

# **ARGENCOLOR 1994**

**ACTAS DEL SEGUNDO CONGRESO ARGENTINO DEL COLOR**

Editadas por

José Luis Caivano  
Roberto Daniel Lozano

Publicadas por el

Grupo Argentino del Color

Buenos Aires  
1996

ArgenColor 1994  
Segundo Congreso Argentino del Color  
26-28 de septiembre de 1994  
Facultad de Bellas Artes  
Universidad Nacional de La Plata  
Organizado por el Grupo Argentino del Color

Clasificación Decimal Universal  
535.6:7  
535.6:159.937.51  
535.6:159.938

ISSN 0328-1345  
ISBN 950-99498-4-1

copyright 1996

Grupo Argentino del Color  
Sector de Física Industrial  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Casilla de Correo 157  
1650 San Martín  
Provincia de Buenos Aires  
Argentina

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

Esta obra no puede ser reproducida por ningún medio sin la autorización de los titulares del copyright.

El título de los congresos y de las actas es propiedad del Grupo Argentino del Color.

Impreso en Argentina  
Se terminó de imprimir en  
Impresiones Milazo  
White 880  
1407 Buenos Aires  
Argentina

## **CESÍA: SU RELACIÓN CON EL COLOR A PARTIR DE LA TEORÍA TRICROMÁTICA**

José Luis CAIVANO

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

### **Generalidades sobre el color y sus sistemas de ordenamiento**

Cuando hablamos de color nos estamos refiriendo a la sensación producida en un observador a través de la estimulación de su retina por diferentes composiciones espectrales de la luz y la posterior interpretación de estos estímulos a nivel de la corteza cerebral. El color no está en la radiación luminosa sino en la mente del observador. Hay más de una teoría acerca de cómo se produce la visión del color. La teoría tricromática, cuyos orígenes se remontan a Thomas Young (1801, 1802) y que es desarrollada posteriormente por Ludwig von Helmholtz (1866), plantea que la percepción de los colores para los humanos (y para algunos otros mamíferos) se da a través de tres tipos de receptores en la retina, que son sensibles a bandas específicas de longitudes de onda de la radiación luminosa: onda larga, onda media y onda corta. La ciencia del color ha probado que mediante la mezcla en distintas proporciones de tres luces primarias—usualmente una roja, una verde y una azul, elegidas de manera tal que ninguna de ellas pueda ser igualada por mezcla de las otras dos— se pueden producir todas las sensaciones posibles de color.

Más allá de cuál sea el mecanismo fisiológico y neurológico que mejor explique la visión del color, hay cierto acuerdo sobre la cuestión de que en la diferenciación del color intervienen tres categorías perceptuales: (1) el *tinte* del color, con su correlato físico en la *longitud de onda dominante* de la radiación visible, (2) la *saturación*, con su correlato (psico)físico dado por la *pureza* del estímulo, y (3) la *luminosidad*, con su correlato físico en la *luminancia* —si estamos hablando de objetos que emiten luz— o la *reflectancia* —si nos referimos a objetos que reflejan la luz recibida (Figura 1). Se suele considerar que las dos primeras categorías en conjunto definen la *cromaticidad* del color. Así por ejemplo el triángulo CIE de 1931 se llama diagrama de cromaticidad; siendo un esquema bidimensional, en él se excluye la dimensión de luminancia, cuya medición física es aportada a la colorimetría por la fotometría. No obstante, esta última dimensión está incluida en el concepto de color, aunque a veces pueda considerársela en forma separada; es la que Paul Green-Armytage (1989) ha llamado la tercera dimensión del color. Así también en los círculos cromáticos, las representaciones más habituales de los ordenamientos del color, está excluida la dimensión de luminosidad y solo se puede dar cuenta del tinte y la saturación. Ya veremos de qué manera todo esto se relaciona con la cesía; veamos en primer lugar qué es la cesía.

### **La noción de cesía y su sistema ordenador**

“Cesía” es una palabra acuñada por César Jannello que se refiere a las sensaciones visuales producidas por las distintas formas de distribución *espacial* de la luz (sensaciones de transpa-

rencia, translucencia, mate, reflexión especular, brillo, etc.), a diferencia del término “color”, que designa todo lo que tiene que ver con las sensaciones originadas por diferencias en la distribución *espectral* de la luz (Caivano 1991, 1992).

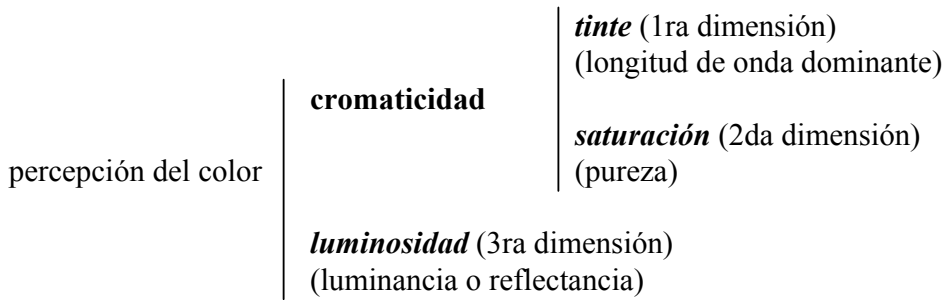


Figura 1. Categorías en la percepción del color.

En el modelo desarrollado para el ordenamiento de las sensaciones de cesía tenemos cinco vértices ocupados por lo que se ha definido como cesías primarias: la *especularidad* (producida por una reflexión regular o especular), la *calidad de mate* (producida por una reflexión difusa), la *transparencia* (producida por una transmisión regular), la *translucencia* (producida por una transmisión difusa) y la *sensación de negrura* u oscuridad total (producida por una absorción de radiación visible). Las cuatro primeras se ubican en los vértices de una superficie cuadrangular y la última en un vértice inferior al que confluyen los cuatro anteriores, formando una especie de pirámide invertida (Figura 2).

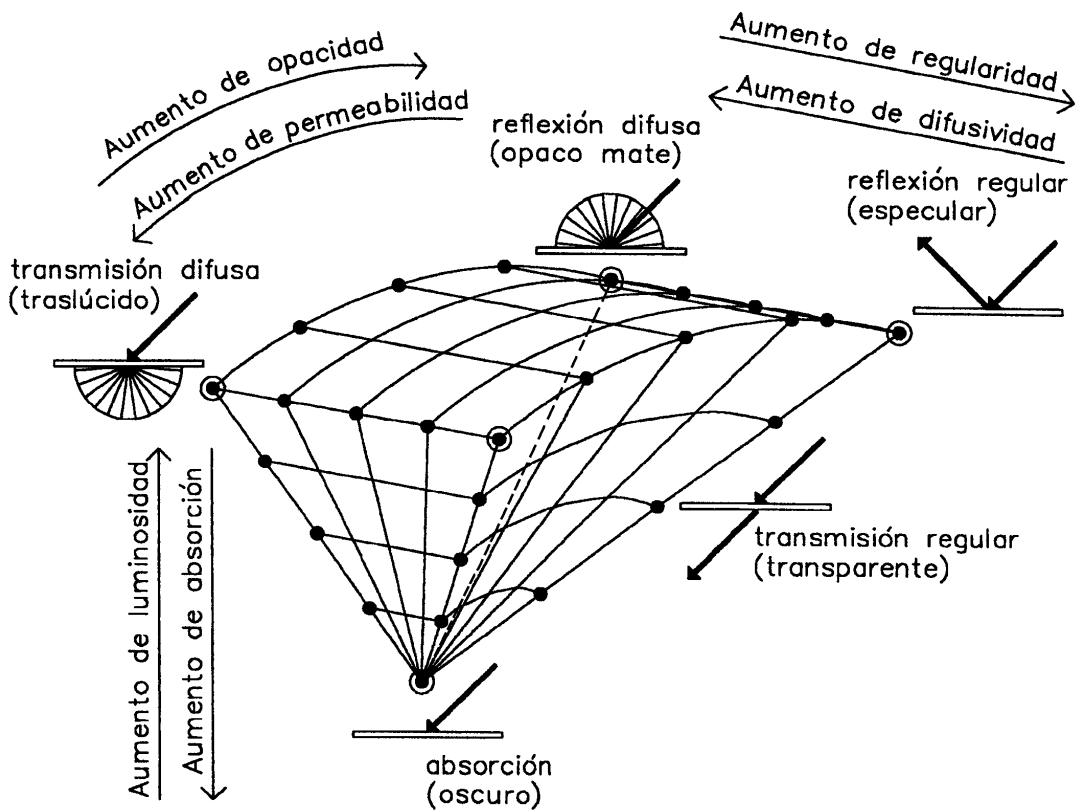


Figura 2. El sólido de las cesías, con las cinco sensaciones primarias y las tres clases de variación.

Podemos notar una diferencia entre las cuatro primeras cesías y la última, tanto si hablamos en términos de sensación visual como de estímulo físico. En los cuatro estímulos de cesía ubicados en el plano superior varía específicamente la forma de distribución espacial de la luz, mientras que en la absorción, ubicada en el vértice inferior, ha desaparecido la luz por completo. La especularidad, cualidad de mate, transparencia y translucencia son equivalentes como categorías, ya que se definen en un juego de oposiciones mutuas (reflexión versus transmisión y regular versus difuso); la sensación de negrura u oscuridad, por el contrario, es una categoría independiente. Las cuatro primeras categorías se refieren a la cualidad espacial de la luz percibida, la última a la cantidad de luz percibida. Entre las cuatro primeras se dan las variaciones de *permeabilidad* y *difusividad* (primera y segunda dimensión de la cesía), la última determina la variación de *absorción* (tercera dimensión de la cesía). En cualquier sección horizontal del sólido encontramos la misma variación de distribución espacial que en el plano superior, solo que con una menor intensidad ya que se ha producido una determinada absorción.

Entonces, a semejanza de lo que sucede con la noción de *cromaticidad* en el color, mediante la cual se definen las relaciones puramente cromáticas (tinte y saturación de la sensación de color o longitud de onda dominante y pureza del estímulo), independientemente de la sensación de luminosidad o la luminancia o reflectancia del estímulo, podemos dar también un nombre al juego de relaciones que se dan en cualquier sección horizontal del modelo de cesías, donde se hace abstracción de la absorción. A falta de otro término, podemos poner el nombre de *cesidad* a este concepto (Figura 3).



Figura 3. Categorías en la percepción de la cesía.

### La interrelación color-cesía

Ahora bien, las sensaciones de color se presentan siempre asociadas a sensaciones de cesía. Excepto en las raras ocasiones en que lo que miramos es directamente una fuente luminosa, en la enorme mayoría de nuestras percepciones visuales cotidianas vemos luz reflejada o transmitida por objetos no luminosos. En estos casos es cuando aparecen las sensaciones de cesía ya que los objetos reflejan o transmiten la luz de manera muy diferente dependiendo de su constitución física y su terminación superficial. Aquí no estamos hablando del color. Un objeto puede ser amarillo, pero al mismo tiempo puede ser brillante o mate, transparente o traslúcido. Un mismo color puede presentarse entonces con diferentes cesías y una misma cesía puede darse en diferentes colores. Podemos ver color en la transparencia (como por ejemplo en vidrios coloreados o en filtros de color) y en la translucencia. La reflexión especular puede darse como algo incoloro pero también puede aparecer coloreada.

Todo ello es explicable mediante el razonamiento de que los estímulos de cesía aparecen asociados al color debido a que la transmisión, reflexión o absorción de luz puede darse de manera selectiva respecto de las longitudes de onda. Si la reflexión, transmisión o absorción de

luz por parte de los objetos no se da en forma selectiva sino que es igual para todo el espectro de la radiación visible, entonces tenemos sensaciones de cesía acromáticas o incoloras.

Si nos ubicamos en el marco de la teoría tricromática, la explicación surge del análisis de las posibilidades de reflexión, transmisión y absorción, sea de manera difusa o regular, descomponiendo los estímulos luminosos en cada una de las componentes primarias de longitud de onda larga, media y corta. Un color rojo opaco mate está dado por la absorción de las longitudes de onda media y corta y la reflexión difusa de las de onda larga; un espejo rojo (aquel en que todo lo reflejado adquiere un tinte rojizo) se ve así porque las longitudes de onda media y corta son absorbidas y solo las de onda larga son reflejadas en forma especular; un vidrio traslúcido se verá rojo si las longitudes de onda media y corta son absorbidas y las de onda larga son transmitidas en forma difusa; un vidrio transparente resultará rojo si absorbe las longitudes de onda media y corta y transmite las de onda larga en forma regular. Lo mismo se aplica para los otros colores primarios asociados con las cesías primarias, así como a cualquier mezcla cromática asociada con cualquier cesía primaria o intermedia (Figura 4).

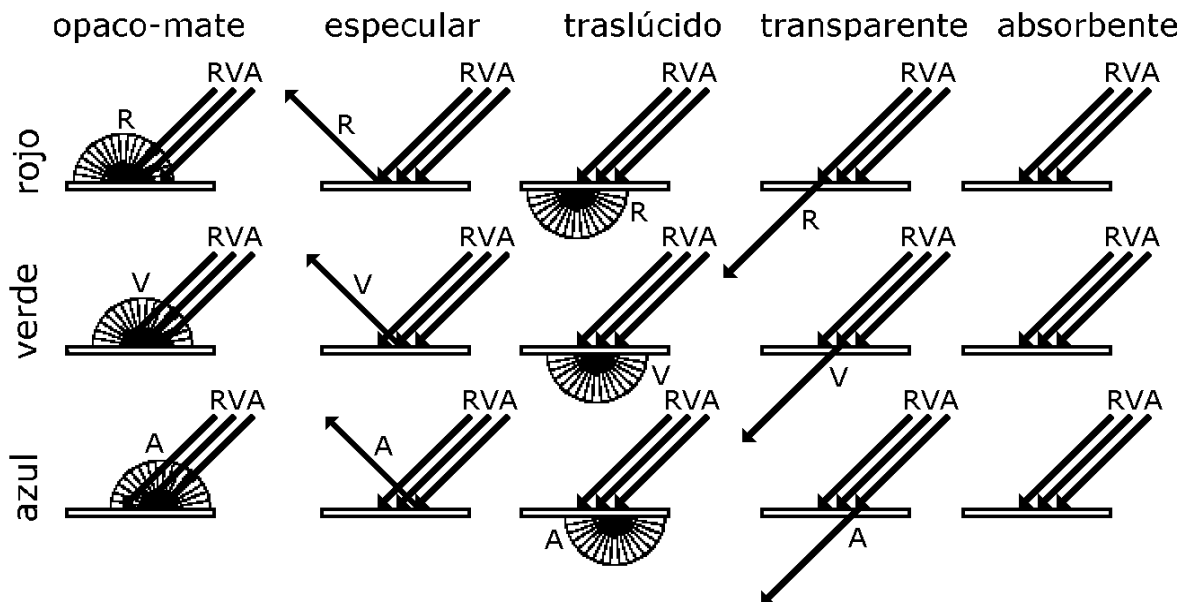


Figura 4. Los tres colores primarios con las cinco cesías primarias.

Veamos de qué manera, a partir de estas explicaciones, pueden producirse los estímulos compuestos de color y cesía para igualar una muestra dada o bien para especificar cuantitativamente color y cesía en conjunto.

### La producción de estímulos de cesía asociados al color

En un trabajo presentado en el anterior Congreso Argentino del Color (Caivano 1992) se mostró cómo las sensaciones intermedias de cesía podían obtenerse a partir de la combinación de estímulos primarios de cesía dispuestos en grupos de dos en discos giratorios donde se producía la síntesis visual. En esa oportunidad se utilizaron muestras acromáticas o incoloras, con lo cual el aspecto cromático quedaba deliberadamente fuera del problema. El hecho de que combináramos pares de estímulos primarios de cesía estaba dado porque en principio intentá-

bamos formar solo las cesías que se dan en los bordes del modelo, que aparecen en posiciones intermedias entre dos cesías primarias opuestas. Pero para producir cualquier otro estímulo de cesía se necesita combinar tres estímulos primarios, con lo cual se define su proyección en el plano de cesidad, es decir en la superficie cuadrangular de la pirámide invertida, y su grado de absorción, es decir su distancia al punto de absorción total.

Para determinar las combinaciones de estímulos necesarias para producir una cesía ubicada en cualquier punto del sólido (que llamaremos  $X$ ), se comienza por trazar una línea desde el punto de absorción total ( $A$ ) que pase por el punto de ubicación de la cesía en cuestión ( $X$ ) hasta intersectar el plano superior, intersección que define un punto ( $B$ ) en ese plano. Ya ubicados en este espacio bidimensional, se traza una línea desde alguno de los cuatro estímulos primarios ( $C$ ) que pase por ese punto ( $B$ ) e intersecte el borde opuesto del plano. Esa intersección define un punto ( $D$ ) que representa la combinación necesaria de los dos primarios ( $E$  y  $F$ ) que son colineares con él (Figura 5). Para producir el estímulo para la cesía en cuestión se procede a combinar los estímulos en el orden inverso: los primarios  $E$  y  $F$ , combinados en forma inversamente proporcional a las distancias al punto  $D$ , producen ese estímulo  $D$ , el cual combinado con el primario  $C$  en forma inversamente proporcional a sus distancias al punto  $B$  dan el estímulo  $B$ , el cual combinado con el negro de la absorción ( $A$ ) en forma inversamente proporcional a sus distancias al punto  $X$ , produce justamente el estímulo de cesía  $X$  que queremos. Vemos que en todo este proceso solo intervienen tres estímulos primarios ( $C$ ,  $E$  y  $F$ ) y el negro ( $A$ ), con los cuales se obtienen los estímulos intermedios necesarios para lograr el estímulo de cesía buscado.

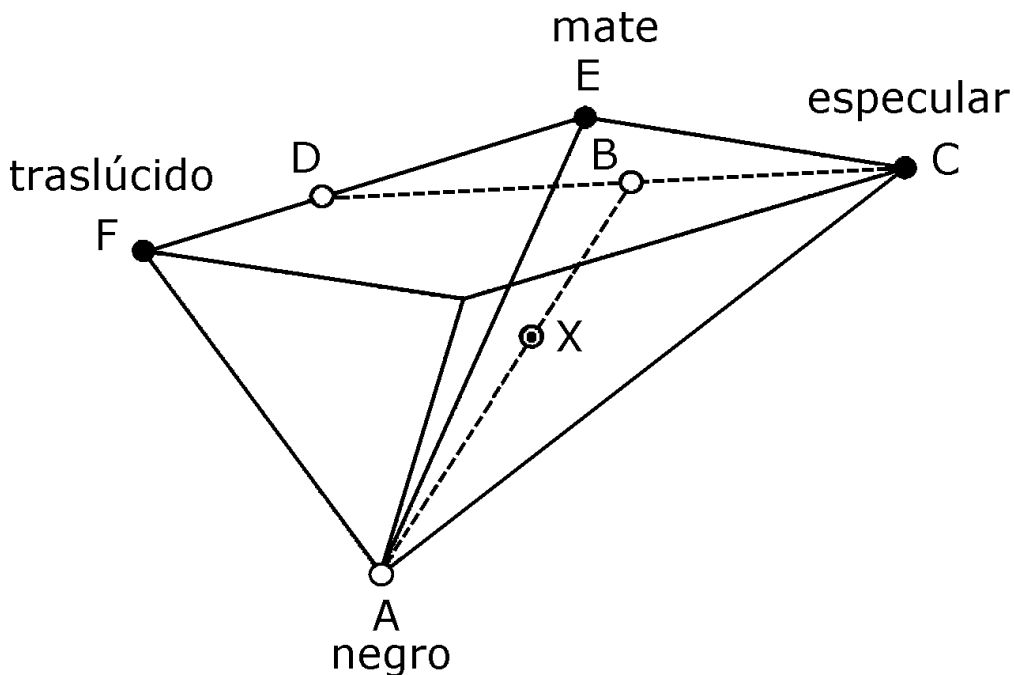


Figura 5. Combinaciones de estímulos primarios de cesía ( $F$ ,  $E$ ,  $C$ ,  $A$ ) para obtener una cierta cesía intermedia ( $X$ ).

Esto es similar al proceso de definición de un punto en un diagrama de cromaticidad como el CIE a partir de las tres valencias de los estímulos primarios de color, determinación a la cual luego hay que agregarle la especificación fotométrica de la luminancia para llegar a definir completamente un estímulo determinado de color.

De todo esto surge que si queremos especificar o igualar una muestra real con su color y su cesía en conjunto deberemos utilizar seis valencias, tres para la cesía y tres para el color, además del valor de reflectancia o absorbancia. Si la técnica de igualación es mediante discos giratorios habrá que emplear siete sectores en el disco, tres para igualar la cromaticidad del color, tres para igualar la cesidad y un sector negro para igualar el nivel de absorción.

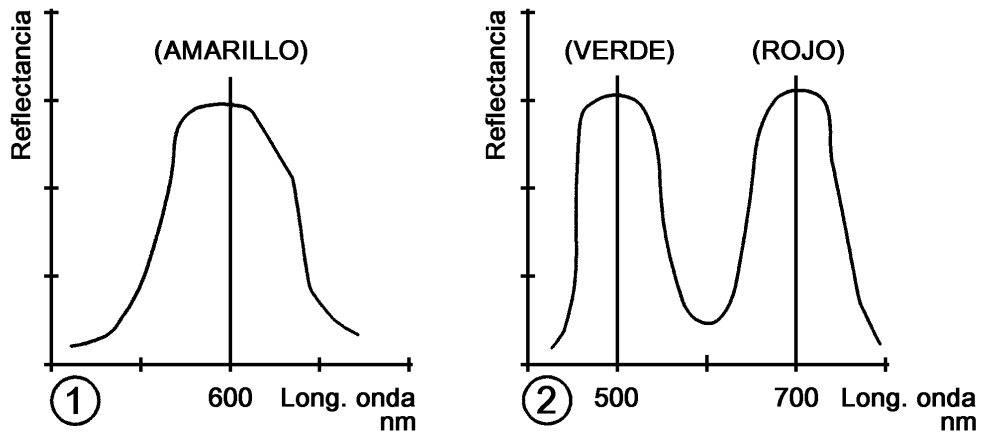
### **El metamerismo en el color y la cesía**

Veamos ahora un fenómeno de capital importancia en el campo del color y pensemos luego si puede darse también en la cesía. El fenómeno del metamerismo puede considerarse como uno de los pilares de la ciencia colorimétrica. Si este fenómeno no existiera sería imposible igualar colores a partir de diferentes composiciones de otros estímulos de color tomados como base. Por ejemplo, un determinado amarillo puede estar producido por una muestra que refleje radiación en una única banda del espectro (alrededor de los 600 nanómetros), pero también puede darse en una muestra que esté reflejando radiación de dos bandas distintas del espectro, en el campo del rojo y del verde (alrededor de los 700 y 500 nanómetros respectivamente). Todo esto puede suceder cuando ambas muestras son vistas bajo una cierta iluminación, por ejemplo bajo una luz que emite en forma pareja en todo el espectro (luz blanca); si la iluminación cambia, por ejemplo a una luz monocromática, que emite solo en una pequeña porción del espectro (digamos alrededor de los 700 nanómetros, rojo) la radiación que dichas muestras reflejarán se verá alterada y entonces las muestras aparecerán de distinto color (Figura 6).

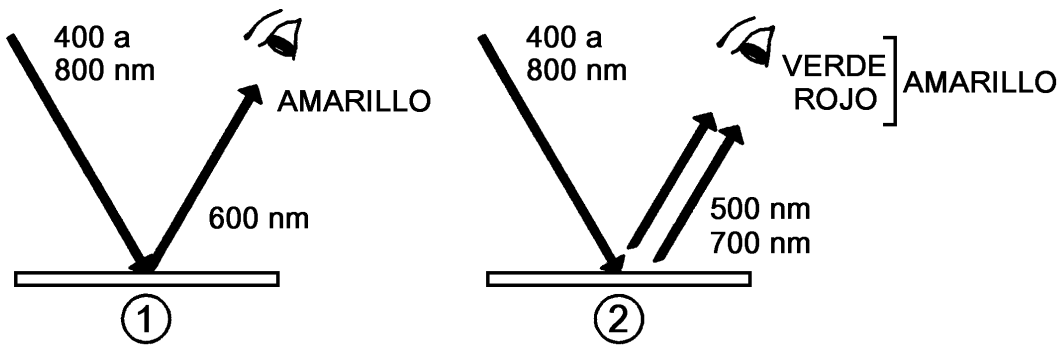
Es evidente que en el campo de las cesías también se dan casos que podemos denominar metamerismo. Para determinadas condiciones de iluminación y observación puede haber dos sensaciones iguales de cesía producidas por dos combinaciones diferentes de estímulos, igualdad que dejará de existir si alteramos las condiciones de iluminación y observación. Podemos dar un ejemplo muy sencillo: si tomamos dos hojas de papel blanco, una mate y la otra satinada, bajo cierto ángulo de visión y ciertas condiciones de incidencia de la luz pueden verse idénticas, pero en cuanto se cambia el ángulo de observación se nota la diferencia entre ambas.

Analicemos un ejemplo en forma más pormenorizada. Supongamos dos materiales, uno que tiene la capacidad de reflejar un gran porcentaje de luz en la dirección especular (es decir, en un ángulo igual y opuesto al de incidencia de la luz) y el otro que refleja en todas las direcciones difundiendo completamente la luz que recibe cualquiera sea su ángulo de incidencia. Si ambas muestras son vistas bajo un ángulo de observación que evita la dirección especular de la primera muestra, ambos materiales se verán como mates (esta es la forma típica de comparar colores sobre distintos materiales para evitar reflejos que impiden la evaluación del color). Ahora bien, si las mismas muestras son vistas bajo un ángulo de observación que coincide con el ángulo de reflexión de la primer muestra, ella se verá brillante o satinada mientras que la segunda seguirá viéndose mate. Es decir, aquí la diferencia se produjo por un cambio en el ángulo de observación. También puede darse por un cambio en el tipo de iluminación. Si el material que refleja principalmente en forma especular es iluminado mediante haces de luz que llegan en todas direcciones, se producirá una reflexión especular para cada dirección, siendo el resultado total una reflexión difusa, algo similar a lo que le sucede a la muestra mate. En esas condiciones, ambas muestras se verán como mates. Si la iluminación cambia a una luz concentrada, entonces surgirá la diferencia (Figura 7).





BAJO LUZ EMITIENDO EN FORMA PAREJA EN TODO EL ESPECTRO (blanca)



BAJO OTRA LUZ; POR EJEMPLO, LUZ MONOCROMATICA DE ALREDEDOR DE 700 nm (roja)

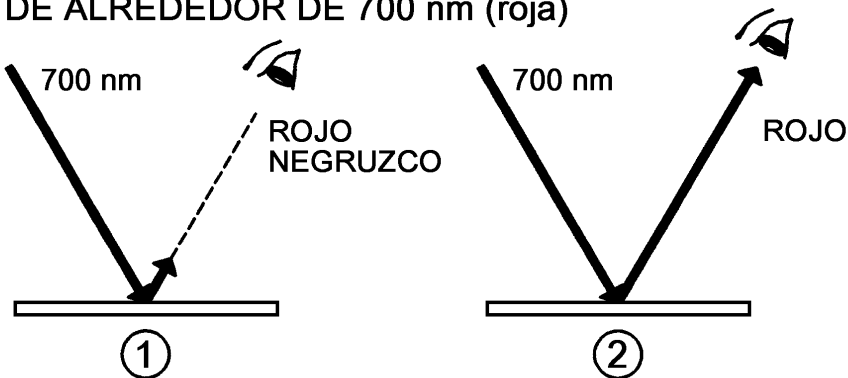


Figura 6. Metamerismo en el color.

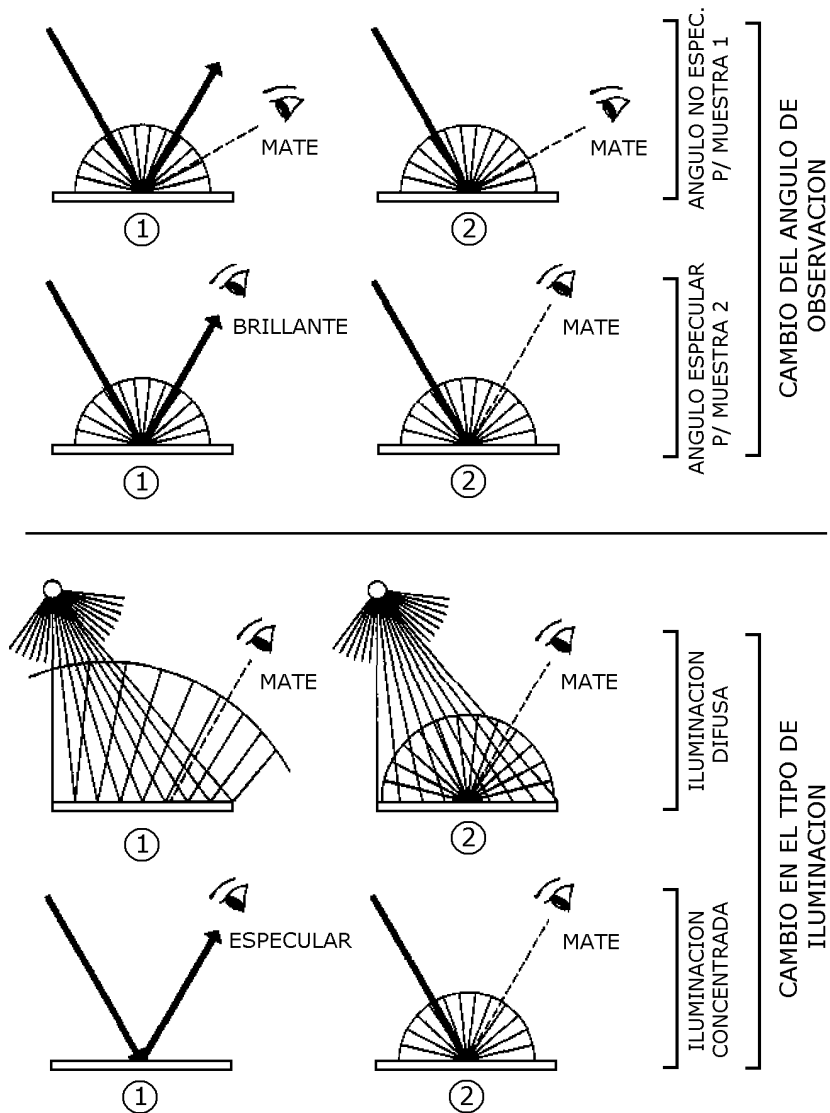


Figura 7. "Metamerismo" en la cesía.

¿Porqué decimos que estos fenómenos de la cesía son equivalentes al metamerismo del color? Porque en ambos casos se trata de materiales con distinta composición física, que producen diferentes distribuciones espectrales o espaciales de la luz, pero que bajo determinadas circunstancias despiertan sensaciones iguales de color o de cesía.

### Consideraciones finales

El hecho de que hayamos basado toda esta explicación de la relación entre color y cesía principalmente en la teoría tricromática de la visión del color, no invalida que también sea posible abordar una explicación a partir de otra teoría, como la de colores oponentes. Esta teoría considera que la visión del color está dada por un mecanismo inhibitorio sobre la base de seis sensaciones elementales agrupadas en tres pares de opuestos: blanco-negro (o claro-oscuro), amarillo-azul y rojo-verde. Cada una de estas seis sensaciones primarias se constituye como un

punto de referencia mental o cognitivo, y se define por negación de las otras. Así, la sensación de negro se da cuando no existe ningún rastro de la sensación de blanco ni de las cuatro sensaciones cromáticas elementales; cuando percibimos el color elemental amarillo es que no encontramos ningún rastro de rojo, verde, azul, negro o blanco; y de igual manera con cada una de las otras sensaciones elementales. Los pares de opuestos funcionan como divisores naturales de las sensaciones de color; uno puede percibir un verde amarillento (que estaría desplazado hacia un lado del eje verde-rojo) o un verde azulado (que estaría desplazado hacia el otro lado), pero es imposible la existencia de un verde que tenga algo de amarillo y algo de azul al mismo tiempo.

También podría encararse la relación entre color y cesia o a partir de modelos como los que han sido propuestos en teorías más recientes (Walraven 1993) que intentan conciliar ambas posturas, la tricromática y la de colores oponentes, al considerar las tres valencias del color a nivel de estímulo, los tres receptores a nivel retinal (donde el mecanismo es evidentemente una reacción fotoquímica), y el sistema de oponencia cromática en un estadio más profundo en el proceso de la visión.

El hecho de que hayamos optado en esta oportunidad por la teoría tricromática se debe a que es sobre esta base que se ha construido toda la ciencia colorimétrica actual, con sus orígenes en las leyes de Grassmann (1853), en los discos de Maxwell (1857) y en su triángulo cromático (1860), todo lo cual derivaría en el sistema CIE y los procedimientos e instrumental actuales para medición del color. Hay una larga tradición en este sentido y, por el momento, parece una base firme sobre la cual construir una ciencia de la medición de las cesias.

## Referencias

- CAIVANO, José Luis. 1991. "Cesia: A system of visual signs complementing color", *Color Research and Application* **16** (4), 258-268.
- . 1992. "Apariencia (cesia): Formación de escalas a partir de discos giratorios", en *ArgenColor 1992, Actas del Primer Congreso Argentino del Color* (Buenos Aires: Grupo Argentino del Color-INTI, 1994), 90-105. Versión inglesa, "Appearance (cesia): Construction of scales by means of spinning disks", *Color Research and Application* **19** (5), 1994, 351-362.
- GRASSMANN, Hermann Günter. 1853. "Zur Theorie der Farbmischung", *Poggendorf Annalen der Physik und Chemie* **89**, 69-84. Trad. inglesa, "On the theory of compound colors", *Philosophical Magazine S.4*, **7** (45), abril 1854, 254-264.
- GREEN-ARMYTAGE, Paul. 1989. "Colour's third dimension", en *AIC Color 89, Proceedings of the 6th Congress of the International Colour Association* (Buenos Aires: Grupo Argentino del Color), vol. II, 36-38.
- HELMHOLTZ, Hermann L. F. 1866. *Handbuch der Physiologischen Optik* (Hamburgo: Verlag von Leopold Voss). Trad. inglesa de la 3ra ed. alemana (1909) *Treatise on physiological optics*, ed. por James P. C. Southall (Nueva York: Dover, 1962).
- MAXWELL, James Clerk. 1857. "Account of experiments on the perception of colour", *Philosophical Magazine*, julio, 40-47.
- . 1860. "On the theory of compound colours, and the relations of the colours of the spectrum", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **150** (part I), 57-84. Republicado en *Color Research and Application* **18** (4), 1993, 270-287.
- WALRAVEN, Pieter L. 1993. "The two-stage colour vision model", en *AIC Colour 93, Proceedings of the 7th Congress of the International Colour Association*, ed. A. Nemcsics y J. Schanda (Budapest: Hungarian National Colour Committee), vol. A, 27-31.

- YOUNG, Thomas. 1801. "On the theory of light and colours", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1802, 12-48.
- . 1802. "An account of some cases of the production of colours, not hitherto described", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 387-397.