

Introducción a la Ciencia del Color

Sumario

- Introducción
- Elementos condicionantes de la Colorimetría
- Color psicofísico y color psicológico
- Las causas del color

Introducción

- **Objetivo:**

- Analizar y comprender la definición del color como “una sensación visual consciente, es la interpretación que nuestro cerebro hace de la luz que llega a retina”

- **¿Qué es la Visión? ¿Qué significa “ver”?**

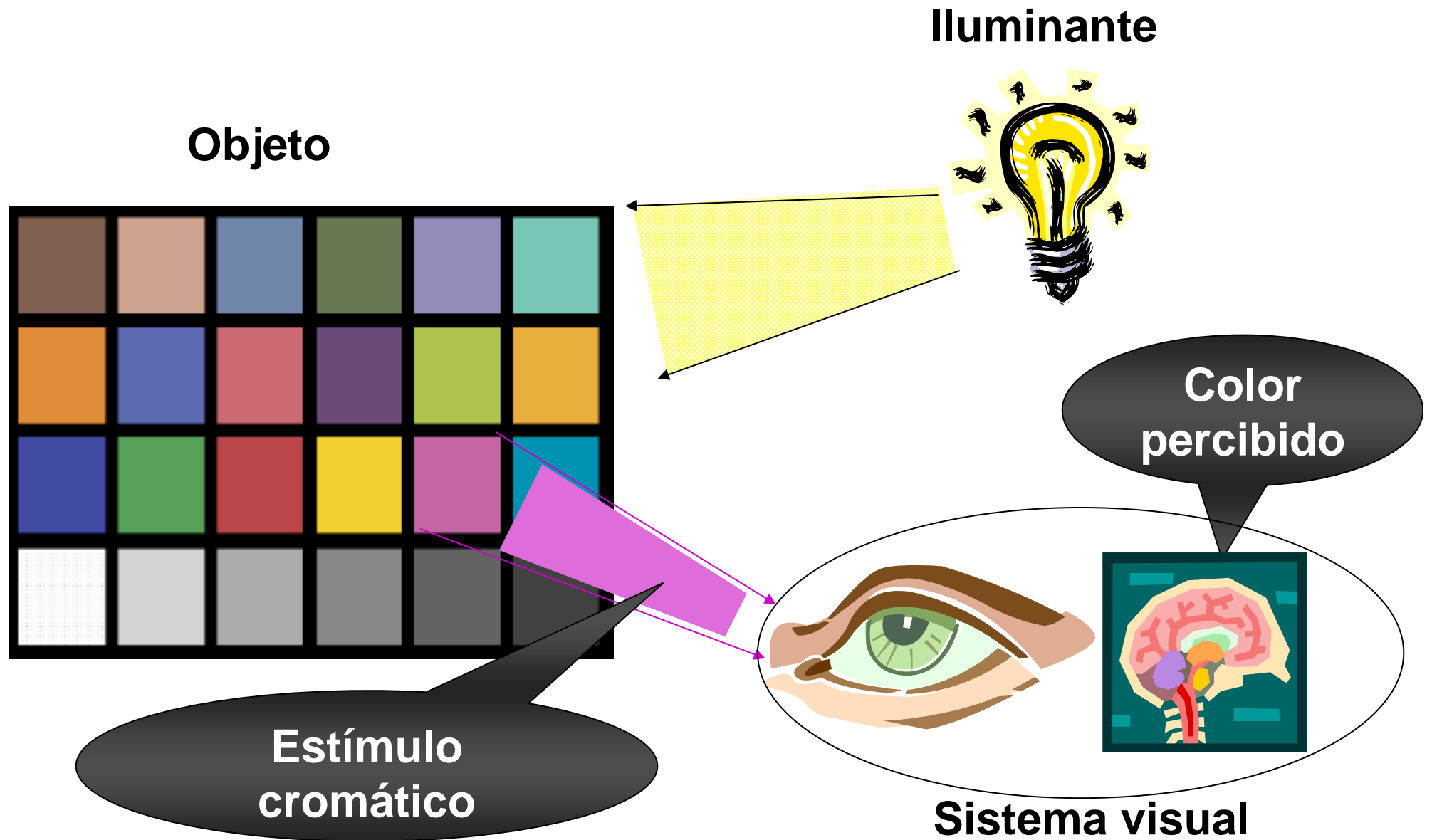
- Interpretación del entorno que nos rodea a partir de la extracción de información contenida en las imágenes retinianas usando modelos internos de codificación y representación
- Modelos visuales de información:

- Color, forma, detalle, movimiento, localización, orientación

Ciencia del Color
Ergonomía Visual

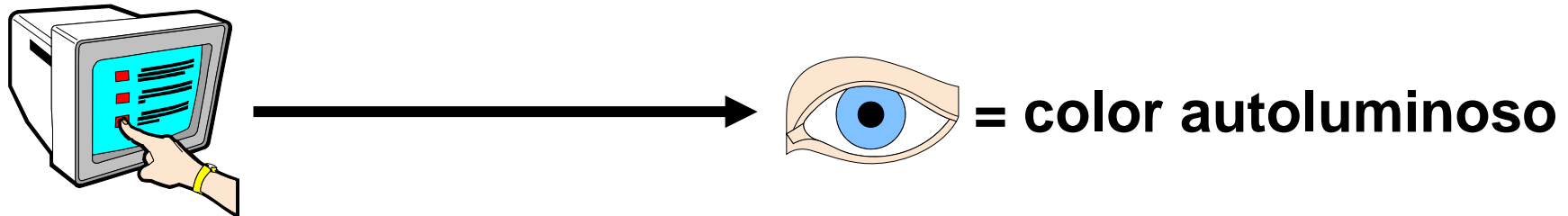
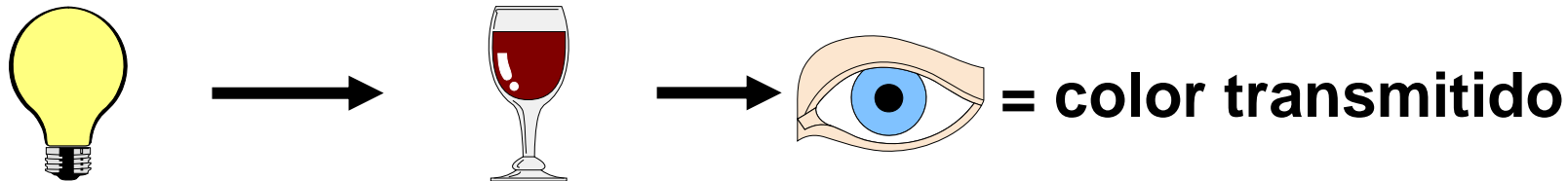
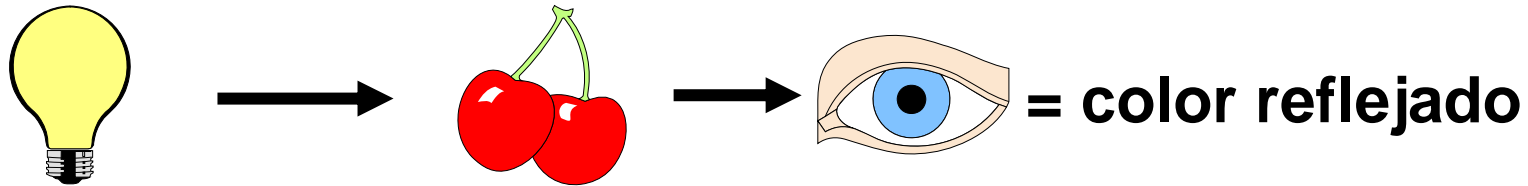
Percepción visual (OF-3)

Visión Binocular (OF-2)



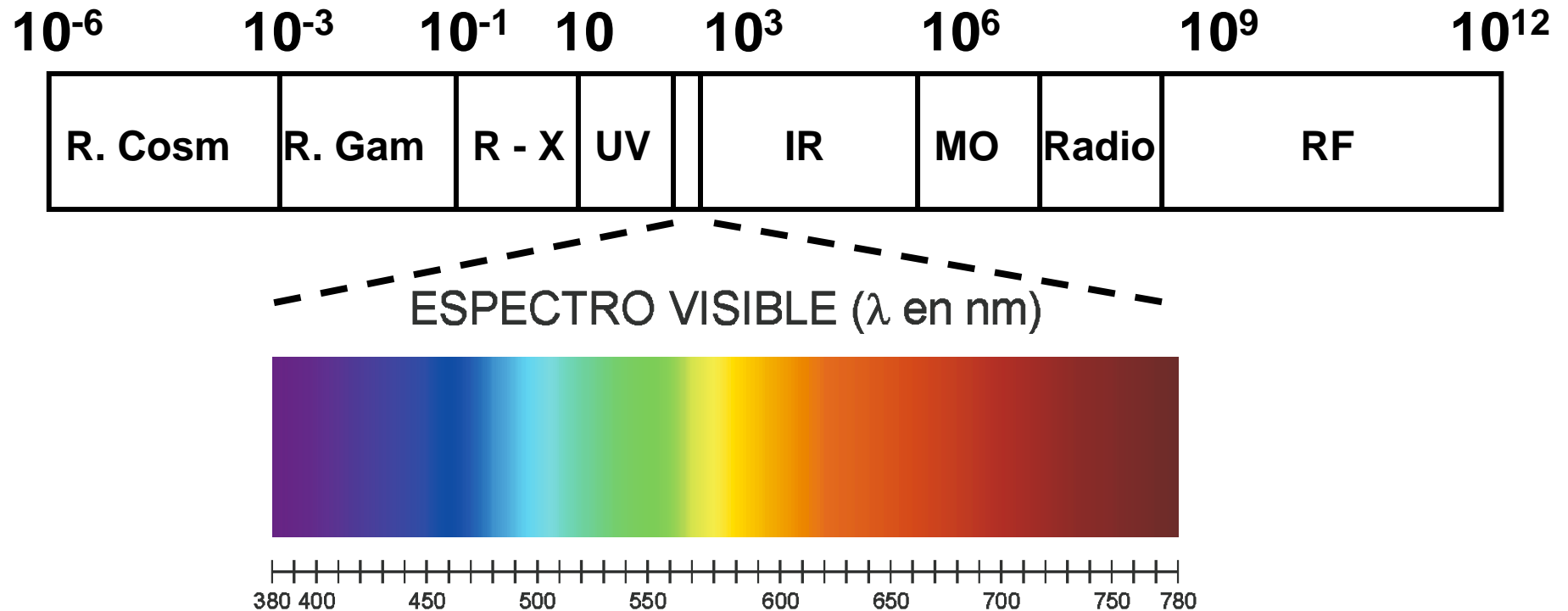
Elementos Condicionantes del Color

- Fuente luminosa + Objeto + Observador:



Elementos Condicionantes del Color

- La radiación electromagnética a la que somos sensibles:

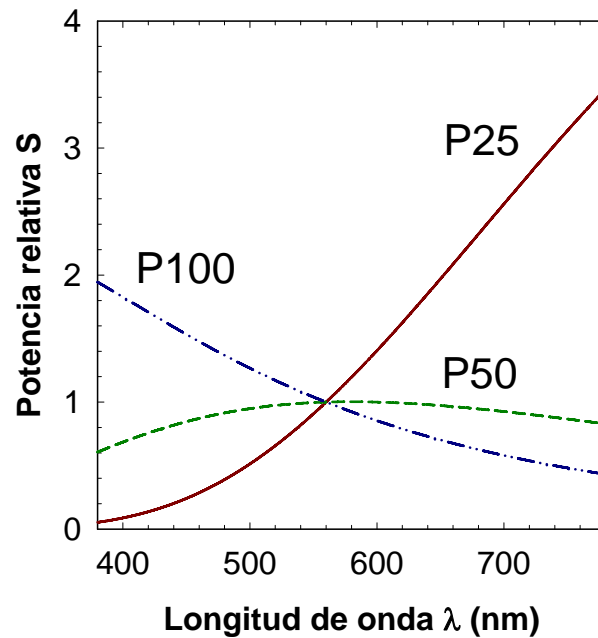


Elementos Condicionantes del Color

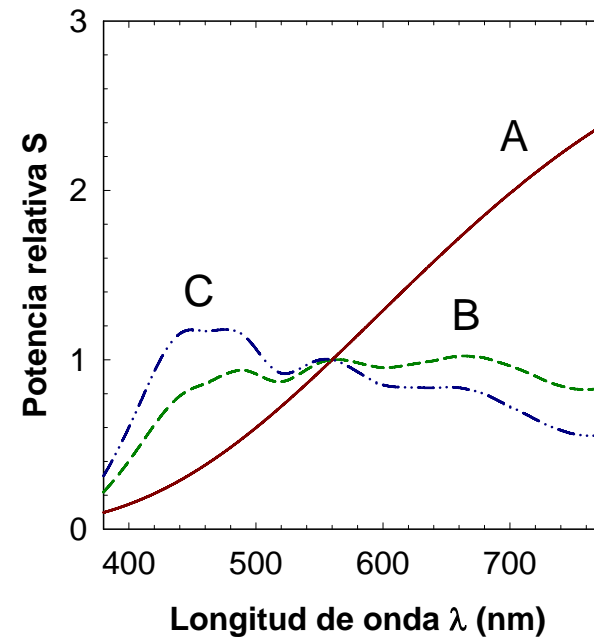
- **Estímulo-color** = (fuente luminosa) \otimes (objeto)
 - Distribución espectral de potencia radiante de una lámpara: $S(\lambda)$
 - Espectro continuo:
 - Planckiano: tipo P \rightarrow color de las estrellas
 - Luz día: tipo D
 - Espectro discreto: tipo F
 - Factor de reflexión de un objeto opaco: $\rho(\lambda)$
 - Factor de transmisión de un objeto transparente: $\tau(\lambda)$

Elementos Condicionantes del Color: lámparas

**Illuminantes planckianos
(radiadores absolutos)**

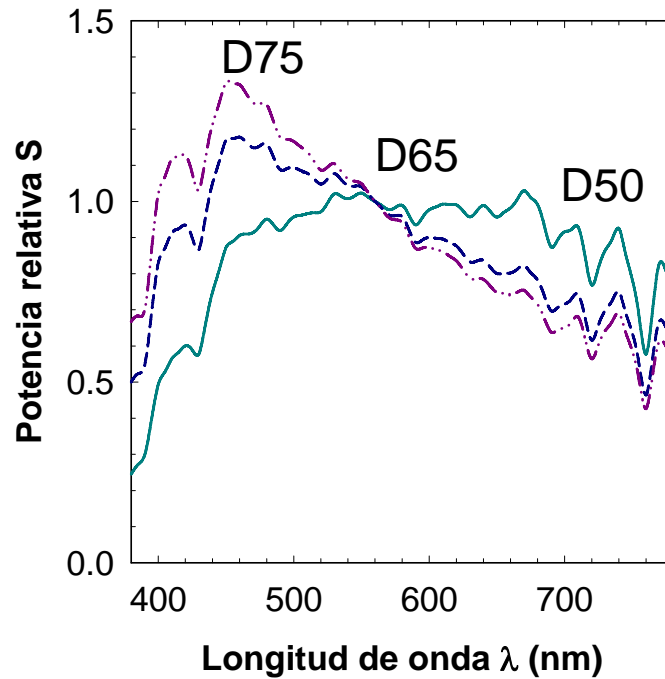


Illuminantes CIE

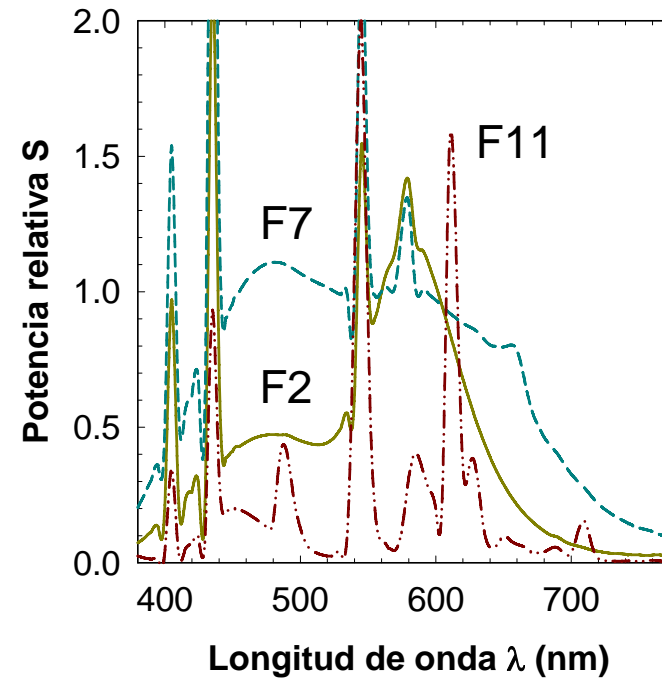


Elementos Condicionantes del Color: lámparas

Iluminantes luz-diurna

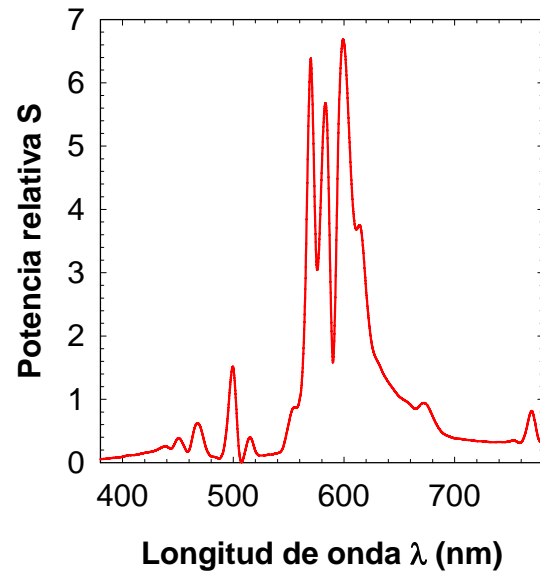


Iluminantes tipo-F

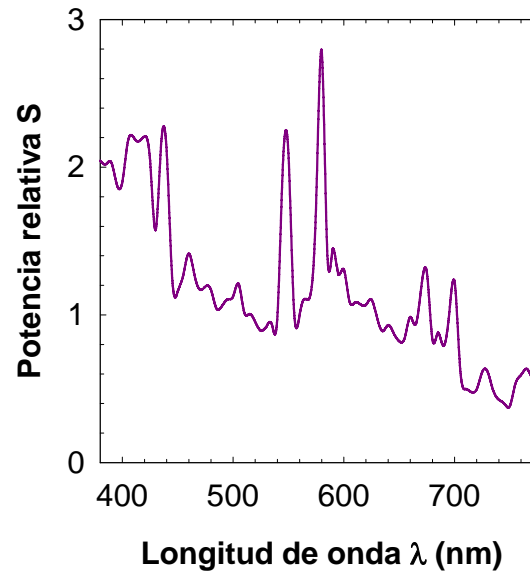


Elementos Condicionantes del Color: lámparas

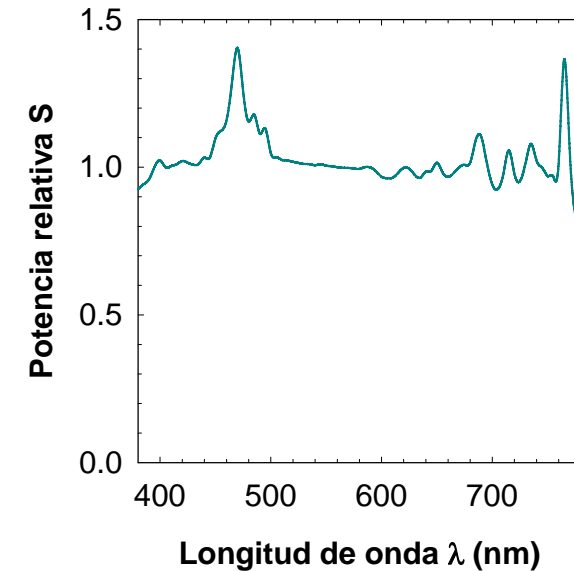
Lámpara de Na
(alta presión)



Lámpara HMI
(halogenuros metálicos
con vapor de Hg)

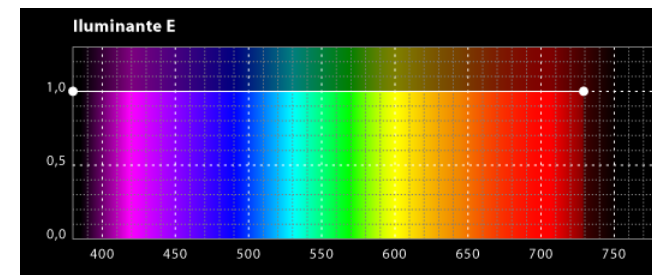
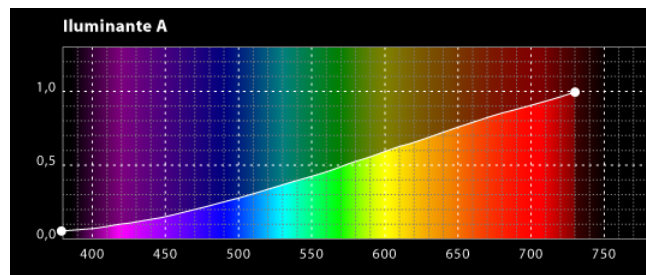


Lámpara de Xe

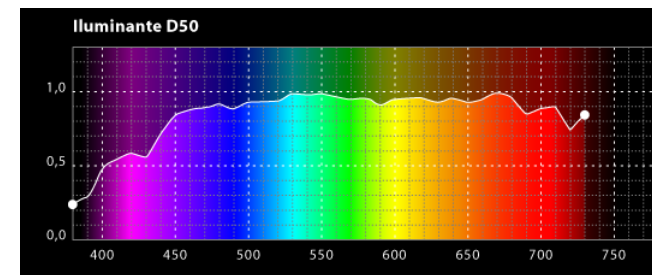
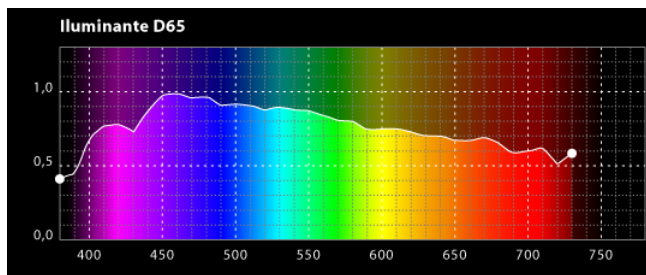


Elementos Condicionantes del Color: lámparas

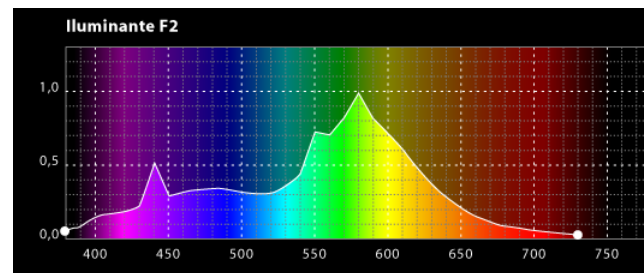
Illuminantes CIE



Illuminantes tipo luz de día

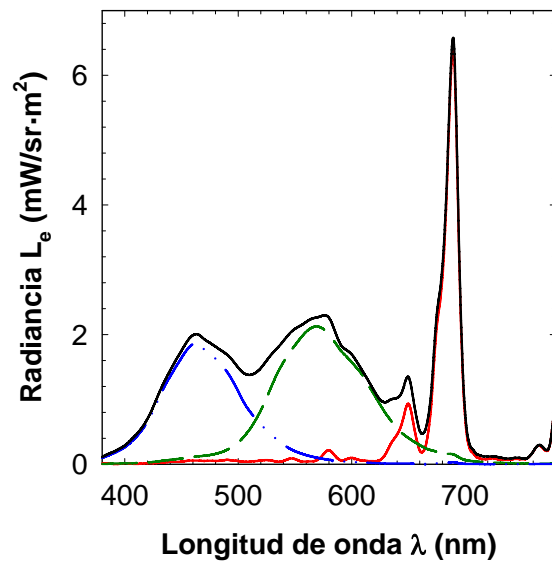


Illuminantes tipo F

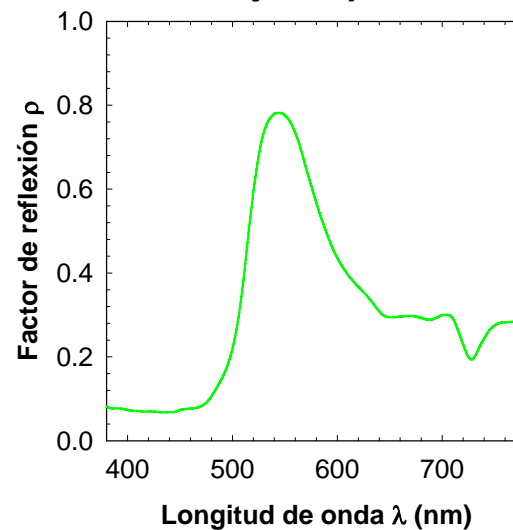


Elementos Condicionantes del Color: objetos

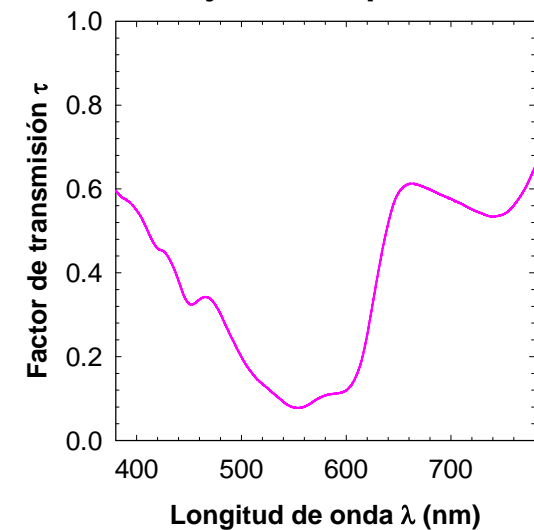
Primarios RGB y W
en monitor CRT



Objeto opaco

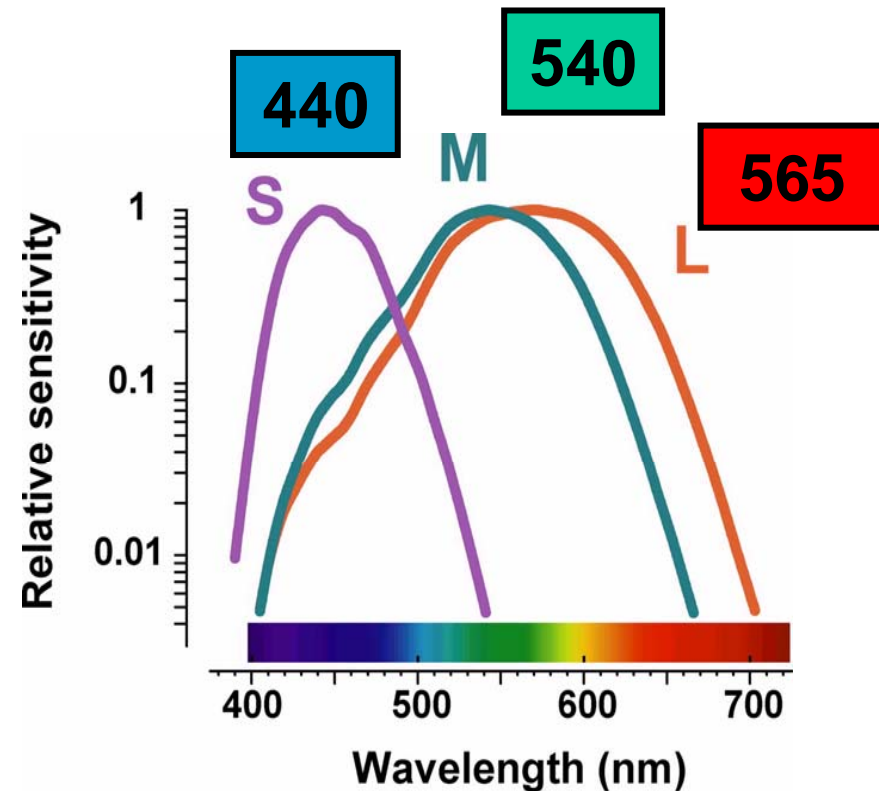
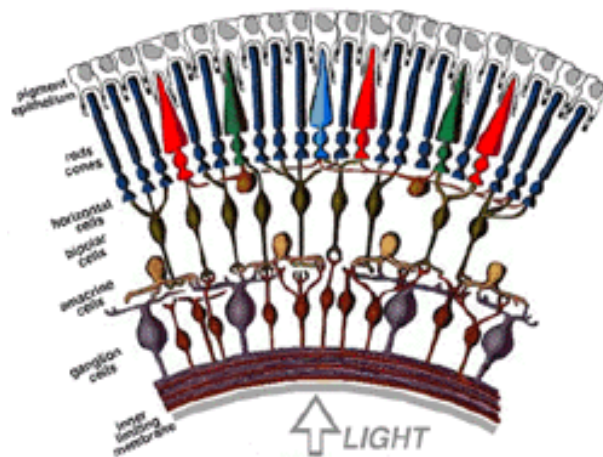


Objeto transparente



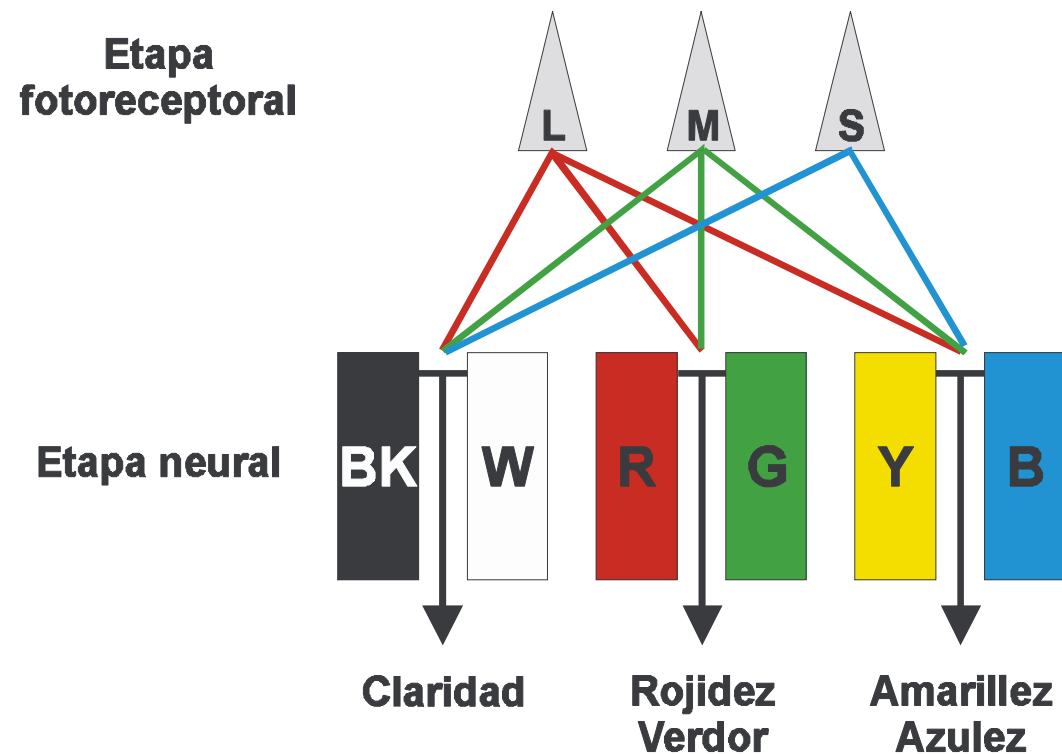
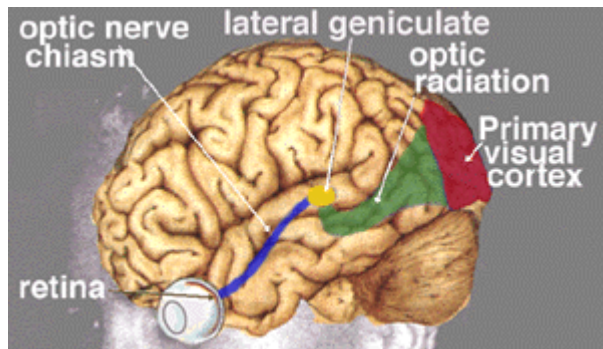
Elementos Condicionantes del Color: el sistema visual

- **El Sistema Visual Humano:** trivariancia visual



Elementos Condicionantes del Color

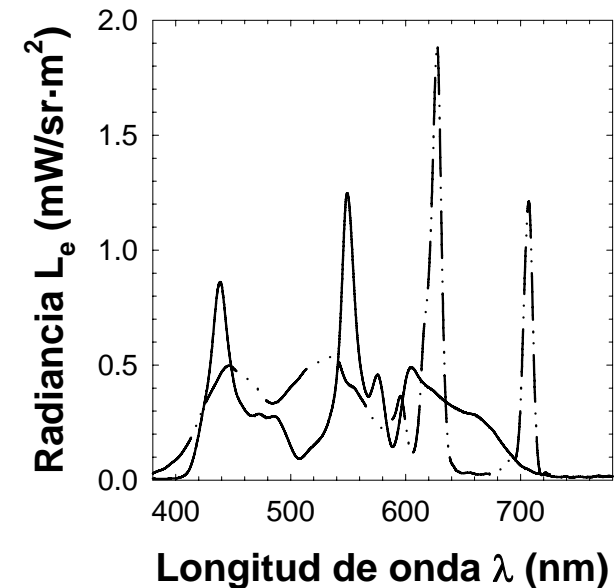
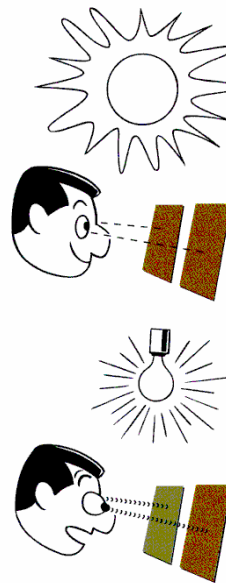
- **El Sistema Visual Humano:** trivariancia visual

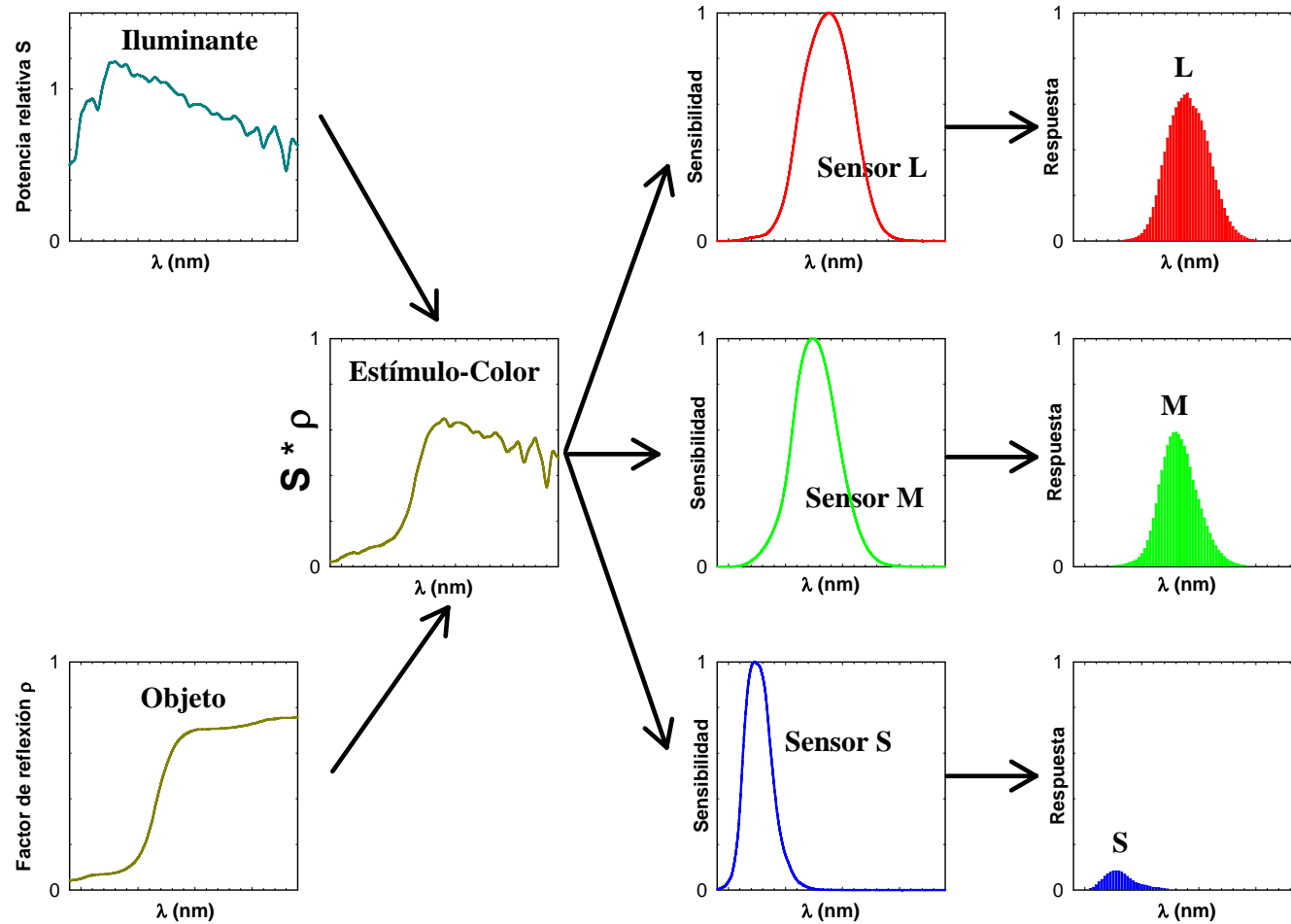


Color Psicofísico y Color Percibido

- **Color Psicofísico:** especificación del estímulo de color, depende directamente de la distribución espectral de potencia radiante que entra en los ojos y se expresa en función de valores definidos experimentalmente:

- Valores Triestímulo
- Metamerismo



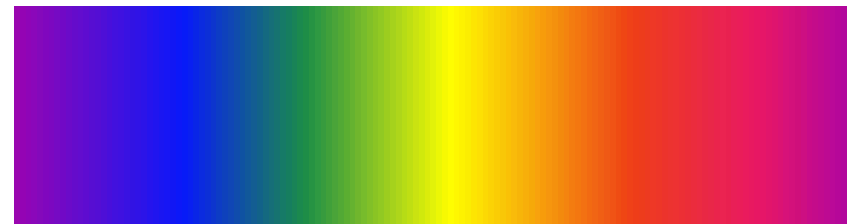


Valores Triestímulo (área)

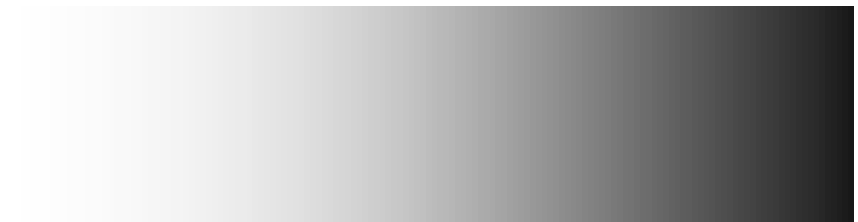
Color Psicofísico y Color Percibido

- **Color Percibido:** atributo de la percepción visual que está relacionado con el color psicofísico
- **Atributos perceptuales del color:**

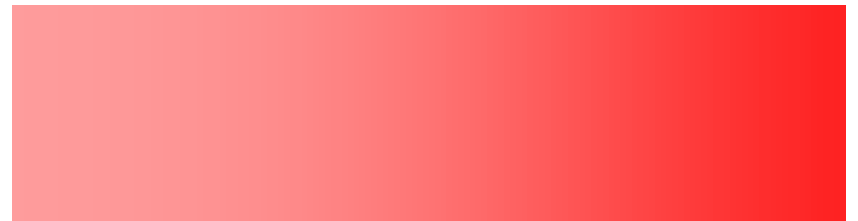
➤ **Tono (H)**



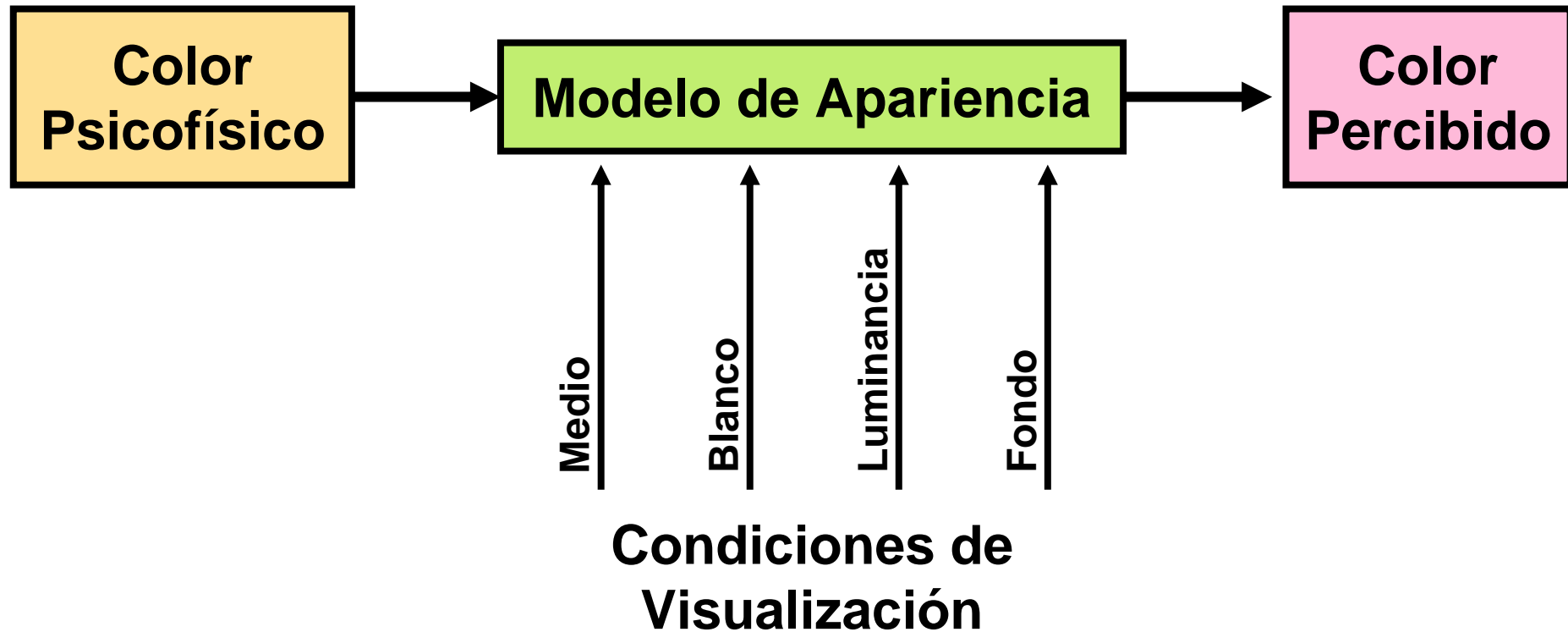
➤ **Luminosidad (B)**



➤ **Colorido (M)**



Color Psicofísico y Color Percibido



Las causas del color

- ¿Qué procesos físicos, químicos y ópticos permiten diferentes formas de interacción entre la luz y la materia?
 - Estamos dejando al margen la percepción humana del color
- Bloques conceptuales de causas del color:
 - Vibraciones y excitaciones atómicas simples
 - Transiciones en la red cristalina (estado sólido)
 - Transiciones entre orbitales moleculares
 - Transiciones entre bandas de energía
 - Óptica Geométrica / Física

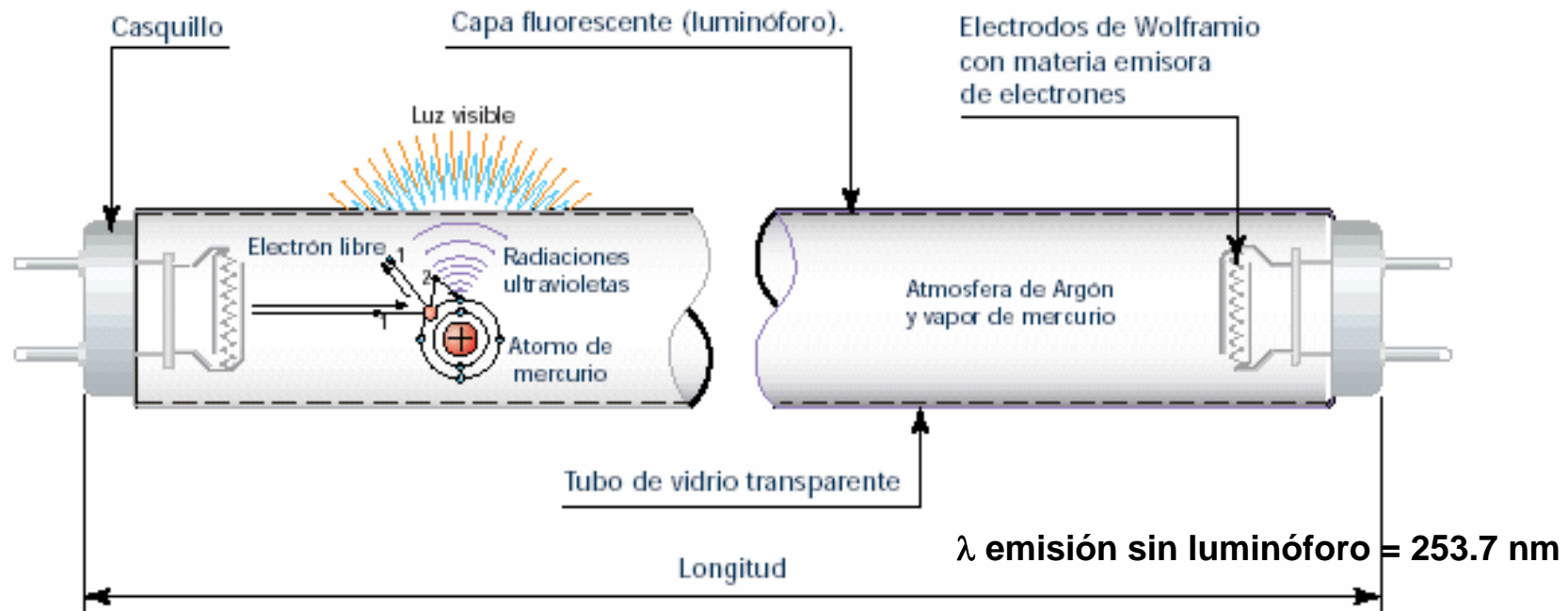
VIBRACIONES Y EXCITACIONES ATÓMICAS SIMPLES	TRANSICIONES ENTRE BANDAS DE ENERGÍA
<p>1. Incandescencia: Sol, lámparas, arco-C, pirotecnia*</p> <p>2. Excitaciones gaseosas: relámpago, pirotecnia*, aurora boreal, láseres*</p> <p>3. Vibraciones y rotaciones: agua, hielo, yodo, cloro</p>	<p>8. Metales: cobre, oro, hierro, plata</p> <p>9. Semiconductores puros: sílice, galena, diamante, cadmio</p> <p>10. Semiconductores dopados: diamante, LED, fósforos TV</p> <p>11. Centros de color: amatista, cuarzo ahumado</p>
TRANSICIONES EN LA RED CRISTALINA	ÓPTICA GEOMÉTRICA / FÍSICA
<p>4. Compuestos metálicos: pigmentos, láseres*</p> <p>5. Impurezas metálicas: rubí, esmeralda, colorantes</p>	<p>12. Refracción y polarización: arco iris, halos</p> <p>13. Difusión: azul-cielo, amanecer/atardecer, plumas azuladas*, ojos azules de los neonatos</p> <p>14. Interferencias: aceite-agua, pompas-jabón, alas de mariposa</p> <p>15. Difracción: ópalo, LCD, redes de difracción</p>
TRANSICIONES ENTRE ORBITALES MOLECULARES	
<p>6. Compuestos orgánicos: tintes, coloración biológica*</p> <p>7. Transferencia de carga: zafiro, magnetita, lapislázuli</p>	

*Solamente en parte

<http://www.webexhibits.org/causesofcolor/index.html>

Las causas del color

- **Causa nº 2 (excitaciones gaseosas): lámparas fluorescentes (también en TV)**
 - Descarga eléctrica sobre vapor de Hg + luminóforo (MgWO_4 , ZnSO_4 ,



Las causas del color

- **Causa nº 5 (transiciones en la red cristalina): piedras preciosas o gemas**

- Al_2O_3 (corindón, incoloro) + 1 % (Cr^{3+}) → rubí (rojo)
- $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ (berilo, incoloro) + 1 % (Cr^{3+}) → esmeralda (verde)
- Ambas gemas presentan una fluorescencia roja



- Efecto Alejandrita:

- BeAl_2O_4 + 1 % (Cr^{3+}) →

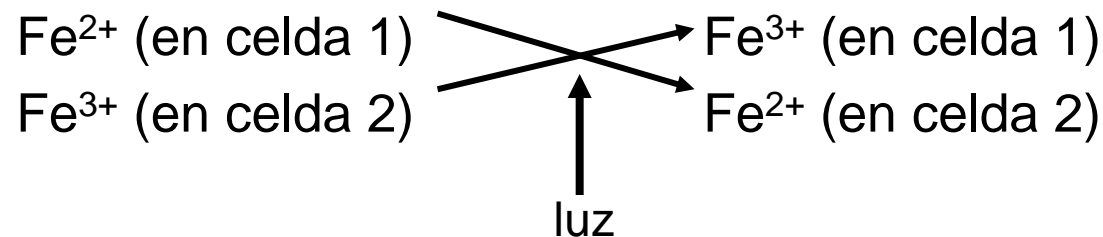


Luz incandescente
(blanco amarillenta)

Luz diurna (blanco azulada)

Las causas del color

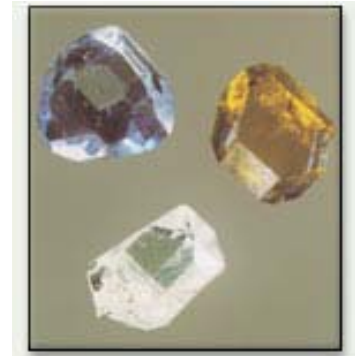
- **Causa nº 7 (transiciones entre orbitales): transferencia de carga**



Fe^{3+}

- **Causa nº 9 (transiciones entre bandas de energía): diamantes coloreados**

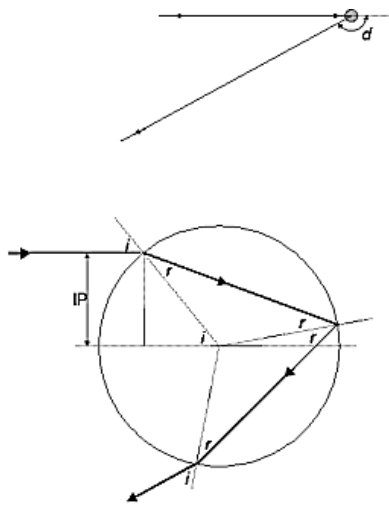
- Diamante (C, incoloro) + 0.0001 % B \rightarrow diamante azulado
- Diamante (C, incoloro) + 0.1 % N \rightarrow diamante verdoso
- Diamante (C, incoloro) + 0.001 % N \rightarrow diamante amarillento



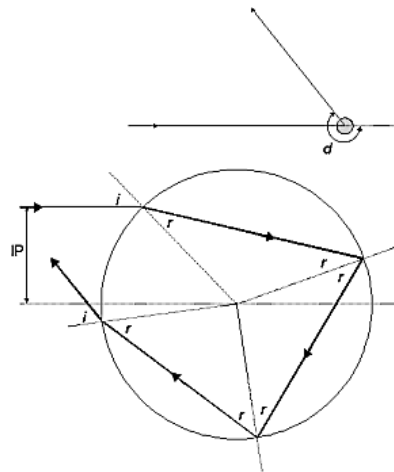
Las causas del color

- Causa nº 12 (refracción): arco iris doble invertido

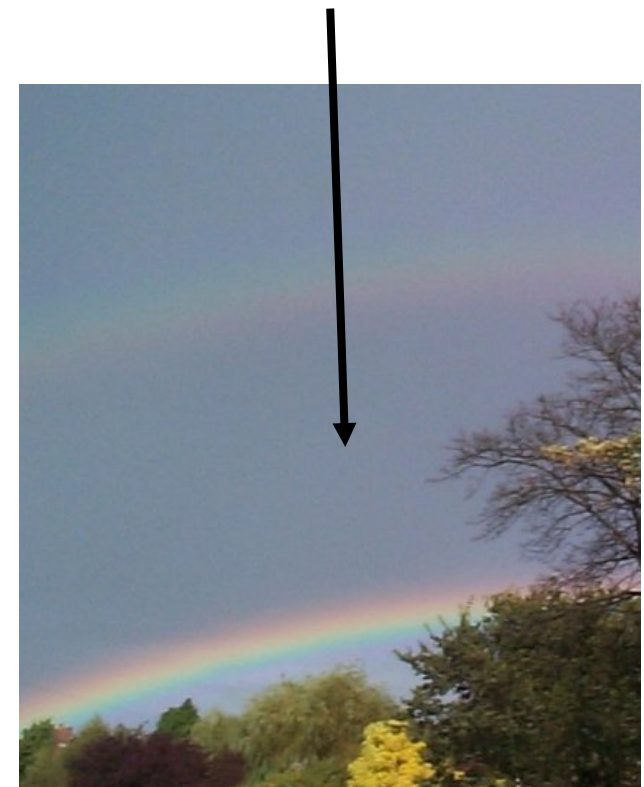
1ª refracción en la gota



2ª refracción en la gota

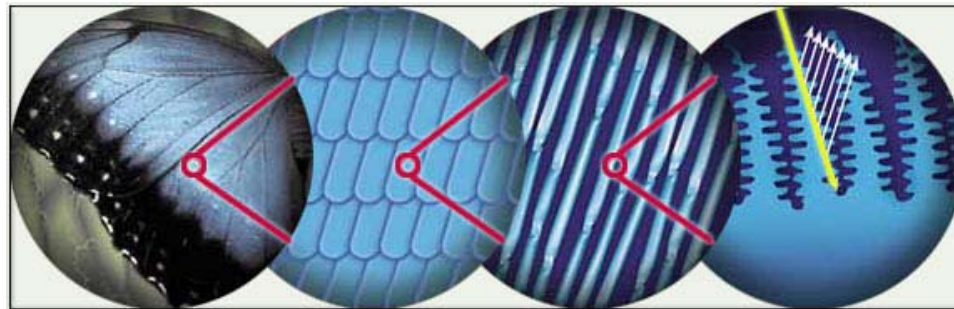
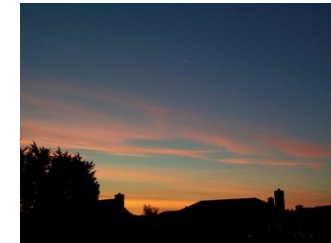


Banda de Alexander



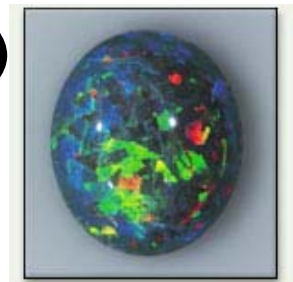
Las causas del color

- Causa nº 13 (difusión): difusión Rayleigh del cielo
- Causa nº 14 (interferencias): alas de mariposa



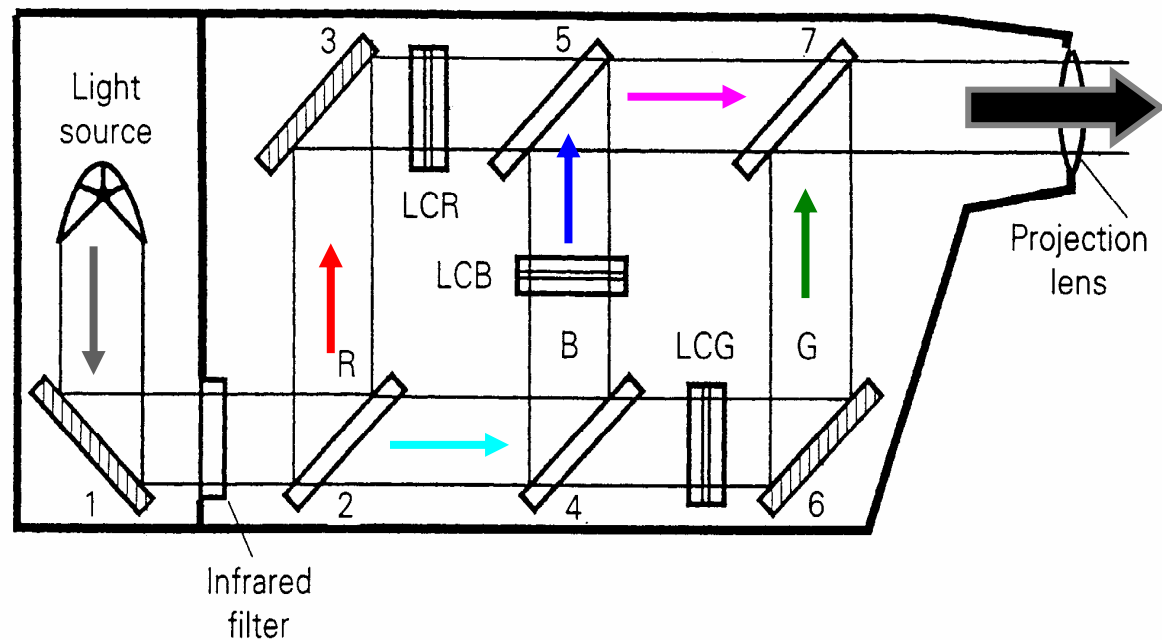
- Causa nº 15 (difracción): ópalo, pantalla de cristal líquido (LCD)

<http://www.webexhibits.org/causesofcolor/index.html>



Las causas del color

- **Tipos de pantallas LCD: transmisión luminosa variable**
 - matriz activa (Thin Film Transistor) \Rightarrow color
 - Necesaria una fuente de luz primaria



Las causas del color

- **Incandescencia:**
 - Emisión de luz por aumento de la temperatura
- **Luminiscencia: Emisión de luz “fría”, diferente a la incandescencia**
 - Fotoluminiscencia: inducida por radiación electromagnética
 - Fluorescencia: instantánea
 - Fosforescencia: persistente
 - Radioluminiscencia o radioactividad
 - Electroluminiscencia: por acción de una corriente eléctrica
 - Cátodoluminiscencia: tubo de rayos catódicos (CRT → televisor)
 - Triboluminiscencia: por acción de un cambio de presión
 - Quimioluminiscencia: derivada de una reacción química
 - Bioluminiscencia
 - Sonoluminiscencia: por acción de ultrasonidos
 - Electrocromía y termocromía
 - Emisión láser (coherente)

