



Dr. Pedro Núñez Díaz

LICENCIADO EN CIRUGÍA Y MEDICINA

LICENCIADO EN ODONTOLOGÍA

POR LA UCM

Prof. Jaime del Río Highsmith

DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA I

PRÓTESIS BUCOFACIAL

VICEDECANO DE FORMACIÓN CONTINUA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UCM

Madrid

# Estudio comparativo entre sistemas de medición del color en Odontología (espectrofotometría)

## INTRODUCCIÓN

Debido al creciente culto a la estética dental existente en nuestra sociedad, uno de los principales problemas de la Odontología actual es la medición del color de los dientes.

Primeramente definamos qué es el color y expliquemos sus propiedades.

El color es un fenómeno físico de la luz, relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético, que perciben las personas y algunos animales, a través de los órganos de la visión, como una sensación que permite diferenciar los objetos del espacio con mayor precisión.

Los colores tienen unas propiedades inherentes que nos permite distinguirlos de otros y acuñar distintas definiciones de tipo de color. Las propiedades hacen variar de aspecto al color y definen su apariencia final.

Dichas propiedades han sido descritas, por ejemplo, por el doctor Richard D. Trushkowsky (12) en un estudio publicado por la revista *Com-*

*pendium* en enero de 2003, y son las siguientes:

### Saturación o intensidad

También llamado Croma, este concepto representa la pureza o intensidad de un color particular, la viveza o palidez del mismo, y puede relacionarse con el ancho de banda de la luz que estamos visualizando. Los colores puros del espectro están completamente saturados. Un color intenso es muy vivo. Cuanto más se satura un color, mayor es la impresión de que el objeto se está moviendo.

La saturación puede también ser definida por la cantidad de gris que contiene: cuanto más gris o más neutro es un color, menos brillante o menos “saturado” es. Igualmente, cualquier cambio hecho a un color puro automáticamente disminuye su saturación.

Por ejemplo, decimos “un rojo muy saturado” cuando nos referimos a un rojo puro. Pero cuando nos referimos a los tonos de un color que

tiene algún valor de gris, los llamamos menos saturados. La saturación del color se dice que es más baja cuando se le añade su opuesto (llamado complementario) en el círculo cromático.

Para desaturar un color sin que varíe su valor, hay que mezclarlo con un gris de blanco y negro de su mismo valor. Un color intenso como el azul perderá su saturación a medida que se le añada blanco y se convierte en celeste.

Otra forma de desaturar un color, es mezclarlo con su complementario, ya que produce su neutralización. Basándonos en estos conceptos podemos definir un color neutro como aquel en el cual no se percibe con claridad su saturación. La intensidad de un color está determinada por su carácter de claro o apagado.

Esta propiedad es siempre comparativa, ya que relacionamos la intensidad en comparación con otras cosas. Lo importante es aprender a distinguir las relaciones de intensidad, ya

que ésta muchas veces cambia cuando un color está rodeado por otro.

### MATIZ

Es el estado puro del color, sin el blanco o negro agregados, y es un atributo asociado con la longitud de onda dominante en la mezcla de las ondas luminosas. El matiz se define como un atributo de color que nos permite distinguir el rojo del azul, y se refiere al recorrido que hace un tono hacia uno u otro lado del círculo cromático, por lo que el verde amarillento y el verde azulado serán matices diferentes del verde.

Los 3 colores primarios (rojo, azul y verde) representan los 3 matices primarios, y mezclando éstos podemos obtener los demás matices o colores. Dos colores son complementarios cuando están uno frente a otro en el círculo de matices (círculo cromático) (Figura 1).

### VALOR O BRILLO

Es un término que se usa para describir lo claro u oscuro que parece un color, y se refiere a la cantidad de luz percibida. El brillo se puede definir como la cantidad de "oscuridad" que tiene un color, es decir, representa lo claro u oscuro que es un color respecto de su color patrón.

Es una propiedad importante, ya que va a crear sensaciones espaciales por medio del color. Así, porciones de un mismo color con fuertes diferencias de valor (contraste de valor) definen porciones diferentes en el espacio, mientras que un cambio gradual en el valor de un color (gradación) va a dar sensación de contor-

no, de continuidad de un objeto en el espacio.

El valor es el mayor grado de claridad u oscuridad de un color. Un azul, por ejemplo, mezclado con blanco, da como resultado un azul más claro, es decir, de un valor más alto. También denominado tono, es distinto al color, ya que se obtiene del agregado de blanco o negro a un color base.

A medida que a un color se le agrega más negro, se intensifica dicha oscuridad y se obtiene un valor más bajo. A medida que a un color se le agrega más blanco, se intensifica la claridad del mismo, por lo que se obtienen valores más altos. Dos colores diferentes (como el rojo y el azul) pueden llegar a tener el mismo tono, si consideramos el concepto como el mismo grado de claridad u oscuridad con relación a la misma cantidad de blanco o negro que contengan, según cada caso.

La descripción clásica de los valores corresponde a claro (cuando contiene cantidades de blanco), medio (cuando contiene cantidades de gris) y oscuro (cuando contiene cantidades de negro). Cuanto más brillante es el color, mayor es la impresión de que el objeto está más cerca de lo que en realidad está.

Estas propiedades del color han dado lugar a un sistema especial de representación del mismo, el sistema HSV. Para expresar un color en este sistema, se parte de los colores puros, y se expresan las variaciones en sus propiedades mediante un tanto por ciento.

### GRUPOS DE COLORES

Con estos conceptos en



Figura 1. Círculo cromático

mente podemos definir los siguientes grupos de colores:

— Colores acromáticos: aquellos situados en la zona central del círculo cromático, próximos al centro de este, que han perdido tanta saturación que no se aprecia en ellos el matiz original.

— Colores cromáticos grises: situados cerca del centro del círculo cromático, pero fuera de la zona de colores acromáticos, en ellos se distingue el matiz original, aunque muy poco saturado.

— Colores monocromáticos: variaciones de saturación de un mismo color (matiz), obtenidas por desplazamiento desde un color puro hasta el centro del círculo cromático.

— Colores complementarios: colores que se encuentran simétricos respecto al centro de la rueda. El matiz varía en 180° entre uno y otro.

— Colores complementarios cercanos: tomando como base un color en la

rueda y después otros dos que equidisten del complementario del primero.

— Dobles complementarios: dos parejas de colores complementarios entre sí.

— Tríadas complementarias: tres colores equidistantes tanto del centro de la rueda como entre sí, es decir, formando 120° uno del otro.

— Gammas múltiples: escala de colores entre dos siguiendo una graduación uniforme. Cuando los colores extremos están muy próximos en el círculo cromático, la gama originada es conocida también con el nombre de colores análogos.

— Mezcla brillante-tenué: se elige un color brillante puro y una variación tenue de su complementario.

Tradicionalmente, en Odontología la valoración y cuantificación del color de los dientes se ha realizado mediante métodos psicofísicos o subjetivos (visuales), basados en la

comparación del color con patrones o guías de referencia. Estos sistemas de medición subjetivos (guías de color, mapas cromáticos, registros fotográficos) se continúan utilizando hoy en día, pero conllevan una serie de problemas asociados. Entre los mismos cabe destacar:

— Valoración subjetiva del observador.

— Influencia del entorno de la clínica y las fuentes de iluminación empleadas.

— Espectro de color de los dientes (que no tiene necesariamente que coincidir con el recogido en las guías de color).

— Repercusión del tipo de película y del revelado sobre el color final de las imágenes fotográficas convencionales.

También es importante considerar la valoración del particular color que presentan los dientes discoloreados antes de un tratamiento de blanqueamiento dental, y la cuantificación por parte del odontólogo de la modificación del mismo producida durante el tratamiento blanqueador. Éste es un aspecto difícil de solucionar ya que requiere un conocimiento detallado de los diferentes procedimientos de que se dispone en la actualidad para este fin, puesto que el espectro de color en que se sitúan los dientes blanqueados no coincide, en ocasiones, con el recogido en las guías.

Por otra parte, recientemente han aparecido nuevos sistemas que tratan de superar las dificultades a que nos hemos referido y lograr unos registros más objetivos. Dichos sistemas buscan representar los colores del

espectro visible de una forma numérica, por lo que se denominan también matemáticos. Así, existen dos tipos de aparatos dedicados a este fin: los colorímetros y los espectrofotómetros.

Un **colorímetro** es cualquier instrumento que identifica el tono y el matiz para una medida más objetiva del color. Mide la absorción de la luz por los objetos; se basa en el principio de que dicha absorción es proporcional a la densidad del objeto, por lo que a mayor densidad, mayor es la absorción.

Los colorímetros incorporan una serie de ventajas, como son:

— Incorporan una fuente de luz para no depender de las condiciones de iluminación del entorno.

— Tienen la capacidad de poder tomar el color de diferentes zonas de un diente (mediante una punta pequeña).

— Poseen la posibilidad de estandarizar, mediante posicionadores, la zona del diente en la que modificamos el color.

Pero tienen el inconveniente de que su aplicación en la clínica dental se ve dificultada por la superficie convexa de los dientes, lo que complica la correcta colocación de la punta lectora del colorímetro, lo que a su vez resulta esencial para obtener mediciones fiables.

Un **espectrofotómetro** es un instrumento que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones.

En estos aparatos los colores se miden según los parámetros de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE, 1971), que se denominan  $L^*a^*b^*$ . Son coordenadas de tres ejes, y se corresponden con lo siguiente:

$L^*$ : Va desde cero (negro) a cien (blanco) y representa la luminosidad.

$a^*$ : Representa la saturación a lo largo del eje rojo-verde.

$b^*$ : Representa la saturación a lo largo del eje azul-amarillo.

¿Cuál es la diferencia entre un colorímetro y un espectrofotómetro? Pues ambas clases de instrumentos miden la luz, pero lo hacen de forma levemente distinta. Los colorímetros son más simples. Usan filtros de color para separar la luz que les llega en sus componentes rojo, verde y azul (colores primarios). En consecuencia hay tres conjuntos de valores en cada medida.

Los espectrofotómetros son bastante más complejos y producen un conjunto de mediciones diferente. Un espectrofotómetro divide el espectro de la luz visible en franjas separadas y distintas, y mide el número de fotones que cae en cada una de ellas.

Otra forma de describir la diferencia entre ambos tipos de aparatos sería decir que los colorímetros proporcionan triestímulos (tristímulos), mientras que los espectrofotómetros proporcionan mediciones espectrales (7, 12).

Los colorímetros llevan siendo utilizados con éxito desde hace unos años para medir el color en Odonto-



Figura 2. El espectrofotómetro Easyshade, de la marca Vita



Figura 3



Figura 4



Figura 5. Guía Vitapan Classical

logía, como demuestran por ejemplo los estudios publicados por Carrillo et al (3, 4).

La espectrofotometría es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones biológicas.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

Recopilación bibliográfica de distintas formas y procedencias (Biblioteca de

la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid, artículos de publicaciones en Internet). Visita a los fabricantes de espectrofotómetros en Exponential y recogida de folletos explicativos. Lectura exhaustiva del material recopilado y, especialmente, de sus conclusiones. Posteriormente, unificación y diferenciación de dicho material para la

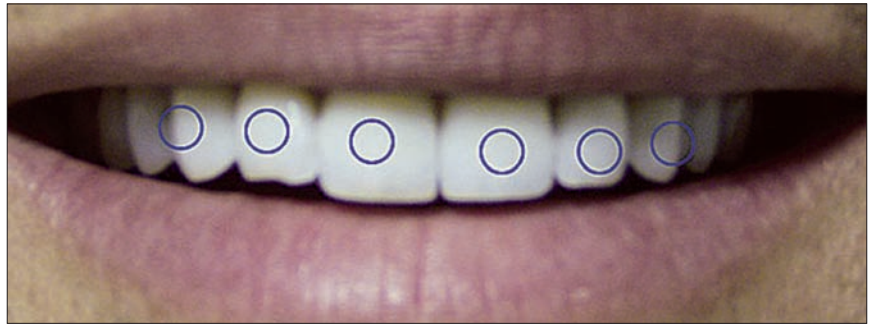


Figura 6

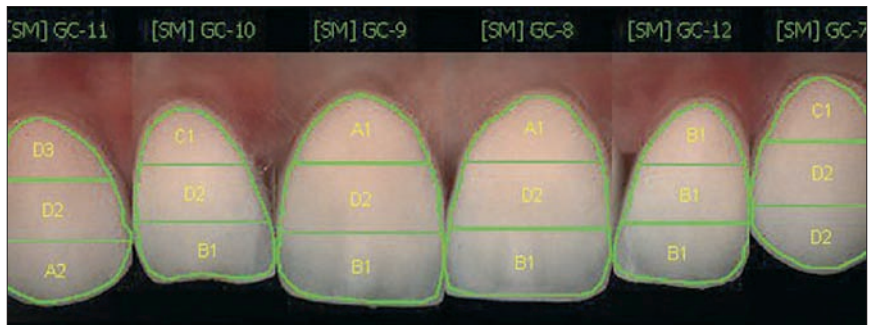


Figura 7

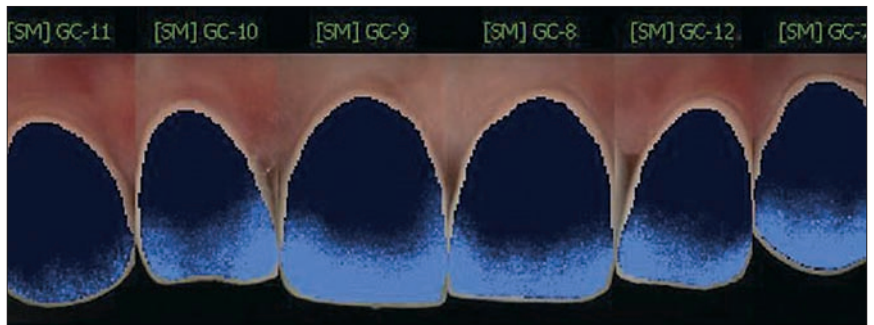


Figura 8

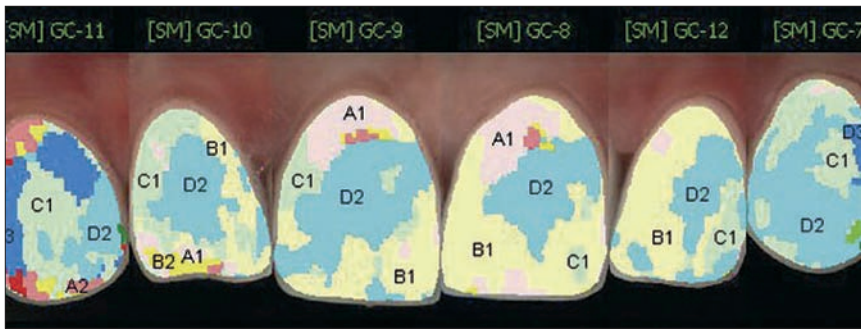


Figura 9



Figura 10



Figura 11. El espectrofotómetro SpectroShade, de la marca Micro

obtención de un solo escrito. Y finalmente, la obtención de mis propias conclusiones.

### DISCUSIÓN

En España se comercializan dos tipos de espectrofotómetros.

El primero es el Easyshade, de la casa Vita. En realidad se trata de un

colorímetro que incorpora un sistema de medición espectrofotométrico.

Se trata de un instrumento digital formado por una unidad central con una pantalla táctil y un terminal (punta estrecha y acodada) con una fuente de luz y un lector, que compara con los 26 colores de la guía Vita System 3D-Master así como con los 16 colores de la Vitapan Classical (Figura 4). Además, incorpora tres colores específicos del Vita System 3D-Master para los dientes blanqueados.

Las ventajas que aporta este aparato son:

- Buena visualización.
- Acceso a todos los dientes.
- Resultados objetivos independientes de la iluminación y el usuario.
- Breve periodo de adaptación. Fácil de usar.
- Prestación cuantificable.
- Ahorro de tiempo.
- Estandarización, reproducibilidad, rapidez y seguridad.

La veracidad de dichas ventajas se puso de manifiesto, por ejemplo, en un estudio realizado en 2005 por Amengual-Lorenzo y cols. (1), en el que se comparaba el espectrofotómetro Easyshade con dos colorímetros (Shade Eye —de Shofu—, e Identa color II —de Identa—), en cuanto a reproducibilidad en la medición del color “in vitro” e “in vivo”.

En dicho estudio el espectrofotómetro Easyshade se mostró como el más fiable en las mediciones, tanto de las guías como de los dientes naturales.

El segundo espectrofotómetro es el SpectroShade Micro, de la marca Metalordental (Figura 11).

El aparato SpectroShade Micro

funciona en un sistema operativo Linux, con un diodo de emisión de luz configurado para imitar el espectro de luz visible (luz diurna). Calcula la diferencia numérica entre el color del diente natural y el color seleccionado en cuanto a las propiedades de éste que hemos definido, es decir, saturación, matiz y brillo.

El software es compatible con las plataformas Microsoft Windows y podría ser configurado para Macintosh.

El espectrofotómetro realiza una valoración general del color del diente, una evaluación de tres áreas del mismo (zona cervical, zona media y borde incisal) y un análisis detallado de todos los puntos.

Esto se puede resumir en cuatro pasos:

- Obtención de la imagen digital polarizada (Figura 6).
- Análisis general de las zonas de los dientes (Figura 7).
- Translucidez (Figura 8).
- Distribución del color (mapa colorímetro, Figura 9).

Analiza las imágenes comparando el color del diente antes y después de un tratamiento de blanqueo dental, o comparando el color del diente natural con una corona.

Las ventajas que aporta este aparato son:

- Buena visualización.
- Acceso a todos los dientes.
- Resultados objetivos independientes de la iluminación y el usuario (Figura 10).
- Breve periodo de adaptación. Fácil de usar.
- Prestación cuantificable.
- Precisión.
- Ahorro de tiempo.
- Estandarización, reproducibilidad, rapidez y seguridad.
- Realización de mapas colorímetros (Figura 9).

• Posibilidad de alinear correctamente el diente mediante el sistema de guía de posicionamiento del diente visualizado en la pantalla de alta resolución del espectrofotómetro.

• El ordenador interno del espectrofotómetro analiza más de dos millones de referencias por imagen. Basta una única imagen para tener todos los datos necesarios.

- Posibilidad de trasladar las imágenes y los datos espectrales a un ordenador personal mediante USB, LAN sin cables o tarjeta de memoria, y enviar al laboratorio en tiempo real mediante e-mail o CD-ROM.

La desventaja destacable que ofrece el espectrofotómetro SpectroShade Micro frente a otros aparatos de similar uso es que presenta un coste bastante más elevado.

## CONCLUSIONES

Todavía no disponemos de muchos estudios que evalúen la efectividad de los espectrofotómetros en Odontología, pero la coincidencia de resultados en los que hay es clara (1). Además, los espectrofotómetros han sido ya utilizados, por ejemplo, para valorar la influencia óptica de diferentes aleaciones metálicas y porcelanas en las restauraciones ceramometálicas (8), la efectividad de la protección con cemento de vidrio-ionómero modificado con resina (5), o la influencia del pH y el tiempo en la degradación de los composites (9).

El espectrofotómetro SpectroShade Micro ha sido evaluado por ejemplo por Trushkowsky (12) con resultados positivos.

Se han realizado diferentes estudios comparando los resultados obtenidos por examinadores y espectrofotómetros. Entre ellos, he recopilado tres referentes al color de los dientes (6, 7, 10), uno referente al color de las coronas ceramometálicas (11), y otro que estudia la influencia de las espigas-muñones en la transmisión de la luz a través de diferentes coronas de porcelana (2).

Dentro de los referentes al color de los dientes, el estudio realizado por Guan et al. en 2005 (6) concluía que existía una buena correlación entre los resultados obtenidos por visión humana directa y por espectrofotometría.

El realizado por Horn y cols. en 1998 (7) concluía que la espectrofotometría es un método más predecible y fiable en la evaluación del color de los dientes humanos in vitro que el ojo humano. El espectrofotómetro alcanzaba una reproducibilidad del 80 por ciento, mientras que los observadores no pasaban del 65 por ciento.

A similares resultados llegaba el realizado por Paul y cols. en 2002 (9); éste concluía que la medición con espectrofotómetro es más precisa y reproducible que la del ojo humano (los observadores coincidieron en un 26,6% y el espectrofotómetro en un 83,3%).

En el estudio de SJ Paul y cols. publicado en 2004 (11) referente al color de las coronas ceramometálicas, los evaluadores coincidieron sólo en dos de seis casos, mientras que las selecciones de color espectrofotométricas coincidieron en nueve casos de diez.

En el estudio de Carossa y cols., publicado en 2001 (2), se observaron pequeñas diferencias, pero significativas, sólo en las mediciones espectrofotométricas.

También he recopilado un estudio comparativo entre diferentes colorímetros en cuanto a la reproducibilidad en la medición del color in vivo e in vitro, realizado por Amengual y cols. (1). Las conclusiones de dicho estudio resaltan la escasa reproducibilidad de los métodos subjetivos utilizando guías, que oscila entre el 30 y el 60 por ciento, mientras que la de los sistemas electrónicos (colorímetros y espectrofotómetros) se encuentra entre el 80 y el 100 por cien.

Finalmente, un estudio realizado por Wang y cols. en 2005 (13) comparando colorímetros y espectrofotómetros en cuanto a la medición del color de la cerámica, concluía que los resultados eran correlativos aunque hubiera diferencias estadísticas entre los datos obtenidos

En mi opinión, los resultados de los diferentes estudios ponen de manifiesto la fiabilidad de colorímetros y espectrofotómetros frente a los métodos visuales tradicionales.

El ojo humano es capaz de detectar con bastante eficacia incluso pequeñas diferencias entre los colores de dos objetos, pero la determinación del color del diente por medios visuales es demasiado subjetiva. Se pueden dar inconsistencias debido por una parte a variables generales como la luz ambiental, la experiencia del observador, la fatiga y la edad de éste, y por otra, a variables psicológicas como la ceguera al color.

El color "estándar" de las guías de

color comercializadas varía enormemente debido a parámetros difíciles de controlar durante su fabricación, como el recubrimiento, el espesor de capa, el sinterizado, etc. Por ello, ninguna guía dental de las disponibles en el mercado es idéntica a otra. Sin embargo, hasta hoy y a pesar de esa falta de estandarización, las guías de color son el único estándar en que nos basamos para determinar el color en Odontología.

De todo ello surge la necesidad de métodos que mejoren la elección del color de los dientes, es decir, los colorímetros y espectrofotómetros. Estos aparatos controlan las condiciones de la luz exterior y permiten la cuantificación del color utilizando las coordenadas  $L^*a^*b^*$  de CIE. En base a estos parámetros, los datos obtenidos a partir de la colorimetría o espectrofotometría computarizada permiten realizar una comparación matemática objetiva.

La principal desventaja de los nuevos dispositivos frente a los métodos visuales tradicionales sería el coste económico de los aparatos, especialmente de los espectrofotómetros.

En cuanto a la comparación entre colorímetros y espectrofotómetros, está claro que, en teoría, los segundos aportan más ventajas prácticas (como el sistema de guía de posicionamiento), aunque es necesaria la realización de más estudios en este sentido.

## BIBLIOGRAFÍA

### ARTÍCULOS

1. **Amengual-Lorenzo J, y cols.** "Reproducibilidad en la medición del color in vitro e in vivo mediante colorímetros específicos para uso dental". RCOE, 2005, vol 10, n.º 3: 263-267.
2. **Carossa S, y cols.** "Influencia de las espigas-muñones en la transmisión de la luz a través de diferentes coronas de porcelana: valoración clínica y espectrofotométrica". Revista Internacional de Prótesis Estomatológica, 2001, vol 3, n.º 4: 260-265.

3. Carrillo JS, et al. "Estudio preliminar de dos sistemas de blanqueamiento con tecnologías innovadoras en una sola sesión". Revista Gaceta Dental, marzo de 2001, n° 116: 48-60.
4. Carrillo JS, Álvarez C. "Blanqueamientos en Odontología: algunos aspectos de su aplicación y posibilidades de medición en clínica". Revista Gaceta Dental, noviembre de 2002, n° 132: 54-72.
5. Cefaly DFG, y cols. "Effectiveness of Surface Protection of Resin Modified Glass Ionomer Cements Evaluated Spectrophotometrically". Operative Dentistry, 2001, n.º 26: 401-405.
6. Guan YH, y cols. "The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison". Journal of Oral Rehabilitation, 2005, n.º 32: 7-15.
7. Horn DJ, y cols. "Sphere Spectrophotometer Versus Human evaluation of Tooth Shade". Journal of Endodontics, diciembre de 1998, vol 24, n.º 12: 786-790.
8. Kourtis SG, y cols. "Spectrophotometric evaluation of the optical influence of different metal alloys and porcelains in the metal-ceramic complex". The Journal of Prosthetic Dentistry, noviembre de 2004, vol 92, n.º 5: 477-485.
9. Örtengren U, y cols. "Influence of pH and time on organic substance release from a model dental composite: a fluorescence spectrophotometry and gas chromatography / mass spectrometry analysis". European Journal of Oral Sciences, 2004, n.º 112: 530-537.
10. Paul S, y cols. "Visual and Spectrophotometric Shade Analysis of Human Teeth". Journal of Dental Research, 2002, vol 81, n.º 8: 578-582.
11. Paul SJ, y cols. "Toma del color visual convencional frente a la espectrofotométrica para coronas ceramometálicas: comparación clínica". Revista Internacional de Odontología Restauradora y Periodoncia, 2004, vol 8, n.º 3: 236-245.
12. Trushkowsky RD, y cols. "How a Spectrophotometer Can Help You Achieve Esthetic Shade Matching". Compendium, enero de 2003, vol 24, n.º 1: 60-66.
13. Wang X, y cols. "Comparison of the Color of Ceramics as Measured by Different Spectrophotometers and Colorimeters". International Journal of Prosthodontics, 2005, vol 18, n.º 1: 73-74.
- FOLLETOS OBTENIDOS EN EXPODENTAL-2006**
- Colorímetro digital VITA Easyshade.
  - Espectrofotómetro SpectroShade MICRO de Metalordental.