



PERCEPCIÓN DEL COLOR

CAPÍTULO 9

FUNCIONES DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR

- Función de **señalización**
- Facilitación de la **organización perceptiva** que permite la localización de objetos (¿frutas?).
- **Reconocer e identificar objetos y escenas.**
- **Pista emocional** reconocimiento de emociones

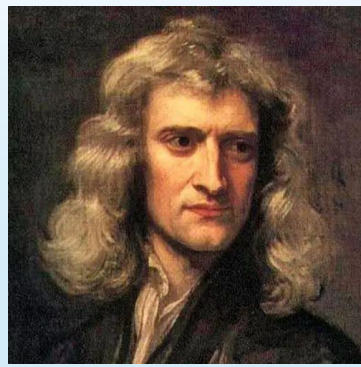


(Tanaka y Presnell, 1999)



(Christopher y
Thorstenson, 2019)

EL COLOR Y LA LUZ



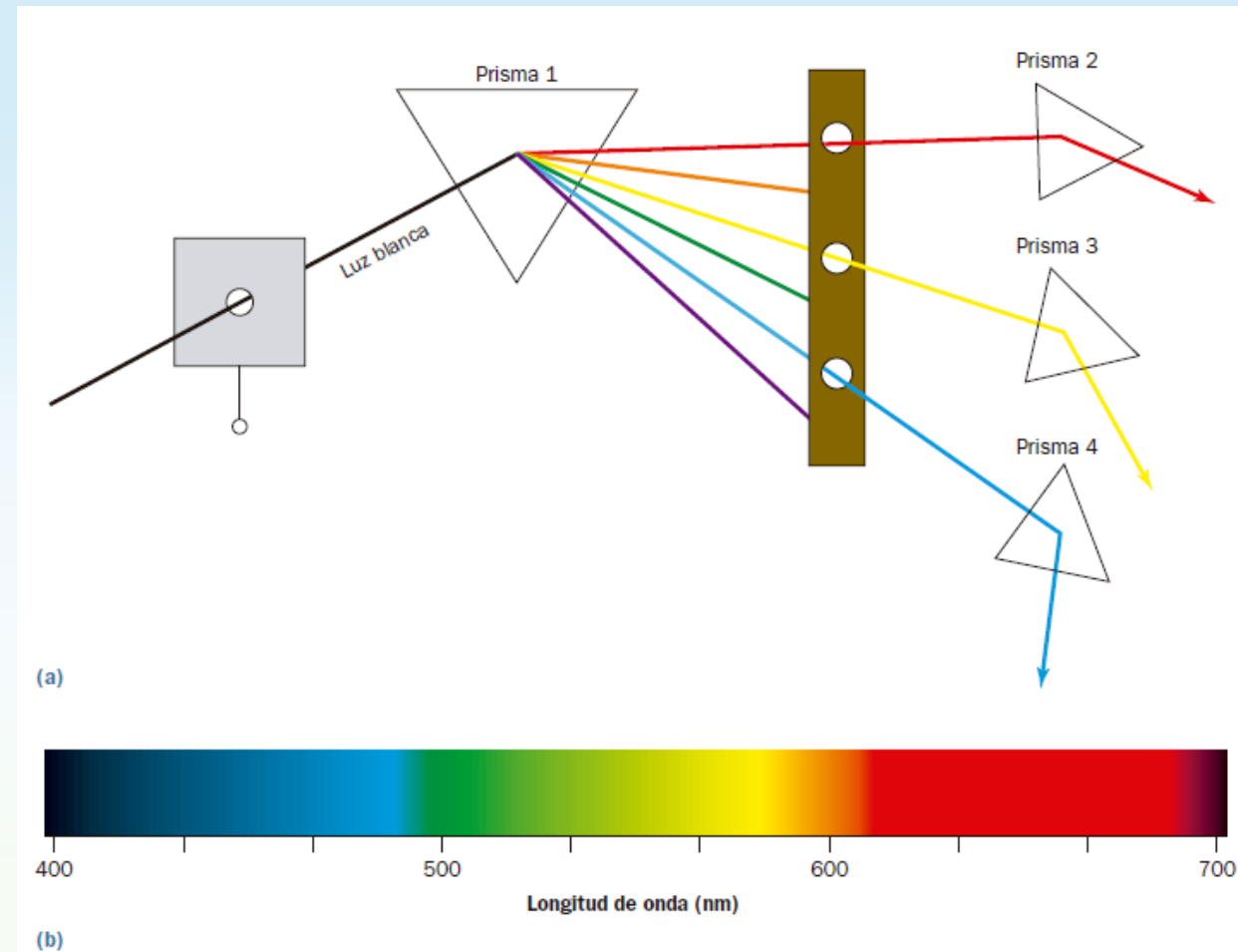
Sir Isaac Newton

La luz **blanca** es una **mezcla** de luces de **diferente longitud de onda**.

La luz de los **colores individuales no se descompone** (no es una mezcla de otros colores).

Los diferentes **colores** se “**desviaban**” (**refractaban**) de **diferente manera** al pasar por el segundo prisma.

Diferentes propiedades físicas de la luz en diferentes partes del espectro



EL COLOR Y LA LUZ

REFLECTANCIA Y TRANSMISIÓN

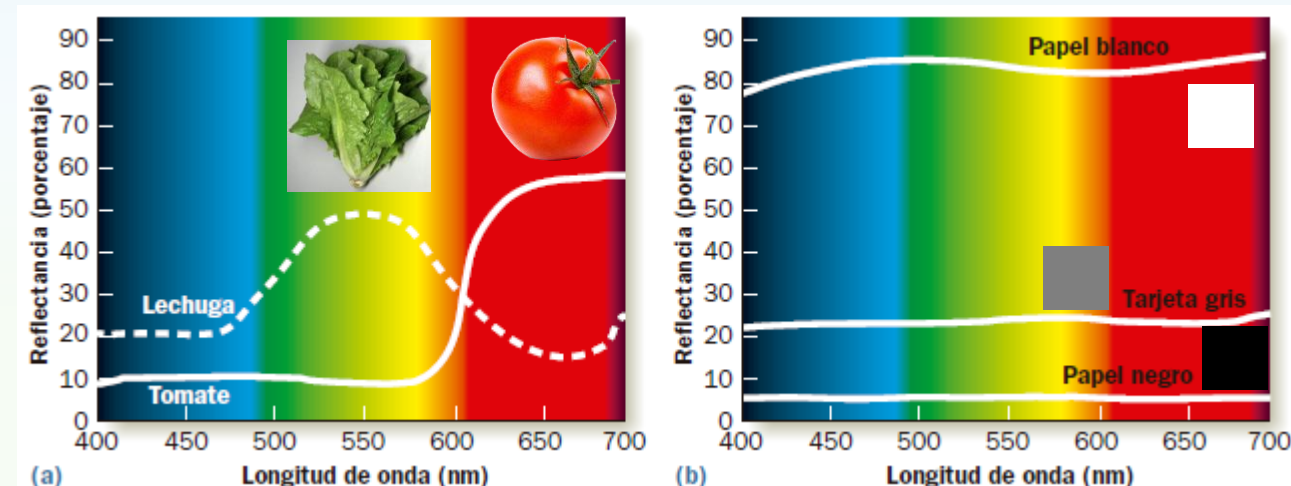
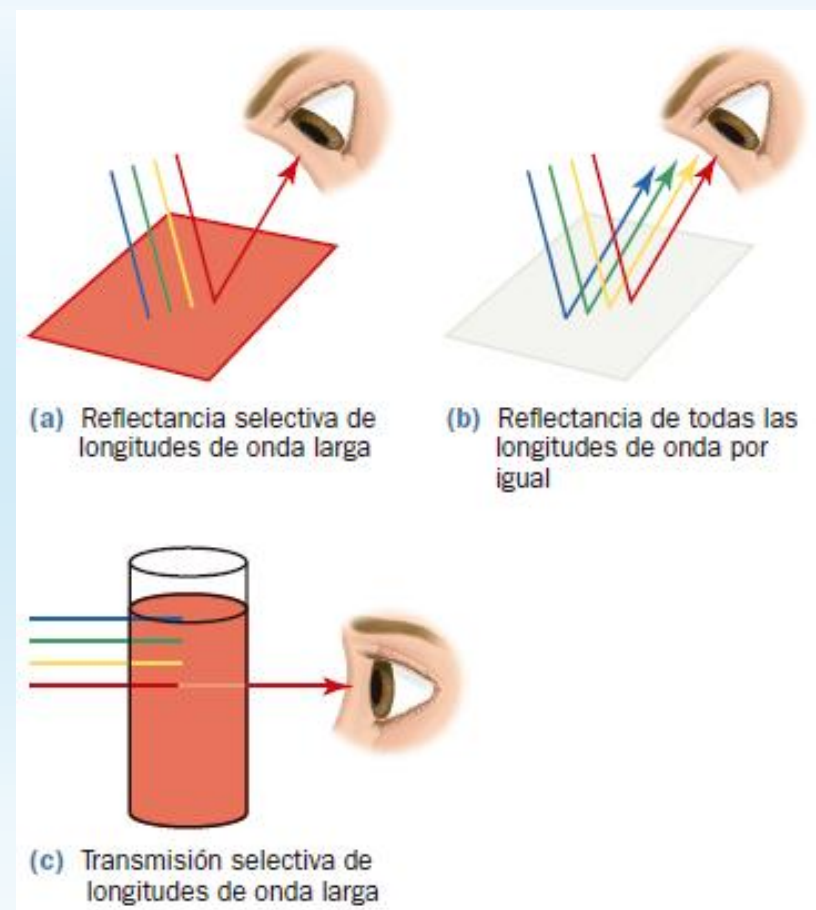
¿Por qué los objetos tienen diferentes colores?

Debido las longitudes de onda que **reflejan**

- **Colores cromáticos:** reflectancia selectiva (a)
- **Colores acromáticos:** proporción de luz reflectada (b)
- **Transparentes:** transmisión selectiva

En los **objetos reales** las cosas son
Algo más complejas...

Perfiles de reflectancia



EL COLOR Y LA LUZ

MEZCLA DE COLORES

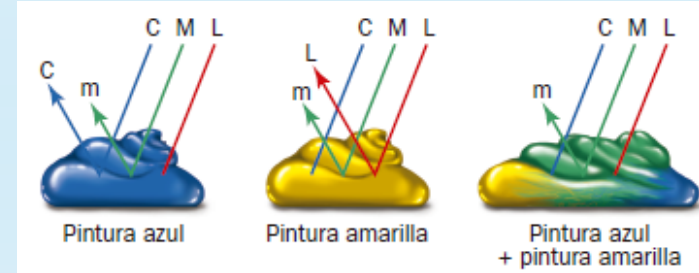
MEZCLA DE PINTURAS/PIGMENTOS (sustractiva)

Azul + **Amarillo** = **Verde**..... ¿por qué? →

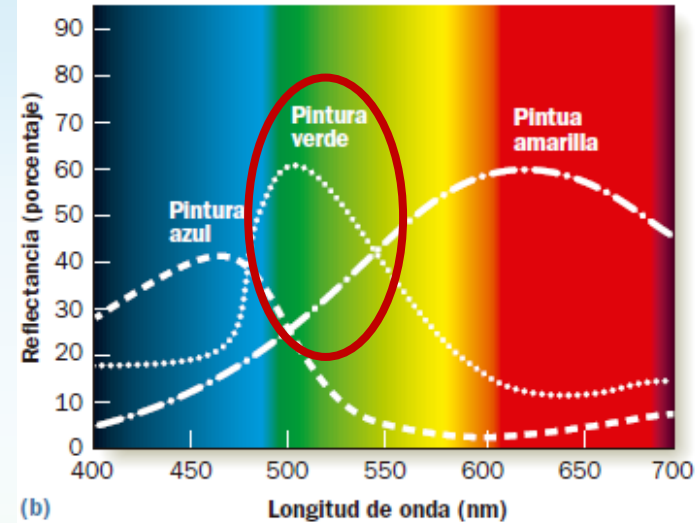
Al mezclarse, **siguen absorbiendo las mismas longitudes de onda que absorbían por separado.**

Las únicas longitudes de onda que **reflejan** son las que **ambas reflejan en común**

Realmente: **Azul** - **Amarillo** = **Verde**



(a)



(b)

(Tanaka y Presnell, 1999)

EL COLOR Y LA LUZ

MEZCLA DE COLORES

MEZCLA DE LUCES (aditiva)

Azul + **Amarillo** = **Blanco**..... ¿por qué? →

Al mezclarse (sobre una superficie blanca), se **siguen reflejando las mismas longitudes de onda que reflejaban por separado.**

Las longitudes de onda que **reflejan ahora son la suma de las que reflejan por separado**

Esta vez sí: **Azul** + **Amarillo** = **Blanco**

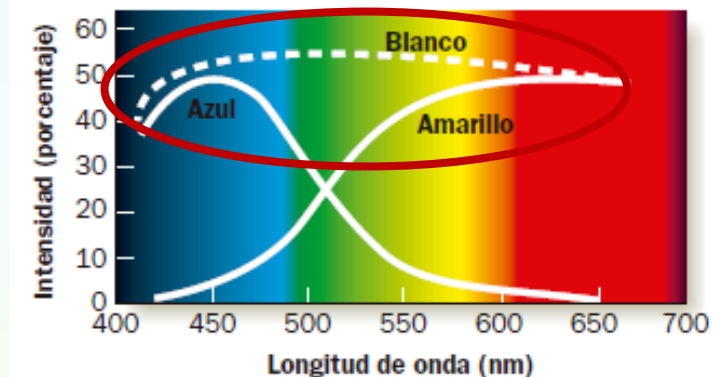
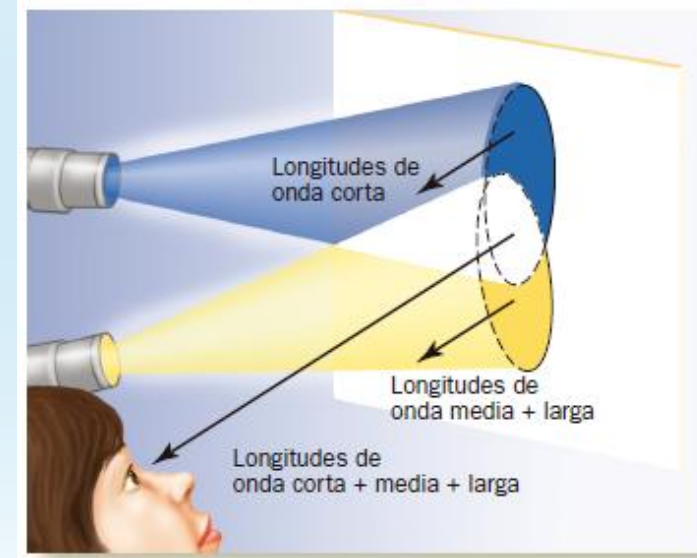


Tabla 9.2 Mezcla de pinturas azul y amarilla (mezcla de color sustractiva)

Partes del espectro que absorben y reflejan las pinturas azul y amarilla. Se destacan las longitudes de onda reflejadas por la mezcla. La luz generalmente percibida como verde es la única que ambas pinturas reflejan en común.

	Longitudes de onda		
	Corta	Media	Larga
Gota de pintura azul	La refleja toda	Refleja algo	La absorbe toda
Gota de pintura amarilla	La absorbe toda	Refleja algo	Refleja algo
Mezcla de gotas azul y amarilla	La absorbe toda	Refleja algo	La absorbe toda

Tabla 9.3 Mezcla de luces azul y amarilla (mezcla de color aditiva)

Partes del espectro reflejadas desde una superficie blanca para puntos de luz azul y amarilla proyectados sobre la misma. Se destacan las longitudes de onda reflejadas por la mezcla.

	Longitudes de onda		
	Corta	Media	Larga
Círculo de luz azul	Reflejada	No reflejada	No reflejada
Círculo de luz amarilla	No reflejada	Reflejada	Reflejada
Superposición de círculos de luz azul y amarilla	Reflejada	Refleja algo	Reflejada

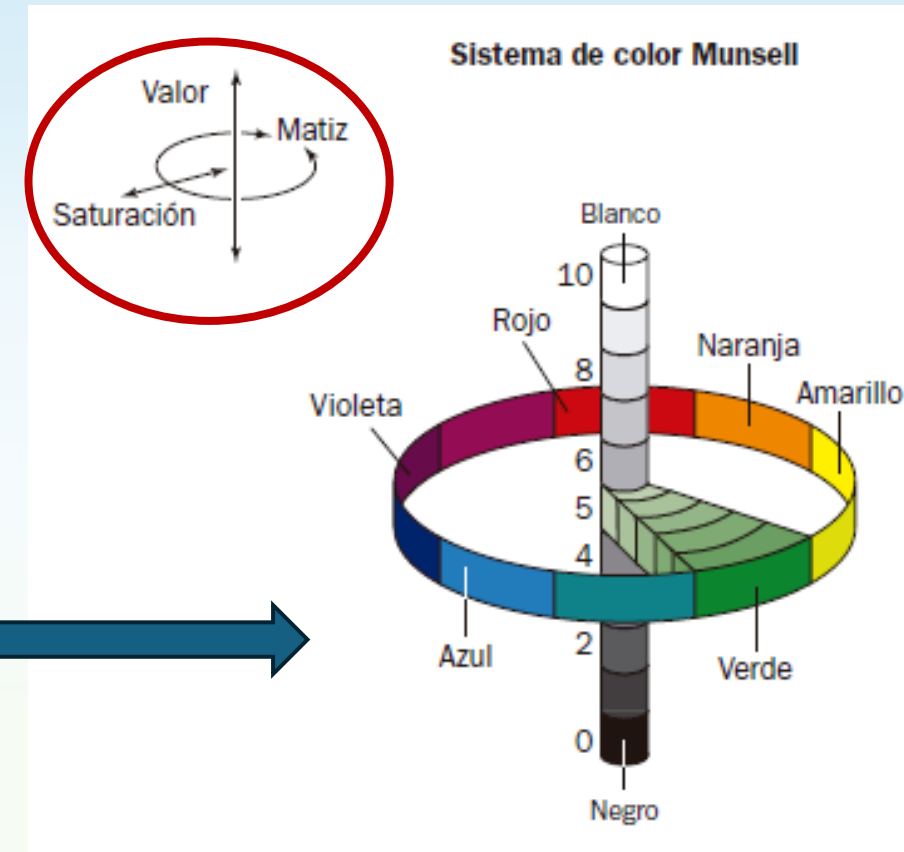
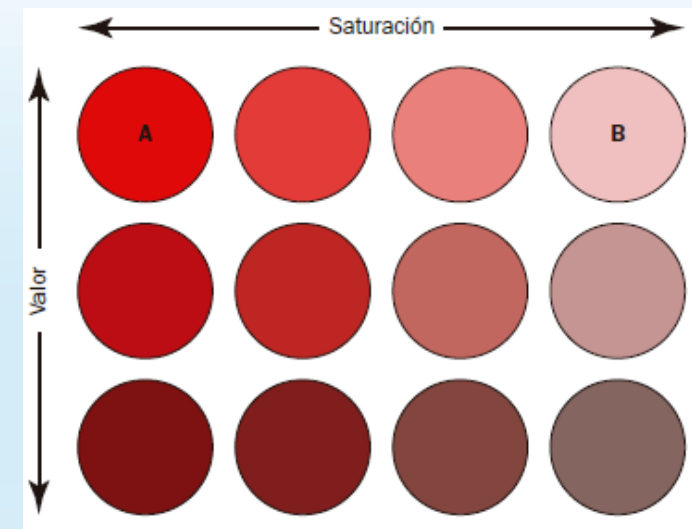
EL COLOR Y LA LUZ

DIMENSIONES DEL COLOR

Tres dimensiones perceptivas del color que dan lugar al rango de colores percibidos:

- **Matiz:** cualidad de los colores cromáticos.
- **Saturación:** intensidad o pureza cromática (mezcla con el acromático correspondiente a su valor).
- **Valor/luminosidad:** dimensión claridad/oscuridad (cantidad de luz).

SISTEMA DE ORDENACIÓN DE MUNSELL



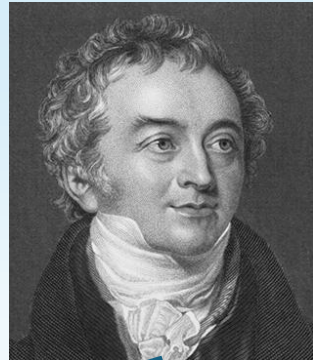
TRICROMATICIDAD

HISTORIA

“Cada componente del espectro debe estimular la retina de forma distinta, provocando ciertas vibraciones” (I. Newton, 1704)



“Es imposible concebir que cada punto de la retina pueda contener un número infinito de partículas sensibles a cada parte del espectro, debe estar limitado a los tres colores principales: rojo, verde y azul” (T. Young, 1802)



J.C. Maxwell



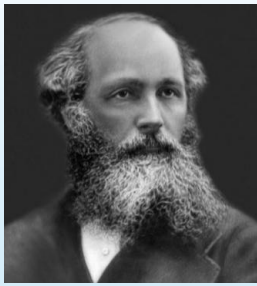
H. von Helmholtz

Habrá que experimentar
para probarlo...

Teoría tricromática del color
de Young-Helmholtz

TRICROMATICIDAD

EL EXPERIMENTO DE IGUALACIÓN DEL COLOR



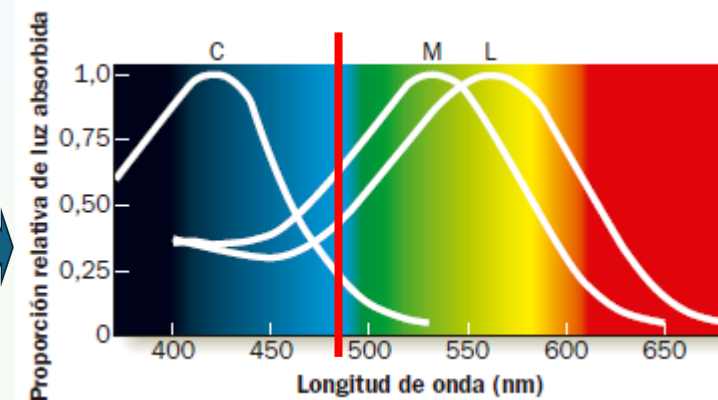
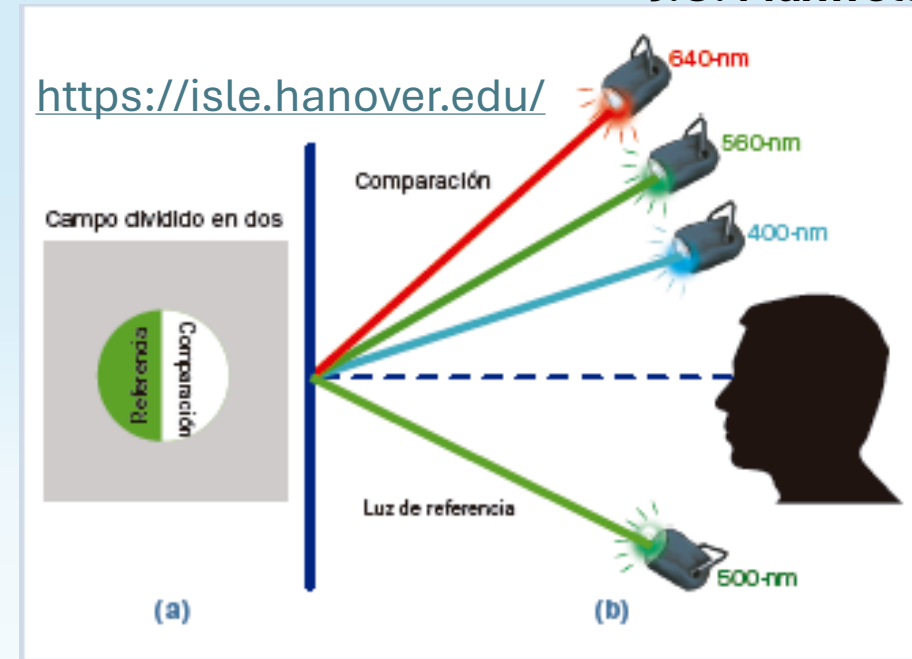
J.C. Maxwell

1. Proyección de una luz “pura” sobre el campo de referencia (a)
2. El observador trata de **igualar el color de referencia** utilizando una **mezcla de tres luces** (b)

Es posible **igualar cualquier color** del campo de referencia siempre que se empleen luces de **3 diferentes longitudes de onda** (separadas entre si).

Maxwell dedujo la **existencia de tres diferentes receptores** cada uno con **diferente sensibilidad ante el espectro electromagnético**

Cada longitud de onda está representada por un patrón de actividad diferente



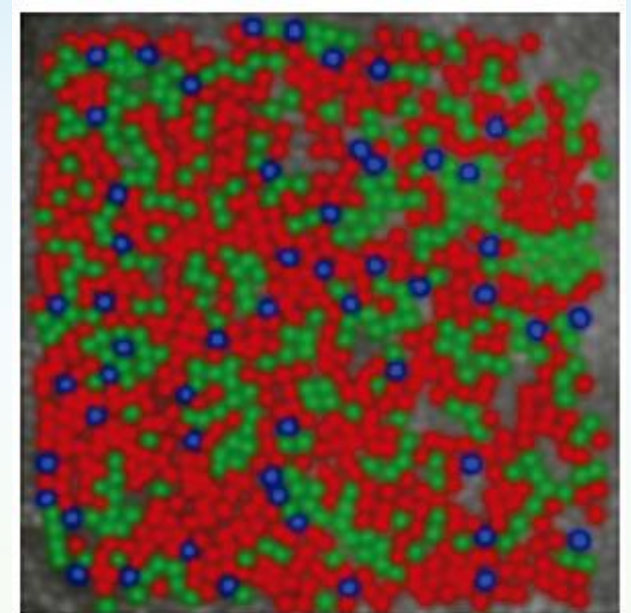
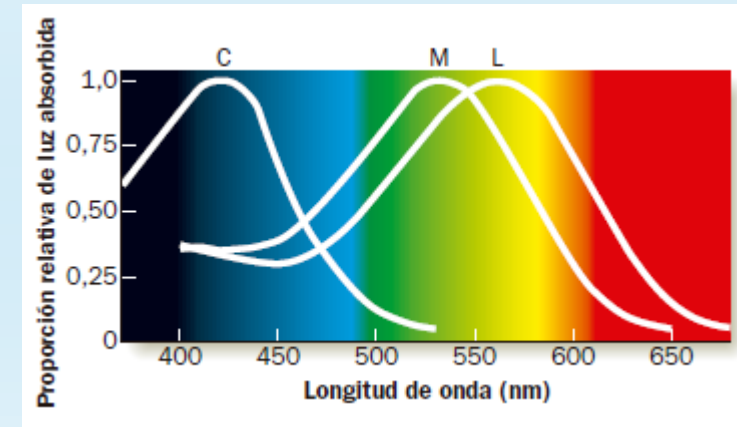
TRICROMATICIDAD

EVIDENCIA : MEDICIÓN DE LOS CONOS RECEPTORES

Cien años más tarde (1963-1964), gracias a la **microespectrofotometría** se descubrieron **3 diferentes tipos de receptores (conos)** en la retina humana.

- **Onda corta (C):** max 419 nm
- **Onda media (M):** max. 531 nm
- **Onda larga (L):** max. 558 nm

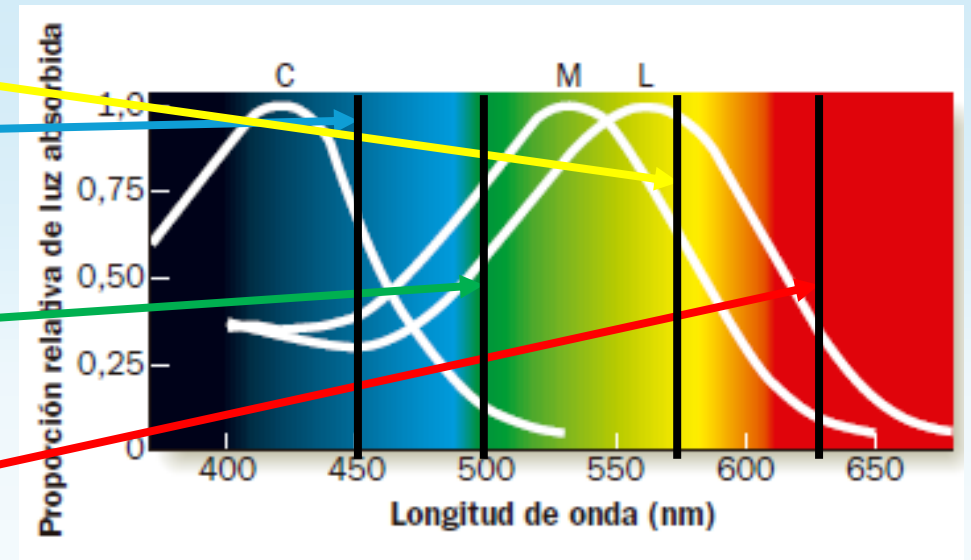
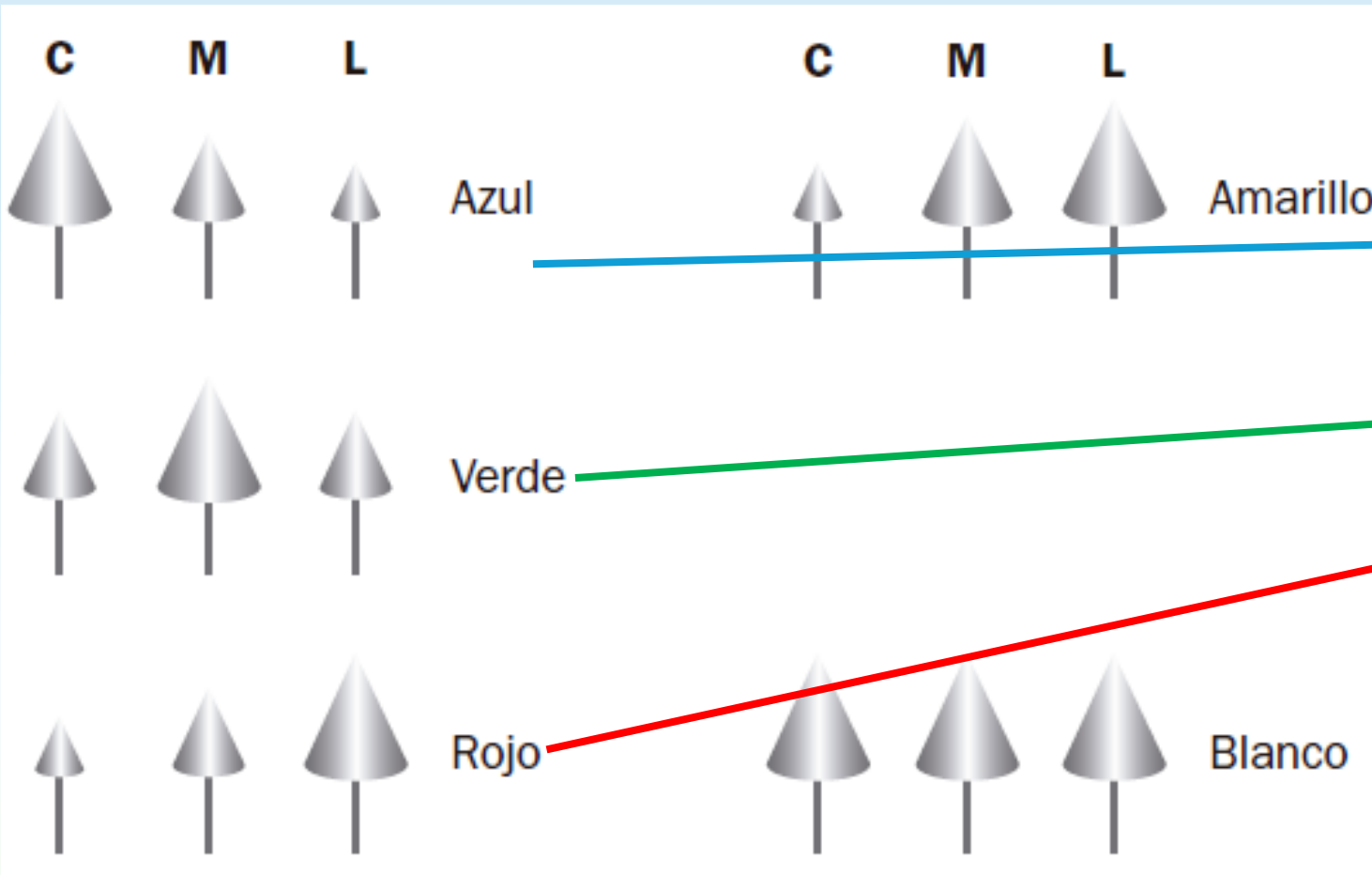
Mediante **imagen óptica adaptativa**, imagen de las posiciones en la retina de los conos (**mosaico de conos**)



(De Roorda y Williams, 1999)

TRICROMATICIDAD

EVIDENCIA : MEDICIÓN DE LOS CONOS RECEPTORES



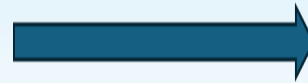
tyr

TRICROMATICIDAD

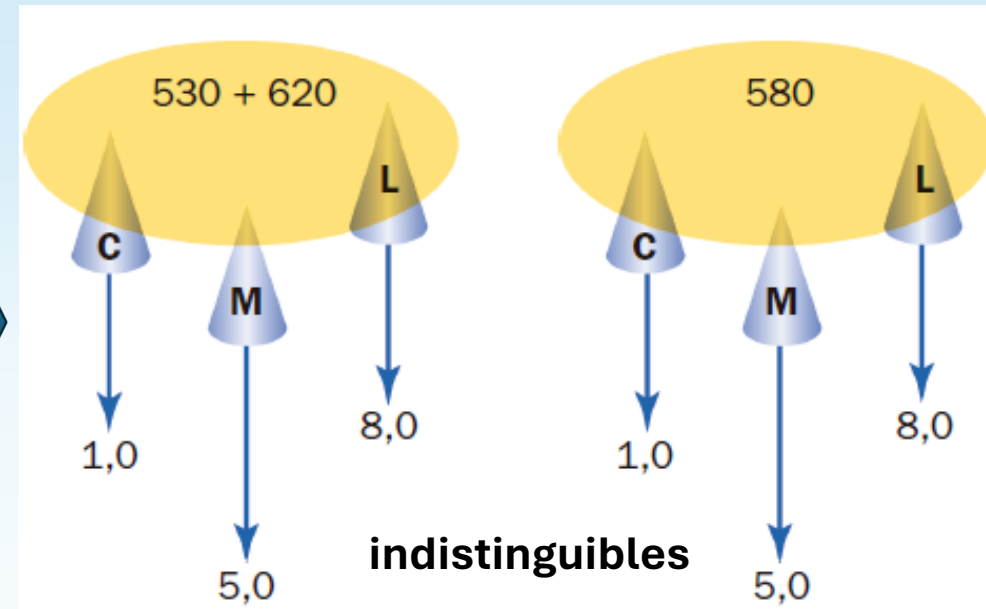
CONOS E IGUALACIÓN TRICROMÁTICA

En el experimento de igualación del color **luces que parecen idénticas** son realmente **distintas**:

METAMERISMO/METÁMEROS



Mismo patrón fisiológico de respuesta en los receptores (conos) ante **diferente estimulación física**



TRICROMATICIDAD

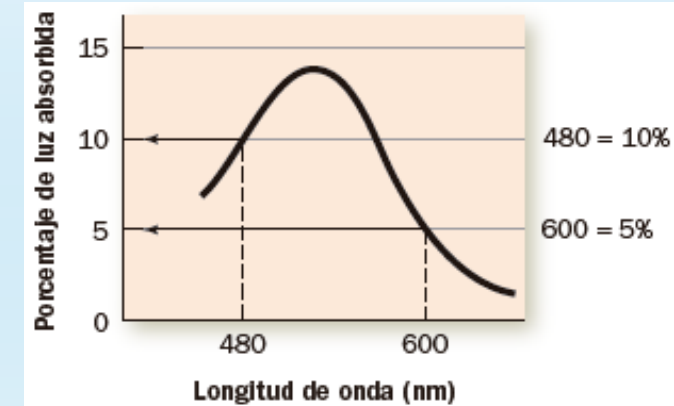
UN SOLO PIGMENTO: MONOCROMATOPSIA

Afección hereditaria bastante infrecuente: **ausencia de conos funcionales**

Solo ven en grados de claridad (**ceguera al color**)

Visión apoyada solo en el funcionamiento de los **bastones**. Muy similar a ver en la oscuridad

Pueden **igualar cualquier longitud de onda** con **una sola luz**.



(a)



(b)

La intensidad de ambas luces es de 1000 fotones



(c)

Luz de 600 nm aumenta a 2000 fotones

La diferencia en longitud de onda deja de importar:

PRINCIPIO DE UNIVARIANZA

TRICROMATICIDAD

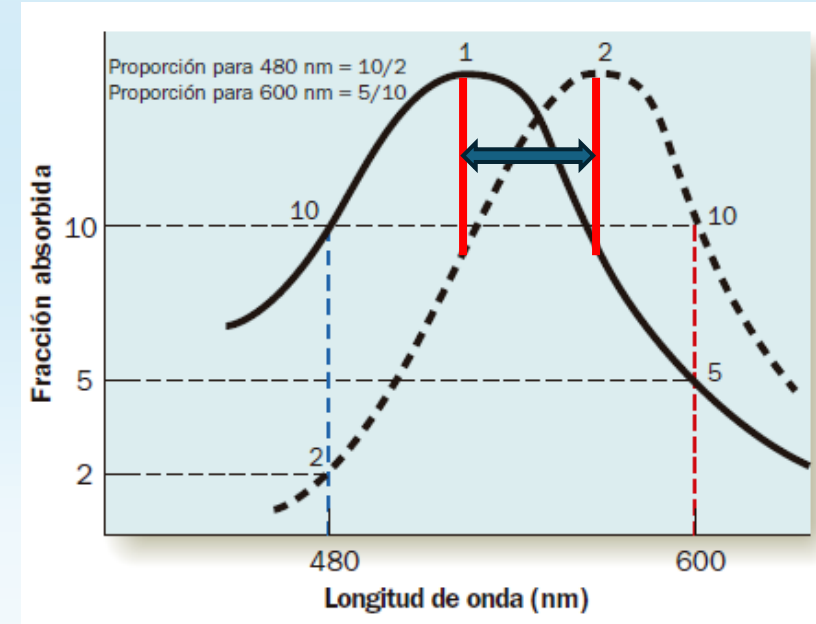
DOS PIGMENTOS: DICROMATOPSIA

Solo **dos tipos de receptores/pigmentos** (**dicrómatas**)

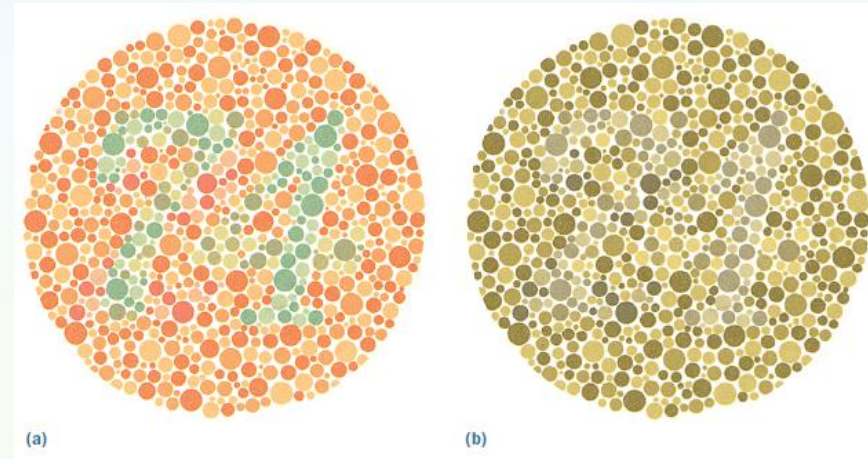
Pueden ver colores, pero debido a la falta de un pigmento **confunden algunos**

Solo **necesita dos luces** de diferente longitud de onda para **igualar cualquier longitud de onda** del espectro visible

Misma relación =
mismo color percibido



Láminas
de Ishihara





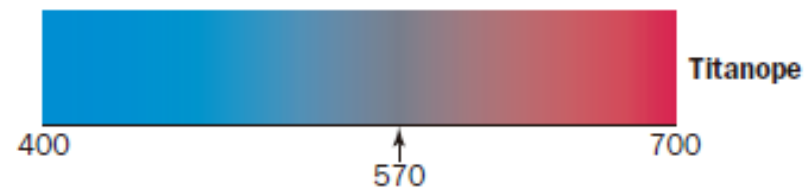
(a)



(b)



(c)

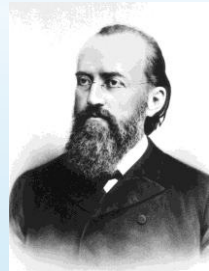


(d)

1% hombres y 0,02% mujeres **carecen del pigmento de onda larga** (rojo). Perciben azul perdiendo intensidad hasta el gris (punto neutral 492 nm). A partir de ahí amarillo que va perdiendo intensidad

1% hombres y 0,01% mujeres **carecen del pigmento de onda media** (verde). Perciben azul en ondas cortas, amarillo en largas. Punto neutral: 498 nm

0,002% hombres y 0,001% mujeres **carecen del pigmento de onda corta** (azul). Perciben azul en ondas cortas, rojo en largas. Punto neutral: 570 nm



PROCESAMIENTO OPONENTE

EVIDENCIA CONDUCTUAL (Hering; Hurvich y Jameson)

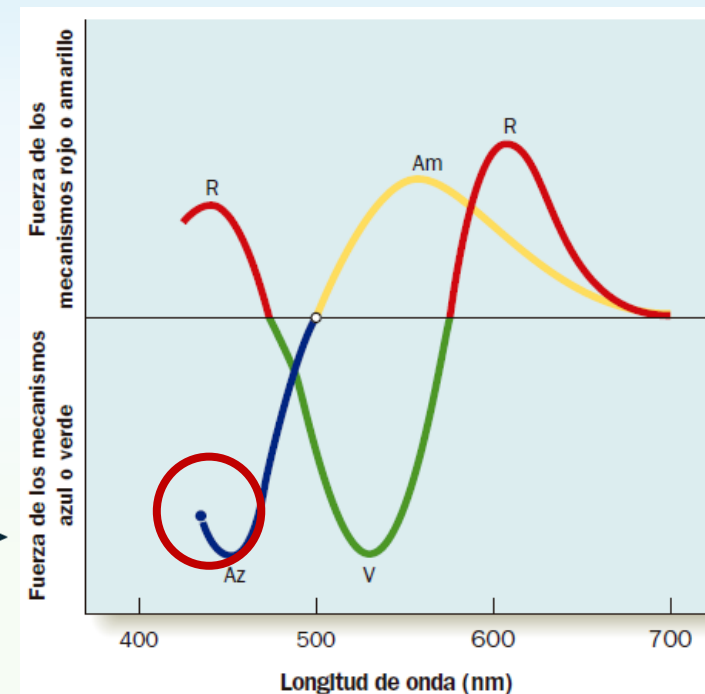
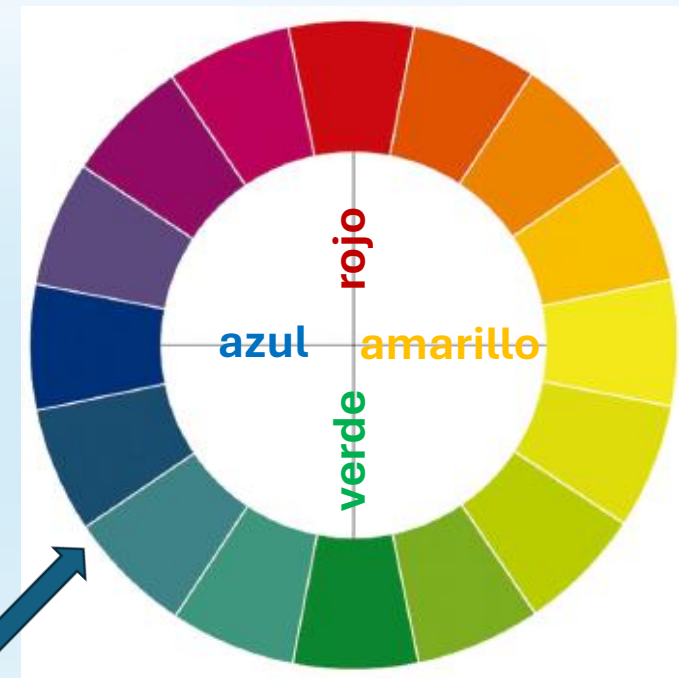
La **teoría del procesamiento oponente** implica **pares de colores con respuestas antagónicas** (E. Hering, 1878, 1964)

Dos pares de colores cromáticos: **rojo-verde** / **azul-amarillo**

Negro y **blanco** par opuesto acromático.

- **Categorización fenomenológica** (círculo cromático, Hering): Colores **adyacentes similares**, colores **opuestos complementarios**.

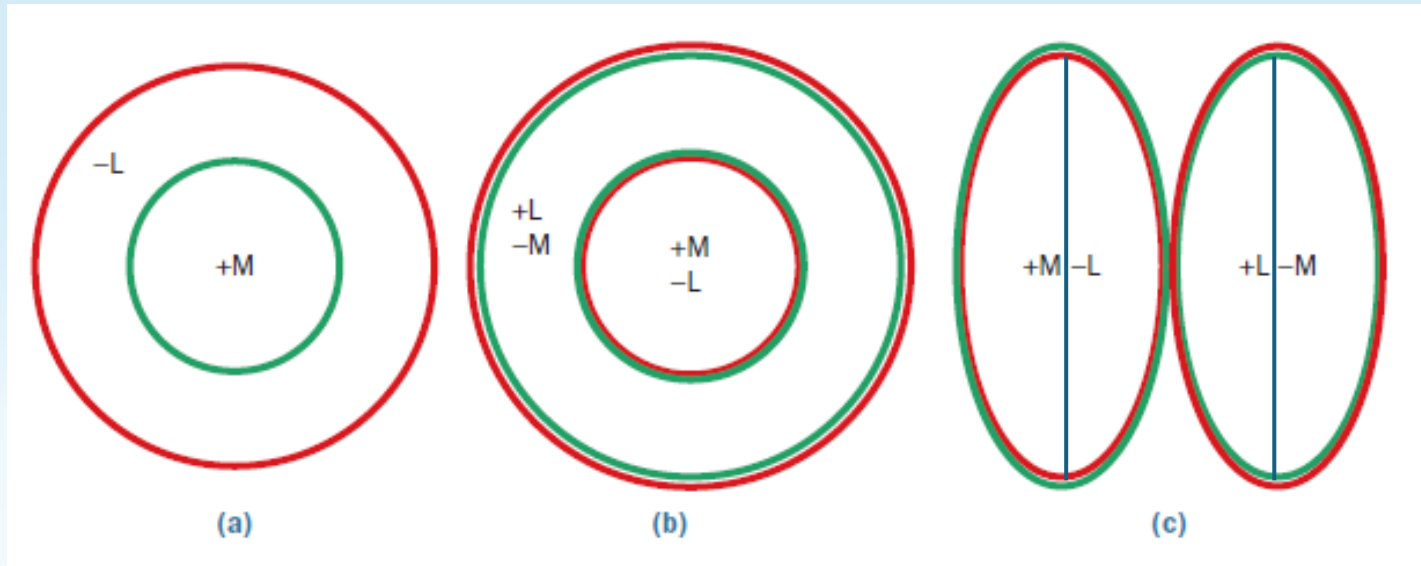
- **Pruebas psicofísicas** (cancelación del matiz, Hurvich y Jameson): ¿Cuánto **amarillo** hay que **añadir** a una luz de 430 nm, para **cancelar** todo su “azulamiento”? →



PROCESAMIENTO OPONENTE

EVIDENCIA FISIOLÓGICA (De Valois)

Descubrimiento de **neuronas oponentes** en el **NGL**, que respondían de manera **excitatoria/inhibitoria** ante **diferentes partes del espectro**



Oponente circular
simple

Oponente circular
doble

Cortical oponente
alargada doble

Áreas amplias

Bordes de color

¿Cómo surgen de la información proporcionada por los tres receptores?

PROCESAMIENTO OPONENTE

EVIDENCIA FISIOLÓGICA (De Valois)

(a) Cono L señal excitatoria (+); cono M señal inhibitoria (-)

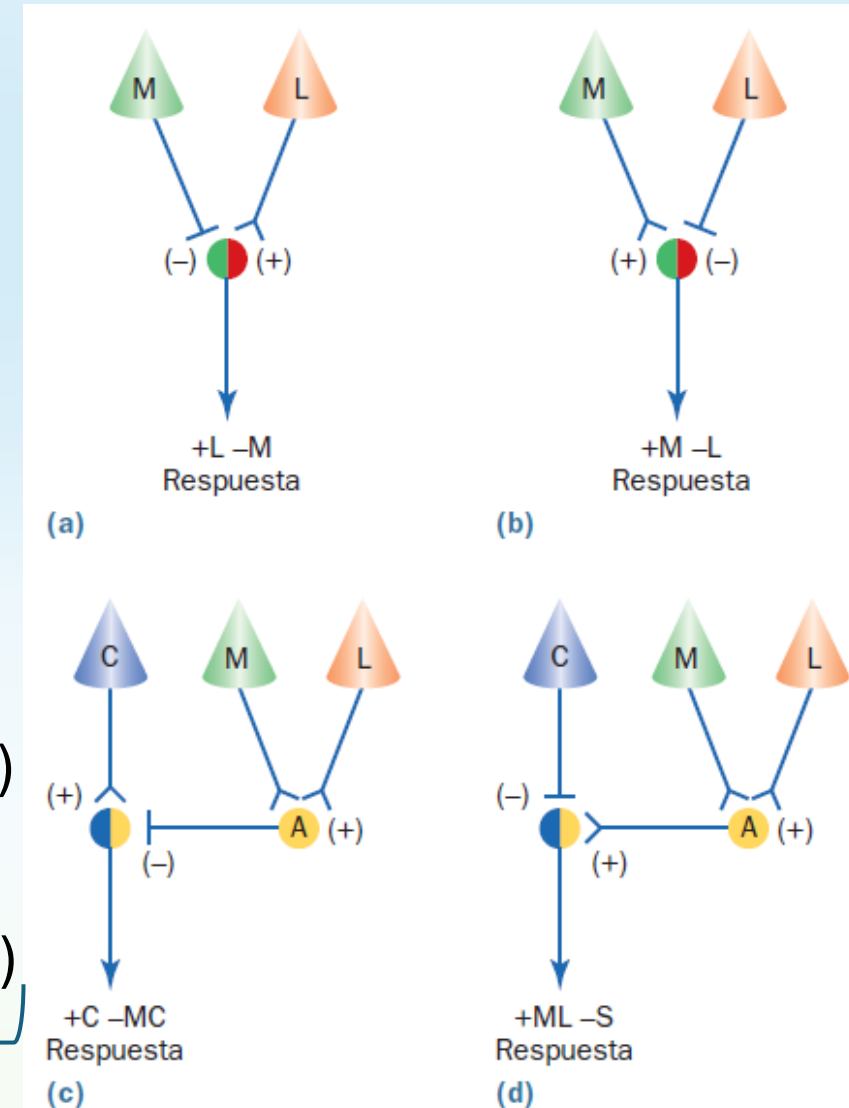
(b) Cono L señal inhibitoria (-); cono M señal excitatoria (+)

Responsables **ROJO-VERDE**

(c) Cono C señal excitatoria (-); cono M+L señal inhibitoria (+)

(d) Cono C señal inhibitoria (-); cono M+L señal excitatoria (+)

Responsables **AZUL-AMARILLO**



PROCESAMIENTO OPONENTE

¿MATICES ÚNICOS?

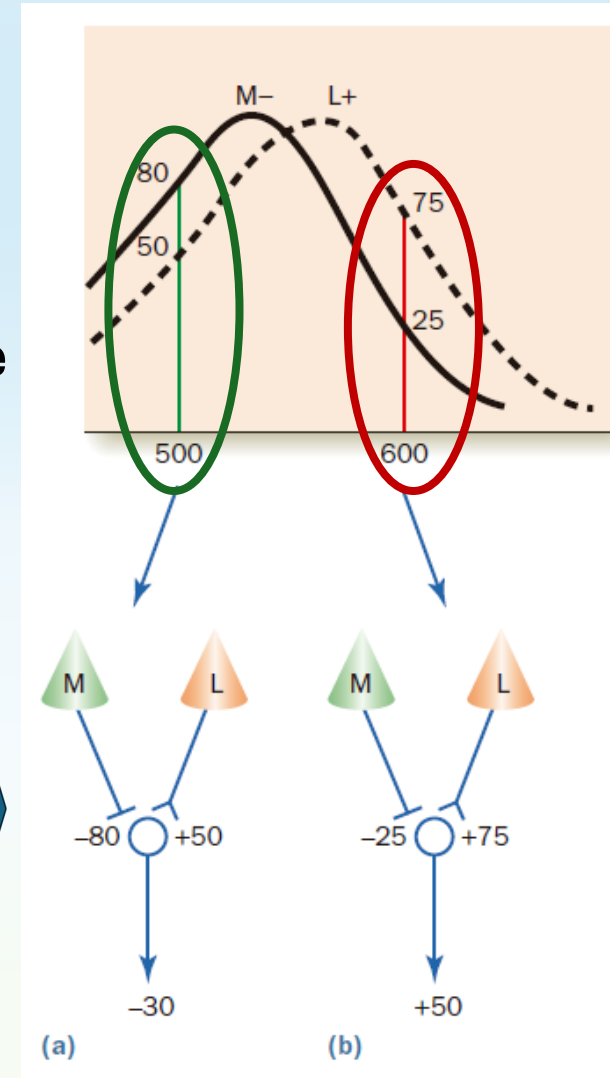
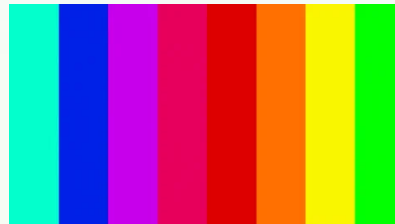
Hering no solo propuso el procesamiento oponente, sino también que **R**, **V**, **Az**, **Am** eran matices únicos

No parece ser así, puede llegarse a los **mismos resultados** en experimentos de **cancelación del matiz** con un **conjunto distinto de colores**.

Quizá la respuesta no sea tan sencilla como $+M -L = +V -R$

¿Entonces, qué hacen realmente las neuronas oponentes?

- ¿Diferencias de respuesta entre pares de conos?
- ¿Procesamiento de bordes y formas?



PROCESAMIENTO OPONENTE

EL COLOR EN LA CORTEZA CEREBRAL

¿Cuáles son los mecanismos corticales de la percepción del color?

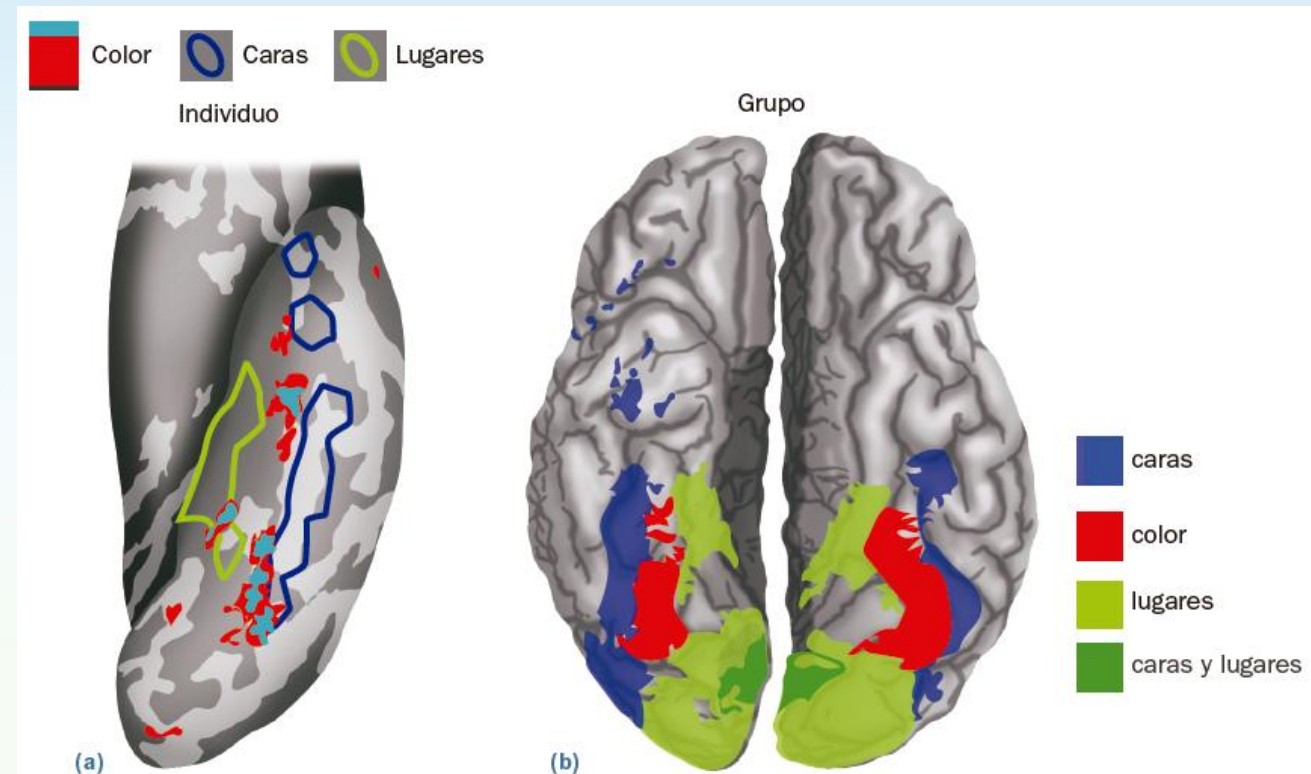
Semir Zeki (1983ab, 1990): V4?Parece más probable el procesamiento distribuido

Rosa Lafer-Sousa et al. (2016)

Visionado de videos + fMRI

Áreas dedicadas al color “intercaladas”

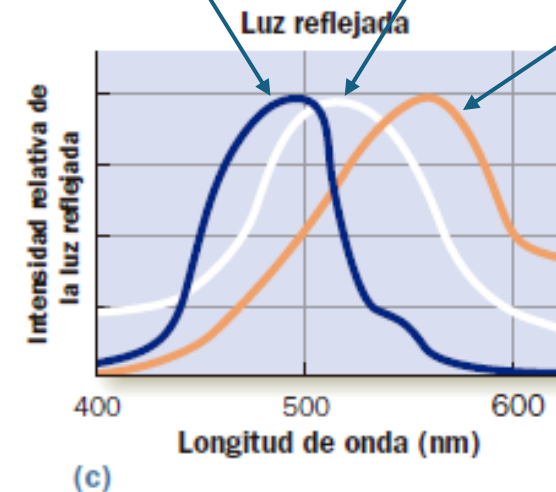
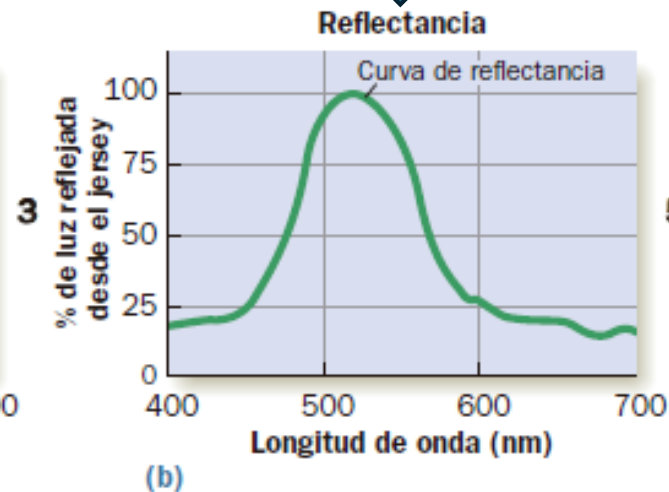
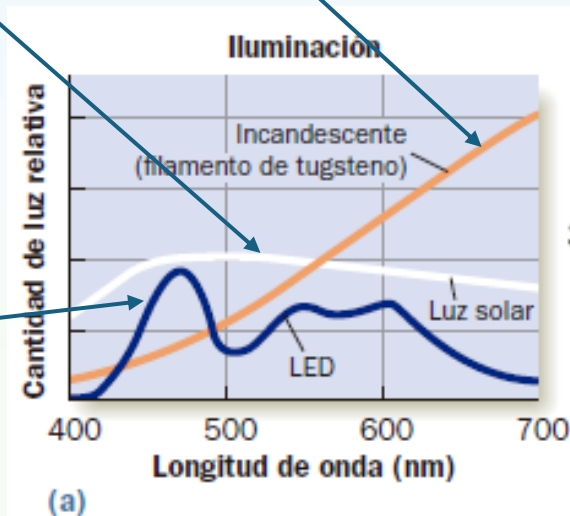
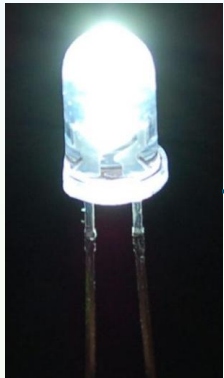
Adyacentes > **independiente pero cercano**



PROCESAMIENTO OPONENTE

LA CONSTANCIA DEL COLOR

Percibimos el **color de los objetos de forma estable** a pesar de los **cambios** en las condiciones de **iluminación**



A pesar de todo el **color del jersey no depende del tipo de luz**
¿Por qué?

PROCESAMIENTO OPONENTE

LA CONSTANCIA DEL COLOR

ADAPTACIÓN CROMÁTICA



Reducción de la sensibilidad a la luz roja

La adaptación prolongada a un **color** cromático **cambia nuestra percepción** del color

Uchikawa et al. (1989)

Nuestro sistema se adapta a las condiciones de iluminación, permitiendo una constancia parcial



Verde

Rojizo

Ligeramente
amarillento

PROCESAMIENTO OPONENTE

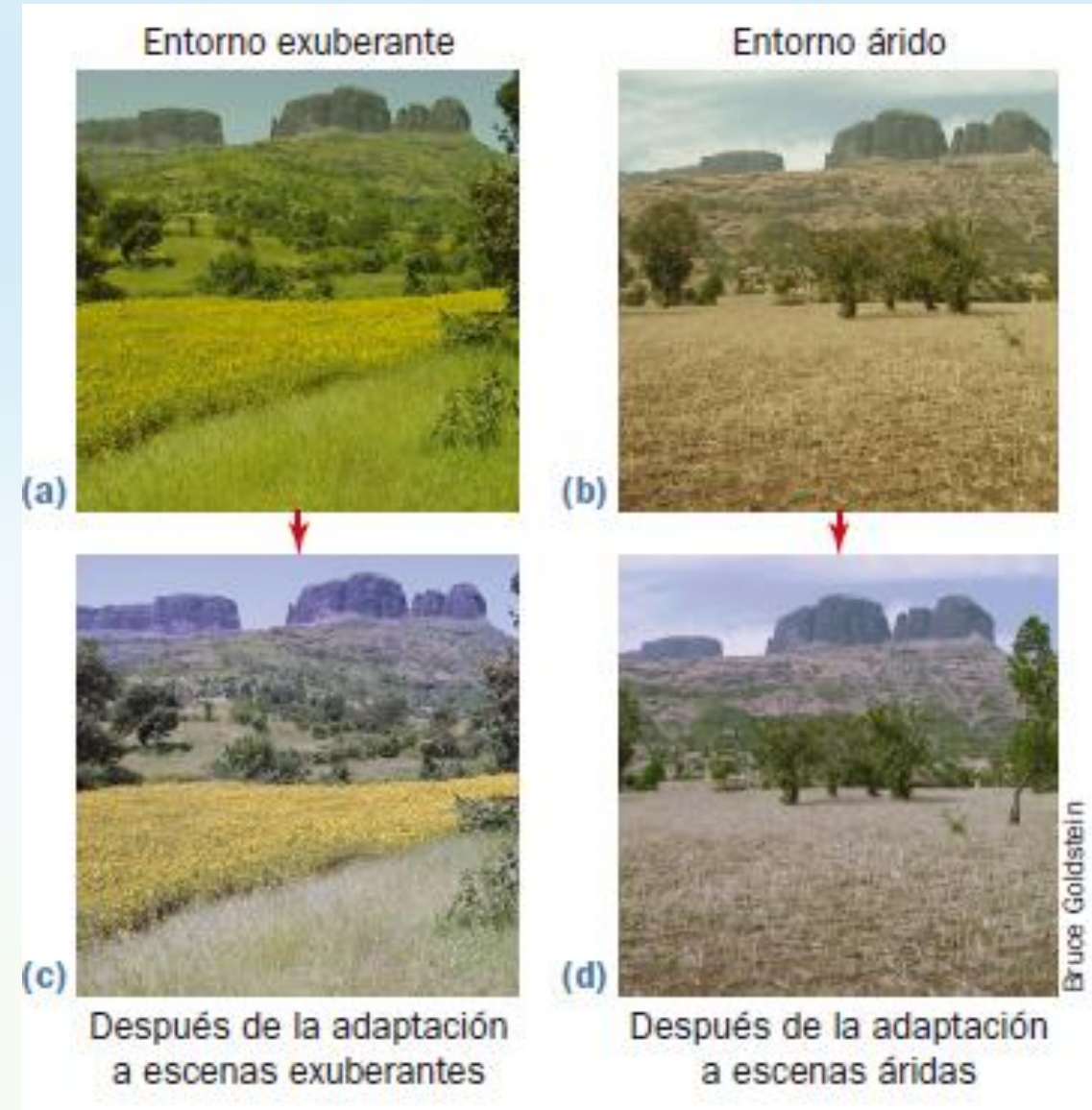
LA CONSTANCIA DEL COLOR

ADAPTACIÓN CROMÁTICA

Los ojos se adaptan a la longitud de onda predominante

La adaptación “atenúa” los colores dominantes de la escena...

...Y destaca los menos habituales



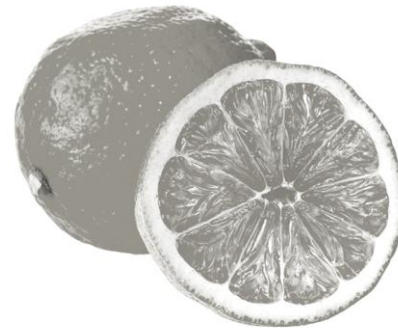
PROCESAMIENTO OPONENTE

LA CONSTANCIA DEL COLOR

COLOR FAMILIAR

El conocimiento previo (experiencia) con los colores de los objetos del entorno contribuye a la constancia del color

MEMORIA DEL COLOR (Hansen et al., 2006)



PROCESAMIENTO OPONENTE

LA CONSTANCIA DEL COLOR

TENER EN CUENTA LA ILUMINACIÓN

La cámara distingue los diferentes colores en función de las diferentes condiciones de iluminación

La persona que maneja la cámara ve el mismo color en ambas

-Mejor con más objetos de colores
- Con visión binocular
- Entorno tridimensional
- Muchos mecanismos desconocidos.



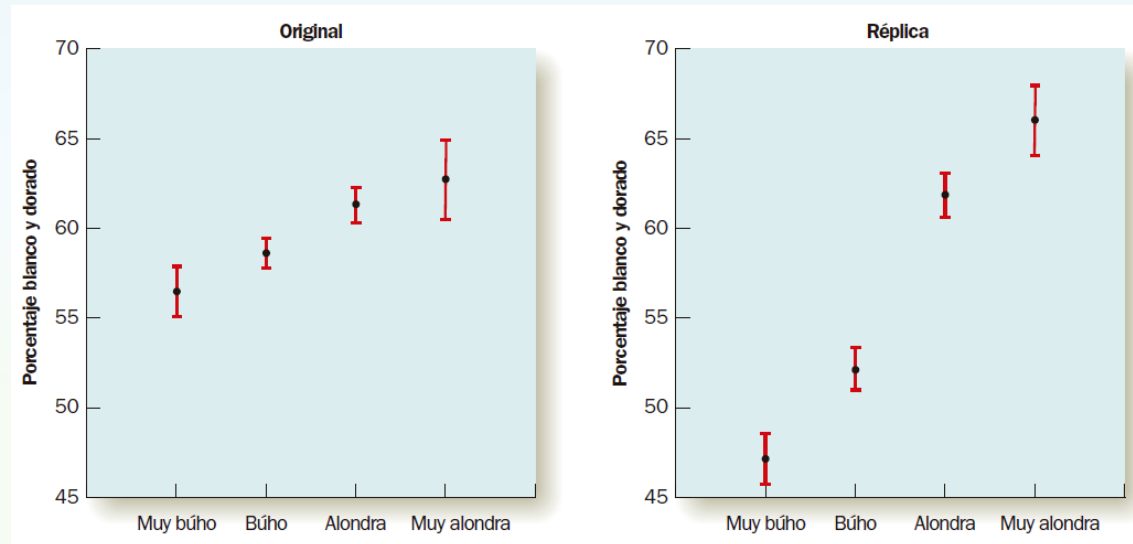
PROCESAMIENTO OPONENTE

LA CONSTANCIA DEL COLOR

- 57% azul y negro
- 30% blanco y dorado
- 13% otros colores...

Decenas de artículos buscando explicación...

....Diferencias en la **manera de interpretar la iluminación...**?



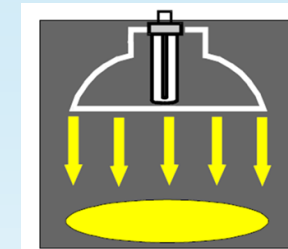
PROCESAMIENTO OPONENTE

LA CONSTANCIA DE LA LUMINOSIDAD

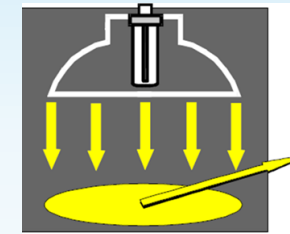
Al igual que ocurre con los colores cromáticos, **percibimos constantes los colores acromáticos** (blanco---negro) bajo **diferentes cambios de iluminación**

La cantidad de luz que llega al ojo depende de:

- **La iluminación:** cantidad total de luz que llega a objeto
- **La reflectancia:** cantidad de luz reflejada por la superficie



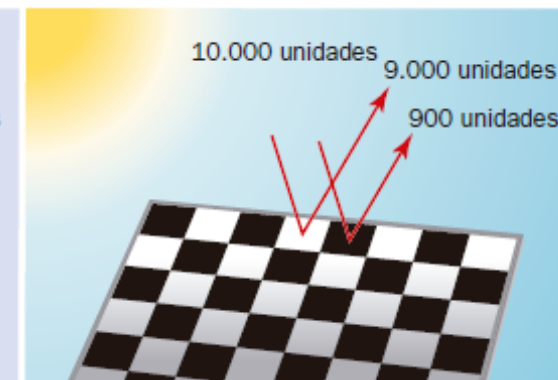
Iluminación



Reflectancia

La **constancia de la luminosidad** supone que nuestra **percepción de la claridad no está determinada por la intensidad de la iluminación, sino por la reflectancia del objeto**

**PRINCIPIO DE LA PROPORCIÓN
(RATIO PRINCIPLE)**



PROCESAMIENTO OPONENTE

LA CONSTANCIA DE LA LUMINOSIDAD

CONDICIONES DE ILUMINACIÓN DESIGUAL

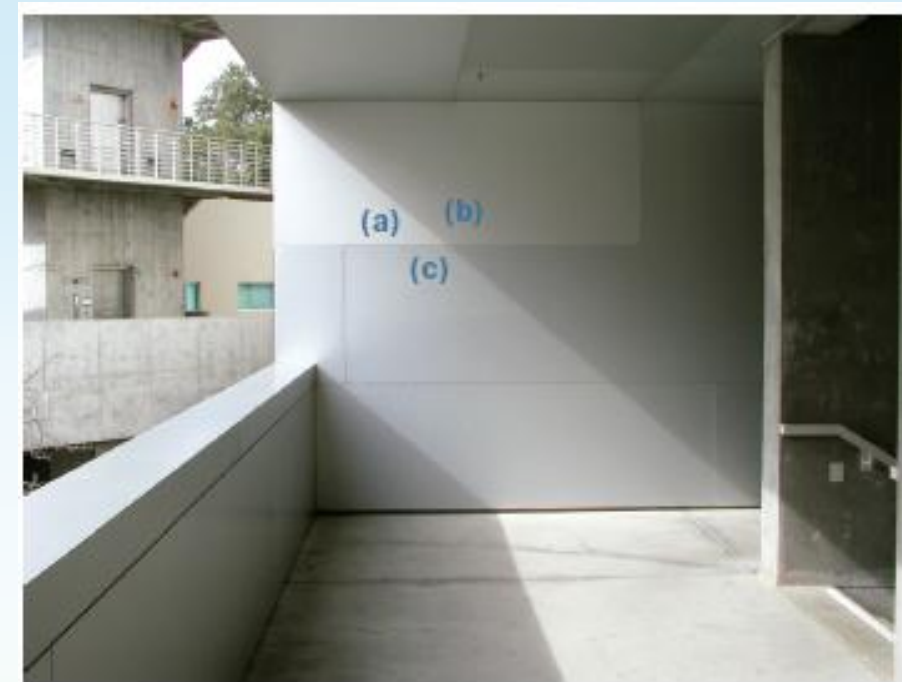
La **iluminación** en **escenas tridimensionales** suele ser **desigual**

- Los **objetos proyectan sombras**
- Las **superficies** tienen **diferentes orientaciones**

¿cómo tener en cuenta la iluminación desigual?

Distinguir entre **bordes de reflectancia (a-c)** y **bordes de iluminación (a-b)**

Varias fuentes de información....



PROCESAMIENTO OPONENTE

CONSTANCIA DE LA LUMINOSIDAD

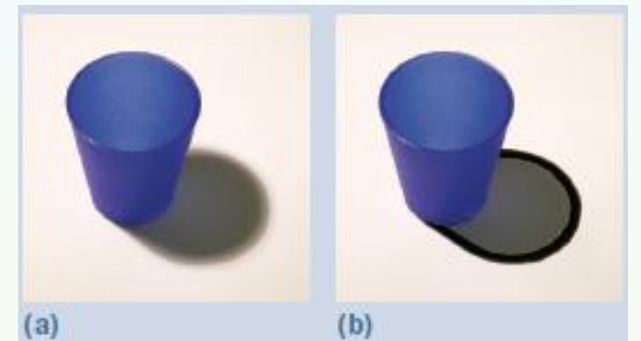
LA INFORMACIÓN DE LAS SOMBRAS

Determinar que un **cambio en la iluminación** provocado por una **sombra** se debe a un **borde de iluminación** y no a un borde de reflectancia

- **Significado de la sombra** (qué la origina)



- **Naturaleza del contorno** (área de penumbra)



PROCESAMIENTO OPONENTE

CONSTANCIA DE LA LUMINOSIDAD

ORIENTACIÓN DE LAS SUPERFICIES

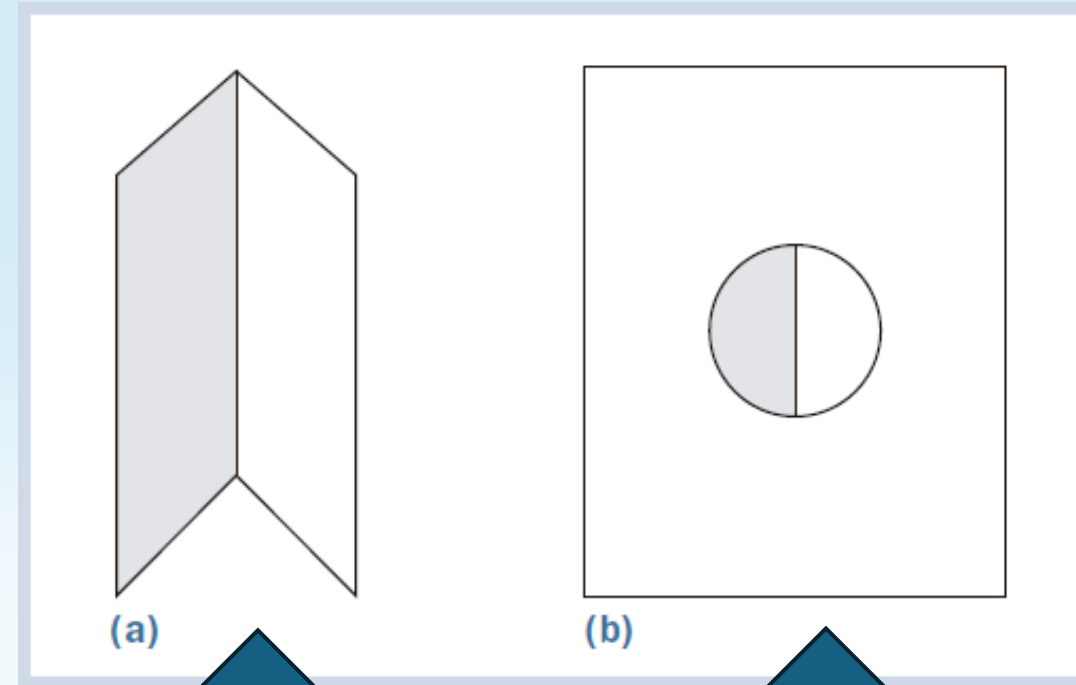
La información sobre las **condiciones de iluminación y orientación** de las **superficies** contribuye a la constancia de la claridad



(a)



(b)



(a)

(b)

Borde de
iluminación

¿Borde de
reflectancia?