

# MEDIR EL COLOR

## Cómo se mide **de forma cuantitativa** un determinado color

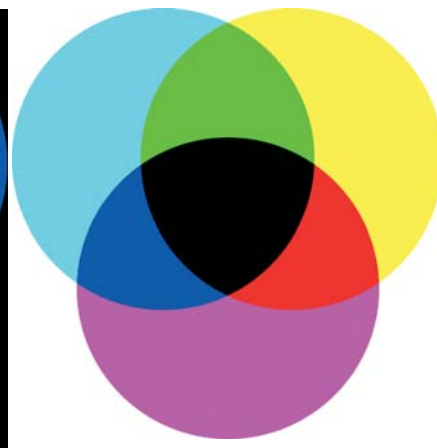
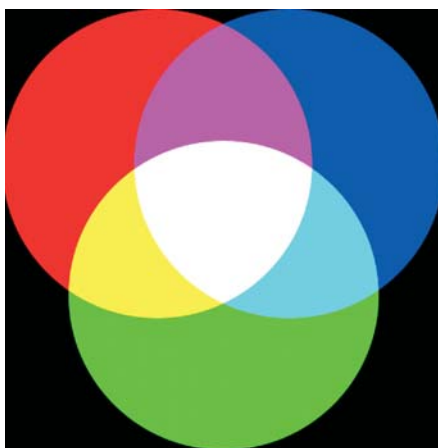
Los romanos consideraban el índigo, pigmento de color azul intenso, un artículo de lujo, que incluso valía la pena importar desde la lejana India. Hoy en día se genera artificialmente, y se utiliza principalmente para teñir pantalones tejanos, pero... ¿Cómo saber de una manera cuantitativa si el color de este nuevo pigmento es igual al original? ¿Se puede medir el color índigo?

Por Luis Carlos PARDO, doctor en Ciencias Físicas por la UPC  
luis.carlos.pardo@upc.edu

Un televisor muestra el intenso color azul del turbante de un tuareg... Pero sería conveniente que este color fuera el mismo aunque la pantalla se haya fabricado en América, China o Europa, y para esto necesitamos una definición cuantitativa y universal del color. Puesto que podemos disfrutar de los mismos colores del arco iris en cualquiera de los cinco continentes, e incluso en casi todo el universo, éste parece una buena opción para definir un color. Tomando por tanto el arco iris (o mejor dicho, la parte visible del espectro electromagnético) como referencia, examinemos detalladamente qué determina el color de un objeto.

Una manzana no parecerá del mismo color iluminada con una luz rojiza o con una luz azulada. Por tanto, lo primero será definir el color de la luz con que se ve un objeto, o *iluminante*. Para caracterizar un iluminante se mide qué cantidad de cada uno de los colores del espectro contiene. Teniendo en cuenta que cada color del arco iris está definido por una longitud de onda del espectro, mediremos para cada una su intensidad, y de esta manera ya tenemos la primera traducción de algo subjetivo (el color de una luz) a cantidades numéricas: el iluminante es la intensidad de luz de cada longitud de onda. Aunque iluminantes hay tantos como lugares donde poder ver un color, se han definido algunos estándar como, por ejemplo, el A asociado a la luz de una bombilla de tungsteno, o los iluminantes C o T65 asociados a la luz del día.

Una vez hemos iluminado un objeto con un cierto iluminante, su color también dependerá de la sensibilidad del ojo a cada color o longitud de onda del espectro. Esta tarea es más difícil, porque hay tantos ojos como personas, por lo que es necesario definir un "ojo



A la izquierda, mezcla de colores *aditiva*; a la derecha, mezcla de colores *sustractiva*

### ¿Se puede medir el color índigo?

estándar" para poder determinar el color de una manera universal. Esto se hace estudiando la sensibilidad de un gran número de personas a la percepción de cada color, que es mayor para tonos amarillos y verdes, y menor para colores rojizos y azulados. De esta manera obtenemos una segunda magnitud que utilizaremos para poder medir el color, la *sensibilidad espectral*, que nos dice la sensibilidad de nuestro ojo a cada longitud de onda. Pero aún nos falta lo más importante: definir el color intrínseco del objeto.

### SUMAR SUMANDO Y RESTANDO

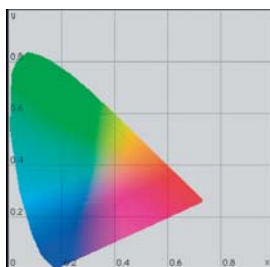
Aunque pueda parecer lo mismo, el color de una bombilla roja no es igual que el color de la superficie de un tomate, que refleja la luz roja. Es decir, si queremos reproducir un color, no funcionan las mismas reglas en el caso de una pantalla (que al igual que la bombilla, emite luz), que en el caso de una fotografía (que como el tomate, refleja la luz). En

el primer caso, el color de la luz que emite la bombilla se puede describir por la cantidad que deja pasar la pintura para cada color o longitud de onda, esto es, su *transmitancia*; mientras que en el segundo caso, puesto que la luz se refleja en una superficie, definiremos la *reflectancia* como la cantidad de luz que refleja el objeto para cada longitud de onda.

A primera vista, distinguir entre color "emitido" o "reflejado" puede parecer inútil, pero si imaginamos (o realizamos) el siguiente experimento, no lo es en absoluto. Si sobre una pantalla proyectamos luz de los tres colores primarios, la suma de los tres será de color blanco, ya que cada color añade al espectro las partes roja, verde y azul, hasta recomponer el espectro que nos produce la sensación de "luz blanca". Por esta razón, a esta suma de colores se le llama *aditiva*. En el caso de pigmentos que reflejan la luz sucede lo contrario: un objeto verde elimina todo el espectro salvo el color verde, que se refleja. Por esta razón, al mezclar pinturas de los tres colores primarios obtenemos un color oscuro, ya que cada pigmento absorbe una parte del espectro, y su suma no refleja la luz, dando como

## COLOR, MÚSICA Y GAMUT

La palabra gamut tiene su origen en la música de la Edad Media europea, y designaba un conjunto de seis notas o hexacorde, en el que se organizaban los tonos musicales en aquel tiempo. El tono más bajo de este sistema, designado con la letra griega "gamma" y la nota "do" ("ut" en la Edad Media), dieron origen a la palabra "gamut" para designar al conjunto de notas que forman el hexacorde. En la descripción del color, la palabra gamut designa la parte del espacio de color que puede reproducir un determinado sistema como el RGB o el CMYK. Por ejemplo, la fotografía o el cine analógico tienen el mayor gamut, seguidos de las pantallas digitales y, por último, por las impresoras.



resultado una pintura de un color grisáceo. Por esta razón a la suma de pigmentos se la llama *sustractiva*, ya que cada uno de los primarios elimina una parte del espectro. En el caso de una pantalla de vídeo, la mezcla de colores es aditiva, mientras que en el caso de una fotografía, es sustractiva, por lo que para reproducir un color las reglas que se han de aplicar son diferentes en ambos casos. Así obtenemos la última función que nos faltaba, que nos indica la transmitancia o reflectancia de un objeto en función de la longitud de onda.

### MATEMÁTICA DEL COLOR

Llegados a este punto, podemos cuantificar por fin la frase "el turbante del tuareg es de color azul intenso", que sería algo así: la curva del iluminante C que representa la luz del desierto, más la reflectancia del pigmento del turbante, más la sensibilidad espectral de mi ojo, dan como resultado una curva de la intensidad en función de la longitud de onda que me produce la sensación de azul intenso. La gran ventaja es que puedo enviar ahora esta curva a cualquier lugar del mundo y, por lo menos, estaré seguro de que todos estarán viendo el mismo turbante que yo (suponiendo que su ojo sea un ojo estándar, evidentemente). Pero aún hay que reducir esta información para poder utilizarla en una pantalla de vídeo o una fotografía, por lo que es necesario definir tres colores primarios universales.

Por esta razón en 1931 la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) definió tres colores no existentes en la naturaleza, de nombres X, Y y Z, a partir de los cuales es posible reproducir cualquier color imaginable. Estos colores crean lo que se llama un espacio de color (en este caso el CIE31), en el que cada coordenada del triángulo definido por

ellos representa un color. El problema es que X, Y y Z no se pueden utilizar en un dispositivo real, ya que son idealizaciones matemáticas, necesarias para poder reproducir todos los colores. Por esta razón las pantallas utilizan el sistema RGB (Red, Green and Blue, rojo, verde y azul), que abarca una parte importante del espacio definido por los colores XYZ, o gamut. En el caso de la impresión digital, puesto que la adición sustractiva de los tres colores primarios genera un color grisáceo en vez de negro, es necesario añadir el color negro a los otros tres colores, por lo que los colores primarios son cuatro, Cyan, Magenta, amarillo (Yellow), y negro (black), dando lugar al espacio de color CMYK. El uso de diferentes espacios en fotografía y vídeo conlleva el problema que el gamut del espacio RGB, es decir, los colores que se pueden representar con rojo, amarillo y azul, es mayor que el gamut del espacio CMYK, por lo que algunos colores reproducibles en una pantalla, como por ejemplo el azul puro, no se pueden reproducir sobre el papel.

Traducir una frase tan simple como "el tomate es rojo" a cantidades que después se puedan reproducir en una pantalla de vídeo o en una fotografía no es tarea fácil. La proporción relativa de los colores del espectro que se emiten (iluminante), que se reflejan o transmiten (reflectancia, transmitancia) y que se perciben (sensibilidad espectral), crean una curva resumen de intensidad en función de la longitud de onda que define un color. El problema es que, al resumir esta información en sólo tres o cuatro colores que se puedan reproducir mediante una pantalla (espacio RGB) o una foto (espacio CMYK), algunos colores se pierden. En conclusión: una puesta de sol siempre será mejor en directo ■

# inspiración creatividad trabajo



## velocidad fiabilidad escalabilidad

STORE DATA RAID



almacenamiento de datos  
para postproducción de  
cine, publicidad y canales  
de televisión

**SM DATA**  
especialistas en redes  
de almacenamiento



sminfo@smdata.com  
[www.smdata.com](http://www.smdata.com)

Barcelona Madrid  
Tel. +34 - 93 572 64 40 Tel. +34 - 91 548 72 20