El misterio de la constancia de la luminosidad

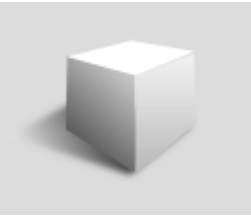
Mauro Boscarol

(Febrero de 2011)

En página anteriores de esta serie hemos visto como se definen las magnitudes perceptuales de brillo y luminosidad (en italiano: *brillanza* y *chiarezza,* respectivamente) a partir de las propiedades fotométricas —es decir, psicofísicas— del estímulo que las produce —es decir a partir de la luminancia y del factor de luminancia—.

Aquí veremos que la capacidad del sistema visual para percibir el brillo y luminosidad nos reserva algunas sorpresas.

Cuando observamos un objeto iluminado, la luminosidad es la percepción de la cantidad de luz que el objeto iluminado refleja y que llega a nuestros ojos.



Tomemos, por ejemplo, esta imagen de un cubo iluminado. Es un dibujo, pero imaginémonos que vemos un cubo real bajo una luz real que proyecta una sombra real. Las caras del cubo son todas iguales: Blancas —aunque podrían ser de cualquier otro color—. Sólo hay una iluminación y las caras están más o menos iluminadas, por lo que están más, menos o nada en sombra.

En esta situación no podemos tener dudas para juzgar que el brillo máximo está en la cara superior, el brillo medio en la cara a nuestra derecha y el brillo menor en la cara a nuestra izquierda. Hasta aquí, ningún problema.

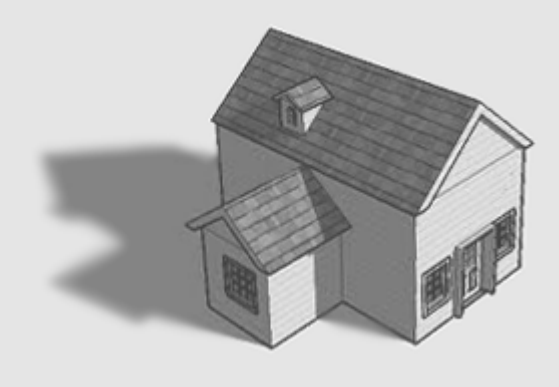
¿Qué podemos decir de la luminosidad? Para juzgarla no debemos considerar la cantidad total de la luz reflejada por cada cara, sino el porcentaje de reflexión de cada una de ellas.

La luminosidad de un área, de hecho, depende por definición de las propiedades de reflexión del área y no de la cantidad de luz que el área emite y llega a

nuestros ojos. En otras palabras: La luminosidad es independiente de la iluminación y depende, por el contrario de una propiedad de la superficie.

Una forma de entender la luminosidad consiste en imaginar que la iluminación es la misma para cada una de las caras o en descartar las diferencias de iluminación. Ahora es cuando se hace evidente que las caras son todas iguales y reflejan la luz por igual.

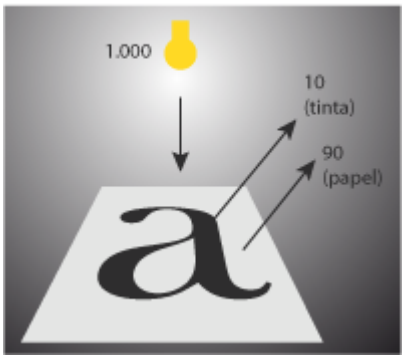
Para juzgar la luminosidad de otro modo, podemos dejar la iluminación como está e imaginarnos que pegamos sobre cada cara del cubo una tarjeta de cartulina que refleja toda la luz que recibe. La luminosidad de una cara será la relación entre la luz emitida por dicha cara (és decir: De su brillo) y de la luz emitida por su tarjeta (es decir, del brillo de esta cartulina). De este modo, podemos considerar que la luminosidad de cada cara es la misma. Las distintas exposiciones de las caras hacen que su brillo sea diferente, pero que sus relaciones con el brillo de sus respectivas tarjetas sean las mismas.



Otro ejemplo de brillo / luminosidad lo proporciona esta imagen de una casa iluminada que arroja una sombra, La parede de nuestra derecha parecen emitir más luz que la de la izquierda, por lo que ambas tienen valores de brillo distintos.

Por el contrario, la luminosidad es la misma porque atribuimos la diferencia del brillo a la diferencia de iluminación. Si eliminamos la diferencia de iluminación, la luminosidad resulta ser la misma.

Luz de interior



Otro ejemplo clásico es el de un libro impreso. El papel parece blanco y la tinta, negra. No importa si lo leemos en nuestra casa bajo una luz poco intensa o si lo leemos en el exterior a la luz del sol, que es más intensa.

El brillo del papel cambia —es menor bajo la luz de nuestra casa y mayor bajo la del sol—, pero la luminosidad sigue siendo la misma. De hecho, bajo la luz del sol aumenta el brillo del papel pero también aumenta el de la tinta negra, y la relación permanece constante. En estos casos, las variaciones en la iluminación no tienen lugar en el espacio sino en el tiempo (momentos distintos).

Llegados a este punto, podemos concluir que juzgar el brillo requiere un mecanismo mental muy simple: Es un mecanismo que evalúa la luz que recibe el ojo. Eso es todo. Juzgar la luminosidad, por el contrario pone en acción un mecanismo que debe evaluar la reflexión de la superficie, independientemente de la luz que recibe, *descartando* las diferencias de iluminación.

Pero la reflexión es una propiedad del material y no alcanza a nuestro ojo. Se queda en la superficie. Si una superficie refleja el 50%, cuando recibe mucha luz, refleja mucha; cuando recibe poca, refleja poca. En el primer caso, el ojo humano recibe mucha luz y en el segundo, poca. Pero milagrosamente, el sistema visual entiende que la luminosidad no varía, aunque la luz que haya recibido sea distinta. Juzgar la luminosidad requiere un mecanismo más complejo que el necesario para juzgar el brillo.

Sin embargo, aunque parezca ser más complejo, el sistema visual humano alcanza a juzgar de inmediato la luminosidad —es decir, a evaluar la reflexión de la superficie— en vez del brillo —la luz emitida por la superficie—. Es decir, alcanza a eliminar la diferencia de iluminación y a juzgar la luz reflejada por una superficie cualquiera respecto a la que refleja una superficie que la refleje en su totalidad. Por tanto, el ojo no sólo es capaz de evaluar la reflexión, sino que incluso lo que hace es más esta tarea que la de evaluar la luminosidad: Si se pide a quemarropa a un observador que compare cómo de luminosas son las paredes

de la casa de arriba (en el lenguaje genérico no se distingue entre luminosidad y brillo), dirá que ambas son igual de luminosas. Eso quiere decir que ha juzgado la luminosidad en vez del brillo. Hará falta insistir y pedirle que preste especial atención a la luz emitida por cada pared para que caiga en el hecho de que tienen diferentes brillos.

Con una cámara fotográfica se comprueba exactamente lo opuesto. La cámara pude medir perfectamente la radiancia de una superficie —y por tanto la luminancia y el brillo—, pero no puede medir el factor de reflexión —y por tanto el factor de luminancia y la luminosidad—.

En otras palabras, la cámara puede medir la luz proviniente de una escena —punto por punto— pero no puede descartar las diferencias de iluminaciones de la escena. De esto se deduce el hecho de que la cámara no puede evaluar el iluminante de una escena, de lo que a su vez de deduce que la cámara no es capaz de "*equilibrar*" las imágenes que capta.

Es por esto por lo que con una camara analógica tengamos que usar peliculas distintas para las distintas iluminaciones y con las cámaras digitales debamos ser nosotros los que le digamos la iluminación —operación que se denomina equilibrio de blancos—.

La cámara por si sola no es capaz de neutralizar la imagen, algo que el ojo humano hace perfectamente.

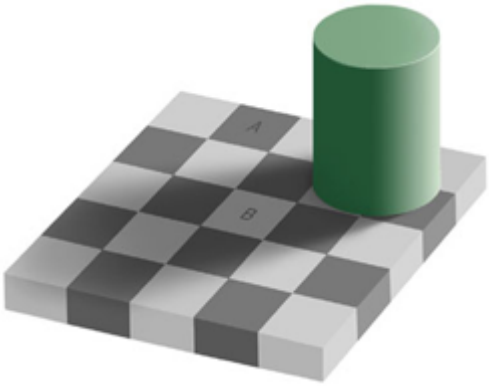
El hecho de que el ojo tiene más dificultades en medir la intensidad de la luz —al contrario que la cámara, que lo hace de maravilla— confirma la idea de que el ojo no ha sido creado para ser un instrumento de medición de la luz. Todo lo contrario, se ha creado para leer la información de una escena y fragmentarla en componentes, captando así cuál es la naturaleza esencial de los objetos de esa escena.

El hecho de que el sistema visual no sólo esté capacitado sino diseñado para juzgar la luminosidad se llama "constancia de la luminosidad *(lightness constancy),* ya que la constancia se mantiene al variar la iluminación.

Pero cómo funciona el mecanismo sensorial y/o mental para juzgar la luminosidad y porqué es éste el método preferente en el sistema visual humano es algo que nadie sabe y no se conoce el algoritmo. La ciencia aun no ha conseguido explicarlo. Lo único que llega al ojo es la luz y no se comprende cómo llega a trasladar la luz la información sobre a capacidad de reflexión de los materiales o cómo hace el sistema visual para conseguirla.

Evidentemende depende en cualquier caso del contexto. De hecho, el concepto de luminosidad no existe para colores aislados sino sólo para aquellos que se hallan en un contexto con un iluminante. Pero no se sabe ni cómo ni en qué parte del sistema se elabora la información. Podrían ser mecanismos sensoriales —en los receptores que van hasta las neuronas de los primeras etapas del sistema visual— o quizás mecanismos mentales o cognitivos.

Existen ejemplos en los que se hace evidente la capacidad del sistema visual para juzgar la luminosidad, es decir: para descartar el iluminante. El más famoso probablemente sea esta escena que preparó en 1995 Edward Adelson, que da clases en el Instituto Tecnológico de Massachussets, Estados Unidos donde un cilindro iluminado lateralmente arroja una sombra sobre un tablero:



Todos los observadores dicen siempre que el cuadrado A es más oscuro que el B. Sin embargo, la luz emitida por los dos cuadrados es exactamente la misma (hay que comprobarlo para creerlo). ¿Cómo hace nuestro sistema visual para considerar distintos ambos cuadrados cuando emiten la misma luz y al ojo nos llega la misma luz? Está claro que el contexto y la sombra desempeñan su papel. Pero ¿cómo funciona? ¿Cuál es el algoritmo? No se sabe.

Álguna bibliografía

En italiano se puede leer sobre este problema en el capítulo IV —*Cómo vemos el gris*— del libro *El color* de Paola Bressan, que enseña en la Universidad de Padua.

Existe un libro (en inglés) que resume el problema de la constancia de la luminosidad e todas las investigaciones que se han hecho para intentar resolverlo: *Seeing Black and White*, de Alan Gilchrist. Cito una frase de su introducción:

> ¡Es un asunto muy misterioso! Un papel negro bajo una luz intensa y un papel blanco a la sombra reflejan la misma luz hacia el ojo. Sin embargo, el papel negro parece negro y el blanco, blanco. ¿Cómo puede ser? La percepción humana es el único testimonio de que esto es posible.