

## ¿FOTOGRAFIAMOS EL COLOR TAL Y COMO LO PERCIBIMOS?

J. L. Nieves, J. A. García, J. Hernández-Andrés, R. Huertas

Grupo para la Enseñanza y Divulgación de la Óptica  
Departamento de Óptica. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.  
18071- Granada (SPAIN). E-mail: [jnieves@ugr.es](mailto:jnieves@ugr.es)

[Recibido en Marzo de 2009, ACEPTADO en Septiembre de 2009]

**Palabras clave:** *color; reflectancia; iluminante; balance de blanco*

### INTRODUCCIÓN

Habitualmente nuestros alumnos manejan con cierta facilidad las nuevas tecnologías, ordenadores, cámaras digitales, etc. Saben hacer muchas cosas con estos aparatos pero, en la mayoría de los casos, ignoran por qué se hacen o por qué ciertos aparatos disponen de determinadas opciones de funcionamiento. Cada vez les interesa menos el porqué de las cosas, sólo se plantean cómo hacerlas y nada más. Sin embargo, potenciar en nuestros alumnos la reflexión de por qué sucede algo, cómo funciona tal instrumento o, simplemente, observar un fenómeno e intentar darle explicación, debe ser una cuestión prioritaria en la didáctica de la Ciencias Experimentales. Más que enseñarles debemos ayudarles a que aprendan.

Con dicha filosofía pretendemos en este trabajo que nuestros alumnos conozcan algunos aspectos de nuestro sistema visual, en concreto aquellos referidos a la visión del color, usando para ello un dispositivo tan familiar y tan común como su propia cámara digital.

### FUNDAMENTO TEÓRICO

La percepción y reproducción del color es una cuestión que no sólo tiene que ver con un fenómeno físico (la interacción de la luz con los objetos), sino que también involucra aspectos perceptivos ligados a la visión. En algunas ocasiones la iluminación bajo la que observamos una determinada escena puede ser un factor incluso más importante que los propios objetos en la percepción del color de los mismos.

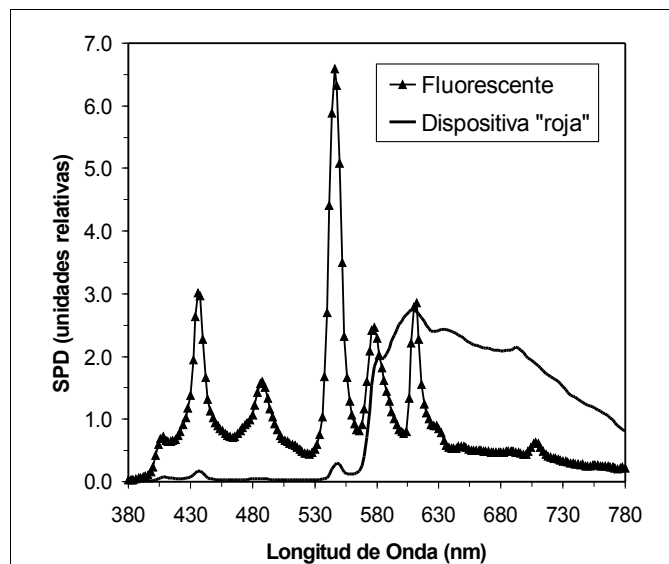
Los objetos no pueden ser vistos sin una fuente de luz que los iluminen. Es natural pensar en el color de un objeto como una característica propia del objeto. Con ello no pretendemos responder a la manida pregunta sobre de qué color es el caballo blanco de Santiago, sino más bien tener en cuenta, por ejemplo, que la mayoría de la gente asocia el amarillo a una fruta como el plátano. Sin embargo dicho plátano puede llegar a verse de otro color sin más que iluminarlo con una fuente de luz con unas características espectrales muy distintas a las luces habituales que nos rodean. Desde un punto de vista matemático la luz reflejada por un objeto es el producto de la luz que lo ilumina por la reflectancia del objeto. Si necesitamos una caracterización

espectral de la luz entonces el espectro de la luz reflejada en un objeto es el producto de la distribución de potencia espectral de la luz incidente y la reflectancia espectral del mismo (Artigas *et al.*, 1995; Romero *et al.*, 1996). Especificados ambos a través de las funciones espectrales  $E(\lambda)$  y  $S(\lambda)$ , respectivamente, la luz una vez reflejada por los objetos queda especificada por la denominada *señal de color*  $C(\lambda)$ , definida como  $C(\lambda) = E(\lambda)S(\lambda)$ . Una vez que la señal de color llega a nuestro ojo todos esos factores quedan confundidos en uno solo generándose una señal en cada uno de nuestros fotorreceptores. La característica de esta etapa de fotorrecepción en nuestro ojo es que la señal electroquímica generada por nuestros fotorreceptores (conos L, M y S) ya no posee información del contenido espectral de la señal de color que incidió sobre la retina, perdiéndose toda la información espectral de acuerdo a lo que se conoce como *principio de univarianza* (Romero *et al.*, 1996).

Si se produce un pequeño cambio en la fuente de luz (en términos de cambio espectral en la función  $E(\lambda)$ ) nuestro cerebro no percibirá ese cambio como un cambio en el color de los objetos. Es lo que en Psicofísica de la Visión se denomina "adaptación cromática", entendida como el proceso por el cual el Sistema Visual Humano cambia la sensibilidad de los mecanismos fotorreceptores como consecuencia de un cambio en la composición espectral de la luz observada. Se trata de un proceso sensorial que en muchas ocasiones lleva asociado incluso un proceso neural donde el contexto en el que se observan los objetos juega un papel relevante (Wandell, 1995).

## MATERIAL Y MÉTODO

Utilizaremos el MS PowerPoint para crear una diapositiva cuyo fondo seleccionaremos de color "rojo" (componentes de color  $R=255$ ,  $G=0$ , y  $B=0$ ) y, usando un cañón de proyección, proyectaremos dicha diapositiva sobre nuestra pantalla de proyección. Si observamos dicha diapositiva durante unos 30 s y luego observamos cualquier objeto de nuestro entorno



**Figura 1.-** Distribución de potencia espectral (SPD) relativa de la iluminación proporcionada por la diapositiva "roja" y por un tubo fluorescente de luz.



**Figura 2.-** Menú para selección de balance de blanco de la cámara Sony Cyber-SHOT-DSC-W130 utilizada.

comprobaremos cómo la percepción del color ha cambiado debido a la adaptación prolongada a este estímulo de color. En la figura 1 podemos comprobar la muy diferente distribución de potencia espectral asociada, por ejemplo, a la iluminación roja proporcionada por nuestra diapositiva a color y la iluminación proporcionada por el fluorescente de la habitación. La observación, y por tanto adaptación, a este estímulo rojo ha hecho que los conos L (sensibles a las largas longitudes de onda) sean los que presumiblemente hayan excitado más su fotopigmento, decreciendo por ello su sensibilidad en este intervalo de longitudes de onda y provocando que estímulos de color que se observen después aparezcan menos saturados y luminosos que lo que realmente son.

Una cámara no tiene la posibilidad de procesar la luz como lo hace el Sistema Visual Humano. El mecanismo de adaptación cromática que pone en juego el sistema visual humano no es sino un mecanismo de balance que permite ajustar su sensibilidad de modo que la percepción del color se mantenga aproximadamente constante bajo diferentes condiciones de iluminación. Hoy en día cualquier dispositivo de captura y proyección de imágenes (cámaras digitales, cámaras de vídeo, televisores LCD, etc.) también contempla la posibilidad de compensar los efectos de la iluminación en la imagen, tratando de simular la adaptación cromática del Sistema Visual Humano. La forma habitual de conseguirlo es actuando en la cámara sobre la ganancia de cada una de los componentes del color. El *balance de blanco* de nuestra cámara nos ayuda a ello (figura 2). Las cámaras digitales traen incorporado al menos un sistema de balance de blanco automático, que ajusta la parte más luminosa de la escena para que aparezca como blanca y la menos luminosa como negra. Además es usual encontrarnos en el mercado cámaras que no sólo permiten una corrección automática sino que ofrecen una variedad de opciones desde la selección de fotografía para días nublados, iluminación incandescente, iluminación fluorescente, etc.

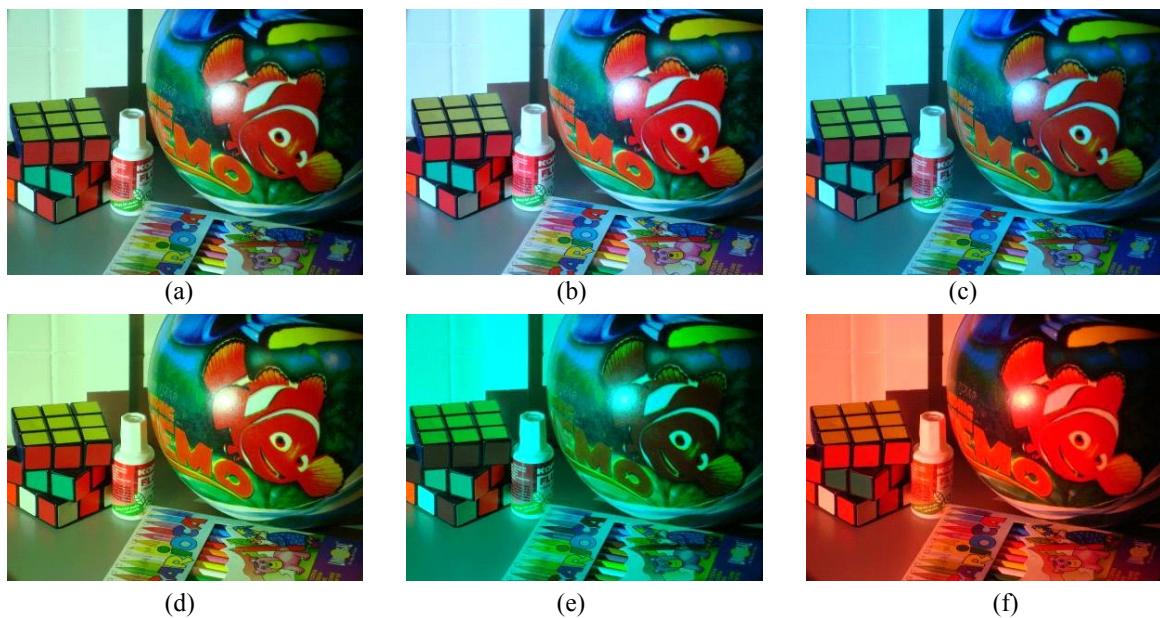
## **RESULTADOS Y COMENTARIOS**

Utilizando de nuevo nuestro PowerPoint insertaremos una nueva diapositiva ahora seleccionando un fondo "blanco" (componentes de color R=255, G=255, y B=255). A diferencia de la experiencia anterior, dirigiremos la proyección no hacia nuestra pantalla sino hacia un conjunto de objetos de colores variados que dispondremos a modo de bodegón. En principio, e incluso con la luz del aula encendida, no notaremos nada extraño en la apariencia del color de la escena observada. Sin embargo, si con esta configuración usamos nuestra cámara digital para fotografiar la escena sin usar flash podremos encontrarnos con sorpresas.

En primer lugar, elegiremos en nuestra cámara el modo de funcionamiento con balance de blanco automático. Al realizar la foto obtendremos una imagen como lo que se muestra en la Figura 3(a). El aspecto cromático que ofrece la escena nos resulta muy similar al del la escena observada a ojo desnudo, lo que nos da idea de que la cámara ha simulado correctamente la percepción del color del Sistema Visual Humano compensando automáticamente la iluminación presente en la escena. Cómo lo ha hecho depende del software del fabricante pero básicamente consiste en normalizar la foto capturada por la señal de un "blanco" presente en la escena, blanco

que generalmente se asocia al objeto más claro (de valores digitales más elevados) fotografiado en ella (Ebner, 2007).

En segundo lugar, seleccionaremos en nuestra cámara diferentes modos de balance de blanco. Manteniendo la misma iluminación que en la experiencia anterior, la sorpresa surge cuando de este modo vamos realizando varias fotografías de la misma escena. Las figuras 3(b)-3(d) muestran ejemplos de la escena fotografiada cuando se seleccionó el balance asociado a la opción luz diurna, fluorescente e incandescente (que era la iluminación que realmente había en la sala). En este caso es evidente la diferencia cromática entre todas las fotografías. Estas imágenes nos dan idea en realidad del color que la cámara está asumiendo para la luz-día, fluorescente e incandescente. Pero ¿realmente el sistema visual humano necesita también tener "almacenada" información de las condiciones de iluminación bajo las que podemos ver una escena? La respuesta evidente es que sería imposible hacerlo para las infinitas



**Figura 3.-** Fotos tomadas usando la iluminación fluorescente del aula y el balance de blanco (a) automático, (b) luz diurna, (c) fluorescente, y (d) incandescente. Para las fotos (e) y (f) se seleccionó el balance de blanco automático de la cámara y se sustituyó la iluminación ambiente por la "cian" y "roja" proporcionada por las diapositivas a color.

posibilidades de fuentes de luces naturales y artificiales disponibles. Ya hemos comentado que la adaptación cromática, y en concreto el fenómeno de la constancia del color (Ebner, 2007), permite que podamos percibir el color de los objetos de una manera estable con independencia de la luz que los ilumine.

Un último ejemplo que pone de manifiesto lo explicado anteriormente lo vemos en las figuras 3(e) y 3(f) donde, en lugar de la iluminación ambiente del aula, se han usado las dispositivos con fondos de color "cian" ( $R=100$ ,  $G=255$ , y  $B=200$ ) y "rojo" ( $R=255$ ,  $G=70$ , y  $B=70$ ) para iluminar la escena elegida. La reacción de la mayoría de nuestros alumnos al realizar esta experiencia es tanto de sorpresa, al comprobar cómo cambia la apariencia de las fotografías según la iluminación presente en la escena, como de

satisfacción al poder entender ahora el funcionamiento de esa opción disponible en las cámaras denominada "balance de blanco".

Si bien nuestras cámaras digitales de hoy en día encuentran en el balance de blanco una forma sencilla de simular el proceso de adaptación cromática utilizado por el sistema visual humano, hay situaciones en las que esta adaptación no es posible para la cámara y sí para el Sistema Visual Humano. Nuestros alumnos no tienen sino que preguntarse si por la noche con el alumbrado público naranja ven los objetos realmente de color anaranjado o no. Estos ejemplos, y otros parecidos, pueden utilizarse para incentivar a nuestros alumnos sobre cómo funciona nuestro sistema visual, en particular, y el interés por la ciencia, en general.

### **REFERENCIAS**

ARTIGAS, J. M., CAPILLA, P., FELIPE, A. y PUJOL, J., *Óptica Fisiológica. Psicofísica de la Visión*, Interamericana McGraw-Hill, 1995.

EBNER, M., *Color constancy*, Wiley, New York, 2007.

ROMERO MORA, J., GARCÍA GARCÍA, J. A. y GARCÍA Y BELTRÁN, A., *Curso Introductorio a la Óptica Fisiológica*, Ed. Comares, 1996.

WANDELL, B.A., *Foundations of Vision*, Sinauer Associates Inc., 1995.

### **DO WE REALLY TAKE PICTURES OF COLORS AS WE PERCEIVE THEM?**

**Keywords:** *color; reflectance; illuminant; white balance*