



DIPLOMATURA DE POSGRADO EN ILUMINACIÓN Y ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA



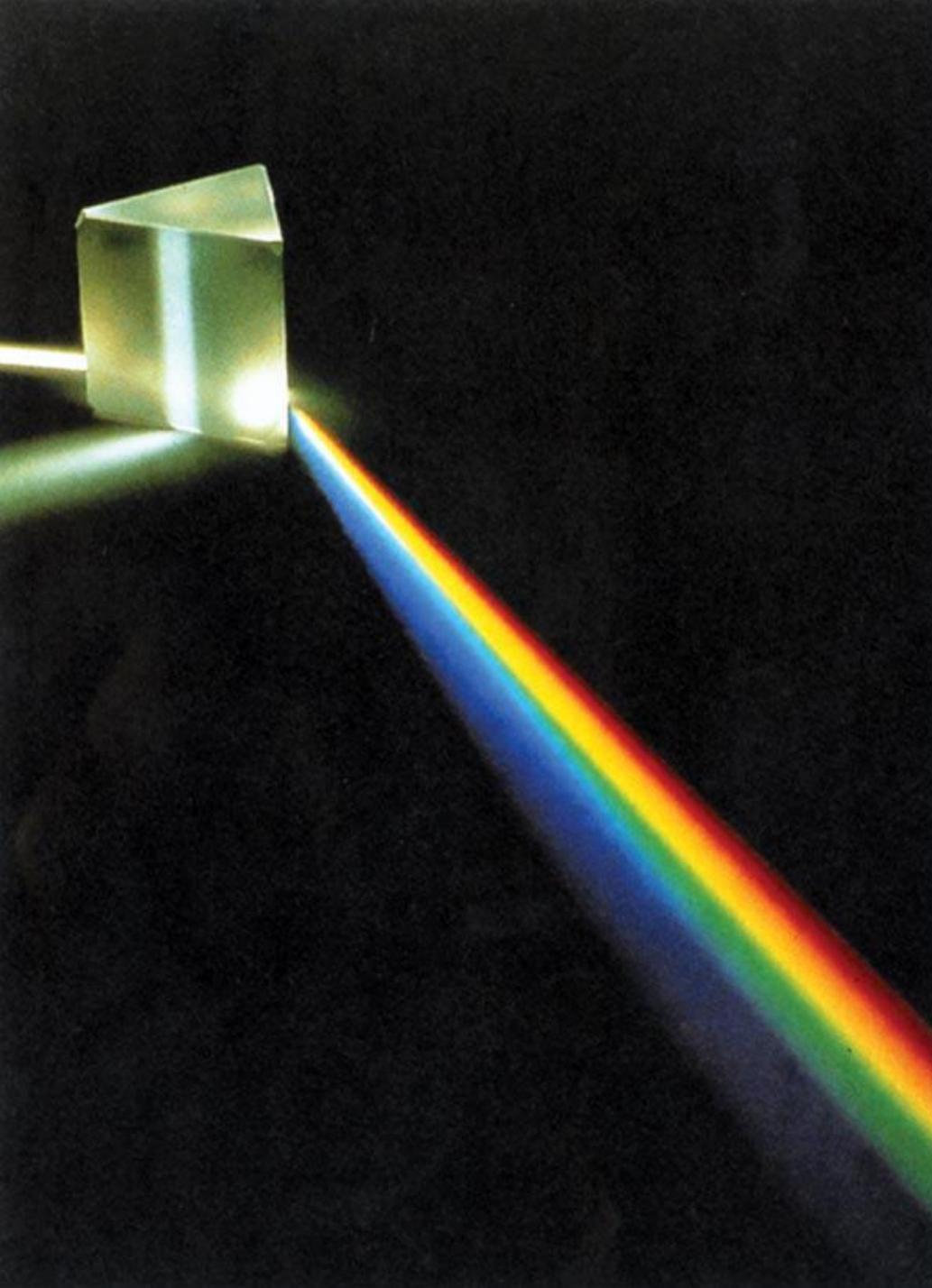
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

Auspician:





EL COLOR Y LA LUZ

**“Los colores son las acciones y las pasiones de la luz”
(Goethe)**



Color

El color es uno de los temas mas complejos para presentar ya que se trata de un tema tanto perceptual como físico.

Para comenzar diremos que el color es:

- Una característica de objetos y luces
- Una sensación visual
- Un elemento de composición escénico y arquitectónico.

COLOR

- Rayo o conjunto de rayos luminosos, de longitudes de onda cercanas, capaces de conformar un haz que nuestra limitada visión lo entiende como un color determinado.

Espectro de luz solar visible por el ser humano



Sensación de color

- Fenómeno que se produce en nuestra retina cuando impacta el haz luminoso que transporta rayos de colores



Fuente generadora

- El color puede provenir de una fuente directa o por rebote de una superficie



Color luz



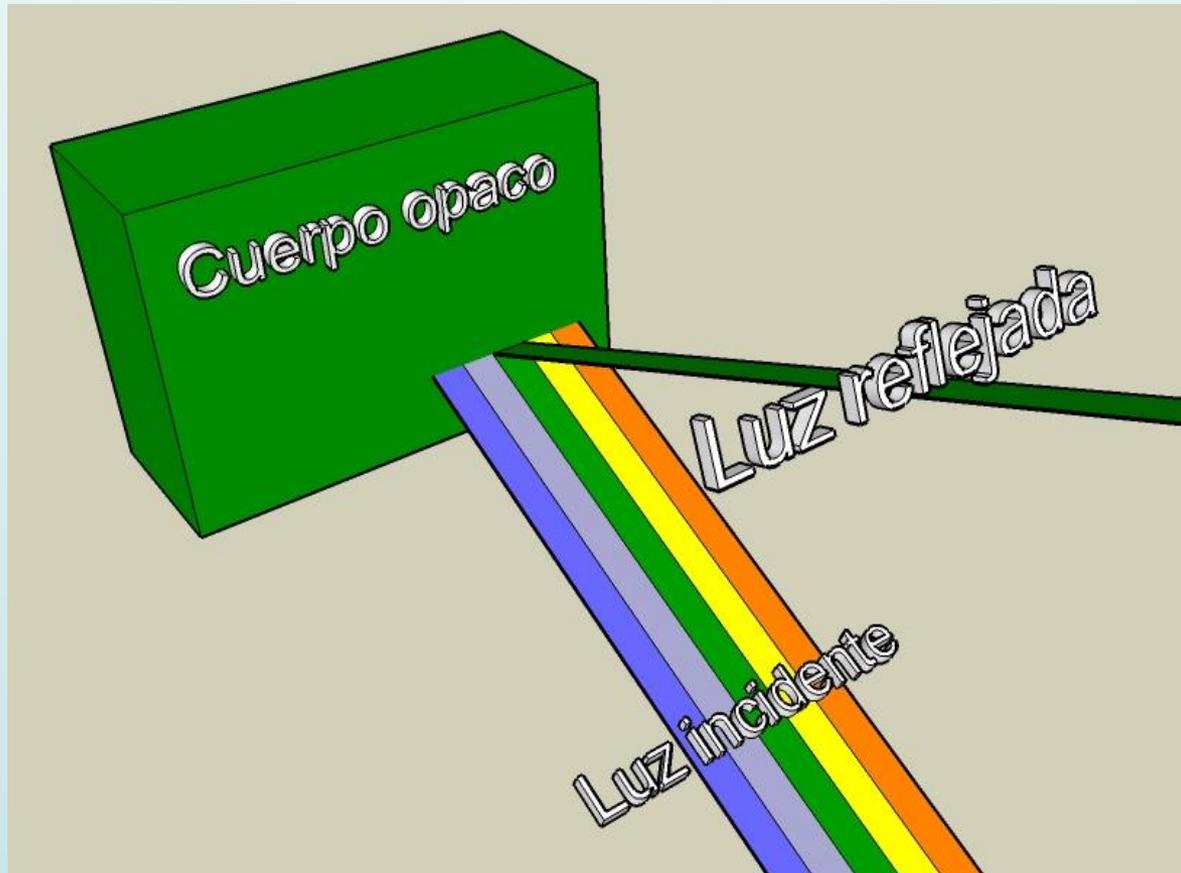
- Proviene de una fuente directa
- En el teatro normalmente se utilizan lámparas que emiten luz blanca, a las que se le ponen filtros transparentes de colores escogidos para colorear sus luces.



COLOR PIGMENTARIO

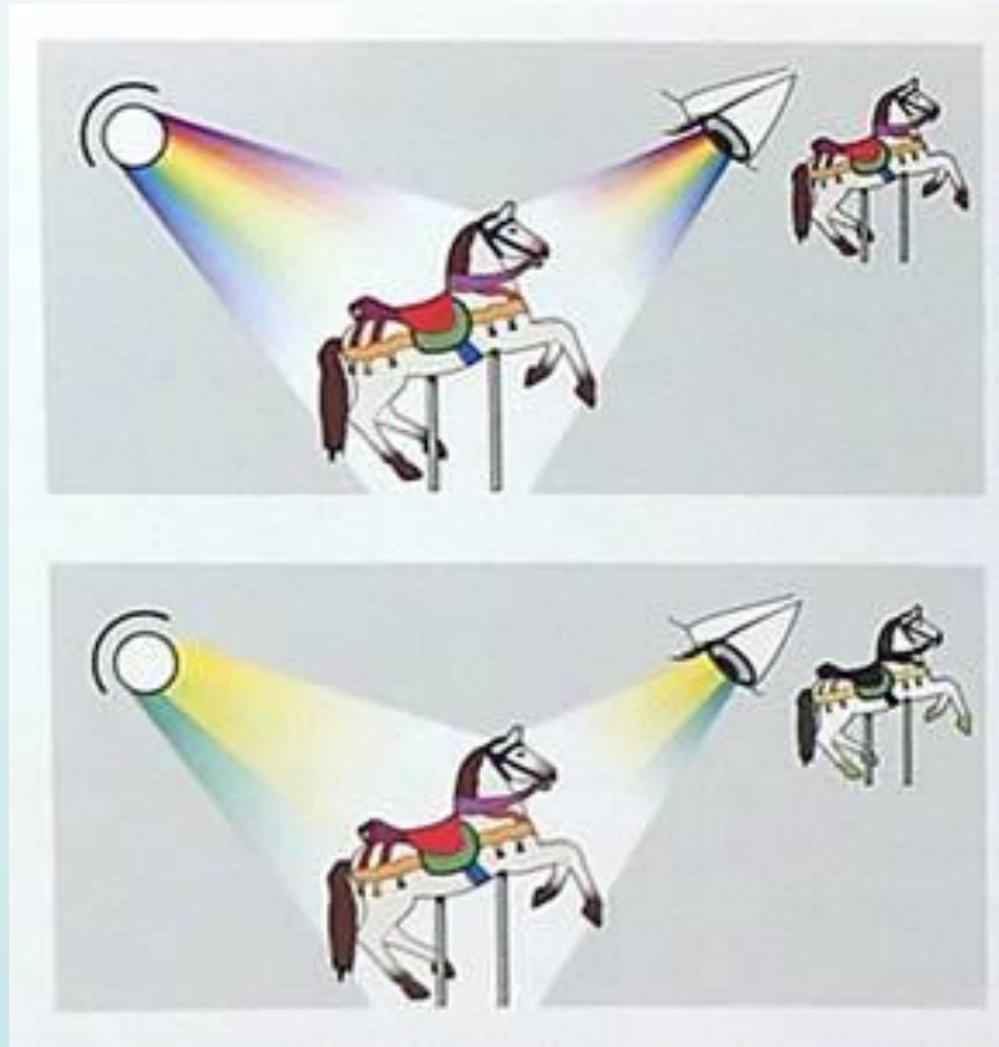
Proviene de una fuente indirecta.

- El fenómeno de la visualización del color se produce en este caso, por la incidencia de ondas luminosa sobre la superficie de color y que transportan esa imagen a nuestros ojos.



NO VEMOS EL COLOR NATURAL

- El color propio del cuerpo, sino lo que la luz nos permite.



EL COLOR DE LA LUZ



- Modifica el color del cuerpo.



Interacción color-pigmento

COLOR de PIGMENTO	COLOR de LUZ							
	Violeta	Azul	Cian	Verde	Amarillo	Naranja	Rojo	Púrpura
Violeta	Violeta profundo	Violeta oscuro	Violeta oscuro	Violeta	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Gris oscuro	Violeta oscuro
Azul	Azul luminoso	Azul profundo	Gris azulado luminoso	Azul luminoso	Gris azulado oscuro	Negro	Gris	Azul
Cian	Azul oscuro	Azul muy oscuro	Gris azulado oscuro	Verde oscuro	Azul verdoso	Marrón verdoso oscuro	Negro	Azul oscuro
Verde	Marrón azulado	Verde oliva luminoso	Gris verdoso luminoso	Verde intenso	Verde brillante	Verde oscuro	Gris oscuro	Marrón verdoso oscuro
Amarillo	Rojo claro	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo intenso	Amarillo-naranja	Rojo	Naranja
Naranja	Rojo claro	Marrón luminoso	Marrón luminoso	Marrón luminoso	Naranja	Naranja intenso	Rojo-naranja intenso	Rojo claro
Rojo	Rojo claro	Negro purpúreo	Castaño oscuro	Castaño	Rojo brillante	Rojo-naranja	Rojo intenso	Rojo
Púrpura	Púrpura rojizo	Violeta oscuro	Castaño	Violeta purpúreo	Marrón luminoso	Castaño	Marrón rojizo	Púrpura profundo



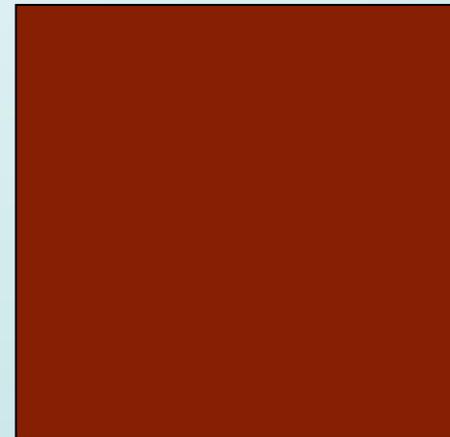
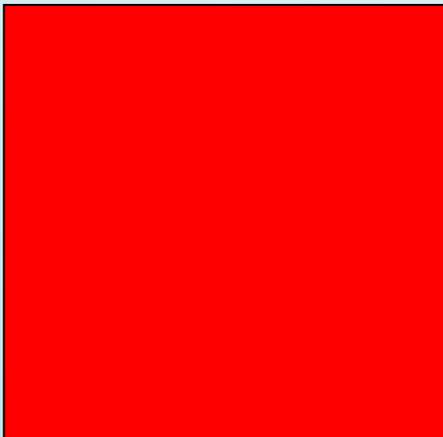
El color del pigmento será visible de acuerdo al color de la luz que lo ilumine.



LA CALIDAD DE SUPERFICIE



- Un objeto debe ser bien iluminado para lograr la transmisión de su imagen hacia nuestra vista. No es lo mismo una superficie roja brillante que una opaca; del mismo color.



Color

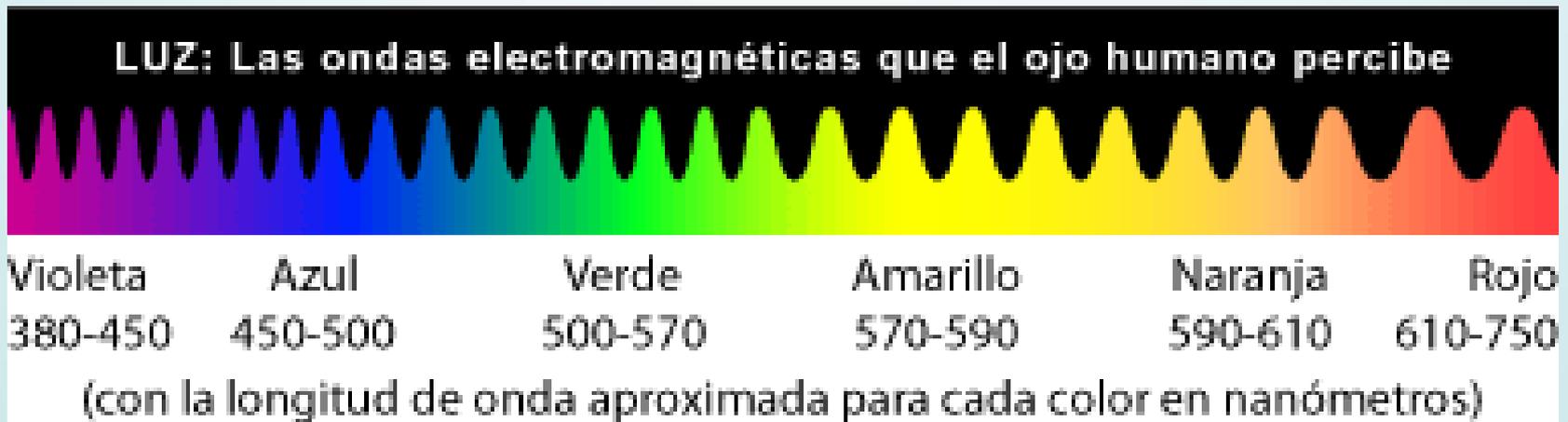
El color resultante que vemos, a nivel perceptual, es, como en todo proceso visual-perceptual:



Producto de:

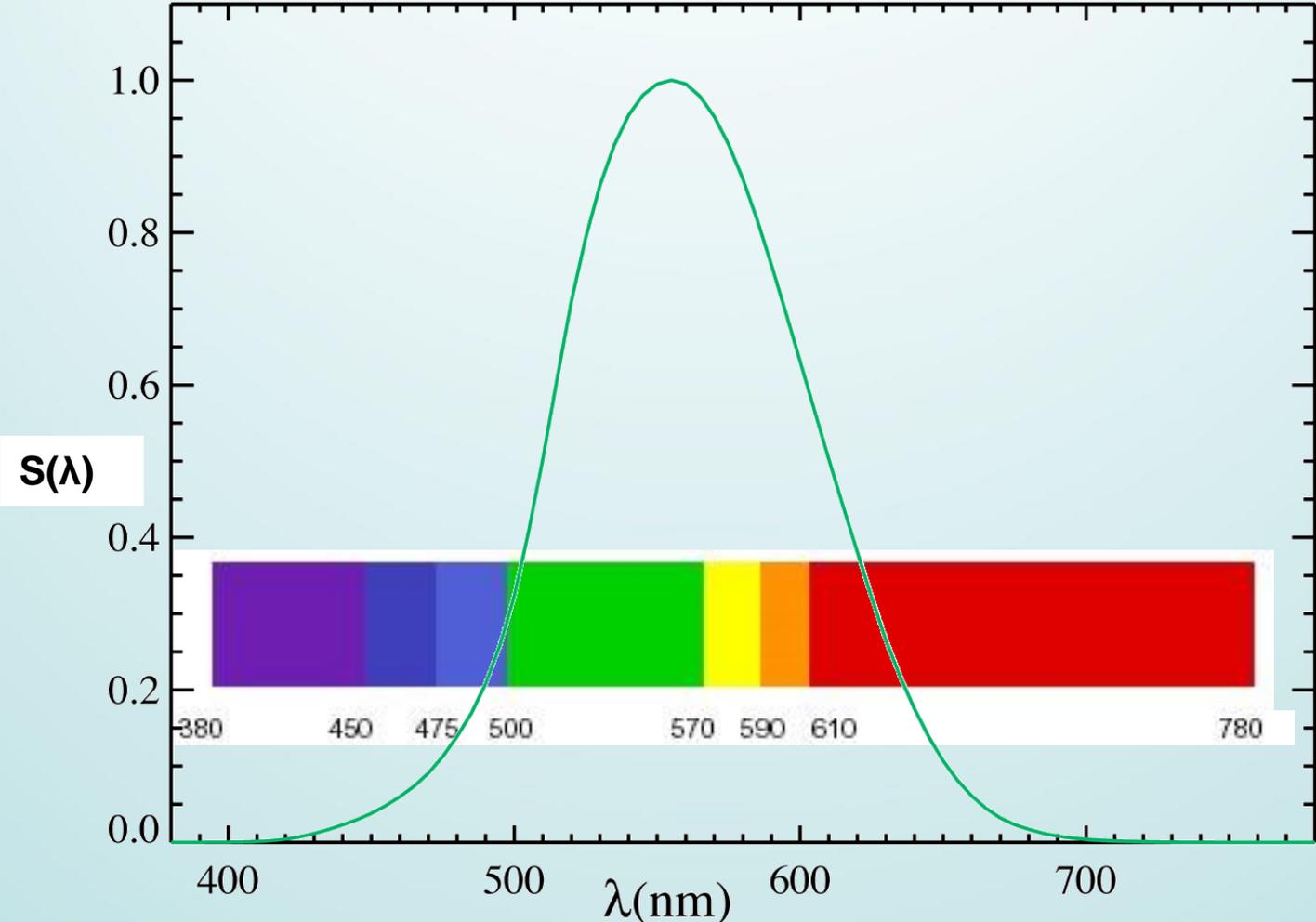
- Color de la luz incidente
- Propiedades reflectivas de los objetos
- Percepción por parte del ojo humano

Los colores que ve el ojo humano



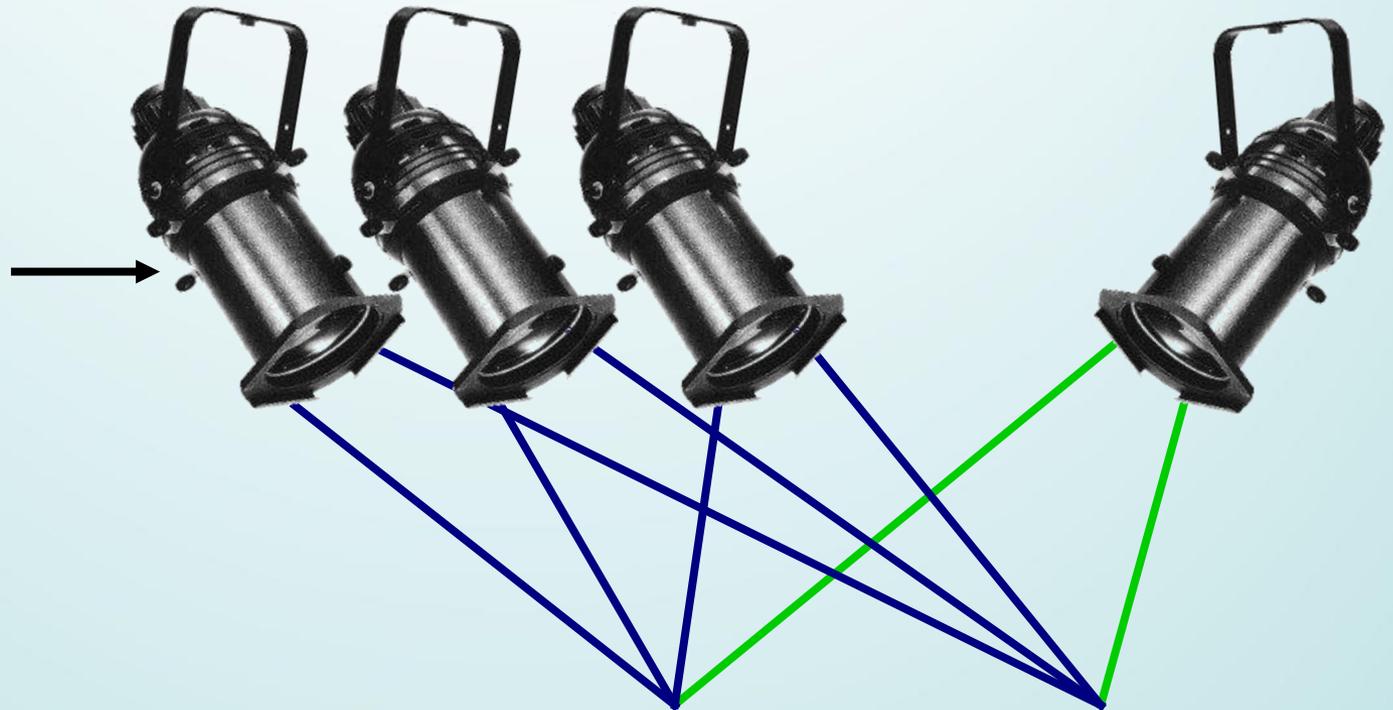
sensibilidad

La siguiente gráfica nos muestra la curva de sensibilidad S del ojo humano en función de la longitud de onda λ .



Dicho comportamiento lo podemos representar gráficamente con el siguiente esquema:

3 veces más
Iluminación en
color azul que
en verde



Para obtener igual
sensación perceptual

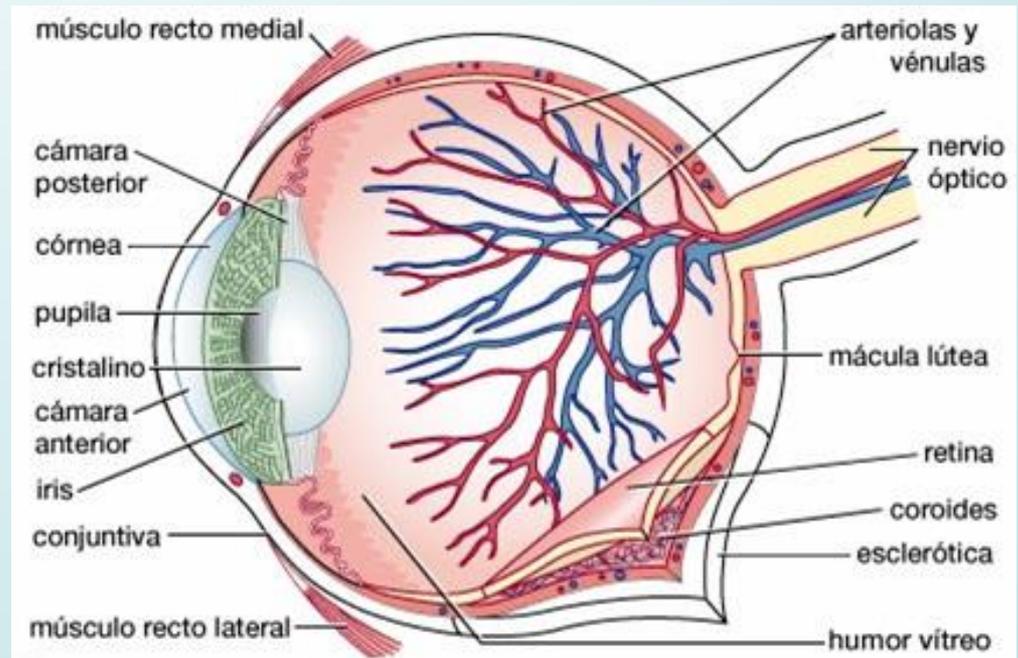


El proceso visual

El proceso visual tiene dos etapas bien diferenciadas:

- **Sensación:** la recepción de estímulos por parte del Sistema Visual y su traducción en impulsos neurológicos
- **Percepción:** el posterior proceso de los datos visuales, la organización de sensaciones y la decodificación de las señales de entrada

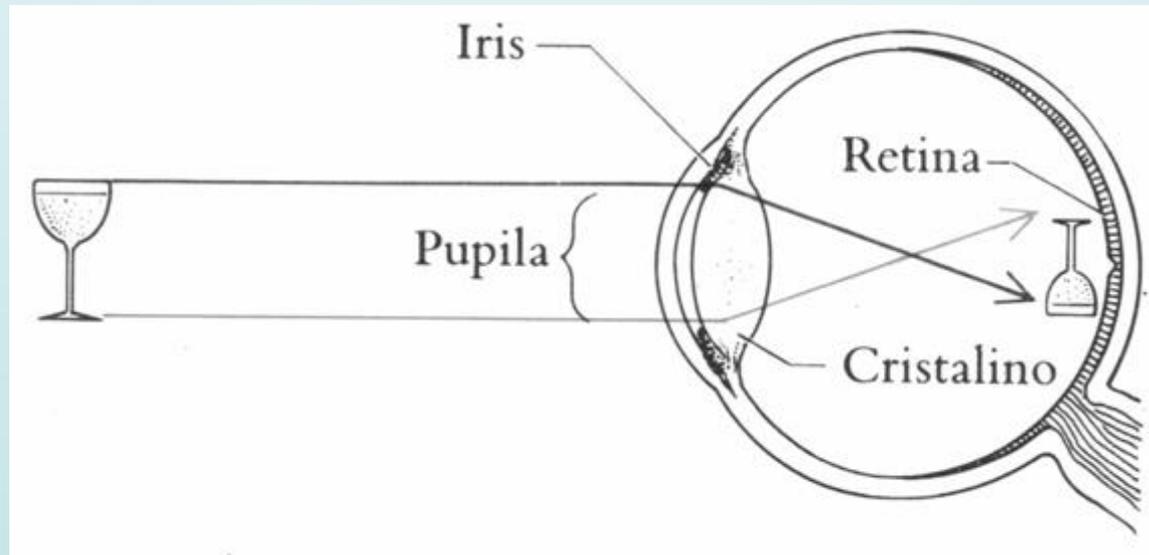
Estas dos etapas, antes consideradas procesos independientes, son interdependientes y la investigación más reciente ha demostrado que la percepción empieza ya en la propia retina del ojo.



El proceso visual

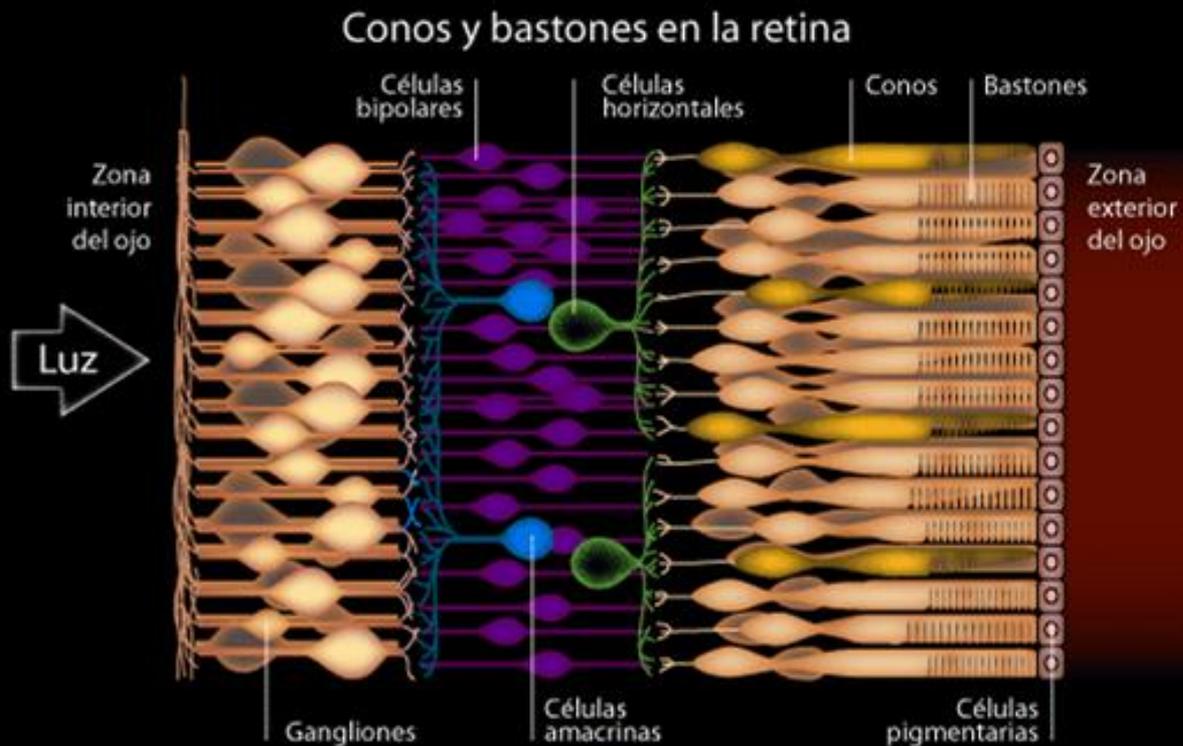
La Sensación es una serie de procesos fisiológicos que ocurren en los órganos sensoriales en respuesta a los estímulos físicos. El estímulo de la luz activa las células receptoras en la retina que pone en marcha un proceso de múltiples niveles, comenzando en el mundo físico y finalizando en la comprensión del medio ambiente.

Este proceso ocurre a lo largo de un “camino óptico” que empieza por el ojo, que traduce las propiedades físicas de los objetos en impulsos neurológicos, que se trasladan por el nervio óptico a diversas zonas en el cerebro. Estos impulsos se procesan y se interpretan, produciendo nuestra percepción de los espacios.

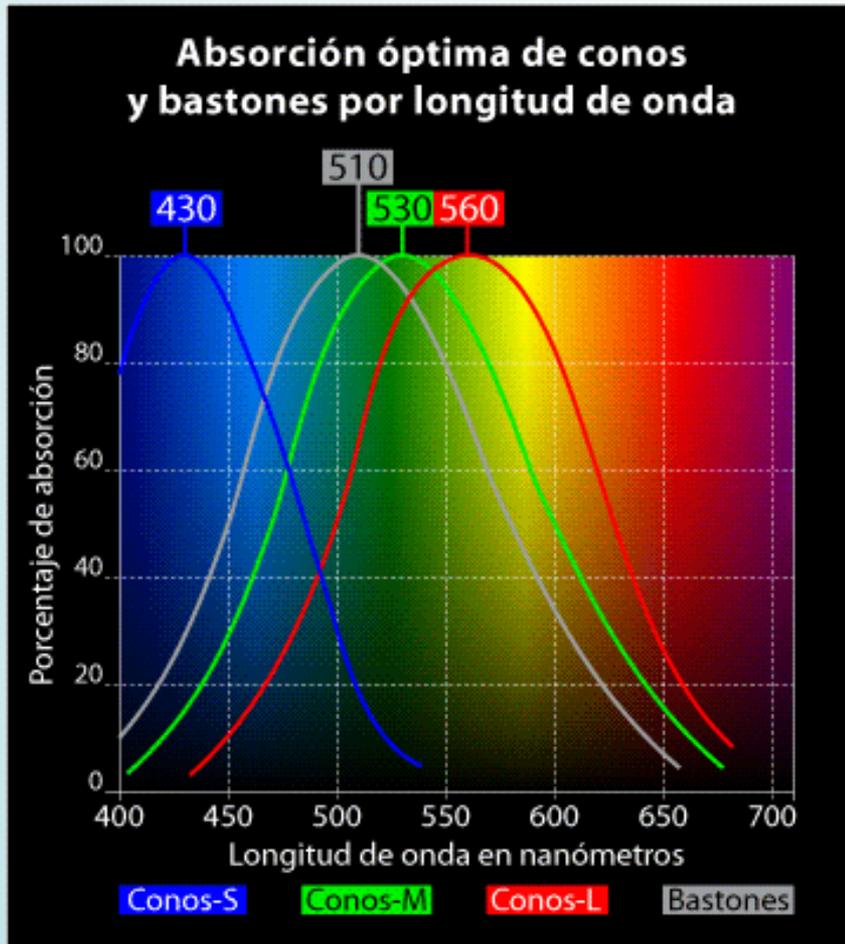


Uno de los procesos, de naturaleza fotoquímica, se desencadena dentro de las células fotorreceptoras y es el responsable de la visión bajo condiciones de iluminación muy pobre: la llamada visión escotópica. Por su naturaleza, este proceso puede durar mucho tiempo en adaptarse (hasta 40 minutos hasta la total adaptación)

El fotorreceptor responsable de la visión escotópica, los *bastones*, se ponen en funcionamiento bajo iluminación baja, y se inactivan bajo iluminación normal, cuando los *conos*, el otro tipo de fotorreceptores, se acciona. Estos conos pueden percibir luz de color azul violeta 420nm, verde 530nm y verde amarillento 560 nm.



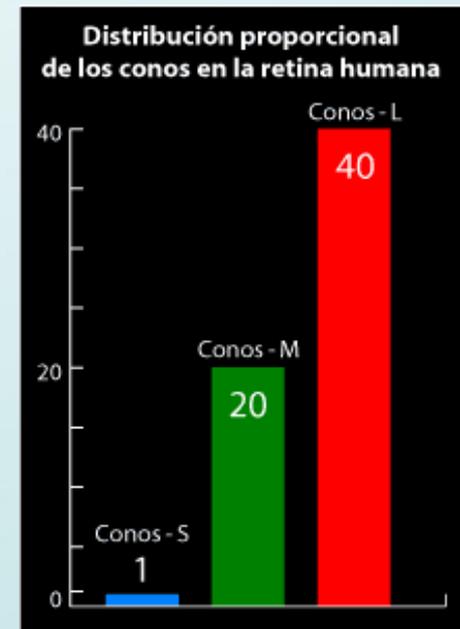
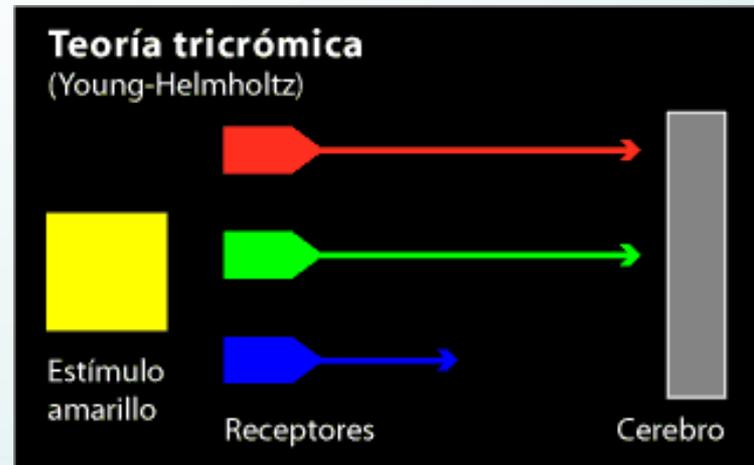
Sistema de color tricromático



- El sistema óptico del color es inicialmente activado por los conos retinianos.
- Estos responden al estímulo de emisión de longitudes de onda entre 380 y 770 nanómetros. (Nanómetros - nm- : Medida equivalente a 10 a la -9 metros)
- El pico de sensibilidad para cada uno de los 3 tipos de conos es de aproximadamente 430nm para el color azul-violeta, 530nm para el verde y 560nm para el verde amarillento. Es por conveniencia que a las longitudes de onda cortas (**S**), medias (**M**) o largas (**L**) las llamen tradicionalmente “azul” (450 a 475nm), “verde” (475 a 560), y “rojo” (620 a 770nm).

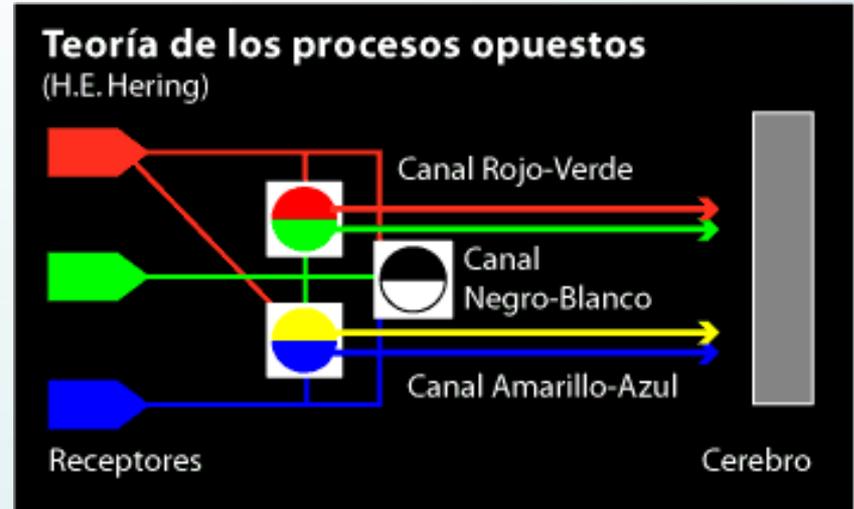
Sistema de color tricromático

- Un solo tipo de cono no es capaz de distinguir entre dos estímulos de dos diferentes longitudes de onda. Esto sucede porque sólo el sistema de percepción del color en su totalidad, con la acción de los tres tipos de conos en simultáneo, puede distinguir entre longitudes de onda y entonces tener visión de color.
- Por el tipo de percepción, focal y perimetral y la intervención neuronal de los sistemas de colores, no es posible discriminar en la percepción de color, como en la música, sus diversos componentes



Sistema de color opuesto

- En la retina (en sus células ganglionares), el código de 3 colores pasa a ser traducido por las neuronas en un sistema de 3 canales, diferentes de los anteriores. Uno concentra los inputs positivos de todos los conos y lleva la información del estímulo del brillo exclusivamente. Otros dos canales se llaman “canales opuestos” que pueden trasladar señales positivas o negativas. Cada señal tiene un significado diferente. En un canal la señal positiva indica rojo y la negativa verde. En el otro la señal positiva indica amarillo y la negativa azul. Estos colores opuestos responden en cierta forma a los pares de colores primarios - rojo/verde y azul/amarillo. Ese sistema ha sido expuesto y aplicado por artistas y científicos desde hace más de 100 años y sigue siendo así según lo demuestra nuestra falta de términos para nombrar los 150 rangos de color que claramente diferencia nuestro sistema perceptivo.



Brillo

- La mayoría de las neuronas del sistema visual responde mejor al contraste de brillo que a los niveles de brillo absoluto.
- Entonces, el brillo percibido de un objeto particular depende de los montos relativos de luz reflejados por él y por otros cuerpos de su alrededor.
- A esto también lo llamaremos **Contraste de luminosidad**.
- Veamos el ejemplo

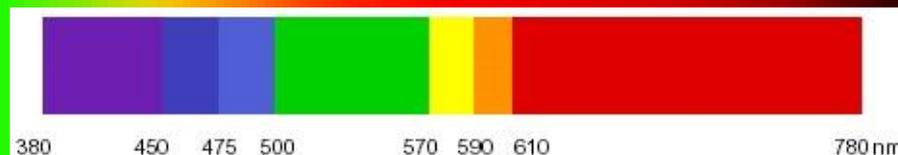


Color

Los parámetros que caracterizan físicamente al color son:

- Longitud de onda de la radiación
- Composición o distribución espectral de la fuente de luz
- Veámoslo en el espectro de luz

- La longitud de onda dominante determina el color o matiz principal de un espectro de luz
- Los espectros identifican la distribución energética de las distintas longitudes de onda es decir la cantidad de energía de cada color presentes en la luz.
- Toda emisión luminosa es una mezcla de distintas cantidades de energía de diferentes longitudes de ondas



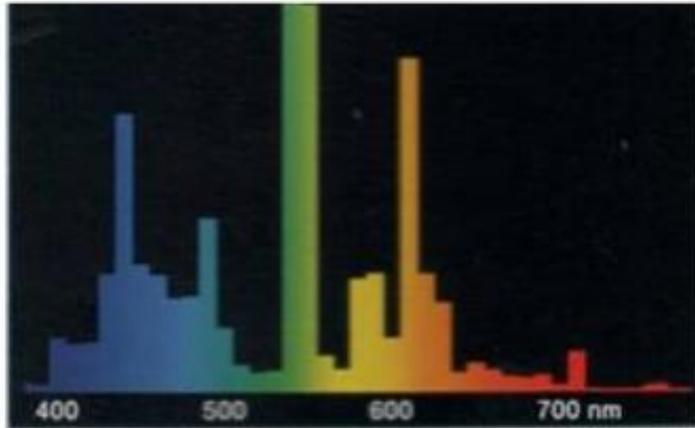
380 nm

longitud de onda λ

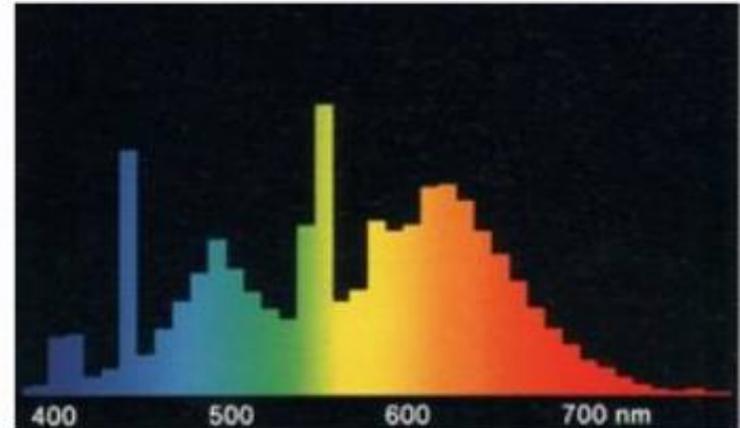
780 nm

Distribución espectral de diferentes lámparas

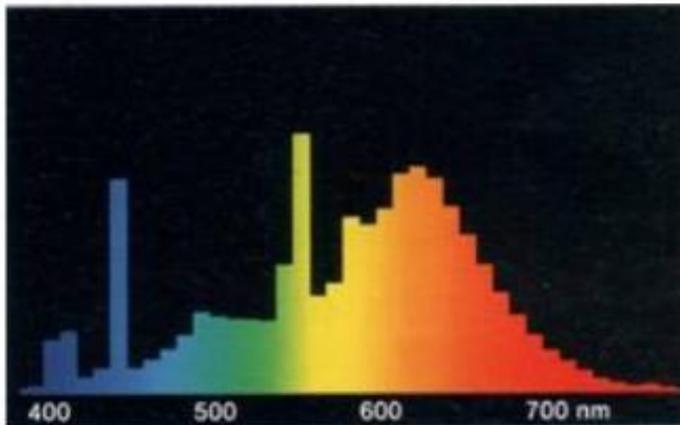
Fluorescente luz día



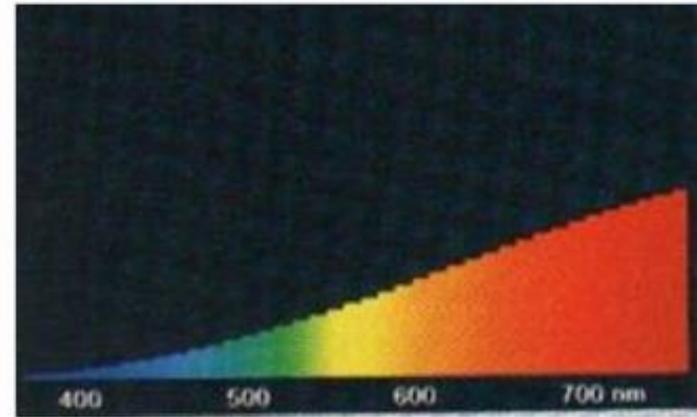
Fluorescente blanco cálido



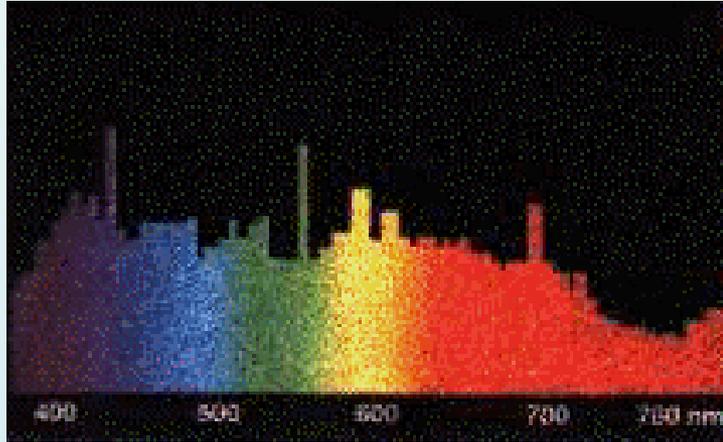
Fluorescente blanco neutro



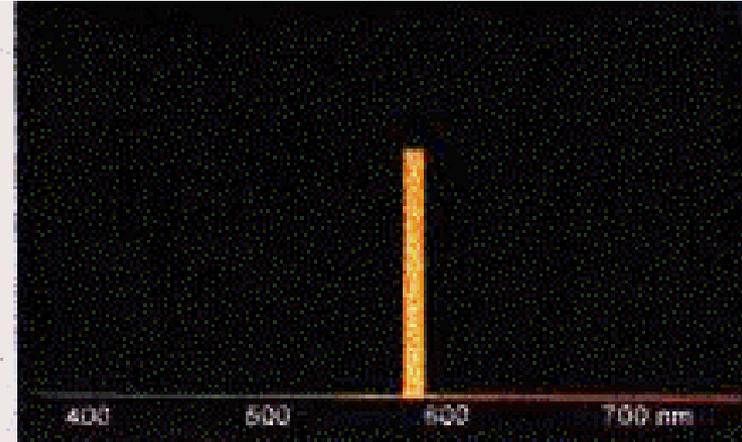
Lámpara incandescente



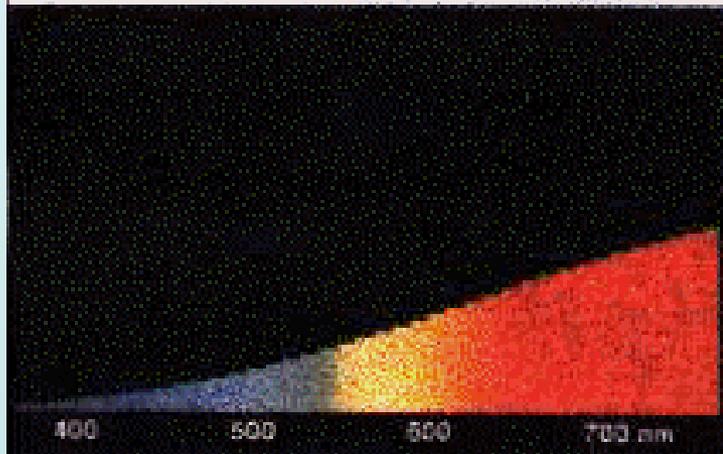
Distribución espectral de diferentes lámparas



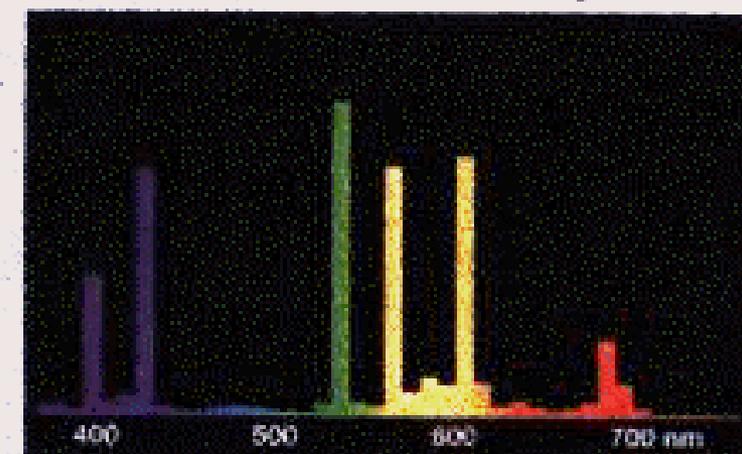
HMI



SODIO DE BAJA PRESION



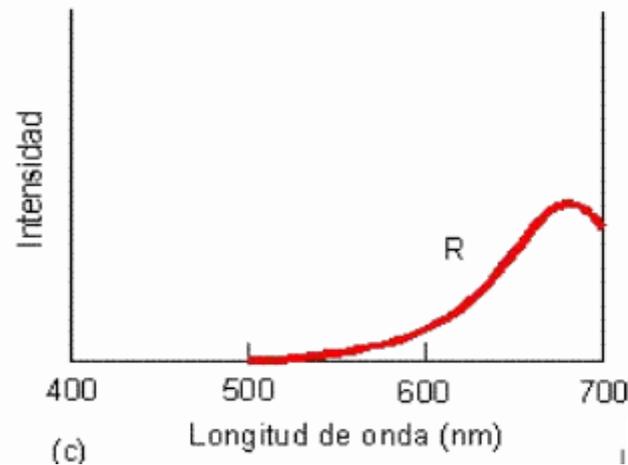
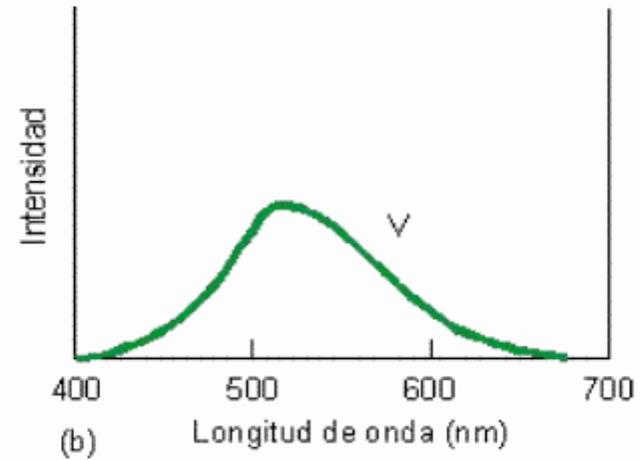
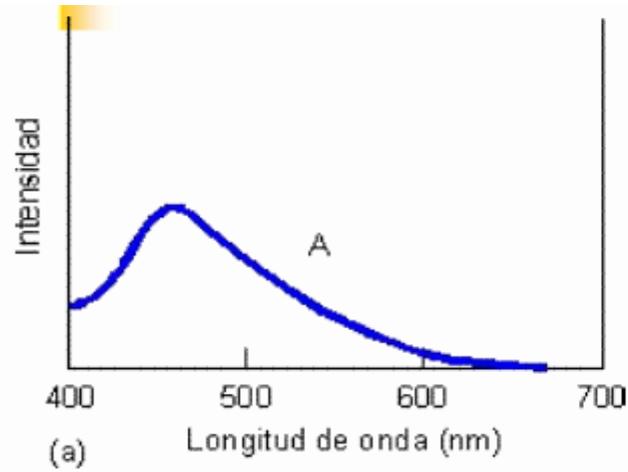
INCANDESCENTE HALÓGENA



VAPOR DE MERCURIO

Distribución espectral

Colores azul verde rojo



Distribución espectral



Roscolux #342

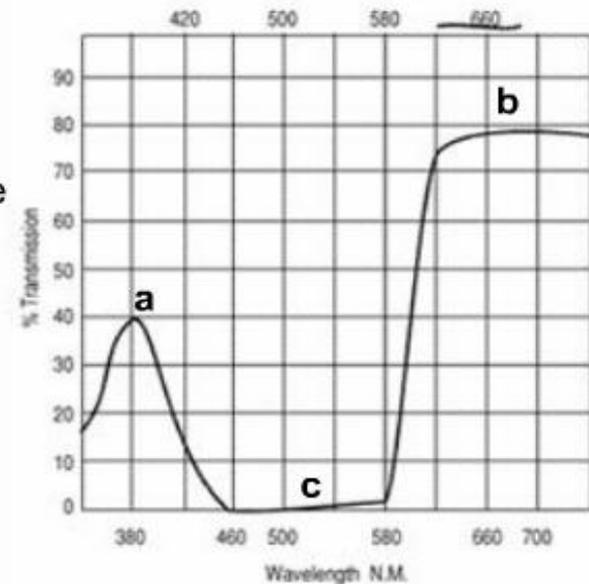
Transmite aproximadamente:

- 40% de la energía violeta y azul del espectro (a)
- 75% de la energía naranja y rojo del espectro (b)
- Bloquea toda la energía del rango amarillo y verde (c)



#342 Rose Pink

TRANS. = 16%



Parámetros característicos del color



Los parámetros que caracterizan e individualizan al color son:

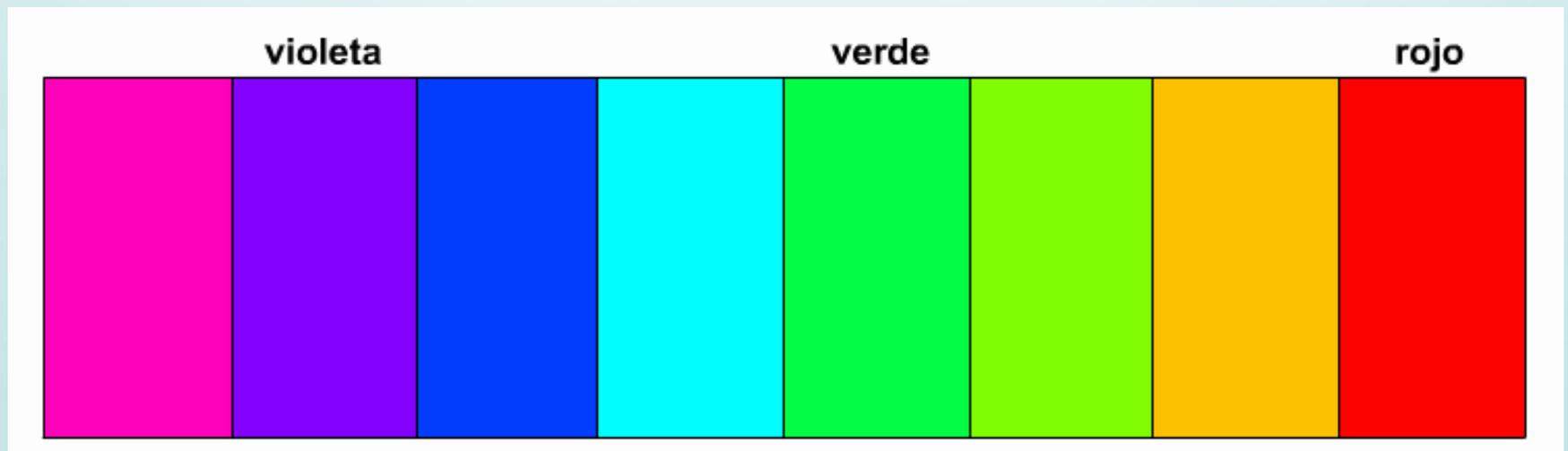
- **MATIZ O TINTE** : Es lo que identifica al color en su distribución en el espectro lumínico, de acuerdo a las longitudes de onda emitidas es un atributo de color que nos permite distinguir el rojo del azul.
- **SATURACIÓN**: Es la cantidad particular de contenido de un tinte específico en relación al tinte absoluto. Se refiere al grado de pureza del color. También puede ser definida por la cantidad de gris que contiene un color: mientras más gris o más neutro es, menos brillante o menos "saturado" es.
- **INTENSIDAD, VALOR O BRILLO**: es la cantidad de luz en relación a un parámetro blanco – negro. Es un término que se usa para describir que tan claro u oscuro parece un color, y se refiere a la cantidad de luz percibida.

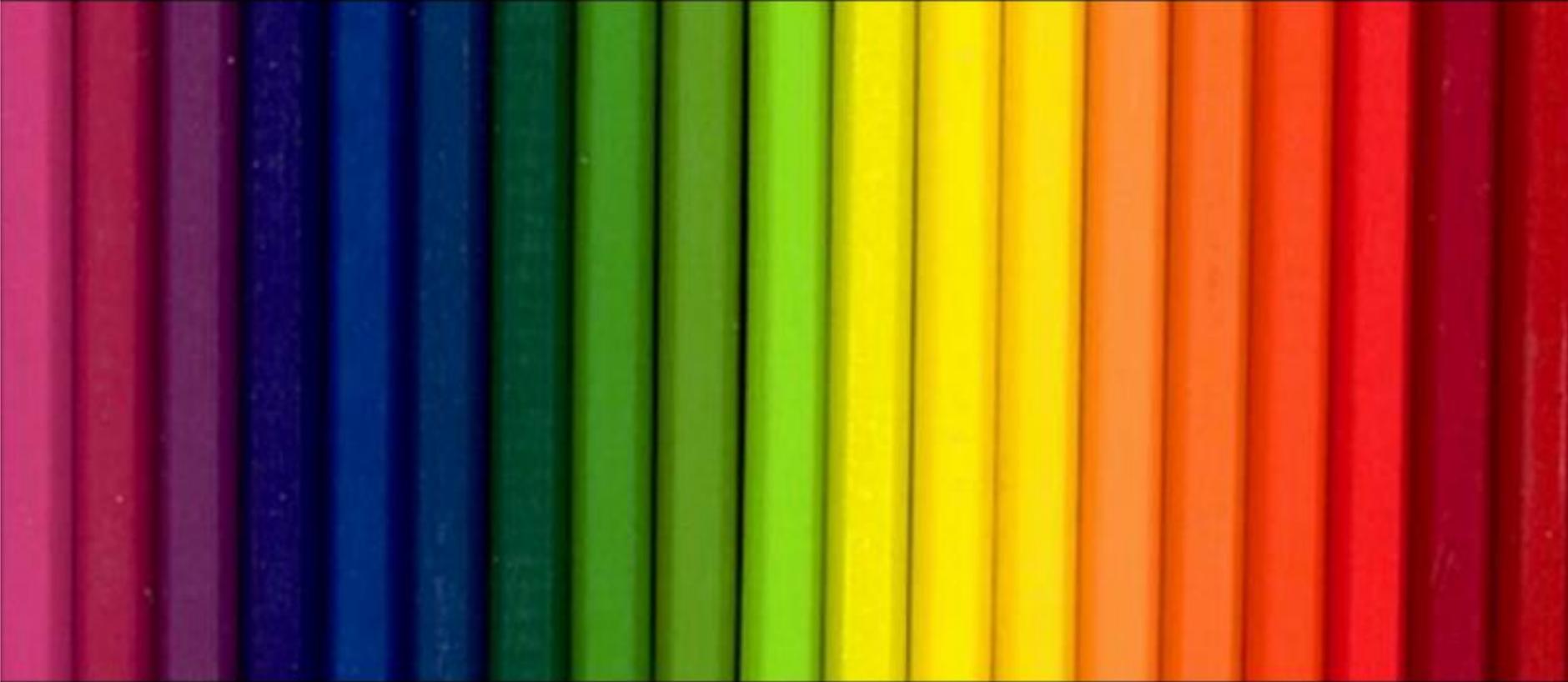
Matiz (Hue)

Tono



- Parámetro que permite clasificar un color como rojo, azul ,etc. Relación entre la longitud de onda predominante y la sensación de color

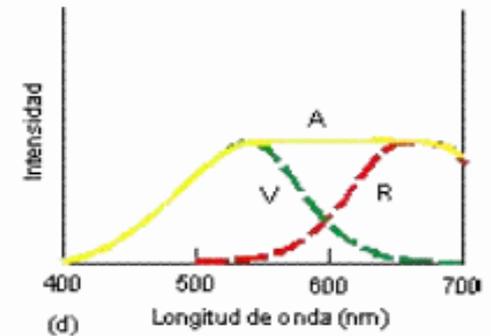
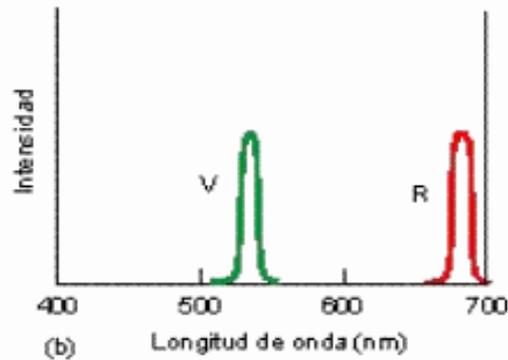
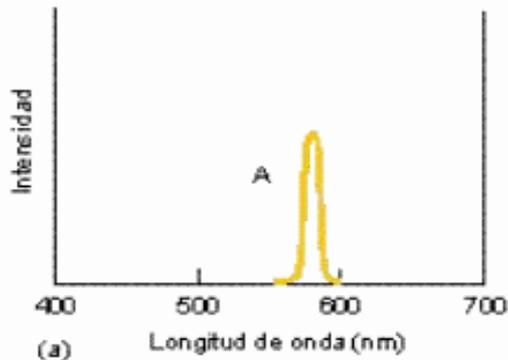




matiz

Matiz

En esta figura vemos tres espectros diferentes de colores que a nivel perceptual resultan iguales. Son los llamados colores *metámeros*

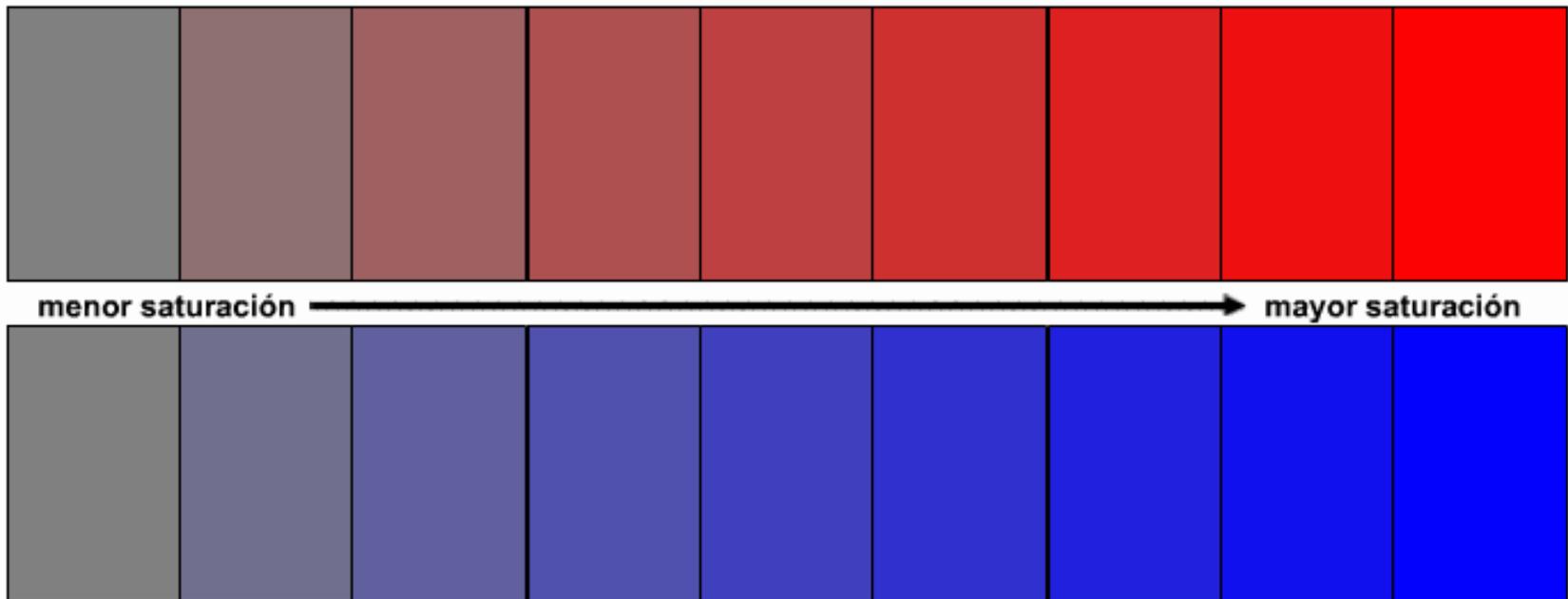


Curvas de distribución de intensidad

- a) ***fuentes amarilla monocromática***
- b) ***mezcla aditiva de dos fuentes monocromáticas, una verde y otra roja***
- c) ***mezcla aditiva de dos fuentes no monocromáticas, verde y roja***

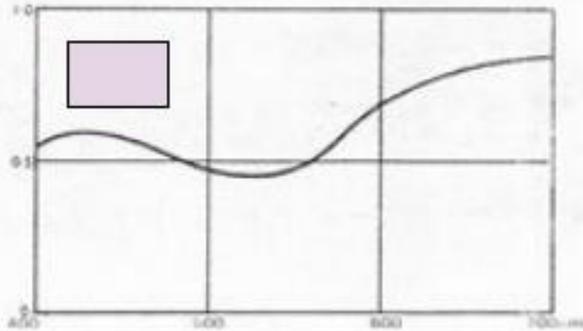
Saturación (Croma)

Grado en que el color se separa del gris neutro y se aproxima a un color puro del espectro. Un gris neutro es totalmente no saturado y un color espectral puro es totalmente saturado.

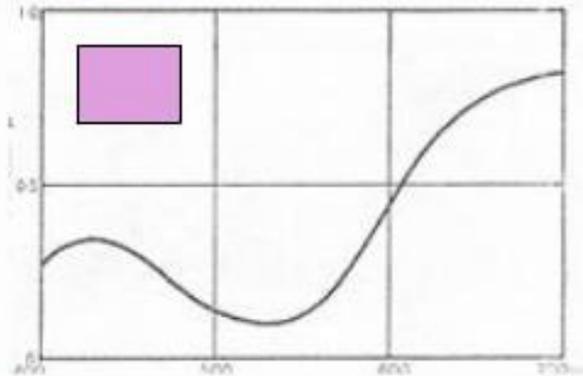


Saturación

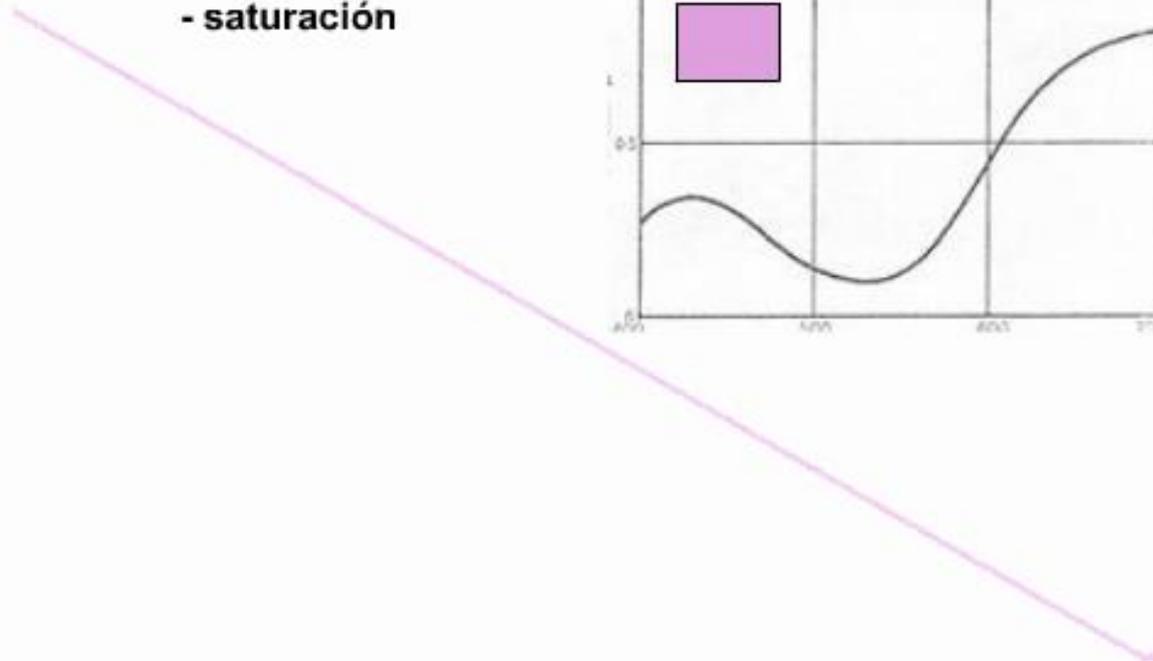
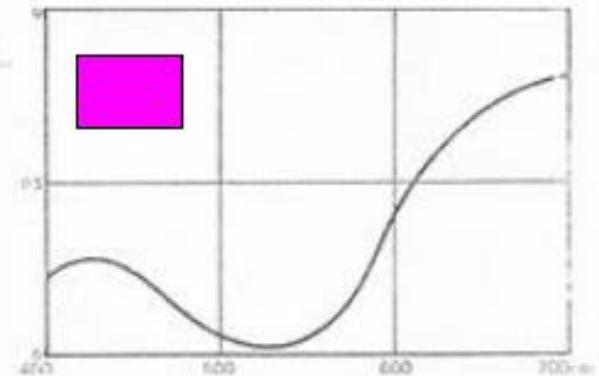
Aquí vemos la curva de distribución espectral de un color con distintos grados de saturación. Vemos como la curva se aplana a medida que el color se desatura.



- saturación

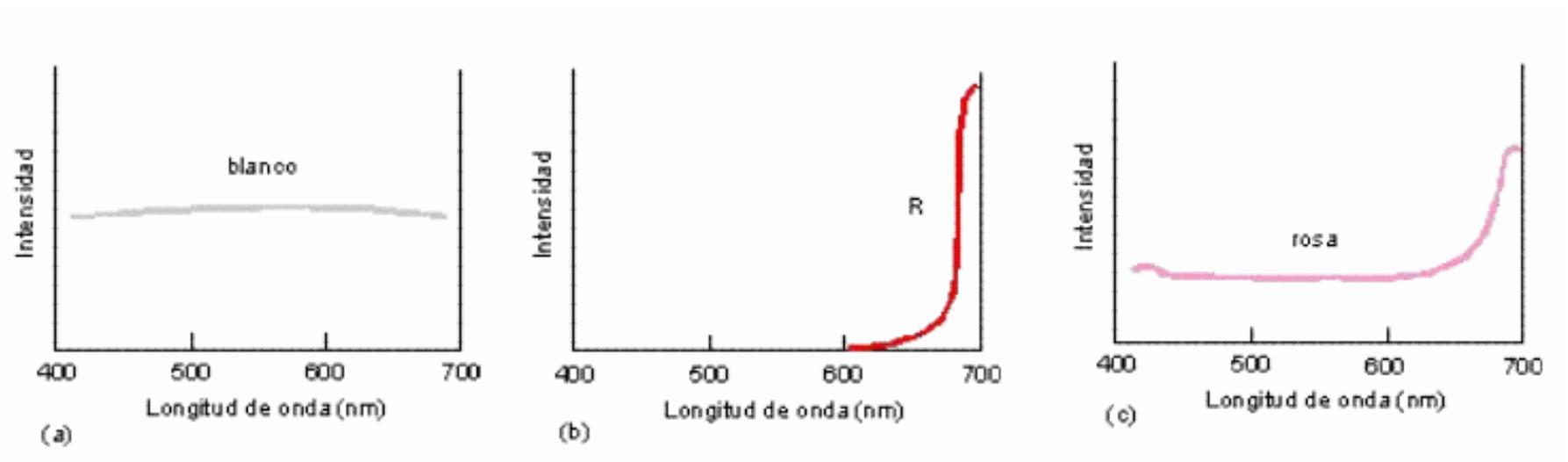


+ saturación



Saturación

- En esta figura vemos tres espectros diferentes de un color con distintos niveles de saturación. El color totalmente desaturado es perceptualmente visto como gris



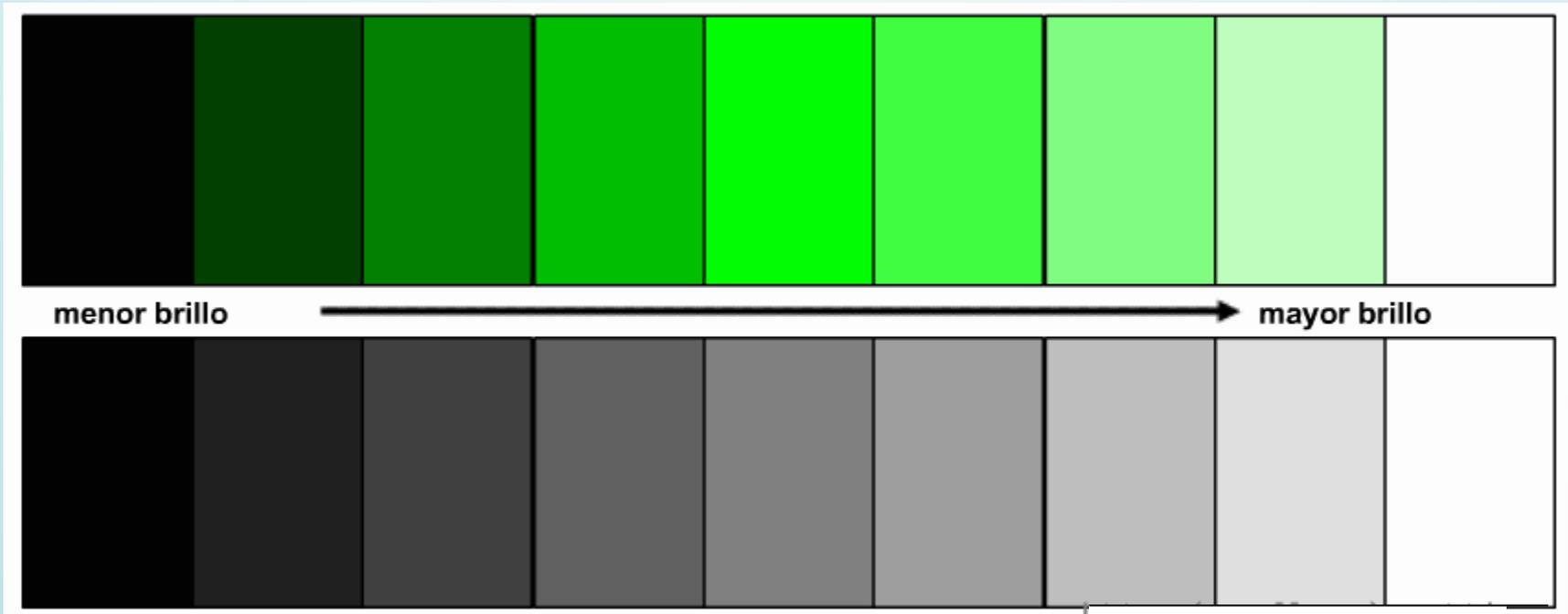
- A) luz blanca, completamente desaturada
- B) luz roja saturada
- C) luz roja menos saturada (rosa)

Brillo (claridad, valor)

(Value)

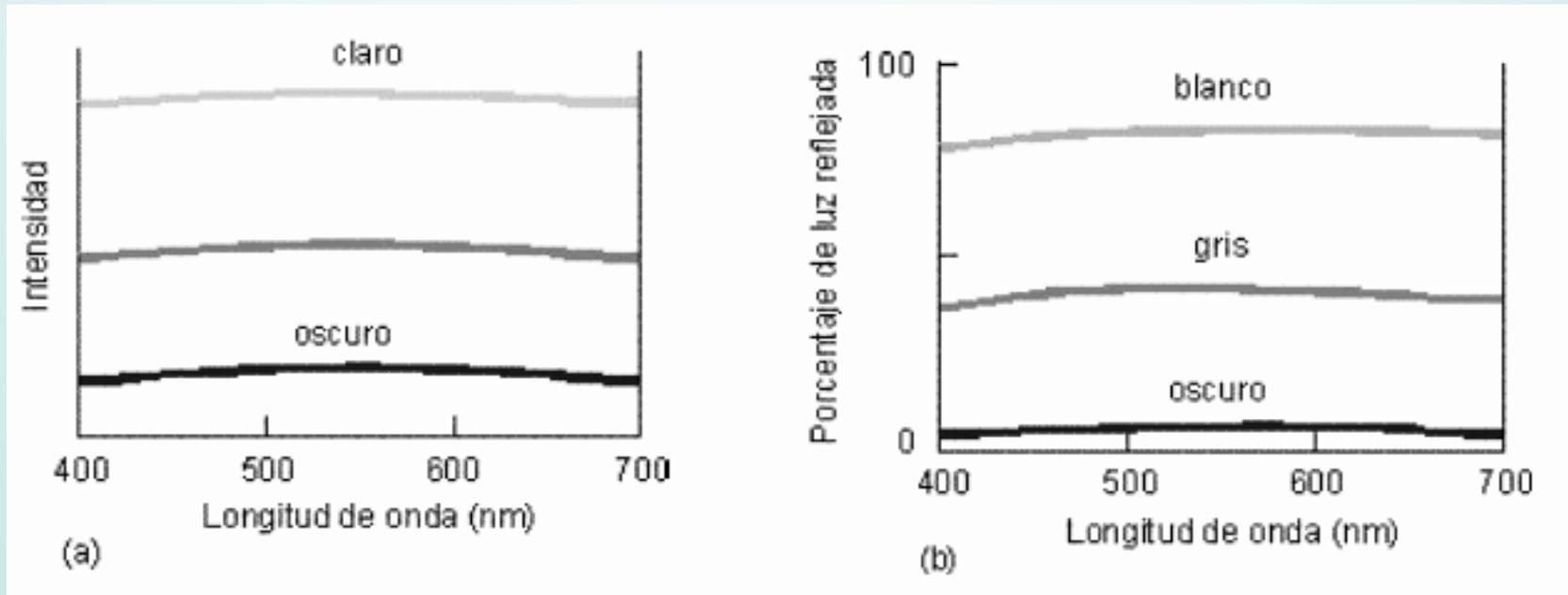


- Equivale a la sensación de brillo producida por un elemento de una escala de grises neutros. La máxima sensación es evocada por el blanco y la mínima por el negro



Brillo

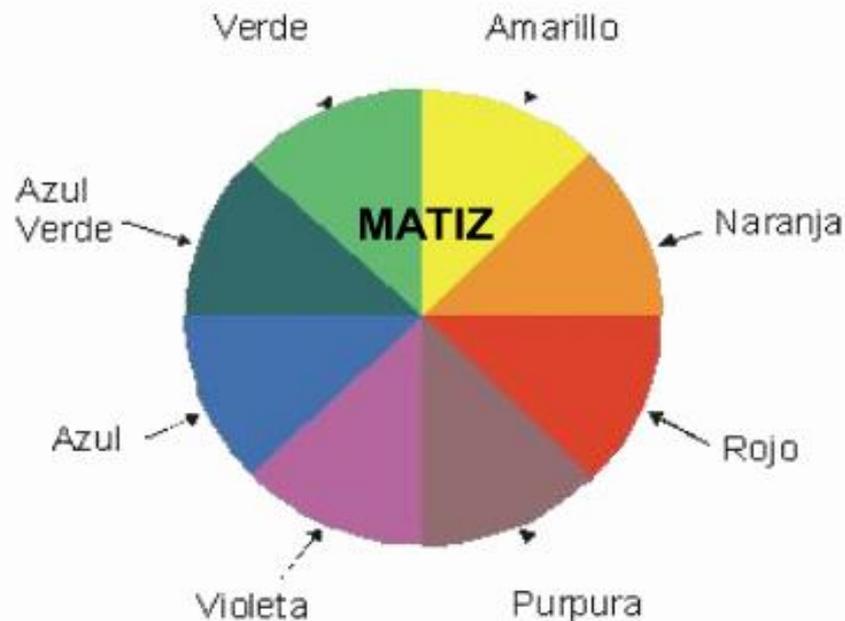
- En esta figura vemos dos espectros: Una fuente de luz y una onda reflejada en distintas superficies



- Curvas de distribución de intensidad de una fuente para tres niveles distintos
- Curvas que representan el porcentaje de luz reflejada por tres objetos distintos, en función a la longitud de onda.

Matiz saturación y brillo

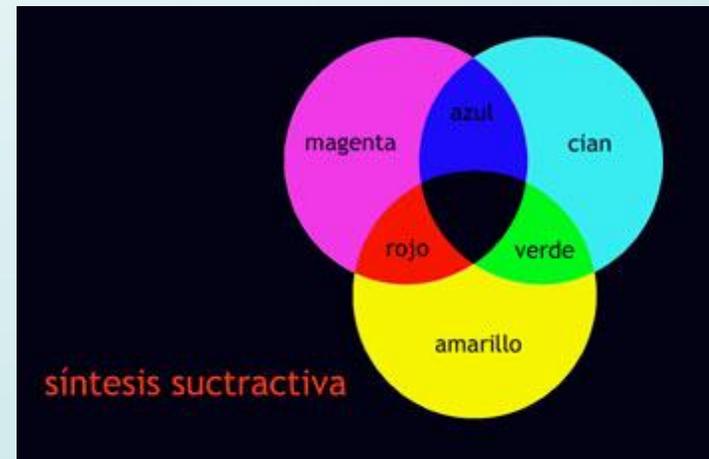
Aquí vemos las tres características en forma simultánea.



Colores Primarios

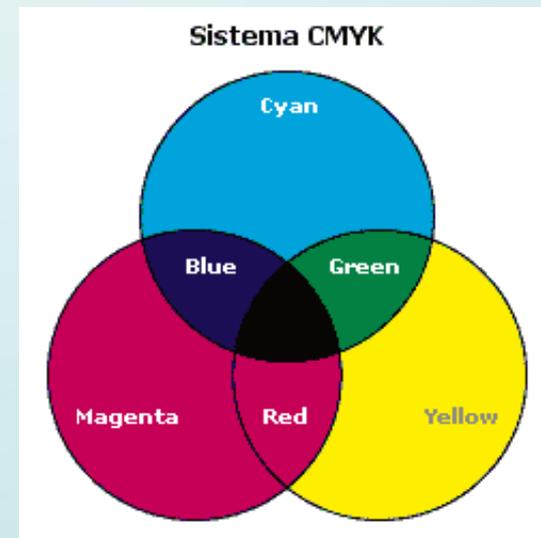
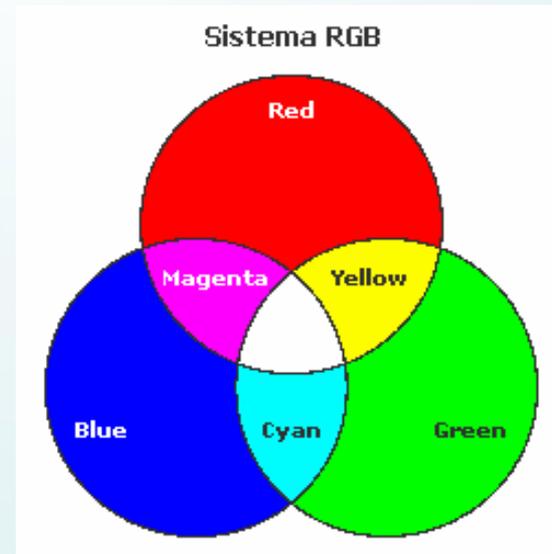


- Los colores primarios son los tres colores por donde empezamos a descomponer los demás colores.
- Tenemos colores primarios **ADITIVOS** que son el: **ROJO, AZUL y VERDE**, y la suma de los tres nos darán el blanco.
- Y tenemos colores primarios **SUSTRATIVOS** que son el: **CIAN MAGENTA AMARILLO** que la mezcla de ellos nos dará el negro



Colores primarios

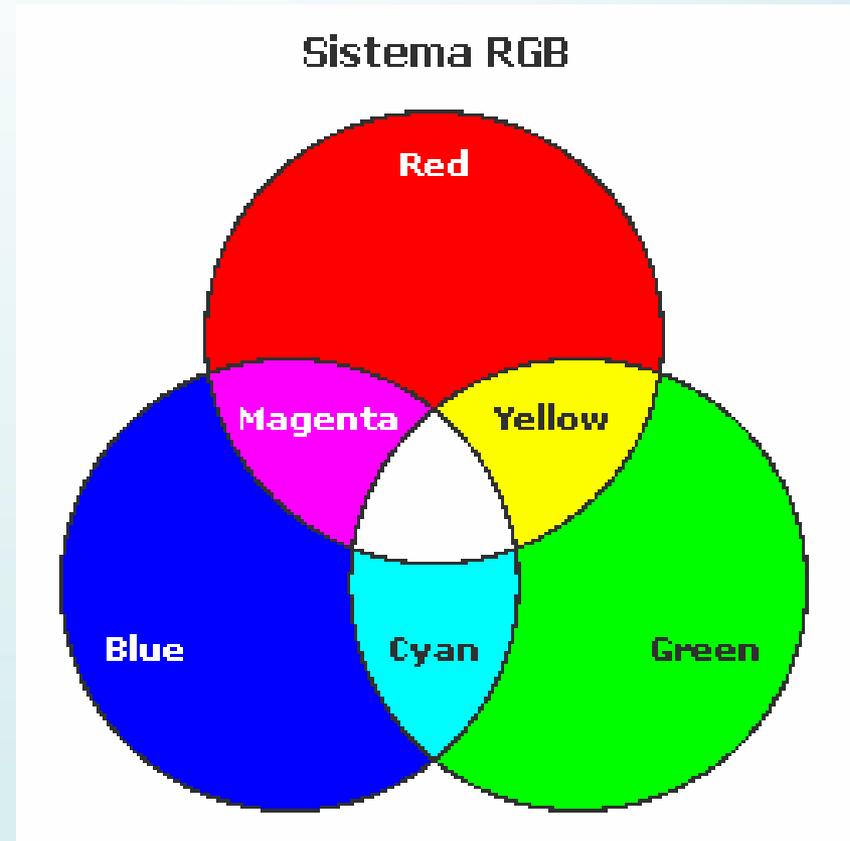
- Internacionalmente se ha establecido una nomenclatura para los colores para poder identificarlos por letras
- Nomenclatura internacional
- R = red (rojo) C = cian
- G = green (verde) M = magenta
- B = blue (azul) Y = yellow
- K = black (negro)



Colores primarios aditivos

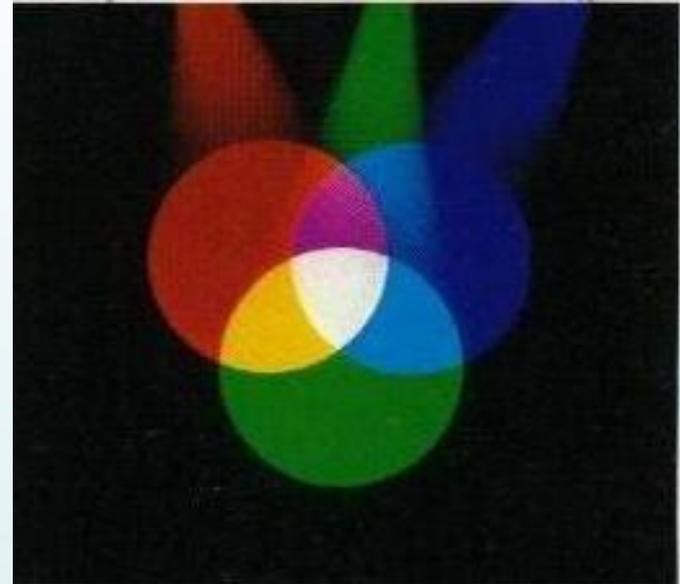
También llamados colores luz

- Los colores producidos por luces (en el monitor de nuestro ordenador, en el cine, televisión, etc) tienen como primarios, al rojo, el verde y el azul (**RGB** - **R**ed **G**reen **B**lue) la mezcla de estos, crean y componen la luz blanca, por eso se le denomina, síntesis aditiva y las mezclas parciales de estas luces dan origen a la mayoría de los colores del espectro visible.
- Veamos la siguiente experiencia



Colores primarios aditivos

- Experimentando con luz podemos definir la mezcla **aditiva** de color colocando tres luminarias (si son elipsoidales mejor) cada una con un filtro de color diferente: Una con un filtro R 80 para el azul; R 90 para el verde y L 106 para el rojo la mezcla de esos colores da blanco en la pared en caso de no tener estos filtros y no contar con elipsoidales la experiencia de mezcla aditiva la podemos realizar con un reflector rojo otro verde y otro azul



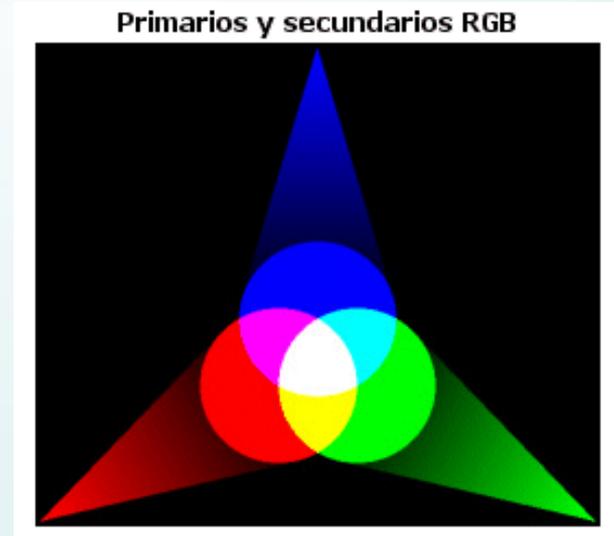


Colores primarios aditivos



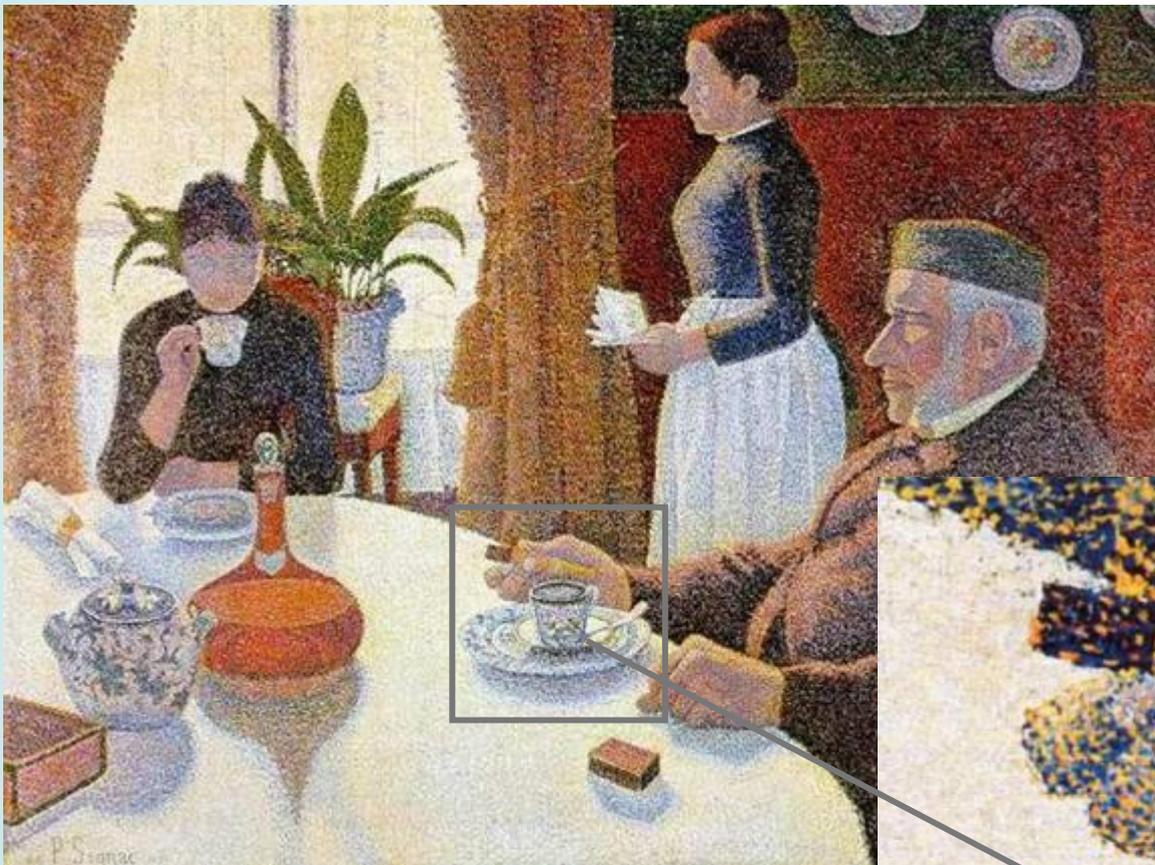
Color Aditivo:

- En iluminación se realiza por superposición de haces sobre una pantalla o superficie. Por ejemplo la mezcla aditiva de colores primarios da luz blanca. La mezcla aditiva de pigmentos la obtenían los pintores puntillistas yuxtaponiendo manchitas de colores, ej.: azules y blancas sobre la tela. (de lejos se ve celeste).



“El desayuno”

Paul Signac
1863 - 1935



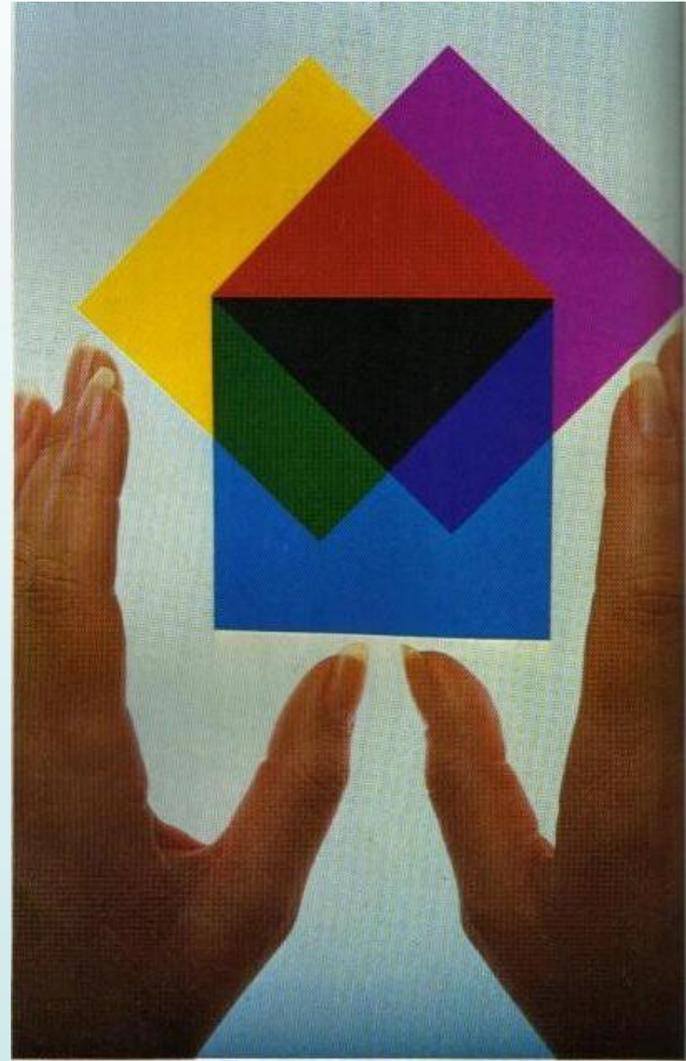
En esta pintura se puede apreciar como la información que percibimos es un conjunto de datos que interpretamos como formas, color, textura y, en un principio, no prestamos atención al conjunto de puntos que el pintor ha puesto en un arreglo, que vemos como una imagen única.

Si cada parte de la pintura fuera separadamente experimentada, no podríamos comprender el cuadro entero

Colores primarios sustractivos

También llamados Colores pigmento

- En Iluminación la mezcla de colores sustractiva proviene de interceptar la luz mediante filtros que impiden el paso a radiaciones de determinadas longitudes de onda, dejando pasar otras. En este caso la luz se percibe “del color” de la suma de las radiaciones “pasantes”.
- Los filtros en general adquieren el color de la luz correspondiente a las ondas que permite su emisión y sustraen las demás ondas.



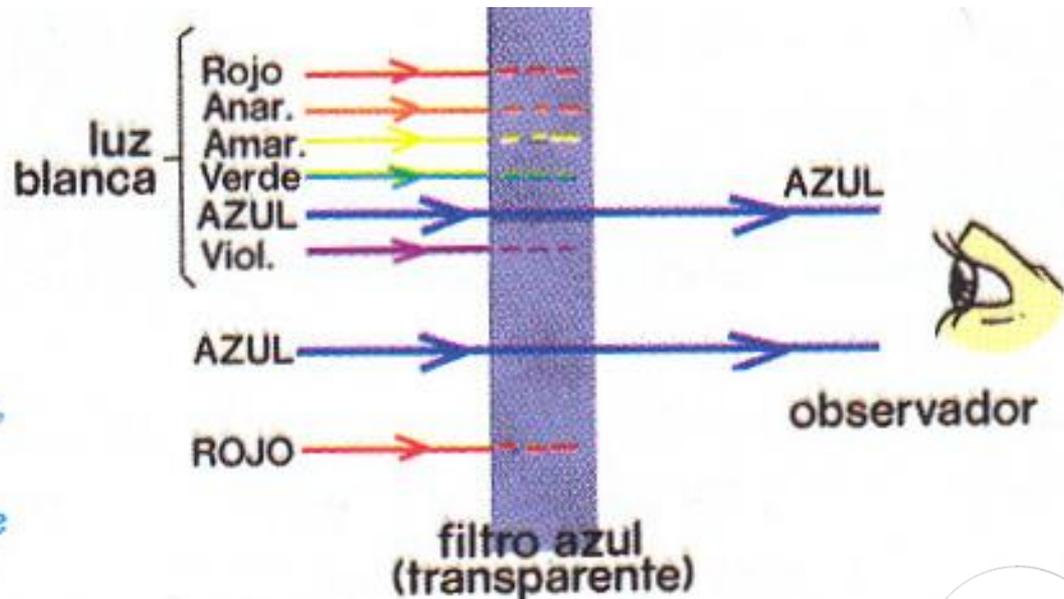
Colores primarios sustractivos

- Como vemos en el ejemplo los filtros adquieren el color de la luz correspondiente a las ondas que permite su emisión y sustraen las demás ondas

Rojo:	$4,6 \cdot 10^{14}$ Hz.
Anaranjado:	$5,0 \cdot 10^{14}$ Hz.
Amarillo:	$5,2 \cdot 10^{14}$ Hz.
Verde:	$5,7 \cdot 10^{14}$ Hz.
Azul:	$6,4 \cdot 10^{14}$ Hz.
Violeta:	$7,3 \cdot 10^{14}$ Hz.

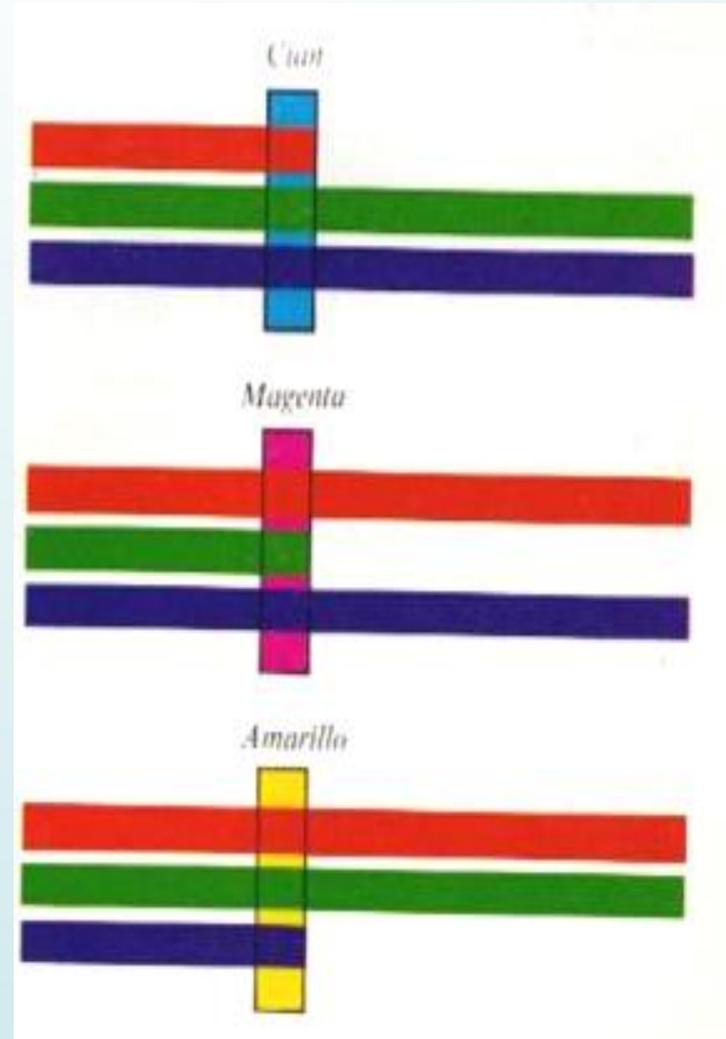
Entre las propiedades de la luz, hablaremos de:

*Longitud de onda: El tipo de energía radiante.



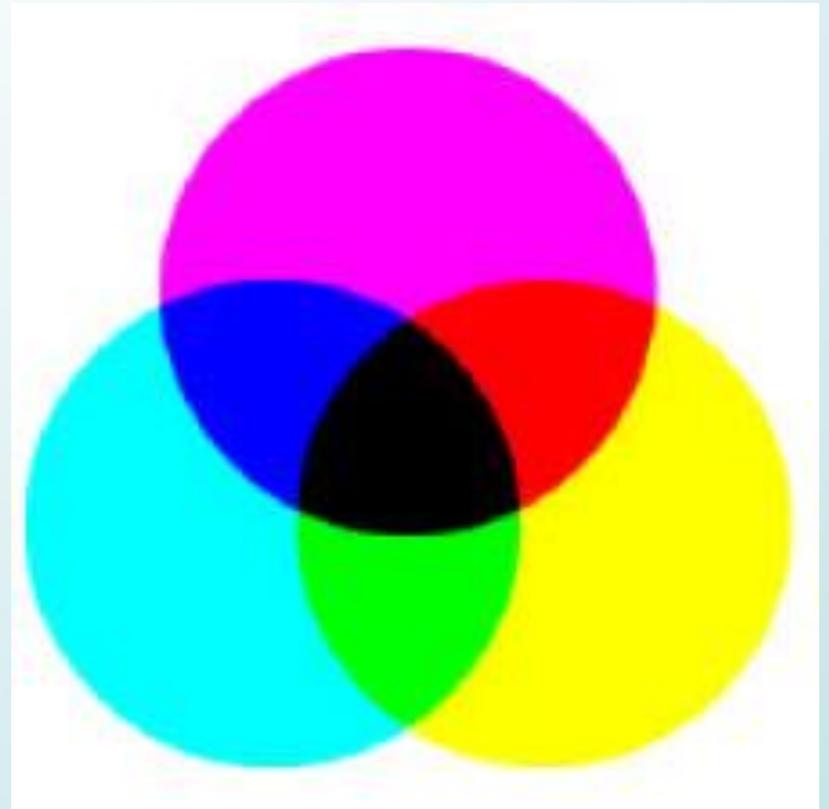
Colores primarios sustractivos

- El filtro cian solo dejara pasar frecuencias verdes y azules (cian)
- El filtro magenta solo dejara pasar frecuencias rojas y azules (magenta)
- El filtro amarillo solo dejara pasar frecuencias rojas y verdes (amarillo)



Colores primarios sustractivos

- A partir de estos tres colores podemos obtener casi todos los demás.
- Las luminarias inteligentes que trabajan con mezclas de colores CMY van introduciendo de manera progresiva filtros dicroicos de color cian magenta y amarillo internamente en el equipo logrando así una inmensa gama de colores



En pigmentos, hablamos de una mezcla sustractiva, ya que a medida que mezclamos pigmentos el color resultante se va tornando negro, a diferencia de la luz, que a medida que sumamos luz vamos hacia el blanco.

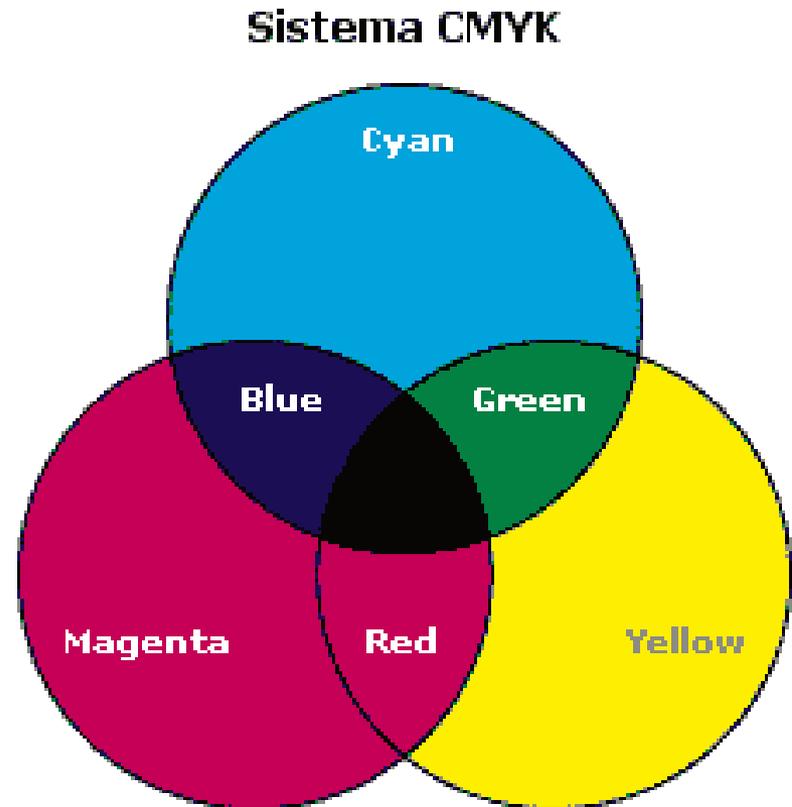


Colores primarios sustractivos

También llamados Colores pigmento

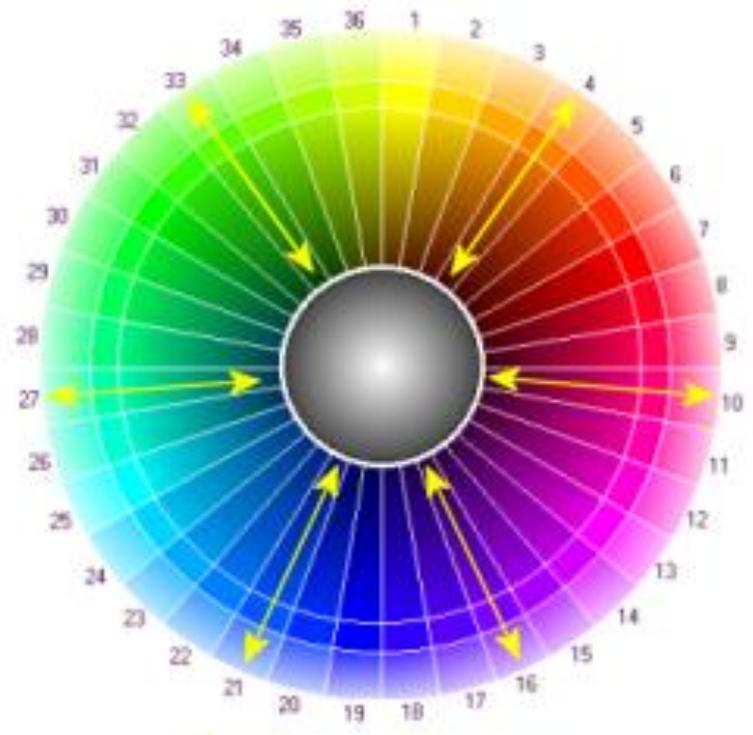


- La mezcla de los tres colores primarios pigmento en teoría debería producir el negro, el color más oscuro y de menor cantidad de luz, por lo cual esta mezcla es conocida como síntesis sustractiva. En la práctica el color así obtenido no es lo bastante intenso, motivo por el cual se le agrega negro pigmento conformándose el espacio de color CMYK. Los procedimientos de imprenta para imprimir en color, conocidas como tricromía y cuatricromía se basan en la síntesis sustractiva.



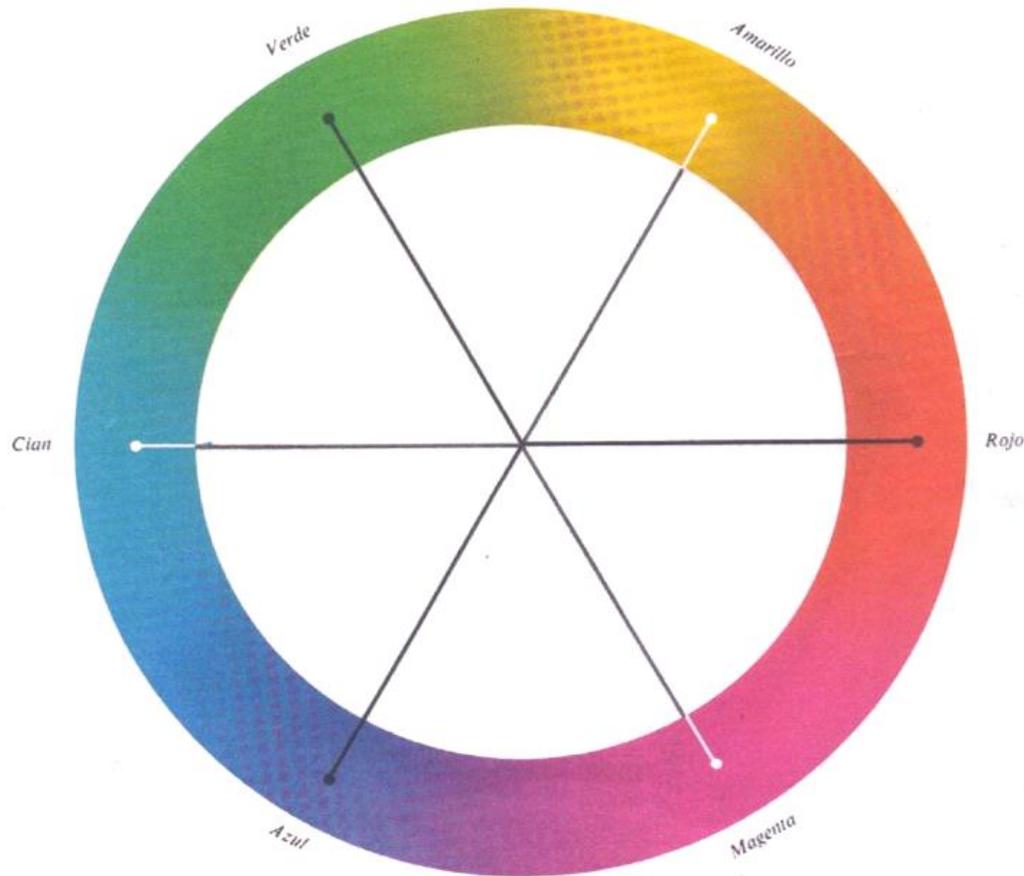
Círculo cromático

- El círculo cromático representa los colores dispuestos de acuerdo a su relación cromática. Presenta los colores primarios, en medio de ellos los secundarios y terciarios resultados de las combinaciones de los primeros.



Circulo cromático

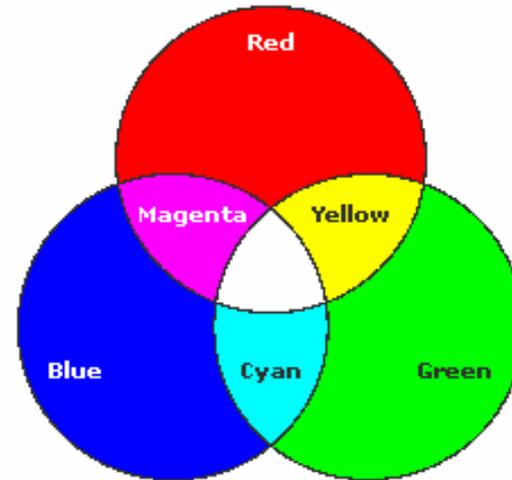
- En este circulo cromático vemos los colores primarios aditivos y primarios sustractivos



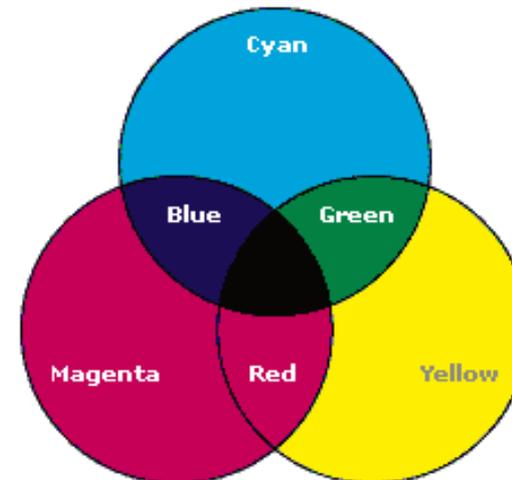
Colores secundarios

- Es la mezcla que se produce al mezclar dos colores primarios
- En la mezcla aditiva los secundarios son: magenta, cian y amarillo
- Y en la mezcla sustractiva van a ser verde, azul y rojo
- veamos otro ejemplo.

Sistema RGB



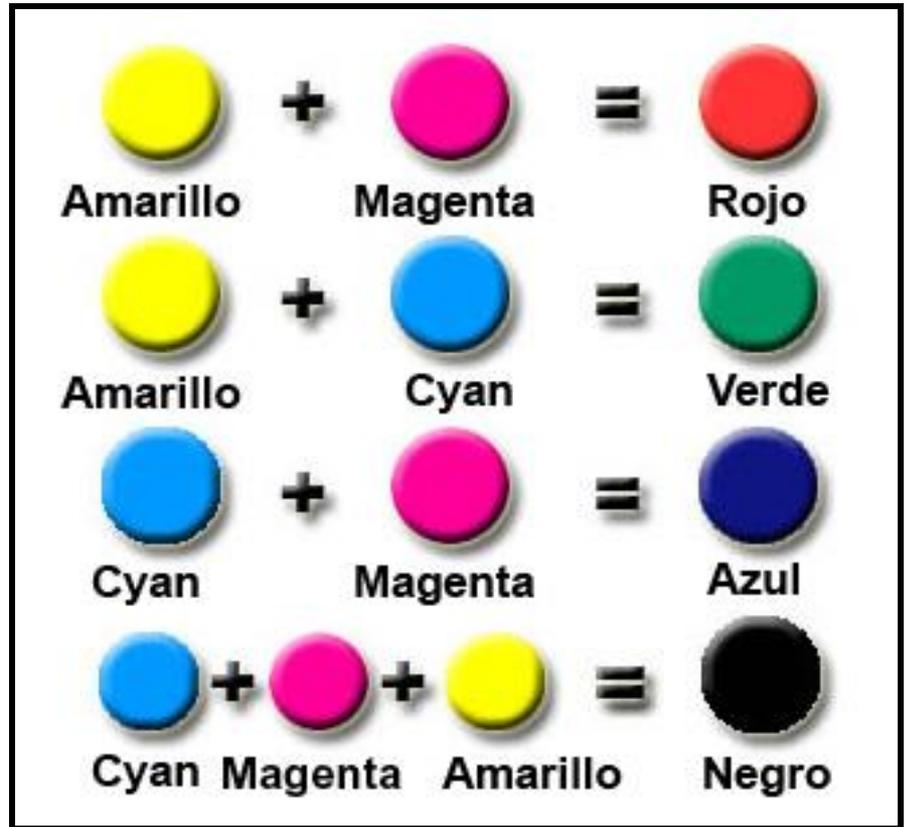
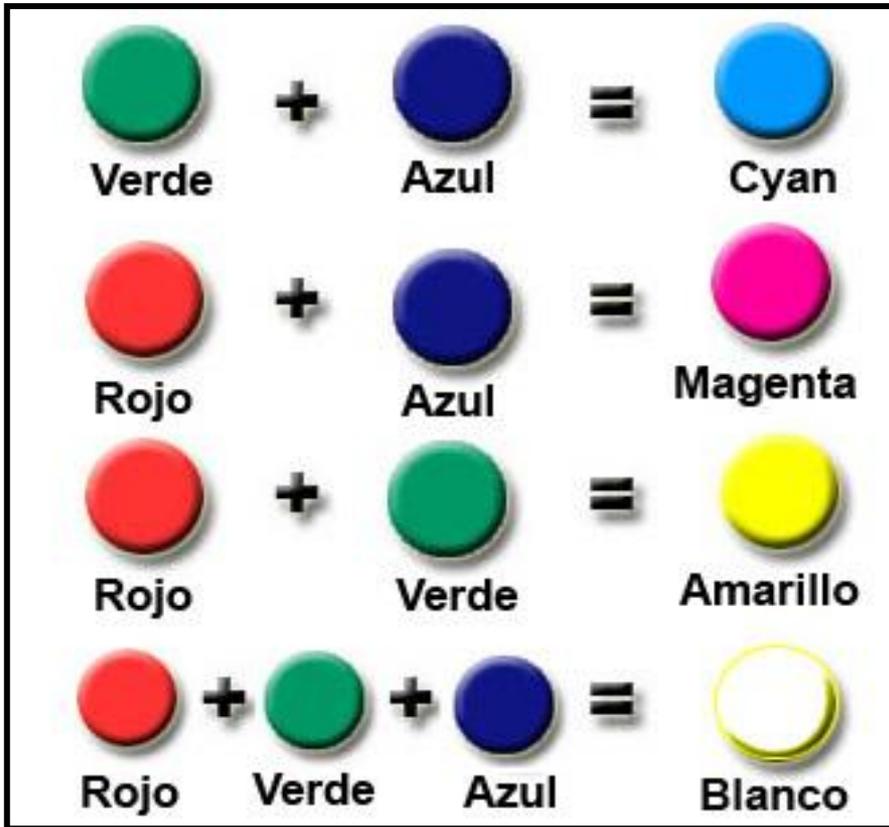
Sistema CMYK



Colores secundarios

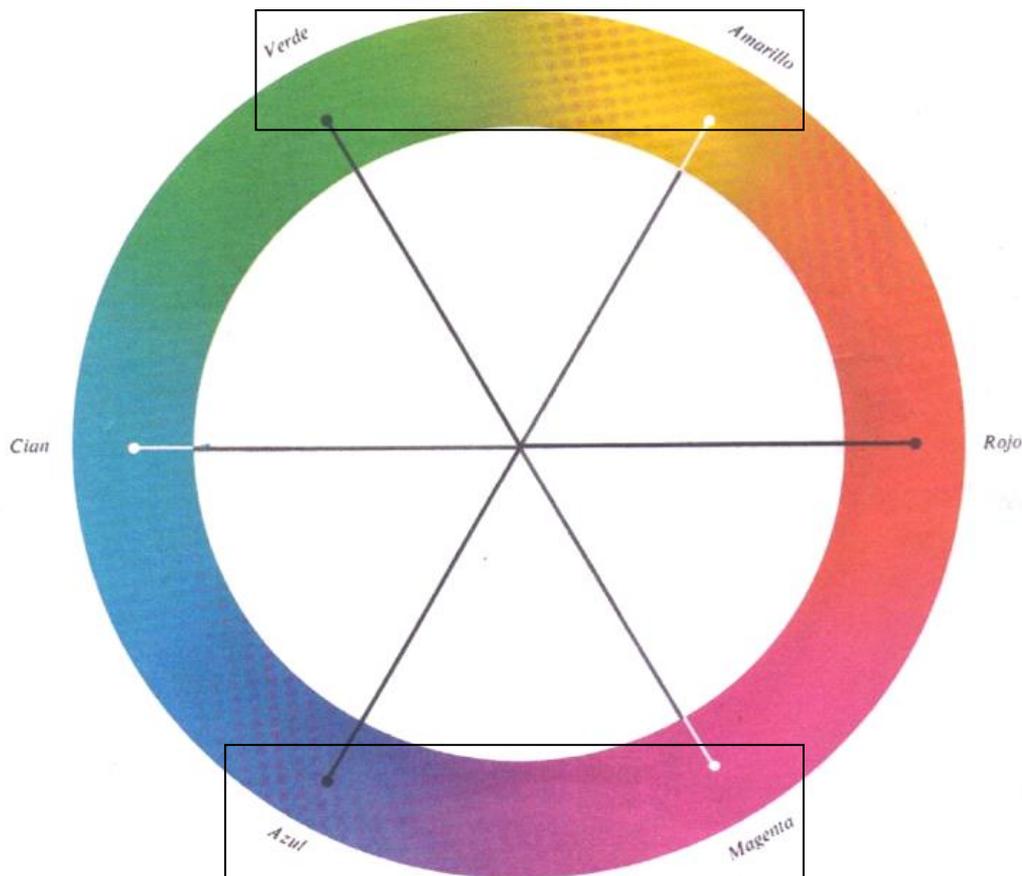
Suma de Aditivos

Suma sustractivos



Colores terciarios

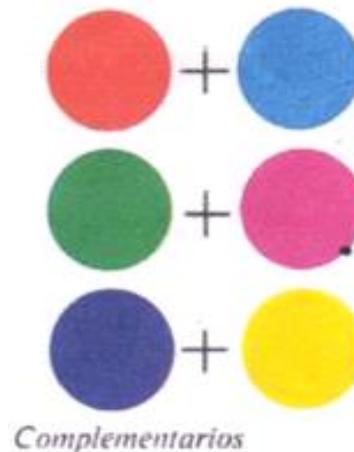
- Es la mezcla que se produce al mezclar un color primario con un secundario

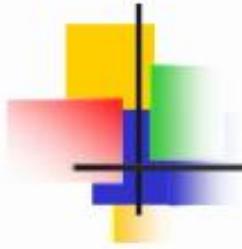


Colores complementarios

- De acuerdo con la teoría tricrómica, se dice que un color es complementario de otro cuando la mezcla de ambas longitudes de onda componente de cada color producen la luz blanca.
- En el círculo cromático los colores que se oponen son complementarios, se encuentran simétricos respecto al centro de la rueda. El Matiz varía en 180° entre uno y otro. Por ejemplo los colores complementarios en el círculo cromático siguiente serian:

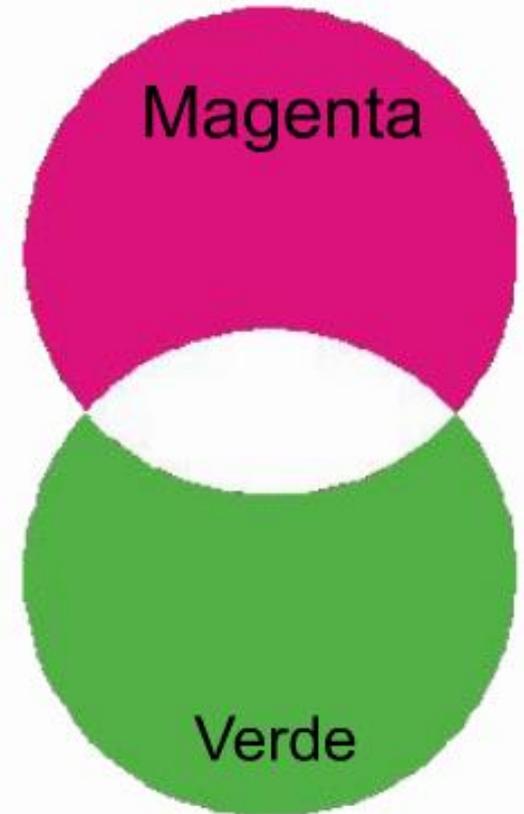
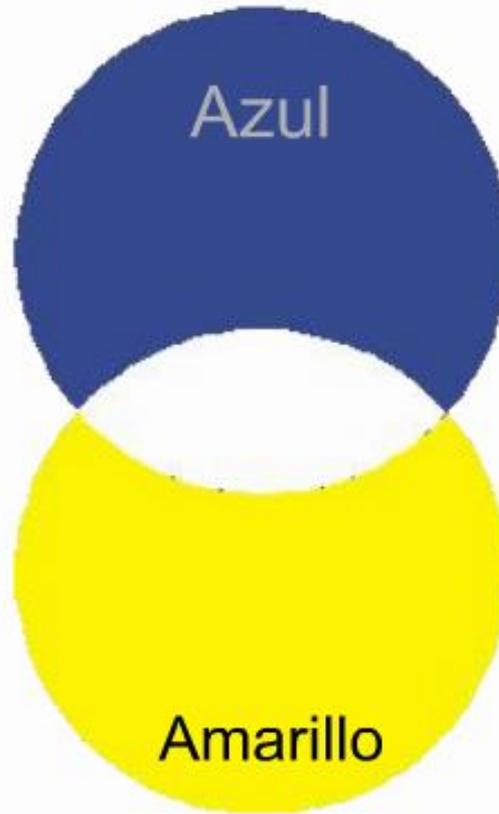
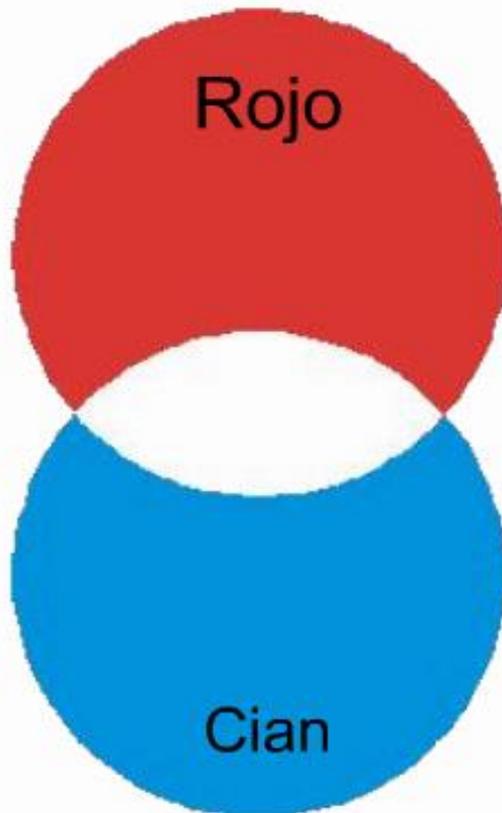
- ROJO + CIAN
- VERDE + MAGENTA
- AZUL + AMARILLO



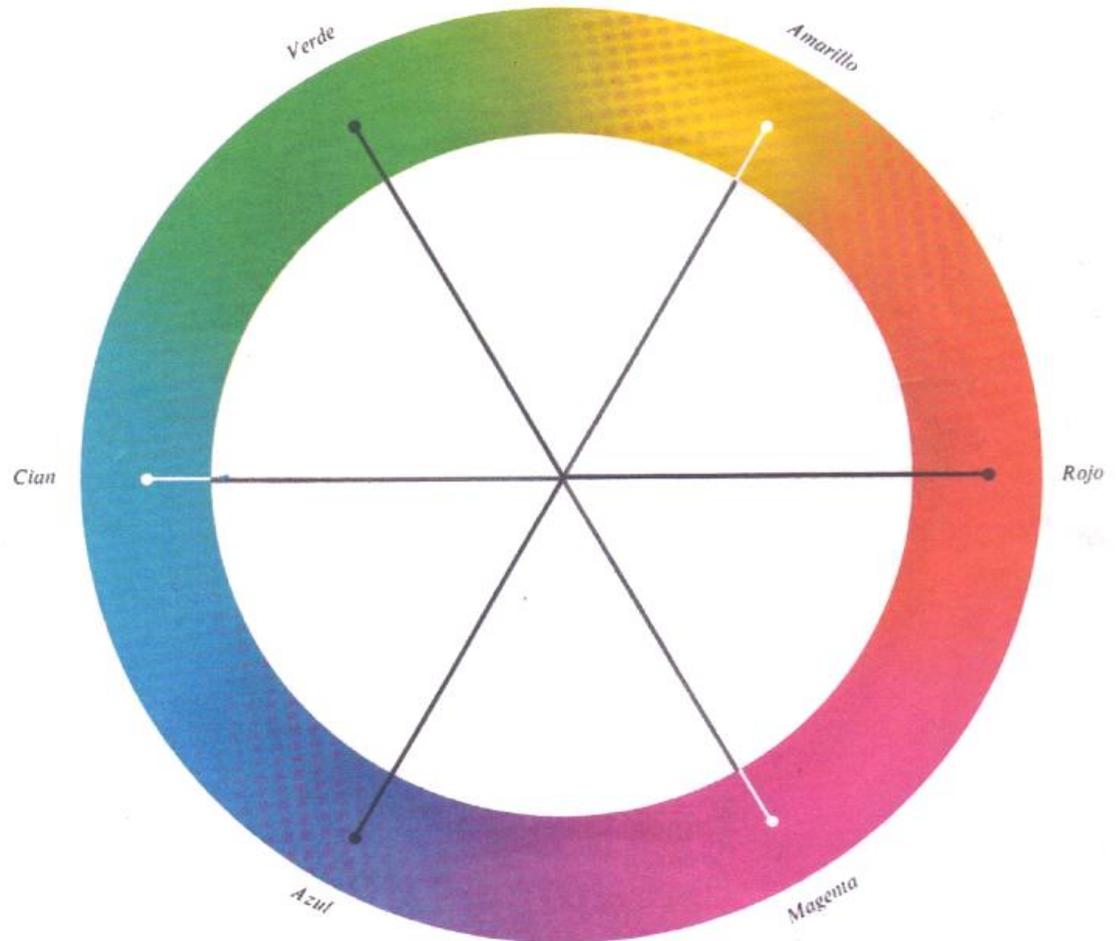
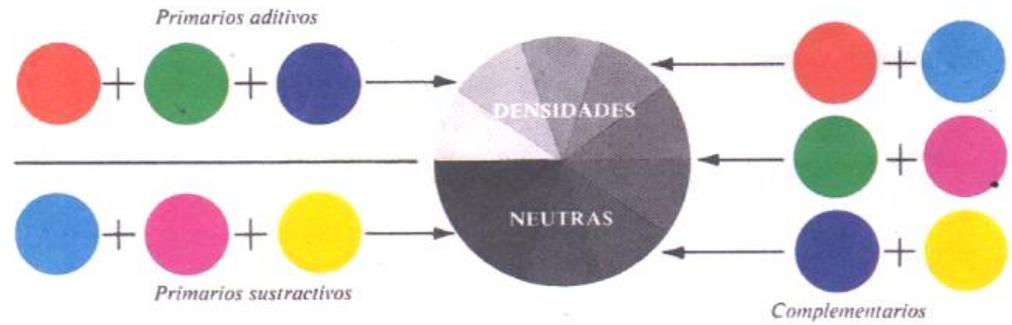


Colores complementarios Luz

La propiedad principal de estos colores es que sumados o mezclados, forman también luz blanca.

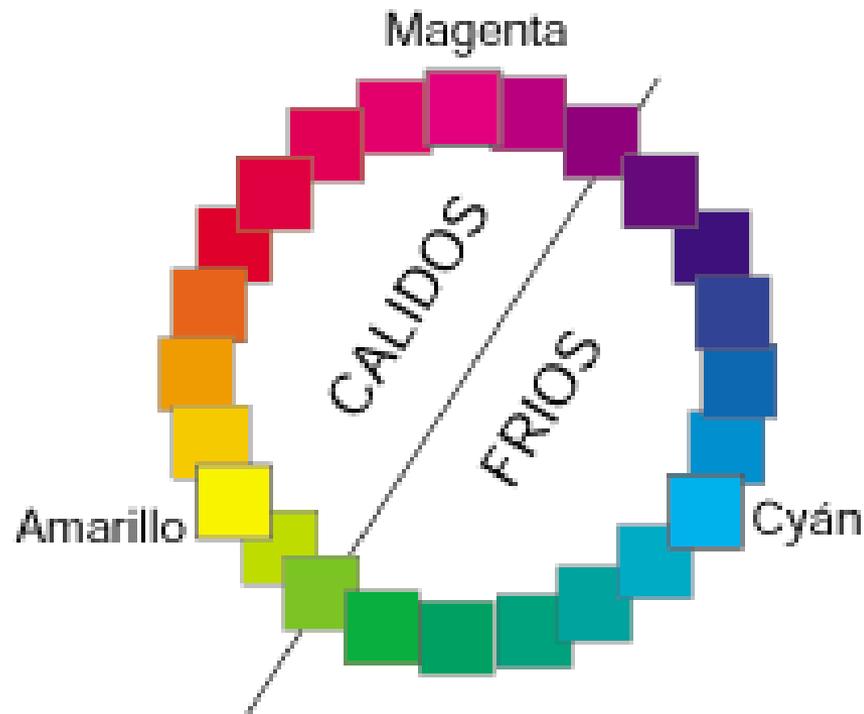


Circulo cromático
con los colores
Primarios
Aditivos
Primarios
Sustractivos y
colores
complementarios



Colores calidos y fríos

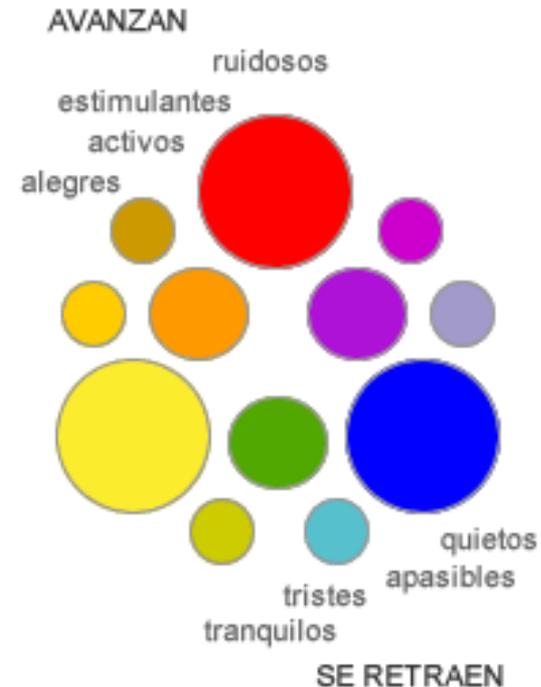
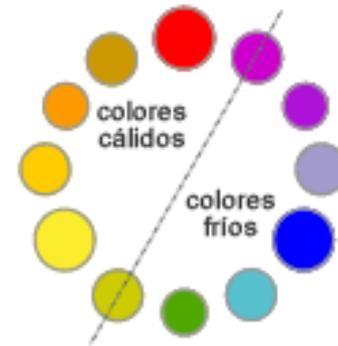
- El círculo cromático se puede dividir en dos gamas bien diferenciadas, Colores Cálidos y Colores Fríos, esta división del color se realiza de acuerdo a la sensación que produce la percepción de estos colores.



Colores calidos y fríos



Para obtener la división entre colores fríos y cálidos basta con trazar una línea en el círculo cromático desde el amarillo-verde hasta el rojo-violeta. Los colores de la izquierda, que contienen rojo y amarillo, son los cálidos, y en la derecha el azul y los colores que contienen esa mezcla son los fríos. El color verde y violeta puros son neutros y su grado de temperatura depende de la proporción en que se les adicione rojo, amarillo o azul.



•Colores calidos

La gama que va de Amarillo al Rojo-Violeta por el rojo se la denomina Cálidos.

Nos producen la sensación de "calor" y en la naturaleza estos colores se encuentran en algunos elementos relacionados con el calor, ej., fuego, lava, etc.

- Como característica estos colores tienden a "adelantarse", avanzando en el plano respecto a los fríos.
- También se los puede llamar Colores Activos.



Gama de
Cálidos

Colores fríos

- La gama que va de Verde-Amarillo al Violeta por el azul se la denomina Fríos.
- Nos producen la sensación de "frío" y en la naturaleza estos colores se encuentran en algunos elementos relacionados con sensaciones frías o frescas, ej. agua, hielo, hojas, etc.
- Estos colores tienden a retroceder en el plano respecto a los cálidos.
- También se los puede llamar Colores Pasivos.



Colores claros y oscuros

- Los colores claros inspiran limpieza, juventud, jovialidad, como ocurre con amarillos, verdes y naranjas, mientras que los oscuros inspiran seriedad, madurez, calma, como es el caso de los tonos rojos, azules y negros.

Colores claros y oscuros

