

Nº MRC
62384

C516E
2011



**Universidad
de Valparaíso
Chile**

Escuela de Odontología

**EFICACIA IN VITRO DEL SISTEMA ONRIS PARA LA SELECCIÓN
INSTRUMENTAL DEL COLOR EN RESTAURACIONES ESTÉTICAS**

Trabajo de Investigación
Requisito para Optar al
Título de Cirujano - Dentista

Alumnas: Karima Chelech Chacur
Romina Del Real Saldaña

Docente Guía: Prof. Dr. Jaime Sarmiento Cornejo
Cátedra de Operatoria Dental

Valparaíso - Chile
2011

Es difícil asimilar que ha llegado el momento de culminar nuestra investigación, cuando existe la sensación de que ayer hubiese comenzado este proceso, en el que nuestro tema a analizar era muy lejano a lo que hoy finalizamos.

Todo lo que he logrado no sería posible sin el apoyo incondicional de mi familia, que me dio la fuerza necesaria en los momentos más difíciles; ESTO VA DEDICADO A USTEDES.

Además, no puedo dejar de nombrar a mis grandes amigos, por su compañía permanente y consejos acertados en los momentos precisos.

Gracias a todos ustedes por dar lo mejor de cada uno, para cumplir uno de mis grandes sueños.

ROMINA

DEDICATORIA

*A ti mamita por tu apoyo
incondicional, por ser el pilar de mi vida.*

Te amo!

*A mis 3 angelitos, donde quieran que estén,
gracias por nunca dejarme solita.*

KARIMA

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro profesor guía, Dr. Jaime Sarmiento y nuestra profesora informante Dra. Claudia Sánchez por brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia, en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la concreción de este trabajo.

Al Dr. Jorge Godoy, por sus valiosas sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo de este trabajo.

Así mismo, agradecemos la excelente disposición de los Doctores Rodrigo Rubio y Felipe Vidal para facilitarnos el instrumento ONRIS y toda la información requerida para realizar la investigación.

A Markito por soportar a estos dos "cachitos" como nos decías, por los mil y un paper que nos ayudaste a buscar.

A nuestros queridos Huberto (Trufito) y Rifa por el apoyo incondicional y por sacrificar tiempo y quedarse más tarde de los que les correspondía, solo para facilitarnos el trabajo.

Ruthi, Maciel, Cheryl y Roxana, por su buena disposición y ayuda desinteresada en todo momento.

Jaque, no podemos dejar de agradecerte todos los favores que nos hiciste. Eres el motor de esta facultad.

Dentsply por facilitarnos el instrumento Shadeplot.

En general quisiéramos agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido con nosotras la realización de esta tesis. No necesitamos nombrar a cada uno, porque tanto ellos como nosotras sabemos que desde los más profundo de nuestros corazones les agradecemos el habernos brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

De no ser por Uds., la tarea hubiese sido aun más complicada, solo nos queda decir ¡gracias totales!

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO	
1. Estética en odontología	2
2. Materiales estéticos	3
2.1 Resinas Compuestas	3
2.1.1 Composición	4
2.1.2 Clasificación	5
3. Luz	6
3.1 Comportamientos ópticos de la luz	7
3.1.1 Reflexión	7
3.1.2 Difracción	8
3.1.3 Refracción	9
3.1.4 Transmisión	10
3.1.5 Dispersión	10
3.1.6 Absorción	11
3.1.7 Opalescencia	11
3.1.8 Fluorescencia	12
3.2 Fuentes de iluminación estándar	12
4. Color	13
4.1 Propiedades del color	13
4.2 Métodos de medición del color	14
5. Selección del color	16
5.1 Selección del color convencional.....	16
5.1.1 Visión	16
5.1.2 Factores que influyen en la selección del color convencional.....	17
5.1.3 Guías de colores	19
5.2 Selección del color instrumental	22
5.2.1 Colorímetros	23
5.2.2 ONRIS	24

HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....	26
MATERIALES Y MÉTODO.....	29
RESULTADOS	41
DISCUSIÓN.....	50
CONCLUSIONES	52
RESUMEN.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

INTRODUCCIÓN

La constante búsqueda de la naturalidad mimética, junto con la evolución continuada de los biomateriales y equipamiento, garantiza, cada vez más, al clínico y al paciente la oportunidad para alcanzar resultados funcionales y estéticos a largo plazo.

Sin embargo, aún hoy, en clínica, imitar a la naturaleza, sigue siendo un problema, por su componente subjetivo y multifactorial, que incluye las variantes de tonalidades, saturación, brillo, translucidez y espesores de las estructuras a reponer con productos de naturaleza totalmente distinta a los tejidos naturales.

Por ende, la elección del color es uno de los procedimientos más complicados de analizar, ya que por las características de las estructuras que componen el diente y la propia percepción del operador convierten esta labor en un verdadero desafío.

Para la evaluación del color en Odontología se emplean tanto sistemas de medición subjetivos (guías de color, mapas cromáticos, registros fotográficos), como objetivos (colorímetros dentales). Entre los principales problemas asociados con los métodos psicofísicos cabe destacar la valoración subjetiva del observador, la repercusión que supone el entorno de la clínica y las fuentes de iluminación empleadas, el espectro de color de los dientes que no coincide con el recogido en las guías de color, y la influencia del tipo de película y del revelado sobre el color final de las imágenes fotográficas convencionales. Los colorímetros dentales intentan superar las dificultades planteadas por los sistemas de registro subjetivos o por comparación del color empleados hasta la fecha y permiten obtener unos registros más objetivos que no se vean influenciados por los factores anteriormente enumerados.

Dada la gran subjetividad que domina durante todo el proceso de toma de color, en la clínica en los últimos tiempos están apareciendo en el mercado una serie de instrumentos electrónicos destinados a facilitar y objetivar el proceso de selección de color, de tal manera que el clínico sólo precisa utilizar estos aparatos para que le señalen el color del diente, de una manera más precisa, fiable y repetible.

Por esto el objetivo de esta tesis es evaluar la eficacia de un sistema digital que es capaz de seleccionar el material para restaurar, y además el espesor de éste, denominado ONRIS, el cual se encuentra en un período de evaluación previo a su salida al mercado.

MARCO TEORICO

1. ESTÉTICA EN ODONTOLOGÍA

La estética varía de acuerdo con la época y la región en la cual las personas viven. El rostro es un segmento muy importante en la estética de un individuo y los dientes anterosuperiores a su vez, asumen un papel fundamental en la estética del rostro (Baratieri, 1998).

Pilkington, en 1936, definió la estética dental como “la ciencia de copiar o armonizar nuestro trabajo con la naturaleza, volviendo nuestro arte inaparente” (Baratieri, 1998).

Yamamoto sugiere entrenar los ojos para observar los dientes naturales y adiestrar las manos para que ellas expresen aquello que los ojos no ven (Baratieri, 1998).

a) Factores relacionados al diente a ser restaurado (Baratieri, 1998):

- Tamaño
- Forma
- Color
- Textura de superficie
- Área plana (forma, tamaño, localización)
- Surcos y crestas de desarrollo

b) Factores relacionados con los dientes vecinos (Baratieri, 1998):

- Proporcionalidad
- Equilibrio
- Alineamiento
- Relación de contacto (forma, tamaño y localización)
- Espacios interproximales

c) Factores genéricos (Baratieri, 1998):

- Forma y espesor de labios
- Línea de la sonrisa
- Relación de la línea media de los dientes con la línea media de la cara y de los labios

Dentro de estos parámetros los más relevantes y los que se consideraran para este estudio serán los siguientes:

1.a Tamaño: Está relacionado con las dimensiones del cráneo, es decir, se espera ver dientes largos y estrechos en los pacientes dolicocefálicos y por el contrario, se espera que una persona con la cara ancha y redonda tenga los dientes más anchos y menos angulados (Baratieri, 1998).

1.b Forma: Se pueden clasificar en tres categorías: cuadrada, triangular, ovalada. Generalmente la forma de los dientes tiene relación con la morfología facial, a su vez, los dientes naturales y su disposición en la arcada dental son la mayor fuente de información para realizar una restauración anterior (Baratieri, 1998).

1.c Textura de superficie: Los dientes naturales en niños y jóvenes presentan una caracterización en su superficie, mientras que en los adultos y ancianos generalmente tienden a presentar una superficie lisa, debido a la erosión superficial del esmalte, lo que no significa que un adulto no pueda presentar dientes con características de dientes jóvenes. La superficie de los dientes dispersa la luz y la refleja en muchas direcciones (Baratieri, 1998).

1.d Color: La sensación que llamamos color sería la correspondiente a la longitud de onda de la radiación lumínica que alcanza al ojo, si ésta corresponde con la de un color del arco iris veremos dicho color, si contiene las longitudes de onda combinadas de dos colores percibimos un color nuevo, compuesto por ambas, y cuando las contiene todas vemos el color resultante como blanco, el color negro sería la ausencia de radiación visible (Moscardó, 2006).

Los colores se clasifican en primarios, secundarios y terciarios, siendo los primarios aquellos que no se pueden obtener mediante la mezcla de otros colores. Los colores secundarios se obtienen de la combinación en partes iguales de dos colores primarios y finalmente el color terciario corresponde a la mezcla en partes iguales de un tono primario y un secundario adyacente (Henostroza, 2006).

2. MATERIALES ESTETICOS

Dentro de los materiales de restauración estéticos en odontología actualmente los más utilizados son las cerámicas y las resinas compuestas, siendo estas últimas las que se usarán en esta investigación.

2.1 Resinas compuestas

Durante la primera mitad del siglo XX, los únicos materiales que tenían color del diente y podían ser empleados como materiales de restauración estética eran los silicatos, sin embargo no se usaron en dientes permanentes ya que en pocos años sufrían un desgaste importante. Las resinas acrílicas remplazaron a los silicatos a finales de los años 40' y principio de los años 50', debido a su parecido con el diente, su insolubilidad en los fluidos orales, su facilidad de manipulación y su bajo costo (Phillips, 2004).

2.1.1 Composición

Las resinas compuestas poseen 4 componentes básicos (Chain & Baratieri, 2001):

- Una matriz que corresponde generalmente a una mezcla de monómeros de dimetacrilato alifático y/o aromáticos, como la Bis-GMA, el trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA) y el dimetacrilato de uretano (UDMA), estos son los ingredientes que más se utilizan para formar estructuras de polímero entrecruzado en las resinas compuestas (Phillips, 2004).
- El relleno está constituido por cuarzo o cristales, se produce generalmente por pulverizado o triturado para obtener partículas de un tamaño que oscila entre los 0,1 y 100µm. El propósito principal de las partículas de relleno es reforzar la resina compuesta mejorando sustancialmente las propiedades del material. Es esencial que las partículas de relleno se adhieran a la matriz de resina. Esto permite que el polímero de la matriz, que es más flexible, transfiera las tensiones a las partículas de relleno que presentan un modulo más alto (Phillips, 2004).
- Agente de conexión: Responsable de la adhesión entre las dos fases de la resina compuesta.
Un agente de conexión adecuado mejora las propiedades mecánicas, físicas y evita la filtración de agua a lo largo de la interface resina-relleno, con frecuencia se utilizan los organosilanos, como el γ -metacriloxipropil trimetoxisilano.
La conexión adecuada mediante organosilanos es vital para las propiedades clínicas de los materiales de restauración a base de resinas compuestas (Phillips, 2004).
- Agente iniciador: en los sistemas de activación fotopolimerizables, una luz visible con extensión de onda que varía de 420 a 450 nm excita las canforquinonas u otra diquetona (que son los agentes iniciadores), ocasionando una interacción reactiva con una amina terciaria no aromática.
El resultado inmediato de un sistema iniciador es la formación de un radical libre, que es un compuesto muy reactivo por presentar un electrón sin par. Cuando este radical libre encuentra un monómero resinoso con conexiones dobles de carbono (C=C) forma un par con uno de los electrones de la conexión doble, dejando los demás miembros del par libre igualmente reactivos.
En las resinas compuestas químicamente polimerizadas (autopolimerizables), el peróxido de benzoilo (iniciador) reacciona con la amina terciaria aromática para formar los radicales libres (Chain & Baratieri, 2001).

2.1.2 Clasificación

Hay varias formas de clasificar las resinas compuestas, siendo la más común según el tipo de carga utilizada (Chain & Baratieri, 2001):

a) Según tamaños de partículas

- ✓ Macropartículas de 10 a 100 μm
- ✓ Midipartículas de 1 a 10 μm
- ✓ Minipartículas de 0,1 a 1 μm
- ✓ Micropartículas de 0,01 a 0,1 μm
- ✓ Nanopartículas de 0,001 a 0,008 μm

La combinación de diferentes tamaños de partículas da origen a los que a veces se denominan composites híbridos y a los microhíbridos (Barrancos, 2006).

b) Según mecánica de las resinas compuestas

- ✓ Resinas de micropartículas: Presenta partículas de carga de cerca de 0,04 μm de diámetro y cerca del 50% de concentración por peso. Se caracterizan por ser extremadamente pulidas, vítreas y estéticas, pero con el defecto de ser frágiles y con pequeña resistencia a la fractura (Miyachita & Salazar, 2005).
- ✓ Resinas Híbridas: se caracterizan por tener una mayor cantidad de carga, siendo por lo menos una de ellas la sílice coloidal llegando a una concentración del 70 al 90% por peso. Se comportan mecánicamente con más eficiencia, siendo indicadas para situaciones de estrés oclusal, pero pecan en el requisito de mantener el pulido superficial.

Hoy existe una tendencia a la disminución del tamaño medio de partícula predominante, lo que trae un mejor acabado y pulido; algunas selecciones llaman a esta línea de resinas microhíbridas o de uso universal, pero son básicamente resinas híbridas (Miyachita & Salazar, 2005).

c) Según composición del relleno (Dietschi & Spreafico, 1998):

- Monomodal: cuando solo tiene un tipo de relleno.
 - ✓ Macrorrelleno
 - ✓ Pequeña partícula esferoidal
 - ✓ Microrrelleno homogéneo
 - ✓ Microrrelleno no homogéneo
- Bimodal: cuando tiene más de un tipo de relleno:
 - ✓ Híbrido
 - ✓ Híbrido fino

Actualmente las resinas se dividen en composite de esmalte y composite de dentina. Además la nueva tecnología utilizada en la fabricación de materiales dentales desarrolla la nanotecnología, que dan lugar a las resinas compuestas de nanorrelleno (Dietschi & Spreafico, 1998).

3. LUZ

La luz es una radiación electromagnética. El ojo humano puede ver radiación con longitudes de onda entre 400 y 700 nanómetros (tabla 1). La radiación con longitudes menores de 400 nm se denomina radiación ultravioleta, mientras que la radiación con longitudes de onda mayores de 700 nm se llama radiación infrarroja (Sears et al, 2004).

COLOR	LONGITUD DE ONDA (nm)
Violeta	400-440
Azul	440-480
Verde	480-560
Amarillo	560-590
Naranja	590-630
Rojo	630-700

Tabla 1: Longitudes de onda de la luz visible (Sears et al, 2004)

El intervalo de las longitudes de onda que es visible para el ojo humano se denomina "espectro visible de luz" (figura 1) (Chu, 2004).



Figura 1. Espectro visible de luz (Chu, 2004)

Los objetos reflejan la luz que incide sobre ellos, siendo aquella luz no absorbida, lo que nosotros percibimos como color. Si se hace incidir un rayo de luz blanca, la cual contiene todas las longitudes de onda del espectro visible sobre un prisma, se obtendrá un espectro de colores (figura 2) (Henostroza, 2006).

El índice de refracción difiere ligeramente para distintas longitudes de onda (Henostroza, 2006).



Figura 2. Espectro cromático (Henostroza, 2006)

3.1 Comportamientos ópticos de la luz

La luz se comporta de diferentes formas si actúa en la superficie de un cuerpo o si actúa dentro de un cuerpo.

- **En la superficie de un cuerpo:**

3.1.1 Reflexión

Corresponde a un fenómeno por el cual la superficie de un cuerpo es capaz de cambiar la dirección de un rayo de luz que incide sobre él.

El rayo de luz que llega oblicuamente sobre un objeto recibe el nombre de rayo incidente, que luego de la reflexión pasa a llamarse rayo reflejado.

Los ángulos de incidencia del rayo incidente y el de reflexión del rayo reflejado, se miden con respecto a un trazo llamado la normal, que es una línea que va perpendicularmente a la superficie del objeto.

La reflexión cumple con dos leyes fundamentales:

El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en un mismo plano, perpendicular a una superficie reflectante, llamado plano de reflexión.

El ángulo de reflexión es igual al ángulo incidente.

Un rayo incidente puede ser reflejado por una superficie de dos formas, dependiendo de su lisura superficial. Si la superficie es lisa, los rayos reflejados saldrán con la misma angulación con la cual incidieron en ella y serán paralelos entre sí, recibiendo el nombre de reflexión especular. En cambio, si la superficie es irregular, los rayos reflejados saldrán en todas las direcciones recibiendo el nombre de reflexión dispersa (figura 3) (Steenbecker, 2006).

La mayoría de las superficies producen reflexiones, que son una mezcla de reflejos especulares y dispersos, una de estas es la superficie suave y lisa de un composite bien pulido, pero una superficie rugosa como la de un diente con placa bacteriana muestra solo reflexión difusa, no tiene una superficie brillante (Steenbecker, 2006).

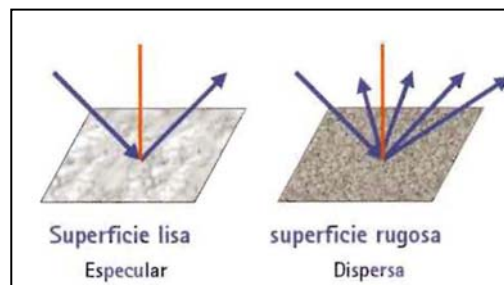


Figura 3. Reflexión Especular y Dispersa. (Steenbecker, 2006)

3.1.2 Difracción

Es la capacidad de los rayos de luz de desviarse cuando se desplazan muy cerca de un borde opaco, debido a la naturaleza ondulatoria de su movimiento. Este fenómeno produce que aristas opacas puedan descomponer la luz en un punto, actuando tal como lo hace un prisma (figura 4) (Steenbecker, 2006).

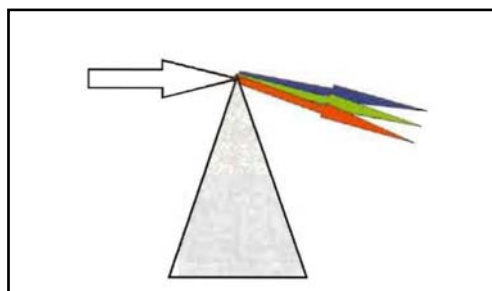


Figura 4. Difracción de la luz (Steenbecker, 2006)

- **En el interior de un cuerpo:**

Refracción

Se denomina refracción cuando un rayo de luz pasa a través de un medio transparente de distinta densidad, por ejemplo del aire al agua cambiando su velocidad y dirección (figura 5). El rayo que incide sobre la superficie de separación de los dos medios se denomina rayo incidente, mientras que el rayo que ha experimentado cambio se denomina rayo refractado (Craig, 1998).

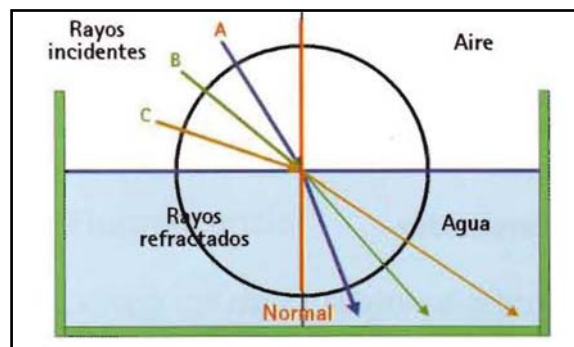


Figura 5. Refracción de la luz (Steenbecker, 2006)

La refracción cumple con dos leyes:

El rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en un mismo plano, llamado plano de refracción.

El cociente entre los senos de los ángulos de incidencia (i) y refracción (r) es constante, y se llama índice de refracción relativo (I_r).

$$I_r : \text{seno } i / \text{seno } r$$

Se llama índice de refracción absoluto, al cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la misma en el medio estudiado.

Cuando los índices de refracción coinciden totalmente, el sólido es transparente, mientras que si existen diferencias importantes el material presenta un aspecto translúcido u opaco (Steenbecker, 2006).

Una de las principales aplicaciones de la refracción es el control del índice de refracción de la matriz y la fase dispersa en materiales como el composite y las porcelanas dentales, que deben tener la misma translucidez que el tejido dental (Craig, 1998).

3.1.4 Transmisión

Es la capacidad de la luz de atravesar un cuerpo transparente y/o translucido.

Según las características de transmisión y absorción los cuerpos pueden ser:

- a) **Transparente:** Un cuerpo es transparente cuando deja pasar la luz por su interior, sin dispersarla, pudiendo variar o no su color. Cuando permite el paso de la luz sin variar su color, por ejemplo un vidrio común, recibe el nombre de transparente acromático. En cambio cuando solo permite el paso de una determinada longitud de onda y absorbe el resto recibe el nombre de transparente cromático (Steenbecker, 2006).
- b) **Translúcido:** Un cuerpo es translucido, cuando deja pasar la luz por su interior, variándole o no su color y dispersándola. Es por eso que no podemos ver nítidamente los objetos y sus formas a través de ellos. En odontología se utilizan algunos materiales translúcidos como la porcelana y el composite (Craig, 1998).

La translucidez también afecta en el resultado estético de las restauraciones, está determinado por la intensidad con que la luz penetra en el diente o en la restauración, antes de ser reflejada hacia el exterior (Baratieri, 1998).

La translucidez es diferente para cada material, porque la luz pasa a través de cada material con diferentes grados de transmisión y refracción, produciendo diferente apariencia clínica en relación al material, en las coronas metal cerámicas este problema es más evidente (Baratieri, 1998).

- c) **Opaco:** Un cuerpo es opaco cuando no transmite la luz que le llega, la cual es reflejada y/o absorbida. Los objetos opacos según su selectividad a la absorción o reflexión de la luz incidente pueden ser (Castro, 1999):
 - ✓ Blancos: cuando reflejan, con absorción nula, todas las radiaciones del espectro visible.
 - ✓ Negros: cuando absorben todas las radiaciones recibidas, sin transmitir ni reflejar ninguna.
 - ✓ Grises: reflejan y/o absorben parcialmente.
 - ✓ Coloreados: reflejan de forma diferente las radiaciones en función de su longitud de onda; son reflejadas las longitudes de onda de su propio color y absorbidas todas las demás.

3.1.5 Dispersión de la luz

Es la propiedad mediante la cual el índice de refracción de un haz de luz varía dentro de un cuerpo translucido, por ejemplo el esmalte dentario, modificando sus patrones rectos y dispersando la luz dentro de él haciéndose difusa (figura 6) (Steenbecker, 2006).

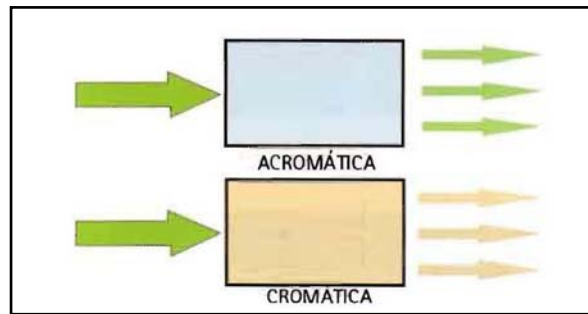


Figura 6. Dispersión de la luz (Steenbecker, 2006)

3.1.6 Absorción de la luz

Fenómeno mediante el cual un cuerpo absorbe los haces lumínicos que inciden sobre su superficie, transformándose la energía lumínica en calor en su interior (figura 7).



Figura 7. Absorción de la luz de un cuerpo opaco. (Steenbecker, 2006)

3.1.7 Opalescencia

Cuando la luz se desplaza dentro de una estructura como el esmalte natural y encuentra un obstáculo con menor longitud de onda como los cristales de hidroxiapatita, se dispersan los rayos de luz de baja longitud de onda produciéndose tonos azulados (Henostroza, 2006).

Si la fuente de luz está situada por detrás o lateralmente, como en la transiluminación, cambia a una tonalidad rojo amarillenta, debido a que filtra la luz permitiendo únicamente la transmisión de luz de mayor longitud.

Esta característica se intenta imitar con materiales como las resinas compuestas las cuales presentan partículas opalescentes estables, por lo que es más sencillo obtener este efecto (Henostroza, 2006).

3.1.8 Fluorescencia

Es la capacidad que tienen algunos materiales, por ejemplo el esmalte de transformar rayos ultravioletas que son invisibles al ojo humano, en rayos de onda mayor a 400 nm dentro de la banda del color azul del espectro visible, lo cual los hace visibles manteniéndose hasta que termina la estimulación lumínica (figura 8) (Steenbecker, 2006).



Figura 8. Fluorescencia.
(Steenbecker, 2006)

La percepción del color y sus propiedades varían si el objeto se observa a través de un elemento transparente, translucido con o sin opalescencia o fluorescencia.

Las superficies con distintos grados de textura y pulido también generan diferencias en la apreciación del color (Henostroza, 2006).

3.2 Fuentes de iluminación estándar (Comisión Internacional sobre iluminación, CIE)

La reflexión de la luz varía según la fuente de iluminación y la intensidad de la luz recibida lo que hace que la vista perciba el color en forma diferente dependiendo de la fuente que lo ilumina (figura 9)



Figura 9. Efectos de iluminación.
(Steenbecker, 2006)

Las fuentes de iluminación se caracterizan por su temperatura del color que se define como la temperatura en la cual un cuerpo negro por sobre los 500° Kelvin, comienza a emitir luz.

La CIE define varios patrones de iluminantes imaginarios para su aplicación en colorimetría (figura 10):

Iluminante A: Con temperatura de color de 2856°K. Su distribución energética espectral es similar a la de una lámpara de tungsteno de 100W (Luz Incandescente)

Iluminante B: Con una temperatura de color de 4800°K. Su distribución energética espectral es semejante a la luz del día a medio día.

Iluminante C: Con una temperatura de color de 6800°K. Su distribución energética espectral es semejante a la media de luz día.

Iluminante D65: Con una temperatura de color de 6500°K. Su distribución energética espectral es semejante a la luz media de un día despejado.

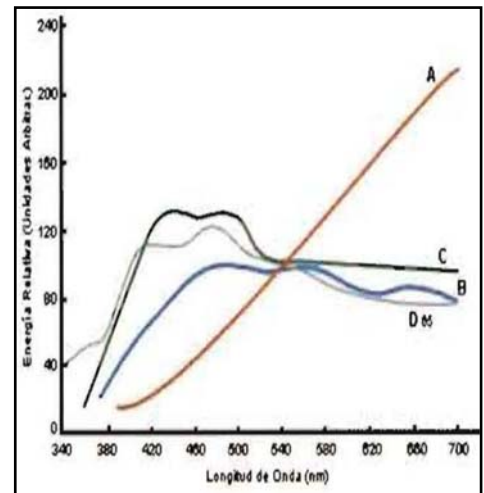


Figura 10. Gráfico de distribución de los iluminantes patrón. (Steenbecker, 2006)

4. COLOR

El color es un fenómeno combinado, físico, sensorial y psicológico, producido por una compleja interacción entre la luz, la forma del objeto, las células sensibles de la retina y la subjetividad del individuo.

4.1 Propiedades del color

Munsell ha dividido el color en tres dimensiones: matiz, valor y croma, dándole así su cualidad tridimensional (Gonçalves, 2009).

- a) *Matiz o tono* es el color dominante del objeto, se refiere a las longitudes de onda dominantes en la distribución espectral (Phillips, 2004). Ellos son el rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. El rojo, el verde y el azul son tonos absolutos, los mismos que no se obtienen por combinación de luces de otros matices que no sean los propios, pero que combinados adecuadamente reproducen todos los tonos de la naturaleza (Henostroza, 2006).

b) *Croma* es el grado de saturación del matiz, cuanto mayor sea la intensidad cromática, el color será más intenso (Phillips, 2004). También se define como la cantidad de gris que contiene un color. Mas gris en proporción menos saturado es el croma (Henostroza, 2006).

c) *Valor* se define como el brillo del color, determinando la luminosidad (Baratieri, 1998). Mientras más alto sea el valor, más blanco será el objeto (Phillips, 2004). El blanco es el color de mayor valor, el negro es el opuesto y entre ambos existe una gama de gris. Mientras más gris es un color menos será su valor (Henostroza, 2006).

A estas tres dimensiones, y dentro del terreno dental, se añade una cuarta, la translucidez, que en realidad hace referencia a todas las características cromáticas que personalizan al diente al margen del color promedio del mismo, y que son fundamentales a la hora de reproducir el color de un diente (Pascual & Camps, 2006).

4.2 Métodos de medición del color

a) Sistema Munsell

Existe un sistema de color diseñado por Albert H Munsell (figura 11), quien fue el primero en separar perceptualmente dimensiones uniformes e independientes de matiz, valor y croma, y fue el primero en ilustrar de forma sistemática los colores en el espacio tridimensional (Kuehni, 2002).

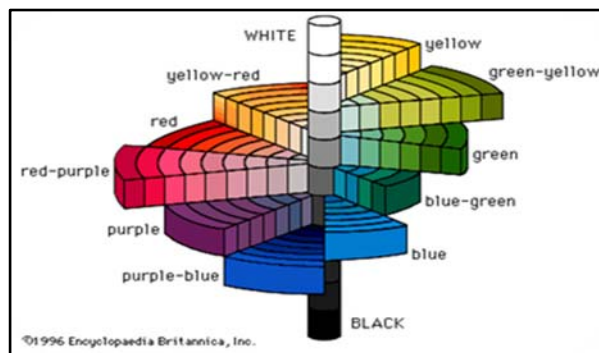


Figura 11. Sistema Munsell
(Henostroza, 2006)

En este sistema el valor está representado sobre un eje vertical dividido en nueve, correspondiendo el extremo inferior al negro y el superior al blanco.

Desde cada uno de ellos parten horizontalmente ejes radiales con tonos o matices con la mezcla de gris correspondiente a ese nivel producto de la mezcla de negro y blanco, en una proporción específica.

Esta horizontal alcanza en su parte más externa el tono más intenso sin ningún gris, correspondiendo al matiz puro. A este tono se denomina patrón, a partir del cual por comparación se define a un tono como claro u oscuro. Se puede observar que puede variar el croma sin alterar el valor (Henostroza, 2006).

Además se pueden ocupar modificadores de color o tintes para dar más realismo al caracterizar la restauración (Baratieri, 1998).

b) Sistema CIELab

En 1976 la "Commission internationale d Eclairage" establece una representación espacial del color.

En este sistema, el espacio del color se compone de tres coordenadas L^* , a^* b^* .

L^* se refiere a la coordenada de luminosidad (valor), y sus rangos de valores de 0 para el negro perfecto a 100 para el blanco perfecto (Uchida et al., 1998).

a^* corresponde a la coordenada de cromaticidad para rojo y verde. Un valor positivo para a^* reflejan la gama de colores rojo y negativo los valores indican el rango de color verde.

b^* son las coordenadas de cromaticidad de amarillo y azul. Un valor positivo para b^* indican el rango de color amarillo mientras que los valores negativos indican el rango de color azul (figura 12) (Uchida et al., 1998).

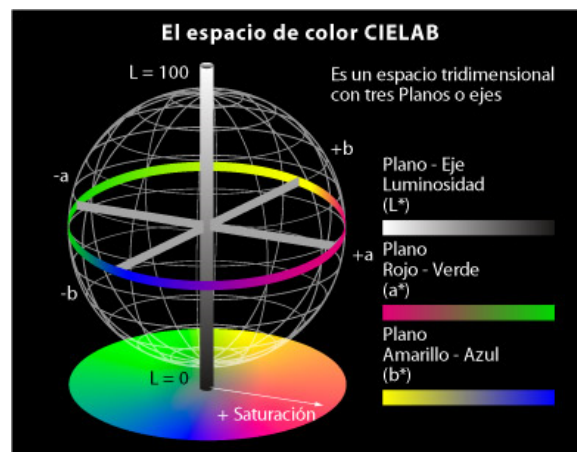


Figura 12. Espacio del color CIELab (Henostroza, 2006).

Las diferencias en las coordenadas de luminosidad y en cromaticidad (ΔL^* , Δa^* , Δb^*), determina el resultado de la exposición a las luz UV y el cambio de color mediante la siguiente relación (Russell M. et al, 2000):

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

Diferencias de color de hasta 2 unidades de ΔE (que muestra los cambios de color) no pueden ser diferenciados por el ojo humano, y variaciones de color en este rango es aceptado como clínicamente aceptable de acuerdo con la ADA (Cal et al., 2006).

Se considera un $\Delta E = 0 - 2$ como imperceptible, un $\Delta E = 2 - 3$, apenas perceptible, un $\Delta E = 3-8$ como moderadamente perceptible, y un $\Delta E > 8$, notablemente perceptible (Gross & Moser, 1977).

5. SELECCIÓN DEL COLOR

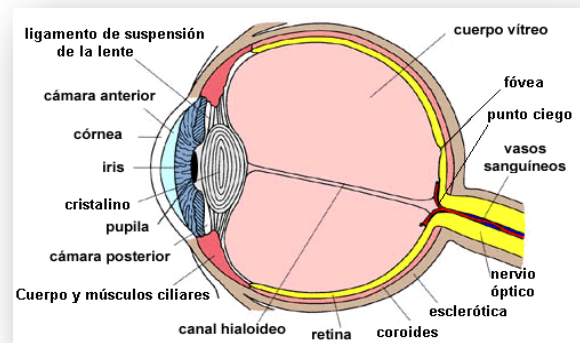
5.1 Selección del color convencional

Tradicionalmente, la selección del color se realiza mediante comparación visual de un diente con las guías de colores (Preston, 1985).

5.1.1 Visión

Aunque el ojo es denominado a menudo el órgano de la visión, en realidad, el órgano que efectúa el proceso de la visión es el cerebro; la función del ojo es traducir las vibraciones electromagnéticas de la luz en un determinado tipo de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro. Los ojos son órganos sensoriales complejos, los cuales dentro de su cubierta protectora, tienen una capa de receptores, un sistema de lentes que enfoca la luz en estos receptores y un sistema de nervios que conduce los impulsos a los receptores del cerebro (Ganong, 2006).

El ojo humano (figura 1) es un sistema óptico formado por un dioptrio esférico y una lente, que reciben, respectivamente, el nombre de córnea y cristalino, y que son capaces de formar una imagen de los objetos sobre la superficie interna del ojo, en una zona denominada retina, que es sensible a la luz.



La retina se extiende sobre un epitelio pigmentado que contiene melanina, que es un pigmento negro que absorbe la luz no captada por los fotorreceptores, evitando así la reflexión sobre sí misma nuevamente (Henostroza, 2006).

Figura 13. Esquema ojo humano (Ganong, 2006).

Los fotorreceptores están en contacto directo con el epitelio pigmentado y sobre ellos se encuentra una capa de células retinianas amielínicas; excepto en una zona llamada fovea, en la cual se hallan desplazadas hacia los lados a fin de evitar todo tipo de distorsión. Esta es la razón por la cual constantemente movemos los ojos, tratando de que las cosas de mayor interés se proyecten en esa zona (Henostroza, 2006).

En la retina existen millones de células especializadas en detectar las longitudes de onda procedentes de nuestro entorno. Estos fotorreceptores se denominan conos y bastones, los cuales, recogen las diferentes partes del espectro de luz solar y las transforman en impulsos eléctricos, que son enviados luego al cerebro a través de los nervios ópticos, siendo éste el encargado de crear la sensación del color.

Los bastones se concentran en zonas alejadas de la fovea y son los responsables de la visión en blanco y negro, son aproximadamente 100 millones y no son sensibles al color. Estos fotorreceptores son extremadamente sensibles a la luz, actúan en la visión con luz tenue, penumbra y oscuridad. Son tan sensible a la luz que un solo fotón puede estimularlos a diferencia de los conos, los cuales requieren centenares (Henostroza, 2006).

Los conos son aproximadamente 6 millones y se concentran en una zona cercana al centro de la retina llamada fovea. Son los responsables de la visión del color y se cree que hay tres tipos de conos, sensibles a los colores rojo, verde y azul (Ganong, 2006).

La teoría de Young-Helmholtz de la visión del color en los humanos postula la existencia de tres tipos de conos, cada uno con un fotopigmento diferente y una sensibilidad máxima a uno de los tres colores primarios, por lo que la sensación de cualquier color determinado depende de la frecuencia relativa de los impulsos de cada uno de estos sistemas de conos. Se identificó y caracterizó químicamente a cada uno de los tres pigmentos, uno sensible al azul (de onda corta), otro pigmento sensible al verde (de onda media), y por último uno sensible al rojo (de onda larga) (Ganong, 2006).

5.1.2 Factores que influyen en la selección del color convencional

a) Factores relacionados con el objeto

- Depende principalmente de la forma, el tamaño y la posición del diente en la arcada (Da Silva et al, 2008).
- El diente natural es policromático: compuesto por estructuras como la dentina, el esmalte y la pulpa, cada uno de ellos con propiedades ópticas diferentes. La característica policromática del diente está relacionada principalmente al color de la dentina y el espesor del esmalte (Baratieri, 1998).

- La estructura semi-transparente del diente hace que el procedimiento de igualación de color sea más compleja en comparación con un objeto opaco (Cal et al, 2006).
- Características de la superficie, como el brillo, la curvatura y la textura afectan el grado de difusión de la luz al golpear con un objeto en particular (Cal et al, 2006).

b) Factores relacionados con entorno

- Fuente de luz:

Diferentes fuentes de luz producen distinta distribución de energía de la luz que alteran la percepción del color de un observador (Da Silva J et al, 2008).

Diferentes condiciones de iluminación pueden tener consecuencia en la percepción de los colores. Las fuentes de luz pueden ser un factor crítico en la selección del color, teniendo en cuenta las propiedades ópticas del diente natural (Da Silva J et al, 2008).

Una restauración tendrá un matiz diferente según el tipo y la intensidad de luz que la ilumine, este fenómeno se denomina metamerismo y complica la selección del color (Barrancos, 2006).

La luz ideal es la luz de día en las horas próximas al mediodía, cuando la temperatura de la luz es de alrededor de 5500°K y contiene un porcentaje equilibrado de los matices fundamentales que producen una luz blanca pura. El cielo azul por su parte tiene un porcentaje elevado de azul y ultravioleta y su temperatura de color puede ser de 7000°K cuanto menor sea la temperatura de la luz, mas rojo parecerá el objeto iluminado y cuanto más elevada sea, más se acercara al azul (Barrancos, 2006).

La lámpara incandescente de una unidad dental tiene una temperatura promedio de color de 3.800 °K (Caglar A. et al, 2009).

- Color ambiente:

Es fundamental antes de tomar un color no tener la vista saturada con algún color similar al del diente ya que podría llegar a anular la percepción, para evitar esto es recomendable fijar la vista en colores oscuros, para así poder distinguir las variaciones sutiles entre la escala de color y el diente.

c) Factores relacionados con el observador

Muchos de los componentes del proceso de igualación de color contribuyen a la dificultad de lograr un color perfecto disimulando el límite entre la restauración y el diente. Algunos de estos factores se originan en la naturaleza subjetiva de la observación humana del color (Cal E. et al, 2006).

Influyen en la interpretación del color, la fatiga del ojo humano, el envejecimiento, la emoción, el nivel de experiencia, y las variables fisiológicas tales como la ceguera al color (Bayindir et al, 2007).

Culpepper ha reportado presuntas incoherencias entre los odontólogos en la selección del color de los dientes naturales y la incapacidad de algunos para reproducir los tonos seleccionados (Bayindir et al, 2007).

Errores mencionados por Culpepper se atribuyen a variables humanas. Además, las diferencias entre el centro y los bordes de un diente en términos de color, forma, estructura, y el brillo puede ser interpretado de manera diferente por cada observador (Bayindir et al, 2007).

Otra característica de nuestra percepción cromática es el hecho de que tenemos una escasa memoria cromática, por lo que debemos observar simultáneamente y muy próximos, dos objetos para poder apreciar si su color es igual o diferente (Pascual & Camps, 2006).

5.1.3 Guías de colores

Es importante tener en cuenta que la mayoría de las guías de colores son inexactas, ya que son estandarizadas y no están confeccionadas con el mismo material (Barrancos, 2006).

Se han reportado algunas limitaciones importantes en las guías de colores (Cal, 2006).

Estas deficiencias incluyen la incapacidad para adaptarse exactamente el color de las restauraciones a los dientes naturales, diferencias en el color de los diferentes fabricantes, la presencia de diferentes curvas de reflexión y texturas de la superficie debido al brillo de los dientes naturales y la incapacidad de obtener una gama adecuada de tonos para representar los diferentes colores de los dientes naturales (Cal, 2006).

Además hay que considerar las variaciones que pueda existir entre lotes, así tenemos que ninguna de las guías dentales de tonos es idéntica a otra, lo que siempre va a alterar la reproducibilidad del color (King & De Rijk, 2007).

El rango de matices, la intensidad cromática y el valor que se encuentran normalmente en los dientes humanos tan solo representan una pequeña parte del color estándar. La selectividad del ojo humano es suficiente para que sea difícil comparar adecuadamente los colores al emplear una guía que contiene un número reducido de tonos. El análisis espectrofotométrico de las guías de tonos comerciales ha demostrado también la ausencia de grandes regiones del matiz, valor e intensidad cromática al compararlos con los valores de color determinados por el diente humano (Phillips, 2004).

Entre las guías más utilizadas en la actualidad están la Vitapan Classical y su evolución, Vita 3D Master de VITA Zahnfabrik. y la Chromascop de Ivoclar Vivadent. Los dos últimos agrupan los colores según su valor (Barrancos, 2006).

a) Guía Vitapan Classical

Creada en 1956, por el Dr. Rade Paravina (DDS, MS, PhD) para la empresa VITA Zahnfabrik.

Esta guía está ordenada por grupos de acuerdo al matiz, agrupadas en grupos A, B, C, D. (Pascual & Camps.2006). Estos tonos corresponden a café, amarillo, gris y rojo respectivamente. Las etiquetas de tonos de un grupo específico tienen un matiz similar y cada grupo de matiz incluye varias etiquetas de saturación incrementada y valor disminuido, designadas en orden numérico (figura 14). Ejemplo: A1, A2, A3.

Durante muchos años, esta guía de color, ha sido el “gold estándar” para los estudios que tratan sobre color (King & De Rijk).



Figura 14. Guía Vitapan Classical

b) Guía de colores Chromascop:

Es el estándar de color de los productos Ivoclar Vivadent.

Los 20 colores están divididos en cinco grupos de colores extraíbles. Además, se dispone de colores ultra claros (figura 15).

Los grupos van del 100 al 500. Los agrupados en el grupo 100 corresponden al color blanco, grupo 200 es de color amarillo, grupo 300 es de color marrón claro, grupo 400 es gris, y el grupo 500 es de color marrón oscuro (Bayindir F. et al, 2007).



Figura 15. Guía de colores Chromascop. (Pacual & Camps, 2006)

c) Guía de color Vita 3D Master

1. Toothguide:

Permite determinar y reproducir de manera sistemática todos los colores de dientes naturales (figura 16).

Consta de 29 muestras divididas en 5 grupos de acuerdo con luminosidad decreciendo del 1 al 5 (Bayindir, 2007).

Los 5 grupos se dividen en subgrupos según la saturación cromática creciente de 1 a 3, y a continuación se determina si dentro de estos grupos, se mantiene en el tono de color medio M, o deriva hacia el amarillo L o al rojo R (Moscardó, 2006).

Al parecer, según el fabricante, esta forma de organización facilita el trabajo en Odontología, dado que, el ojo aprecia más las variaciones de brillo y saturación que las de tonalidad, especialmente en coloraciones más claras y menos cromáticas, como las que corresponden a los colores normales en los dientes humanos (Moscardó, 2006).



Figura 16. Guía de color Vita 3D Master. (www.vita-zahnfabrik.com)

2. Linearguide

La VITA Linearguide 3D Master fue desarrollada en el año 2009 por la empresa Vita con la colaboración del Dr. Rade D. Paravina, Departamento Dental en Houston de la Univesidad de Texas, USA.

Contiene muestras de los mismos 29 colores que incluye la guía VITA Toothguide 3D-MASTER, pero la selección se realiza solo en dos pasos, seleccionando primero el valor del 0 al 5 y a continuación se selecciona simultáneamente el matiz y el croma (figura 17)

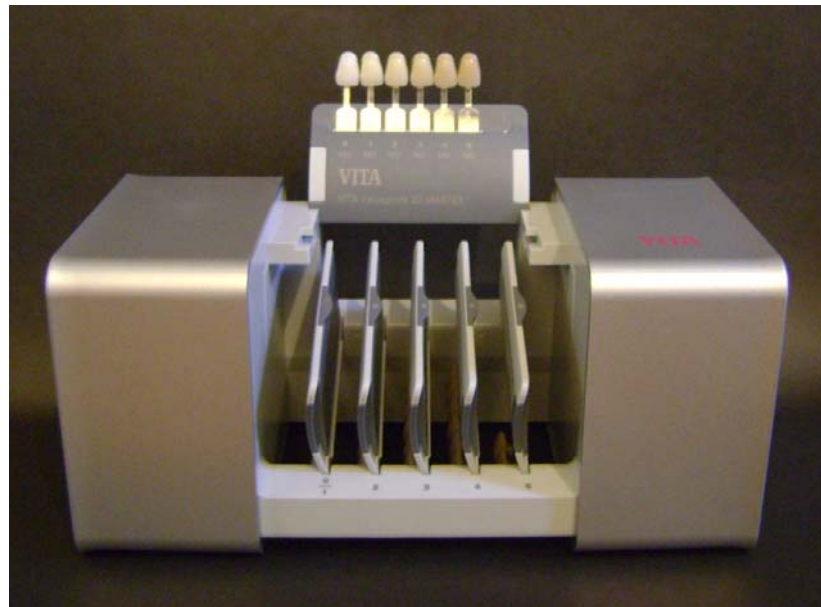


Figura 17. Guía de color Vita 3D Master Linearguide

5.2 Selección del color instrumental

El registro del color es un procedimiento complejo debido a su naturaleza subjetiva. Se han empleado dos tipos de sistemas de medición del color en la valoración y cuantificación del mismo, por un lado, los modelos psicofísicos o subjetivos, basados en la comparación del color con patrones o guías de referencia, y por otro, los métodos objetivos o matemáticos, que tratan de representar los colores del espectro visible de una forma numérica, y que se basan en la obtención del color mediante la mezcla en diferentes proporciones de los colores primarios.

El método más utilizado hasta ahora ha sido el subjetivo, comparando el color del diente con una guía artificial, es el método más rápido y económico. El color elegido depende del observador, de sus características fisiológicas y psicológicas, responsables de captar la energía estimulada. Lo que ocurre es que pocas veces distintos observadores coinciden en la selección del color, por lo que prevalece el empleo de métodos objetivos mediante instrumentos que ofrecen la ventaja de cuantificar y captar el color con mayor rapidez. Como método objetivo tendremos los colorímetros y los espectrofotómetros.

Existe una serie de sistemas digitales de toma de color los cuales facilitan el proceso, eliminando variables como la luz y la subjetividad del odontólogo en su interpretación.

Estos sistemas funcionan utilizando las mismas propiedades del color (matiz, valor, croma), la diferencia radica en que se les asigna un valor numérico a cada una de las variables.

El principal inconveniente de estos sistemas electrónicos es su costo económico, muy elevado en algunos casos y en ocasiones la complicación técnica, lo que hace que algunos profesionales desestimen su utilización (Pascual & Camps 2006).

Son una alternativa interesante, pero por el momento no existen pruebas suficientes que ratifiquen su confiabilidad y las diferencias con el método visual convencional no son significativas (Barrancos, 2006).

5.2.1 Colorímetros:

Con el fin de eliminar las variables no controladas durante el proceso de selección de color, se han desarrollado métodos instrumentales (Seghi et al.1989; Cal et al, 2006).

Sistemas digitales de análisis del color han sido introducidos en un intento de eliminar la subjetividad de análisis visual del color, y proporcionar la obtención precisa y uniforme de restauraciones estética de los profesionales (Paravina, 2002).

Un colorímetro es cualquier herramienta que identifica el matiz para una medida más objetiva del color.

El procedimiento utilizado en la medida del color consiste sustancialmente en sumar la respuesta de estímulos de colores y su normalización a la curva espectral de respuesta del fotorreceptor sensible al color. Como referencia, se utiliza la curva espectral codificada de la Comisión Internacional de Iluminación, (CIE), la llamada función colorimétrica. Debe notarse que el color es una característica subjetiva, pues solo existe en el ojo y en el cerebro del observador humano, no siendo una característica propia de un objeto.

Durante las dos últimas décadas el uso de colorímetros ha aumentado rápidamente en odontología como herramientas confiables para la selección del color.

Los primeros colorímetros se desarrollaron en 1870, pero hasta la década de 1990 sus principales usos fueron en química (Klemetti et al., 2006).

Colorímetros han demostrado utilidad en la investigación dental al demostrar una adecuada igualación del color de los objetos (Tung et al., 2002).

Según el principio de acción, los colorímetros clínicos se basan en análisis de imagen digital RGB (Shadescan, ikam), espectrofotocolorimetría (Spectroshade, Easyshade, Identa Color II, Shade Pilot, Shadevision, Shadeeye-NCC, Digital Shade Guide) (Pascual & Camps 2006).

5.2.2 ONRIS:

ONRIS es un instrumento diseñado por la empresa Aplik que establece un procedimiento cuantitativo y universal para la selección de materiales reconstructivos de una restauración parcial o total de un diente anterior. ONRIS combina un diseño de iluminación y captura de imágenes, con un modelo óptico de los materiales reconstructivos, capaz de encontrar la combinación de resinas o cerámicas con las características visuales más cercanas a las de los dientes reales del entorno de la zona restaurada. (figura 18).

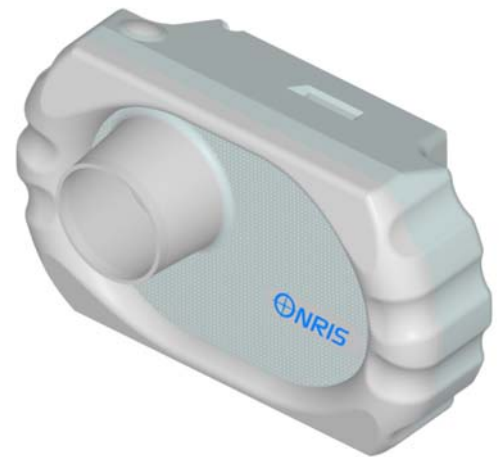


Figura 18. Colorímetro digital, ONRIS (Manual ONRIS, 2010)

Selecciona el color y el espesor del material a utilizar para la restauración de los dientes anteriores, ya sea cerámica o resina.

Onris cuantifica las características ópticas de los dientes y materiales reconstructivos para distintos tipos de iluminación, establece un procedimiento de reparación para resinas y cerámicas restaurativas. Considera la fluorescencia de los dientes naturales, de las resinas sintéticas y de las cerámicas artificiales.

Toda la información capturada por Onris es compartida digitalmente entre el odontólogo y el laboratorio, gracias a la memoria SD externa que posee, aumentando de esta manera la confiabilidad del proceso y asegurando la óptima calidad del resultado. Con esto se logra una restauración visualmente imperceptible tanto a luz natural como a luz ultravioleta.

Ventajas:

- Analiza los dientes bajo un ambiente controlado de distintos tipos de iluminación, incluyendo luz ultravioleta.
- Determina la combinación de resinas sintéticas más cercanas al color de los dientes del paciente.

HIPÓTESIS

El instrumento ONRIS es capaz de asemejar el color del diente natural (in vitro) en un 50% o más.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar in vitro la eficacia del instrumento ONRIS para la selección de color.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Cuantificar mediante el método visual e instrumental el color natural del diente.
- Cuantificar mediante el método visual e instrumental el color del diente restaurado.
- Comparar el color obtenido en la restauración con resina compuesta usando el sistema ONRIS y el color dentario original mediante un método de selección de color dentario convencional (Método visual).
- Comparar el color obtenido en la restauración con resina compuesta usando el sistema ONRIS y el color dentario original mediante un método de selección de color dentario instrumental (Shadepilot).
- Comparar mediante un test de *Kappa*, la concordancia entre ambos métodos de selección de color (visual e instrumental).

TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación corresponde a un estudio cuasi experimental in vitro, donde se busca medir la eficacia de un sistema instrumental para la selección del color del material restaurador.

UNIVERSO Y MUESTRA

Universo:

Incisivos centrales y laterales extraídos en consultorios y clínicas particulares de la comuna de Valparaíso.

Tamaño de muestra:

Para determinar el tamaño muestral, se consideró un nivel de confianza o seguridad $(1-\alpha)$ igual a 0,95, el cual tiene asociado un estadístico de prueba Z_α , que corresponde a 1,96

La precisión requerida (d), fue fijada arbitrariamente en 6%, dado que no existen antecedentes relacionados a este valor, en trabajos similares.

Como se desconoce el valor aproximado del parámetro que se requiere medir (en este caso una proporción), se utilizó el valor $p=0.5$ (50%), que es aquel que maximiza la estimación del n muestral.

De esta forma el valor del tamaño de la muestra está dado por

$$n = \frac{Z_\alpha^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

donde $q = 1-p$

El tamaño de la muestra estimado fue de 51, no obstante en este estudio se tomaron 58 datos.

Criterios de inclusión:

Incisivos centrales y laterales superiores con el noveno central indemne y sin tratamiento de endodoncia.

VARIABLES

Color 3D Master Visual: Variable cualitativa ordinal.

- ✓ Definición conceptual: Cada una de las seis radiaciones en que se descompone la luz blanca del Sol al atravesar un prisma óptico, es decir, rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta.
- ✓ Definición operacional: Valor numérico del color dentario, dado por la interpretación de un operador experimentado en la selección de color convencional visual en el noveno central de la cara vestibular del diente.

Color 3D Master instrumental: Variable cualitativa ordinal

- ✓ Definición conceptual: Cada una de las seis radiaciones en que se descompone la luz blanca del Sol al atravesar un prisma óptico, es decir, rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta.
- ✓ Definición operacional: Valor numérico del color dentario, dado por la interpretación del sistema Shadepilot en el noveno central de la cara vestibular del diente.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó una muestra de 58 incisivos centrales y laterales superiores extraídos, con el noveno central indemne sin caries ni restauraciones y conservados en suero isotónico.

Procesamiento de muestra

Previo a la manipulación, todos los dientes fueron esterilizados en autoclave y posteriormente se les realizó un pulido coronario y radicular.

Cada uno de los dientes fue montado en una base deacrílico de manera de quedar con un grosor de 5 mm deacrílico en vestibular (figura 19).



Figura 19. Diente montado en base deacrílico

Se tomó impresión con silicona de cada uno de los dientes y se realizó un vaciado con yeso extraduro para obtener matrices de poliacetato y evitar el posterior pulido de las restauraciones a realizar (figura 20)



Figura 20. Matriz de poliacetato

Método

Se tomó inicialmente un registro de color dentario de distintas formas, convencional visual e instrumental.

Selección del color convencional visual

La selección de color con el método convencional visual fue realizado por un Cirujano Dentista con más de 10 años ejerciendo la profesión y con experiencia en relación a la selección de color dentaria y sin problemas visuales, mediante la guía de colores Vita 3D Master Linearguide (figura 21).



Figura 21. Selección de color visual

Selección de color instrumental

Para esto se utilizó un colorímetro digital: Shadepilot™

El principio de acción de este colorímetro se basa en la espectrofotometría para la selección de color digital, de ahí que también se le denomina espectrofotocolorímetro intraoral, con lo cual se pueden evaluar los datos espectrales sin influencia de las fuentes luminosas existentes en la clínica odontológica u otras influencias lumínicas del ambiente (figura 22)

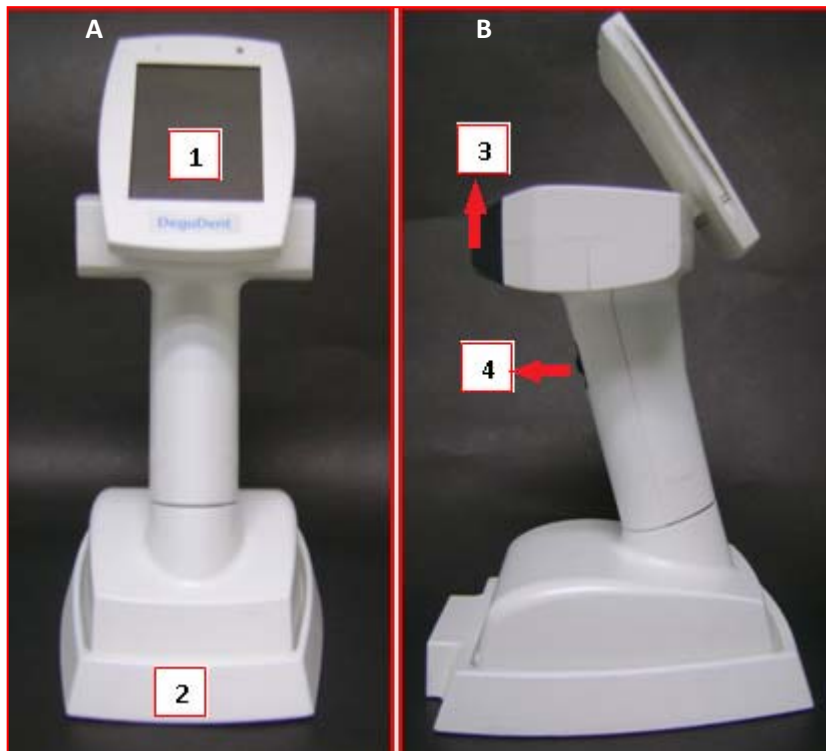


Figura 22. Shadepilot (A) vista frontal, (B) vista lateral
 1: Pantalla táctil.
 2: Base para calibrar y cargar el instrumento
 3: Boquilla
 4: Disparador

La medición se realizó en un box dental de la clínica B de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso.

Para realizar la medición de manera más estandarizada y simulando el fondo oscuro de la cavidad bucal se rodeó la corona de cada diente con un papel negro como se muestra en la figura 23.



Figura 23. Montaje para Shadepilot™



Figura 24. Registro con ShadePilot™

Los datos fueron trasladados al computador y analizados mediante el software MHT SpectroShade Versión 3.10.1007.

Mediante el software se seleccionó el área del diente y se dividió en tercios, considerando para este estudio el tercio medio, debido a que en él se encuentra el noveno central del diente (figura 25)



Figura 25. Software MHT para análisis de datos

Posteriormente se realizó un registro fotográfico con el instrumento ONRIS, el cual determinó el color del material de restauración y su espesor (figura 26).



Figura 26. ONRIS

El instrumento se calibró antes de cada registro con su propio calibrador que se muestra en la figura 27 que además corresponde a la tapa del lente del instrumento.

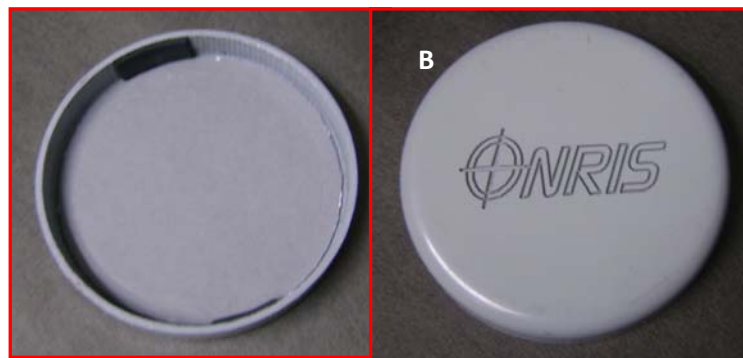


Figura 27: Calibrador de ONRIS
(A) Vista dorsal
(B) Vista ventral

Las mediciones se realizaron dentro de una caja negra en todo su interior a modo de estandarización y simular el fondo oscuro de la cavidad bucal (figura 28,29, 30, 31)

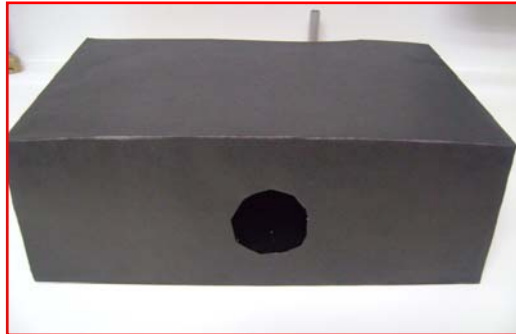


Figura 28. Caja Negra



Figura 29. Diente dentro de caja negra.



Figura 30. Registro con ONRIS (vista frontal)



Figura 31. Registro con ONRIS (vista lateral)

Las preparaciones cavitarias fueron realizadas en el noveno central de la cara vestibular del diente con una turbina y con una fresa SS WHITE de diamante, con forma de rueda (wheel), con dimensiones de 4,2 mm de diámetro y una profundidad de 1.5 mm (ISO 806 314 042 524 042) (figura 32 y 33). Las fresas fueron renovadas cada 10 dientes.



Figura 32. Fresa de Rueda



Figura 33. Preparación cavitaria

Una vez obtenido el registro fotográfico con ONRIS, se seleccionó el material con el que se restauró, es decir, resina (figura 34).



Figura 34. ONRIS (Selección de material)

Posteriormente se seleccionó la resina a restaurar, para éste estudio se utilizó TPH3 de la empresa Brasileira (figura 35 y 36)



Figura 35. ONRIS (selección de resina).



Figura 36. Resina TPH3

Luego se selecciona el tipo de restauración, dentro de las opciones de ONRIS están:

- Dentina
- Dentina + Esmalte
- Esmalte

Para el presente estudio se seleccionó la opción de Dentina + Esmalte (figura 37)



Figura 37. Onris (selección del tipo de restauración)

Las preparaciones fueron acondicionadas con Ácido fosfórico al 37% (FGM) (figura 38) y luego se les aplicó el adhesivo (Coltene) (figura 39).



Figura 38. Grabado ácido



Figura 39. Aplicación de adhesivo

Las preparaciones cavitarias fueron restauradas de acuerdo al mapeo registrado con el instrumento ONRIS, dividiendo en la misma pantalla, la cavidad en sentido transversal en tercios, como se muestra en la figura 40 y 42, poniendo énfasis en el espesor de capa de cada color seleccionado, para esto se utilizó una lima de endodoncia con tope de goma y un instrumento denominado pie de metro, el cual posee decimas de milímetro, por lo que se pudo realizar con exactitud cada medición (figura 41 y 43).



Figura 40. Medición de zona seleccionada.



Figura 41.
(A) Pie de metro
(B) Lima endodoncia K n° 40

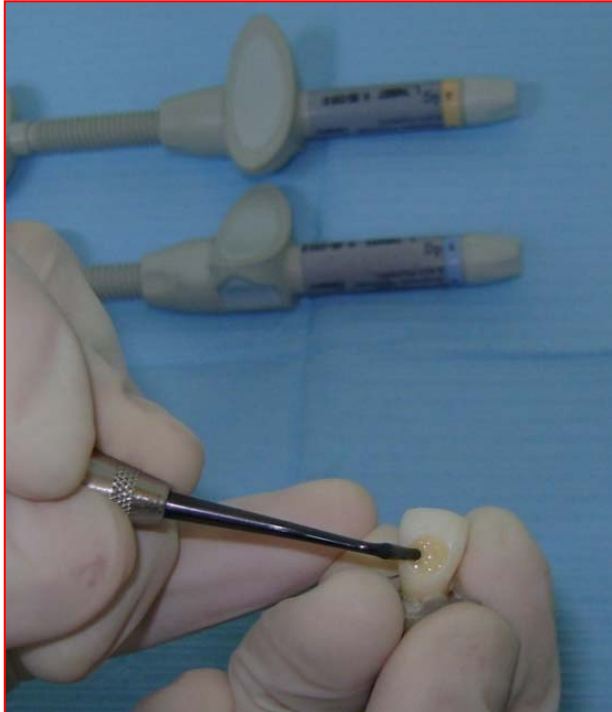


Figura 42. Aplicación de composite



Figura 43. medición con Lima K n°40

El último incremento de composite fue fotopolimerizado con lámpara modelo Elipar™ 2500 (3M ESPE) a través de una matriz de poliacetato confeccionada, como se nombró anteriormente a partir de un modelo de yeso del diente, previo a la preparación cavitaria (figura 44)



Figura 44. Polimerización con matriz de poliacetato.

Una vez finalizada la restauración de la cavidad se procedió a realizar nuevamente las mediciones de color mediante el método instrumental (Shadepilot™) y con el método visual por el mismo observador, bajo las mismas condiciones, para comprobar la eficacia del instrumento ONRIS, a partir del cual se realizaron las restauraciones.

PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Eficacia de ONRIS mediante test de proporción Z_{α} .

Para determinar la eficacia de ONRIS se estableció como criterio que las coincidencias deben ser, estadísticamente iguales o superiores a una proporción del 50%. Para esto se utilizó una prueba para proporciones $Z \sim N(0, 1)$.

Donde el estadístico Z queda definido como:

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1 - p_0)}{n}}}$$

RESULTADOS

A continuación se presentará un análisis descriptivo de la información obtenida de la recolección de los 58 dientes observados, a los cuales se les realizó mediciones del color dentario natural (tabla I), mediante el método visual e instrumental y de la restauración con valores indicados por ONRIS mediante el método visual e instrumental (tabla II). Luego se procedió a comparar ambas mediciones (tabla III y IV).

Se utilizó la escala Vita 3D Master Linearguide, para ambas mediciones (visual e instrumental).

Diente	Visual	Instrumental	Diente	Visual	Instrumental	Diente	Visual	Instrumental	Diente	Visual	Instrumental
1	3L1.5	3M1	16	1M2	1M2	31	1M2	1M2	46	2L1.5	1M1
2	2M1	2M1	17	1M2	1M2	32	1M1	1M1	47	1M2	1M2
3	4L1.5	4M2	18	2L2.5	2R1.5	33	2M2	2L1.5	48	2L1.5	2L1.5
4	2L2.5	2M2	19	2L1.5	2M2	34	2M2	2R2.5	49	5M1	5M1
5	2L1.5	2L1.5	20	2M2	2R1.5	35	2M1	2M1	50	1M1	1M1
6	2L1.5	1M2	21	2L2.5	2M2	36	2M2	2M2	51	1M1	2L1.5
7	2M1	2M1	22	1M1	1M1	37	2L1.5	2L1.5	52	2L1.5	2L1.5
8	1M2	2M1	23	2L1.5	1M2	38	4R1.5	4M2	53	2L1.5	2L1.5
9	1M1	1M2	24	3M2	4R1.5	39	1M2	1M1	54	2M1	2M1
10	2L1.5	3M1	25	2L1.5	1M1	40	3R2.5	3R1.5	55	2L1.5	2L1.5
11	1M2	1M1	26	2L1.5	2M3	41	2L1.5	1M2	56	2L1.5	2M1
12	2L1.5	2M1	27	2L1.5	1M1	42	1M2	1M2	57	1M2	1M2
13	2L1.5	2R1.5	28	0M2	1M1	43	1M2	1M2	58	2L1.5	2M3
14	2L1.5	1M2	29	1M2	1M2	44	3M1	3M1			
15	2L2.5	2L1.5	30	1M2	2M1	45	1M1	1M1			

Tabla 1: Cuantificación mediante el método visual e instrumental del color del diente natural.

Diente	Visual	Instrumental	Diente	Visual	Instrumental	Diente	Visual	Instrumental	Diente	Visual	Instrumental
1	2R1.5	2M1	16	1M2	1M2	31	1M1	1M1	46	2M1	3M1
2	2R1.5	2M1	17	2L1.5	1M2	32	2M1	2M1	47	1M2	1M2
3	3L1.5	4M1	18	3M1	3M1	33	2L1.5	2M1	48	2L1.5	2M1
4	2M1	2M1	19	2L1.5	2M1	34	2L1.5	3M1	49	5M1	5M1
5	2L1.5	2L1.5	20	2M1	2M1	35	2M1	2M1	50	1M1	1M1
6	2L1.5	1M2	21	2M1	2M1	36	2M2	2M2	51	2L1.5	2M1
7	2M1	2M1	22	1M1	1M1	37	2L1.5	2M1	52	3L1.5	2M1
8	1M2	2M1	23	2M1	2M1	38	3L1.5	4M2	53	1M1	2M1
9	2M1	2M1	24	2R1.5	3M1	39	2L1.5	2M1	54	2M1	2M1
10	2L1.5	3M1	25	2L1.5	2M1	40	2R1.5	3M1	55	2L1.5	2M1
11	1M2	2M1	26	2L1.5	2R1.5	41	2L1.5	2L1.5	56	2L1.5	2M1
12	2L1.5	2M1	27	2L1.5	2M1	42	2M1	2M1	57	2L1.5	2M1
13	2L1.5	2R1.5	28	2M1	3M1	43	1M2	1M2	58	2L1.5	2M2
14	2L1.5	2M1	29	1M1	1M1	44	3M1	2M1			
15	2L1.5	3M1	30	2R1.5	3M1	45	2M1	2M1			

Tabla II: Cuantificación mediante el método visual e instrumental del color de la restauración con datos obtenidos por ONRIS.

MÉTODO VISUAL

La siguiente tabla y el siguiente gráfico corresponden a la descripción de los datos, para el método visual, donde se observó el color mediante la escala Vita 3D Master Linearguide, del color natural del diente y después de realizada la restauración para determinar la eficacia del instrumento ONRIS.

Diente	Color natural	Color restauración	Diente	Color natural	Color restauración	Diente	Color natural	Color restauración	Diente	Color natural	Color restauración
1	3L1.5	2R1.5	16	1M2	1M2	31	1M2	1M1	46	2L1.5	2M1
2	2M1	2R1.5	17	1M2	2L1.5	32	1M1	2M1	47	1M2	1M2
3	4L1.5	3L1.5	18	2L2.5	3M1	33	2M2	2L1.5	48	2L1.5	2L1.5
4	2L2.5	2M1	19	2L1.5	2L1.5	34	2M2	2L1.5	49	5M1	5M1
5	2L1.5	2L1.5	20	2M2	2M1	35	2M1	2M1	50	1M1	1M1
6	2L1.5	2L1.5	21	2L2.5	2M1	36	2M2	2M2	51	1M1	2L1.5
7	2M1	2M1	22	1M1	1M1	37	2L1.5	2L1.5	52	2L1.5	3L1.5
8	1M2	1M2	23	2L1.5	2M1	38	4R1.5	3L1.5	53	2L1.5	1M1
9	1M1	2M1	24	3M2	2R1.5	39	1M2	2L1.5	54	2M1	2M1
10	2L1.5	2L1.5	25	2L1.5	2L1.5	40	3R2.5	2R1.5	55	2L1.5	2L1.5
11	1M2	1M2	26	2L1.5	2L1.5	41	2L1.5	2L1.5	56	2L1.5	2L1.5
12	2L1.5	2L1.5	27	2L1.5	2L1.5	42	1M2	2M1	57	1M2	2L1.5
13	2L1.5	2L1.5	28	0M2	2M1	43	1M2	1M2	58	2L1.5	2L1.5
14	2L1.5	2L1.5	29	1M2	1M1	44	3M1	3M1			
15	2L2.5	2L1.5	30	1M2	2R1.5	45	1M1	2M1			

Tabla III: Tabla de las mediciones obtenidas por el método visual, en la escala Vita 3D Master Linearguide.

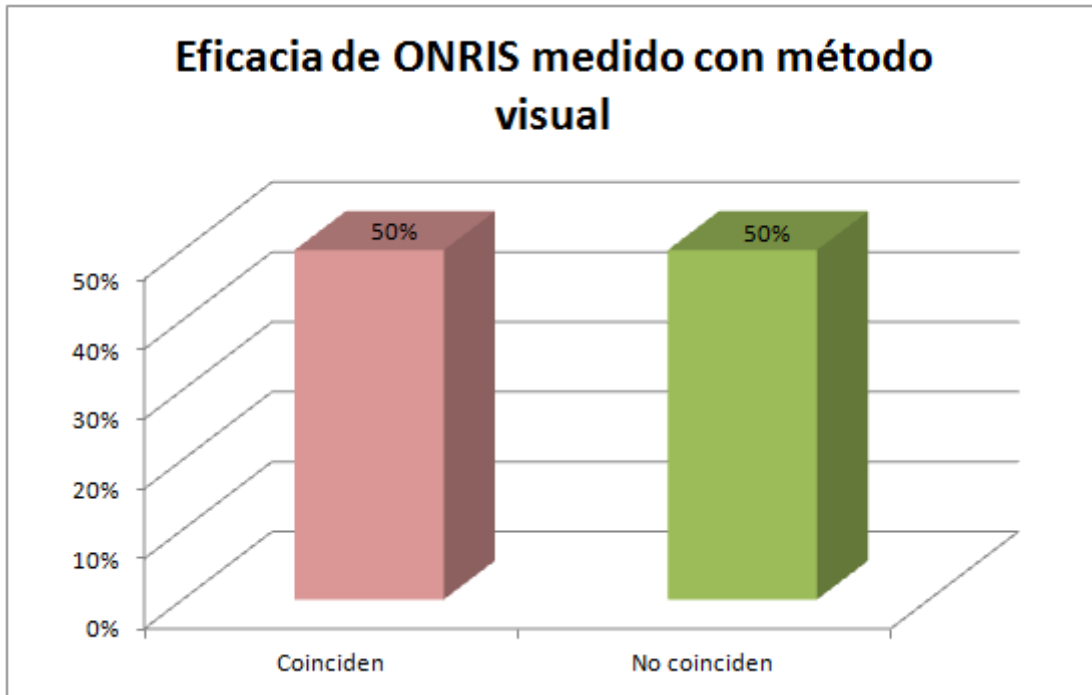


Gráfico 1: Gráfico de distribución de frecuencias porcentuales del nivel de eficacia del sistema ONRIS, medido con el método convencional visual.

Del gráfico anterior se puede observar que por medio del método visual de selección de color, coinciden en un 50% de los casos.

Para determinar la eficacia de ONRIS se estableció como criterio que las coincidencias deben ser, estadísticamente iguales o superiores a una proporción del 50%. Para esto se utilizó una prueba para proporciones $Z \sim N(0, 1)$.

Donde el estadístico Z queda definido como:

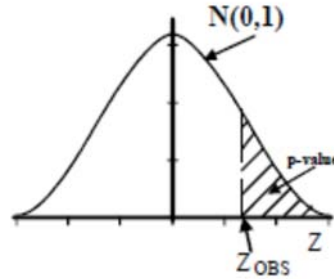
$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1 - p_0)}{n}}}$$

En este caso se realizó una dócima de hipótesis acerca del parámetro \hat{p} en la población P , con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$). Así la hipótesis nula queda establecida como:

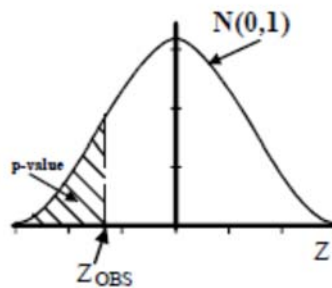
$$H_0 : \hat{p} = p_0$$

Donde p_0 es el valor de la proporción esperada, que para este caso corresponde al valor 0,5.

- Si $H_1: \hat{p} > p_0$, entonces el valor-p es $P(Z > z_{obs})$ es el área a la derecha del test estadístico observado bajo H_0 .



- Si $H_1: \hat{p} < p_0$, entonces el valor-p es $P(Z < z_{obs})$ es el área a la izquierda del test estadístico observado bajo H_0 .



Se rechazará la hipótesis de nulidad (H_0) si el valor-p asociado al estadístico Z es menor o igual a 0,05

Cabe mencionar, que se utilizó este test, dado que los datos provienen de una muestra aleatoria de tamaño n , donde n satisface que np_0 y $n(1 - p_0) \geq 10$.

A partir de los resultados obtenidos, es posible señalar que existe evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis de nulidad H_0 , por lo que es posible afirmar que la eficacia de ONRIS corresponde a 50% (Valor-p = 0,5 > 0,05), de acuerdo a la selección realizada mediante el método visual.

MÉTODO INSTRUMENTAL

La siguiente tabla y el siguiente gráfico corresponden a la descripción de los datos, para el colorímetro digital (Shadepilot™), donde se observó el color del diente natural y después de realizada la restauración mediante la escala Vita 3D Master Linearguide, para determinar la eficacia del instrumento ONRIS.

Diente	Antes	Después	Diente	Antes	Después	Diente	Antes	Después	Diente	Antes	Después
1	3M1	2M1	16	1M2	1M2	31	1M2	1M1	46	1M1	3M1
2	2M1	2M1	17	1M2	1M2	32	1M1	2M1	47	1M2	1M2
3	4M2	4M1	18	2R1.5	3M1	33	2L1.5	2M1	48	2L1.5	2M1
4	2M2	2M1	19	2M2	2M1	34	2R2.5	3M1	49	5M1	5M1
5	2L1.5	2L1.5	20	2R1.5	2M1	35	2M1	2M1	50	1M1	1M1
6	1M2	1M2	21	2M2	2M1	36	2M2	2M2	51	2L1.5	2M1
7	2M1	2M1	22	1M1	1M1	37	2L1.5	2M1	52	2L1.5	2M1
8	2M1	2M1	23	1M2	2M1	38	4M2	4M2	53	2L1.5	2M1
9	1M2	2M1	24	4R1.5	3M1	39	1M1	2M1	54	2M1	2M1
10	3M1	3M1	25	1M1	2M1	40	3R1.5	3M1	55	2L1.5	2M1
11	1M1	2M1	26	2M3	2R1.5	41	1M2	2L1.5	56	2M1	2M1
12	2M1	2M1	27	1M1	2M1	42	1M2	2M1	57	1M2	2M1
13	2R1.5	2R1.5	28	1M1	3M1	43	1M2	1M2	58	2M3	2M2
14	1M2	2M1	29	1M2	1M1	44	3M1	2M1			
15	2L1.5	3M1	30	2M1	3M1	45	1M1	2M1			

Tabla IV: Tabla de las mediciones obtenidas por el colorímetro digital Shadepilot, en la escala Vita 3D Master Linearguide.

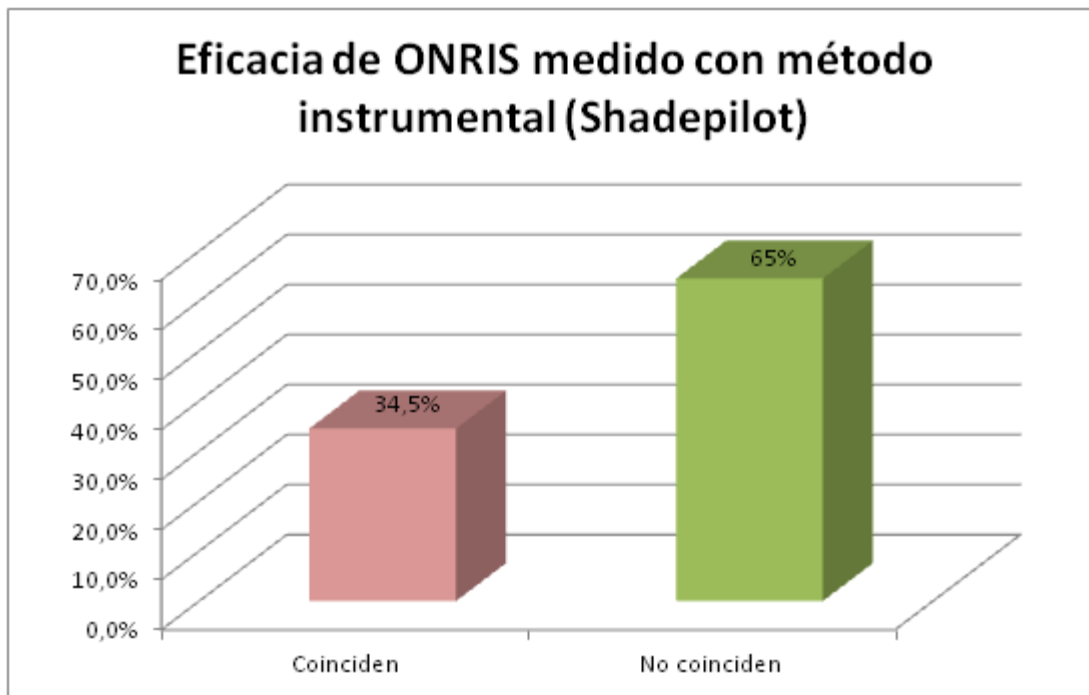


Gráfico 2: Gráfico de distribución de frecuencias porcentuales del nivel de eficacia del sistema ONRIS, medido con el colorímetro digital Shade-Pilot.

Del gráfico anterior se puede notar que en un 34,5% de las mediciones coincidió el color observado previo y posterior a ser restaurados.

A partir de los resultados obtenidos, es posible señalar que existe evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis de nulidad H_0 , por lo que es posible afirmar que la eficacia de ONRIS corresponde a 35% (valor-p = 0,47 > 0,05), si la selección se realizó de manera instrumental.

CONCORDANCIA ENTRE MÉTODO VISUAL E INSTRUMENTAL

El índice *Kappa* relaciona el acuerdo que exhiben los observadores, más allá del debido al azar, con el acuerdo potencial también más allá del azar. En esencia, el proceso de elaboración del índice fue el siguiente:

Se calculó la diferencia entre la proporción de acuerdos observados N_{ac} (entre la lectura visual e instrumental), y la proporción de acuerdo esperado por azar N_{az} , que en este caso se consideró de 22% (estimado a partir de los datos no coincidentes con el color del diente natural en las lecturas y que además entre ambas lecturas también poseen discrepancias). Esta diferencia corresponde a $P(N_{ac}) - P(N_{az})$, donde:

$$P(N_{ac}) = \frac{N^{\circ} \text{ aciertos}}{\text{Total de datos de la muestra}}$$

Si la diferencia es igual a cero, entonces el grado de acuerdo que se ha observado puede atribuirse enteramente al azar; si la diferencia es positiva, indica que el grado de acuerdo es mayor que el que se esperaría si sólo estuviera operando el azar y viceversa: en el caso (ciertamente improbable) en que la diferencia fuera negativa entonces los datos estarían exhibiendo menos acuerdo que el que se espera solo por concepto de azar.

- Kappa es el cociente entre esa cantidad y el acuerdo máximo que se puede esperar sin intervención del azar, es decir:

$$\frac{P(N_{ac}) - P(N_{az})}{P(N_{ac})}$$

Este índice cumple las características que Hirji y Rosove (1990) definen que debe tener una medida de concordancia: primero, cuando los observadores son independientes, toma el valor 0; en segundo lugar, alcanza el valor máximo de 1 sólo si hay acuerdo perfecto entre los observadores y, por último, nunca es menor que -1.

Para determinar si el grado de concordancia se utilizó el criterio de Landis y Koch (1977), que corresponde una escala de interpretación del valor de Kappa que considera como aceptable un valor mayor o igual a 0,40 y excelentes los valores superiores a 0,75.

A partir de los análisis realizados se determinó que la probabilidad de aciertos $P(N_{ac})$ es igual a 0,52.

DISCUSIÓN

ONRIS es un instrumento diseñado para la selección de materiales reconstructivos de una restauración parcial o total de un diente anterior, siendo capaz de encontrar la combinación de resinas o cerámicas con las características visuales más cercanas a las de los dientes naturales.

Los resultados obtenidos muestran una eficacia del instrumento ONRIS superior a 35% (con Shadepilot™), pero no superior a 50% (método visual), estos valores pueden considerarse arbitrariamente regulares (considerando una escala, igualmente arbitraria: Deficiente, Regular, Buena, Excelente), ya que no existen estudios anteriores que señalen los niveles de eficacia de otros métodos de selección de composites, y además la idea es obtener coincidencias en la selección del color en más de la mitad de las observaciones.

En general las probabilidades de acertar la selección mediante el método visual es mayor que en el método instrumental.

La moda para el color del diente natural medido mediante el método visual coincide con la moda para el color del diente restaurado. No así con el método instrumental donde las modas no se corresponden.

Respecto de los métodos de selección de color (visual e instrumental) es posible señalar que la coincidencia es aceptable (índice $Kappa = 0,52$), no obstante este valor se acerca más a 0,40, que es el límite en que la concordancia se califica como deficiente. De esta manera es necesario determinar criterios o métodos de medición que aumenten el valor de este índice, ya sea en la calibración de los instrumentos o en la preparación de los expertos que realizan las mediciones.

La utilización del método visual para medir la eficacia de ONRIS se debe principalmente a que es un método gold estándar para la mayoría de los estudio de selección de color, debido a que es un método utilizado por todos los profesionales que requieren la selección de color para su práctica clínica diaria, dado que la selección de color instrumental aun no se ha masificado para todos los profesionales, pudiendo ser por el desconocimiento de estos instrumentos o el elevado costo económico.

En la selección de color mediante el método visual se utilizó como categoría la guía de color Vita 3D Master Linearguide dado que es la misma que ocupa el instrumento Shadepilot™.

Dentro de los factores que influyen en la selección de color por medio del método visual convencional se pueden controlar solo dos aspectos, los relacionados con el objeto y los relacionados con el ambiente, no obstante no se puede controlar los factores relacionados con el observador, debido a que podrían influir en la interpretación del color variables como la emoción, la fatiga del ojo por cansancio. Por lo que los resultados obtenidos por el método visual, podrían verse influenciados por los factores antes mencionados.

En la medición instrumental con ShadePilot™, la coincidencia fue menor a la esperada, pudiendo haber sido afectado por la superficie sin pulir de la restauración, ya que sólo se utilizó matrices de poliacetato (para no alterar las proporciones indicadas por el instrumento ONRIS para la realización de la restauración), debido a que al tratarse de un instrumento digital podría ser más sensible a la luz reflejada en la superficie del diente, que una medición convencional visual. Esta posible sensibilidad de la medición instrumental a una superficie sin pulir puede deberse a que el diente podría tener zonas con superficie que no generen una reflexión especular, como la que se observa en la superficie de un diente natural, sino más bien una reflexión dispersa que podría ser percibida con mayor sensibilidad por la medición instrumental que por la medición visual.

Para este estudio se utilizó resina compuesta TPH3 de la industria brasilera (Dentsply), principalmente porque dentro de la base de datos de ONRIS, la resina antes mencionada fue la única a la cual se tuvo acceso, dado que la mayoría de las otras resinas ingresadas en la base de datos no se encuentran disponibles en el mercado. Por esto se sugiere una actualización de la base de datos con mayor variedad de resinas compuestas actuales.

Ya que la caracterización y la reproducción del color dentario natural es uno de los desafíos más grandes de la odontología sería interesante crear una línea de investigación futura para ONRIS.

CONCLUSIONES

- La moda para el color del diente natural mediante el método visual corresponde al color 2L1.5 y mediante el método instrumental al color 1M2.
- La moda para el color del diente restaurado mediante el método visual corresponde al color 2L1.5 y mediante el método instrumental al color 2M1.
- Al comparar la selección de color mediante el método visual de los dientes naturales y los dientes post restauración se puede observar que coinciden en un 50% de los casos.
- Al comparar la selección de color mediante el colorímetro digital de los dientes naturales y los dientes post restauración se puede observar que coinciden en un 34% de los casos.
- Respecto de los métodos de selección de color (visual e instrumental) es posible señalar que la coincidencia es aceptable (índice Kappa = 0,52).
- ONRIS se podría considerar eficaz mediante el método visual, ya que el porcentaje de coincidencia fue de un 50%, no así mediante el método instrumental, en el cual la coincidencia fue de un 34%.

RESUMEN

Introducción

La caracterización y reproducción del color dental es uno de los desafíos más grandes de la odontología, lo que hace interesante evaluar la efectividad de un instrumento de selección de color que ha salido al mercado llamado ONRIS, el cual plantea un método fácil, rápido y estandarizado para la selección del material de restauración.

Objetivo

Evaluar in vitro la eficacia del sistema ONRIS para la selección de color instrumental a través de las coincidencias obtenidas en las mediciones de color de diente natural y del diente restaurado con la información entregada por ONRIS, mediante el método visual e instrumental.

Material y métodos

En este estudio cuasi-experimental in vitro, se trabajó con 58 incisivos superiores con el noveno central indemne. Inicialmente se realizó un registro del color dentario por medio del método convencional visual, utilizando la guía de colores Vita 3D Master Linearguide y mediante un colorímetro digital llamado Shadepilot.

Posteriormente se realizaron preparaciones cavitarias en el noveno central de cada diente, siendo restaurados de acuerdo al mapeo de Onris. Finalmente se realizó nuevamente un registro del color utilizando el método convencional visual y Shadepilot.

Resultados

El método visual de selección de color registró un 50% de coincidencia en el color del diente natural y posteriormente restaurados, mientras que con Shadepilot se obtuvo un 34,5%.

Conclusión

ONRIS se podría considerar eficaz mediante el método visual, con un porcentaje de coincidencia del 50%, no así mediante el método instrumental, en el cual la coincidencia fue de un 34,5%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amengual L. J., Llena. P.M., Forner. N. L. (2005): Reproducibilidad en la medición del color «in vitro» e «in vivo» mediante colorímetros específicos para uso dental. RCOE. 10(3): 263 -267.
- Baratieri L. (1998): Estética, Normas Básicas. En: Estética, Restauraciones adhesivas directas en dientes anteriores fracturados. 1° edición, Editorial Quintessence, Sao Paulo-Brasil, pp. 35-76.
- Barrancos, J. (2006): Composites: tipos y selección - Operatoria Dental – pp. 772-773 - Panamericana. Buenos Aires-Argentina.
- Bayindir F., Kuo S., Johnston W., Wee A. (2007): Coverage Error of Three Conceptually Different Shade Guide Systems to Vital Unrestored Dentition. *J Prosthet Dent.* 98(3):175–185.
- Brewer J., Wee A., Seghi R. (2004): Advances in color matching. *Dent Clin North Am.* 48:341-58
- Cal E., Güneri P., Kose T. (2006): Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *Journal of Oral Rehabilitation.* 33:221–228
- Caglar A., Yamanel K., Gulsahi K., Bagis B., Özcan M. (2009): Could digital imaging be an alternative for digital colorimeters?
- Chain M., Baratieri L. (2001): Resinas Compuestas. En: Restauraciones estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores. 1° edición, Editorial Artes Médicas Latinoamérica, Sao Paulo- Brasil, pp. 12-20.
- Chu S. (2004): The physics of color. En: Fundamentals of color: Shade Matching and communication in esthetic dentistry. Editorial Quintessence, Estados Unidos, pp. 3-17.
- Chu S. (2004): Elements affecting color. En: Fundamentals of color: Shade Matching and communication in esthetic dentistry. Editorial Quintessence, Estados Unidos, pp. 40-43.
- Colorímetro digital VITA-Easyshade [homepage on the internet] disponible en http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/es/es_3055135.pdf.

- Craig R. (1998): Propiedades ópticas, térmicas y eléctricas. En: Materiales de Odontología Restauradora. Editores: Craig R., Ward M. 10ª edición, Editorial Harcourt-Brace, Madrid- España, pp. 30-38.
- Da Silva J., Park S., Weber H. Ishikawa S. (2008): Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. J Prosthet Dent. 99:361-368.
- Dietschi D. (1998): Adhesivo dentistry: what is new beyond aesthetics. Pract Periodontic Aesthet Dent 10(3): 274-276.
- Ganong W. (2006): Visión. En: Fisiología médica. Editor: Martínez M. 20ª edición, Editorial El manual moderno, D.F-México, pp. 139-153.
- García E., Momose De Andrade T., Mongruel Gomes O. (2009): Aplicación clínica de los parámetros estéticos en odontología restauradora. Acta odontol. venez, 47:38-45.
- Goncalves W., Falcon R., Piza E. (2009): Factores que influyen en la selección del color en prótesis fija: Revisión de literatura. Acta odontol. Venez. 47:136-142.
- Gonzalez O., Solorzano A., Balda R. (1999). Estética en odontología: Parte III. Elementos artísticos de utilidad en Odontología. Acta odontol. Venez. 37:44-48.
- Gross M., Moser J. (1977): A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. J Oral Rehabil 4:311-322
- Guía de color Vita 3D Master [homepage on the internet] disponible en http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/es/es_3053249.pdf
- Henostroza G. (2006): La luz, el color y su percepción. En: Estética en odontología restauradora. Editor: Henostroza G. 1ª edición, Editorial médica Ripano, Madrid-España, pp. 55-62.
- Hervás-García A.; Martínez-Lozano MA; Cabanes-Vila J; Barjau-Escribano A; Fos-Galve P. (2006): Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal.11:215-20.

- Jaju R., Nagai S., Karimbux N., Da Silva J. (2010): Evaluating tooth color matching ability of dental students. *J Dent Educ.* 74:1002-1010
- Joiner A. (2004): Tooth colour: a review of the literatura..*J Dent.* 1:3-12.
- King K., De Rijk W. (2007): Variations of L*a*b* Values among Vitapan Classical Shade Guides. *Journal of Prosthodontics* 16: 352-356
- Klemetti E., Matela A., Haag P., Kononen M. (2006): Shade selection performed by novice dental professionals and colorimeter. *Journal of Oral Rehabilitation* 33; 31–35.
- Kuehni RG. (2002): The early development of the Munsell system. *Color Research and Application* 27:20–7.
- Kuzmanović D., Lyons K. (2009): Tooth shade selection using a colorimetric instrument compared with that using a conventional shade guide. *N Z Dent J.* 105:131-134.
- Machi M.E. (2006): Composites: tipos y selección. En: *Operatoria Dental, Integración clínica. 4° edición*, Editorial médica Panamericana, Buenos Aires-Argentina, pp. 772-773.
- Miyashita (2005): Solucionando algunos problemas clínicos comunes con el uso de resinas compuestas en dientes anteriores: una amplia visión. En: *Odontología Estética El estado del arte. 1° edición*, Editorial Artes Médicas Latinoamérica, Sao Paulo-Brasil, pp.106-108.
- Pascual A., Camps I. (2006): Chromatic appreciation in the clinic and the laboratory. *Aesthetic dentistry Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 11:363-368.
- Paravina R., Powers J., Fay R. (2002): Colour comparison of two shade guides. *Int J. Prosthodont.* 15:73–78.
- Paul S., Peter A., Pietrobon N., Hämmerle CH. (2002): Visual and Spectrophotometric Shade Analysis of Human Teeth. *Journal of Dental Research* 81: 578.
- Preston J. (1985): Current status of shade selection and color matching. *Quintessence.* 1:47–58.

- Ralph Rawls H. (2004): Resinas para restauraciones. En: Phillips, Ciencia de los materiales dentales. Editores: Anusavice. 11° edición, Editorial Elsevier, Madrid-España, pp. 401–404
- Rubio, R. (2010) Manual Onris e Información sobre Onris, correo electrónico a K. Chelech (k.chelech @gmail.com), agosto 2010 [Accesado el día 20 de noviembre de 2011]
- Russell M.; Gulfraz M.; Moss B.(2000): In vivo measurement of colour changes in natural teeth. J Oral Rehabil. 27: 786–792.
- Schropp L. (2008): Shade Matching Assisted by Digital Photography and Computer Software. Journal of Prosthodontics 18: 235–241.
- Sears F. (2004): Ondas Electromagnéticas. En: Física Universitaria con Física Moderna. 11° edición, Editorial Pearson Educación, Naucalpan de Juárez - México, pp. 1238-1239.
- Steenbecker O. (2006): Óptica de la Luz. En: Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva. 1° edición, Editorial Universidad de Valparaíso, Valparaíso-Chile, pp. 227-238.
- Steenbecker O. (2006): Fuentes de iluminación estándar. En: Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva. 1° edición, Editorial Universidad de Valparaíso, Valparaíso-Chile, pp. 239-240.
- Tung F., Goldstein G., Jang S., Hittelman E. (2002): The repeatability of an intraoral dental colourimeter. J Prosthet Dent. 88:585–590.
- Uchida H., Vaidyanathan J., Viswanadhan T., Vaidyanathan TK (1998): Colour stability of dental composites as a function of shade. J Prosthet Dent. 79:372–377.
- VITA Zahnfabrik, Bad Saßkingen, Germany. VITA instruction for use of 3D-Master. <http://www.vita-zahnfabrik.com/page/>, accessed 11 September 2009.
- Yamanel K., Caglar A., Ozcan M., Gulsah K. (2010): Assessment of Color Parameters of Composite Resin Shade Guides Using Digital Imaging versus Colorimeter. J Esthet Restor Dent. 22:379-388.

