencia en la capacidad de enmascaramiento, no hubo diferencia en la estabilidad en el tiempo. Como tampoco existió en el sistema ENA HRi, el cual es una resina nanohíbrida tanto para esmalte y dentina a pesar de sus variaciones entre masas.

En algunos estudios se ha mostrado evidencia de una menor estabilidad durante el almacenamiento en agua para los composites nano-híbridos en comparación con los híbridos (Souza y cols., 2021), sin embargo, otros han mostrado una tendencia opuesta (Curtis y cols., 2009) o una susceptibilidad al envejecimiento bastante similar (Hahnel y cols., 2010). Por lo tanto, se podría inferir que el tamaño de las partículas por sí solo no es un determinante o predictor de las propiedades ópticas, incluso otros autores han descrito que existe una mayor importancia en los índices de refracción de los componentes de la resina, más que la estructura de la misma (Ota y cols., 2012; Lee, 2015).

Estudios anteriores han demostrado que la humedad durante el post-curado puede afectar negativamente las propiedades mecánicas y ópticas de la resina. Sin embargo, en este estudio, la presencia de humedad no influyó en la estabilidad de la capacidad de enmascaramiento (Souza y cols., 2021). La comparación de ambos grupos, almacenados en agua destilada a 37°C durante 90 días, no mostró diferencias en su comportamiento.

Por otra parte, la presente investigación demostró que ninguna de las combinaciones de multicapas pudo lograr un $\Delta E_{00} \leq 1.8$, lo que corresponde a una coincidencia aceptable (AT). Los mejores valores en el tiempo inicial ($\Delta E_{00}=4.20$) corresponde a 1,5mm de dentina UD y el peor valor a nivel inicial es 1,5 mm de esmalte UE (6.60), lo cual se asemeja a los estudios de Pérez y colaboradores (Pérez y cols., 2019), en el cual muestran que a medida que

aumentamos el nivel de dentina y disminuimos el esmalte mejoraría la capacidad de enmascaramiento, sin embargo, en el presente estudio se obtuvo que no hay diferencia estadística entre colocar más o menos dentina. (Pérez y cols., 2019)

Las resinas compuestas utilizadas en este estudio no son capaces de enmascarar de forma satisfactoria sustratos tan oscurecidos de forma aceptable a largo plazo. Las combinaciones evaluadas en este estudio que no pudieron enmascarar el fondo severamente oscurecido inicialmente seguían sin poder enmascararlo después del envejecimiento (Pérez y cols, 2019, 147). Estos resultados difieren de los encontrados en otro estudio previo de Pérez y colaboradores (2023). En el cual se observó que ciertas combinaciones de estratificación de resinas compuestas sí presentaron cambios después de un envejecimiento prolongado a partir de los 2 meses en agua, consiguiendo a su vez valores aceptables y moderadamente aceptables (Perez y cols, 2023). Sin embargo, las resinas son distintas a las evaluadas en el presente trabajo. Por lo tanto, se puede afirmar que, dado que los resultados son distintos, parece haber un comportamiento diferenciado según la marca de resina estudiada.

Las resinas compuestas utilizadas en este estudio no son capaces de enmascarar de forma satisfactoria sustratos tan oscurecidos de manera aceptable y su capacidad de enmascaramiento se mantuvo estable a través del tiempo, por lo que la hipótesis de este trabajo se rechaza.

9.1. ESTUDIOS FUTUROS

Según los resultados de este estudio, ninguna de las combinaciones de resina logró enmascarar el sustrato oscurecido por debajo del umbral de perceptibilidad. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios que evalúen el enmascaramiento en fondos menos oscurecidos y en tonos intermedios. De esta forma, determinar hasta qué sustrato desfavorable estas resinas son capaces de enmascarar de forma satisfactoria logrando valores aceptables.

Por otra parte, en este estudio se utilizó una resina color A2 para enmascarar, la cual es más saturada en comparación al color A1. Esta diferencia de color podría ser significativa, ya que los colores menos saturados podrían ayudar a enmascarar de manera más efectiva un fondo oscurecido al modificar su valor (Naeimi y cols.,2012; Vichy y cols., 2004).

Por último, esta tesis, evaluó la estabilidad de la capacidad de enmascaramiento de un fondo severamente oscurecido mediante diferentes combinaciones de resina compuesta por 90 días. Estudios han visto que la estabilidad de color de las restauraciones de resina compuesta puede verse afectada desde los 2 meses, pero requieren un seguimiento prolongado (Perez y cols., 2023). Por lo tanto, se sugieren estudios que evalúen la capacidad de enmascaramiento de las resinas compuestas en un lapso mayor.

9.2. LIMITACIONES

Es importante tener en cuenta algunas limitaciones, como el tiempo del estudio al interpretar los resultados. Si bien se observó estabilidad a lo largo del tiempo, el sistema Essentia especialmente en dentina mostró un comportamiento que podría haberse aclarado con mediciones adicionales durante un período prolongado, por ejemplo, hasta los 12 meses. Esto podría haber proporcionado resultados más congruentes con los estudios previos. (Perez y cols, 2023)

10. CONCLUSIONES

- La capacidad de enmascaramiento de los sistemas ENA HRi y Essentia no se ve afectada por el tiempo (90 días)
- La capacidad de enmascaramiento de esmalte por sí solo para ambas marcas no permite obtener un enmascaramiento aceptable a los 90 días.
- La mejor capacidad de enmascaramiento se logra con la resina Essentia al utilizar por lo menos 1,0 mm de dentina LD.
- El sistema ENA HRi no logra niveles aceptables para enmascarar un sustrato severamente oscurecido en ninguna de sus estratificaciones y a ningún tiempo

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Kharboush, G. H., Asimakopoulou, K., AlJabaa, A. J. H., y Newton, J. T. (2017). The role of social comparison in social judgments of dental appearance: An experimental study. *Journal of dentistry*, 61, 33–38. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2017.04.003>

An, J. S., Son, H. H., Qadeer, S., Ju, S. W., y Ahn, J. S. (2013). The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. *Acta odontologica Scandinavica*, 71(1), 120–129. <https://doi.org/10.3109/00016357.2011.654250>

Ardu, S., Braut, V., Gutemberg, D., Krejci, I., Dietschi, D., y cols. (2010). A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence international* (Berlin, Germany: 1985), 41(8), 695–702. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20657860/>

Ardu, S., Duc, O., Di Bella, E., y Krejci, I. (2017). Color stability of recent composite resins. *Odontology*, 105(1), 29–35. <https://doi.org/10.1007/S10266-016-0234-9>

Asaka, Y., Miyazaki, M., Aboshi, H., Yoshida, T., Takamizawa, T., y cols. (2004). EDX fluorescence analysis and SEM observations of resin composites. *Journal of oral science*, 46(3), 143–148. <https://doi.org/10.2334/JOSNUSD.46.143>

Barrancos, J., y Barrancos, P. J. (2006). *Operatoria dental Integración clínica* (Vol. 4), 1118.

Battersby, P. D., y Battersby, S. J. (2015). Measurements and modelling of the influence of dentine colour and enamel on tooth colour. *Journal of dentistry*, 43(3), 373–381. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2014.11.003>

Beolchi, R. S., Mehta, D., Pelissier, B., Gênova, L. A., Freitas, A. Z., y cols. (2021). Influence of Filler Composition on the Refractive Index of Four Different Enamel Shades of Composite Resins. *Journal of contemporary dental practice*, 557–561.

Bersezio, C., Batista, O., Vildósola, P., Martín, J., Fernández, E., y cols. (2014). Instrumentación para el registro del color en odontología. *Revista Dental de Chile*. 104 (3) 3-7. <https://www.researchgate.net/publication/262065490>

Chen, H., Huang, J., Dong, X., Qian, J., He y cols (2012). A systematic review of

visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence International* 43(8):649-59..

Chu, S. J., Devigus, A., y Mieszko, A. J. (2004). *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry (Illustrated)*. Quintessence Pub.

Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., y Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*, 38. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.07.001>

Curtis, A. R., Palin, W. M., Fleming, G. J. P., Shortall, A. C. C., y Marquis, P. M. (2009). The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: the impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. *Dental materials*, 25(2), 188–197. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2008.06.003>

Da Veiga, A. M. A., Cunha, A. C., Ferreira, D. M. T. P., y cols (2016). Longevity of direct and indirect resin composite restorations in permanent posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 54, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2016.08.003>

Dalmolin, A., Perez, B. G., Gaidarji, B., Ruiz-López, J., Lehr, R. M., y cols (2021). Masking ability of bleach-shade resin composites using the multilayering technique. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 33(5), 807–814. <https://doi.org/10.1111/JERD.12740>

Demarco, F. F., Collares, K., Coelho-De-Souza, F. H., Correa, M. B., Cenci, M. S., y cols (2015). Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dental materials*, 31(10), 1214–1224. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2015.07.005>

Ferracane, J. L. (1995). Current trends in dental composites. *Critical reviews in oral biology and medicine*, 6(4), 302–318. <https://doi.org/10.1177/10454411950060040301>

Gómez, C. (2013). Estudio in vitro sobre la estabilidad cromática de las resinas compuestas dentales. Obtenido de <https://gedos.usal.es/handle/10366/123184>

Hahnel, S., Henrich, A., Bürgers, R., Handel, G., y Rosentritt, M. (2010). Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Operative dentistry*, 35(4), 412–419. <https://doi.org/10.2341/09-337-L>

Hattab, F. N., Qudeimat, M. A., y Al-Rimawi, H. S. (1999). Dental discoloration: an overview. *Journal of esthetic dentistry*, 11(6), 291–310. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.1999.TB00413.X>

Hervás García, A., Martínez Lozano, M. A., Cabanes Vila, J., Barjau Escribano, A., y Fos Galve, P. (2006). Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Medicina oral patología oral y cirugía bucal (internet)*, 11(2). https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023

Hunt RWG. *Measuring colour*, 3rd Edition. Fountain Press Ltd; 1998.

Ilie, N., y Hickel, R. (2009a). Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clinical oral investigations*, 13(4), 427–438. <https://doi.org/10.1007/S00784-009-0258-4>

Ilie, N., y Hickel, R. (2009b). Macro-, micro- and nano-mechanical investigations on silorane and methacrylate-based composites. *Dental materials*, 25(6), 810–819. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2009.02.005>

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. (2004). CIE 15: Technical Report: Colorimetry, 3rd Edition (Vol. 552). Commission Internationale de l'Eclairage.

Joiner, A. (2004). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(SUPPL.), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>

Joiner, A., y Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of dentistry*, 67S, S3–S10. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2017.09.006>

Kalachandra, S. (1989). Influence of fillers on the water sorption of composites. *Dental materials*, 5(4), 283–288. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(89\)90077-8](https://doi.org/10.1016/0109-5641(89)90077-8)

Kamishima, N., Ikeda, T., y Sano, H. (2005). Effect of enamel shades on color of layered resin composites. *Dental materials journal*, 25(1), 26–31. <https://doi.org/10.4012/DMJ.25.26>

Khashayar, G., Dozic, A., Kleverlaan, C. J., Feilzer, A. J., y Roeters, J. (2014). The influence of varying layer thicknesses on the color predictability of two different composite layering concepts. *Dental materials*, 30(5), 493–498.

<https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2014.02.002>

Kim, S. J., Son, H. H., Cho, B. H., Lee, I. B., y Um, C. M. (2009). Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. *Journal of dentistry*, 37(2), 102–107. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2008.10.002>

Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., y Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*, 101(3), 193–199. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60028-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60028-7)

Kwon, S. R. (2011). Whitening the single discolored tooth. *Dental clinics of North America*, 55(2), 229–239. <https://doi.org/10.1016/J.CDEN.2011.01.001>

Lago, M., Mozzaquatro, L. R., Rodrigues, C., Kaizer, M. R., Mallmann, A. y cols (2017). Influence of Bleaching Agents on Color and Translucency of Aged Resin Composites. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 29(5), 368–377. <https://doi.org/10.1111/JERD.12261>

Lee, Y.-K. (2015). Translucency of human teeth and dental restorative materials and its clinical relevance. *Journal of Biomedical Optics*, 20(4), 045002.

Lee, Y. K., Lim, B. S., y Kim, C. W. (2005). Difference in the colour and colour change of dental resin composites by the background. *Journal of oral rehabilitation*, 32(3), 227–233. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2842.2004.01402.X>

Lee, Y.-K., y Powers, J. M. (2006). Influence of opalescence and fluorescence properties on the light transmittance of resin composite as a function of wavelength. *American journal of dentistry*.

Lissner, I., y Urban, P. (2010). Upgrading color-difference formulas. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision*, 27(7), 1620. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.27.001620>

Maule, J., Skelton, A. E., y Franklin, A. (2023). The Development of Color Perception and Cognition. *Annual review of psychology*, 74, 87–111. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PSYCH-032720-040512>

Migliau, G., Besharat, L., Sofan, A., Sofan, E., y Romeo, U. (2016). Endo-restorative treatment of a severely discolored upper incisor: resolution of the “aesthetic” problem through Componeer veneering System. *Annali di stomatologia*, 6(3–4). <https://doi.org/10.11138/ADS/2015.6.3.113>

Miotti, L. L., Santos, I. S., Nicoloso, G. F., Pozzobon, R. T., Susin, A. H., y cols (2017). The Use of Resin Composite Layering Technique to Mask Discolored Background: A CIELAB/CIEDE2000 Analysis. *Operative dentistry*, 42(2), 165–174. <https://doi.org/10.2341/15-368-L>

Mitra, S. B., Wu, D., y Holmes, B. N. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *Journal of the American Dental Association* (1939), 134(10), 1382–1390. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.2003.0054>

Morley, J. (1997). The esthetics of anterior tooth aging. *Current opinion in cosmetic dentistry*, 4:35-9.

Mortazavi, H., Baharvand, M., y Khodadoustan, A. (2014). Colors in tooth discoloration: A new classification and literature review. *International Journal of Clinical Dentistry*.

Munsell, A. H. (1905). *A Color Notation* (2nd ed.). Geo. H. Ellis Co.

Naeimi Akbar, H., Moharamzadeh, K., Wood, D. J., y Van Noort, R. (2012). Relationship between Color and Translucency of Multishaded Dental Composite Resins. *International Journal of Dentistry*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/708032>

Navajas Rodríguez de Mondelo, J. M., Lucena Martín, C., Navajas Nieto, C., y Pulgar Encinas, R. M. (2008). Particularidades ópticas y morfológicas de los dientes que les confieren individualidad. *REDOE*. <https://redoe.wordpress.com/2008/11/18/particularidades-opticas-y-morfologicas-de-los-dientes-que-les-confieren-individualidad-i/>

O'Brien, W. J., Hemmendinger, H., Boenke, K. M., Linger, J. B., y Groh, C. L. (1997). Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 13(3), 179–185. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(97\)80121-2](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(97)80121-2)

Olms, C., y Setz, J. M. (2013). The repeatability of digital shade measurement--a clinical study. *Clinical oral investigations*, 17(4), 1161–1166. <https://doi.org/10.1007/S00784-012-0796-Z>

Ota, M., Ando, S., Endo, H., Ogura, Y., Miyazaki, M. y cols. (2012). Influence of refractive index on optical parameters of experimental resin composites. *Acta*

Odontologica Scandinavica, 70(5), 362–367.

Paravina, R. D., Ghinea, R., Herrera, L. J., Bona, A. D., Igiel, y cols (2015). Color difference thresholds in dentistry. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry* 27 Suppl 1(S1), S1–S9. <https://doi.org/10.1111/JERD.12149>

Paravina, R. D., Pérez, M. M., y 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. <https://doi.org/10.1111/JERD.12465>

Paravina, R. D., y Powers, J. M. (2004). Esthetic Color Training in Dentistry, *Open Journal of Stomatology*, Vol.5 No.2

Paul, S., Peter, A., Pietrobon, N., y Hämmerle, C. H. F. (2002). Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of dental research*, 81(8), 578–582. <https://doi.org/10.1177/154405910208100815>

Pecho, O. E., Ghinea, R., Alessandretti, R., Pérez, M. M., y Della Bona, A. (2016). Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental materials*, 32(1), 82–92. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2015.10.015>

Perez, B. G., Miotti, L. L., Susin, A. H., y Durand, L. B. (2019). The Use of Composite Layering Technique to Mask a Discolored Background: Color Analysis of Masking Ability After Aging-Part II. *Operative dentistry*, 44(5), 488–498. <https://doi.org/10.2341/18-016-L>

Perez, B. G., Pérez, M. M., Ruiz-López, J., Gaidarji, B., y Durand, L. B. (2023). Effect of layering strategy and prolonged water aging on masking ability of composite resins. *The Journal of prosthetic dentistry*, 130(5), 745.e1-745.e8. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2023.08.031>

Pérez, M. M., Della Bona, A., Carrillo-Pérez, F., Dúdea, D., Pecho, O. E. y cols (2020). Does background color influence visual thresholds? *Journal of dentistry*, 102. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2020.103475>

Peumans, M., & Tapia Guadix, J. (n.d.). Essentia® de GC. http://gclatinamerica.com/assets/doctos/descargas/120/MAN_Essentia_Clinical_Guide_es.pdf. (Consultado el 7 de julio, 2022)

Plotino, G., Buono, L., Grande, N. M., Pameijer, C. H., y Somma, F. (2008). Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *Journal of endodontics*, 34(4), 394–407. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2007.12.020>

Rodriguez G, Douglas R, Pereira S, y Natalie A. (2008). Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontológica Venezolana*, 46(3), 381–392. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000300026&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Sabatini, C., Campillo, M., y Aref, J. (2012). Color stability of ten resin-based restorative materials. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 24(3), 185–199. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2011.00442.X>

Sardenberg, F., Oliveira, A. C., Paiva, S. M., Auad, S. M., y Vale, M. P. (2011). Validity and reliability of the Brazilian version of the psychosocial impact of dental aesthetics questionnaire. *European journal of orthodontics*, 33(3), 270–275. <https://doi.org/10.1093/EJO/CJQ066>

Schmeling, M., De Andrada, M. A. C., Maia, H. P., y De Araújo, E. M. (2012). Translucency of value resin composites used to replace enamel in stratified composite restoration techniques. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 24(1), 53–58. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2011.00419.X>

Shillingburg Jr, H. T., y Grace, C. S. (1973). Thickness of enamel and dentin . *Journal - Southern California Dental Association*.41(1):33

Smith, T., y Guild, J. (1931). The C.I.E. colorimetric standards and their use. *Transactions of the Optical Society*, 33(3), 73. <https://doi.org/10.1088/1475-4878/33/3/301>

Souza, L. S., Donato, T. R., Cerqueira, G. A., Cavalcanti, A. N., y Mathias, P. (2021). Color stability of an artificially aged nanofilled composite resin post-cured with different techniques. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 15(1), 53–58. <https://doi.org/10.34172/JODDD.2021.010>

Sulaiman, T. A., Rodgers, B., Suliman, A. A., y Johnston, W. M. (2021). Color and translucency stability of contemporary resin-based restorative materials. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 33(6), 899–905. <https://doi.org/10.1111/JERD.12640>

Ten Bosch, J. J., y Coops, J. C. (1995). Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *Journal of dental research*, 74(1), 374–380. <https://doi.org/10.1177/00220345950740011401>

Tin-Oo, M. M., Saddki, N., y Hassan, N. (2011). Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC oral health*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6831-11-6>

Uchimura, J. Y. T., Sato, F., Bianchi, G., Baesso, M. L., Santana, R. G., y cols. (2014). Color stability over time of three resin-based restorative materials stored dry and in artificial saliva. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 26(4), 279–287. <https://doi.org/10.1111/JERD.12106>

Valdivieso, J., Arias, R., Corral, C., Fernández, E., Estay y cols. (2016). Influencia del grosor de una resina compuesta para técnica estratificada, en la expresión de su color final. *Revista dental de Chile*.

Valizadeh, S., Asiaie, Z., Kiomarsi, N., y Kharazifard, M. J. (2020). Color stability of self-adhering composite resins in different solutions. *Dental and medical problems*, 57(1), 31–38. <https://doi.org/10.17219/DMP/114099>

Vanini, L. (1996). Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* .673-82

Vichi, A., Ferrari, M., y Davidson, C. L. (2004). Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*, 20(6), 530–534. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2002.11.001>

Villarroel, M., Fahl, N., De Sousa, A. M., y De Oliveira, O. B. (2011). Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 23(2), 73–87. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2010.00392.X>

Wang, Y., Zhu, M., y Zhu, X. X. (2021). Functional fillers for dental resin composites. *Acta biomaterialia*, 122, 50–65. <https://doi.org/10.1016/J.ACTBIO.2020.12.001>

Winter, R. (1993). Visualizing the natural dentition. *Journal of esthetic dentistry*.; 5(3):102-17.

X-Rite Incorporated (2016). A Guide to Understanding Color. https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/l10-01_a_guide_to_understanding_color_communication/l10-01_understand_color_en.pdf 2016
(Consultado el 3 de abril, 2024)

Yap, A. U. (1998). Color attributes and accuracy of Vita-based manufacturers' shade guides. *Operative Dentistry*, 23, 266.

Young, H. D., y Freedman, R. A. (2009). *Fisica Universitaria con Fisica Moderna* (Vol. 2). 36, 1234