

A close-up photograph of a human eye, looking directly at the camera. The eye is the central focus, with the iris and pupil clearly visible. The image has a color overlay, with the left side being dark blue and the right side being a vibrant green. The eyelashes are dark and prominent. The overall effect is artistic and scientific.

El ojo y la retina

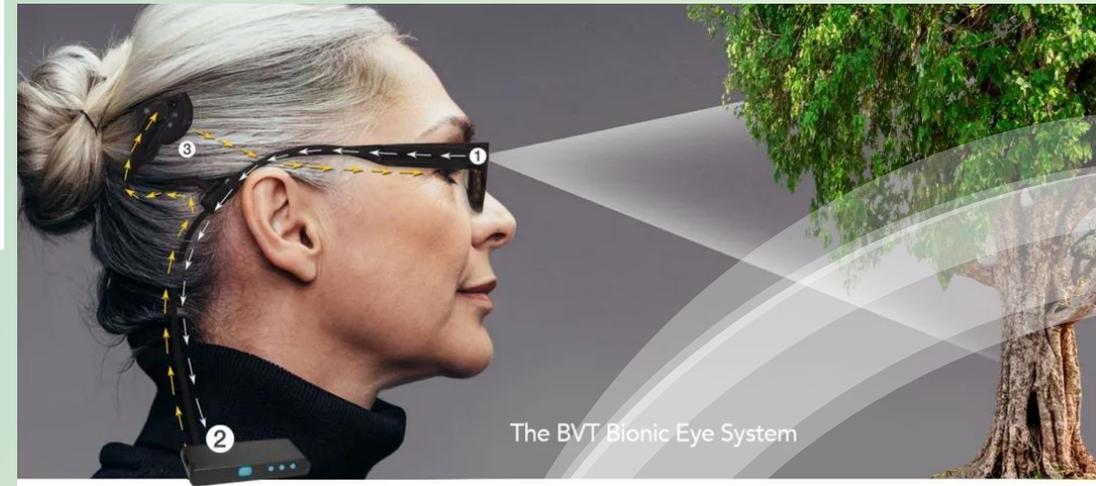
Tema 2

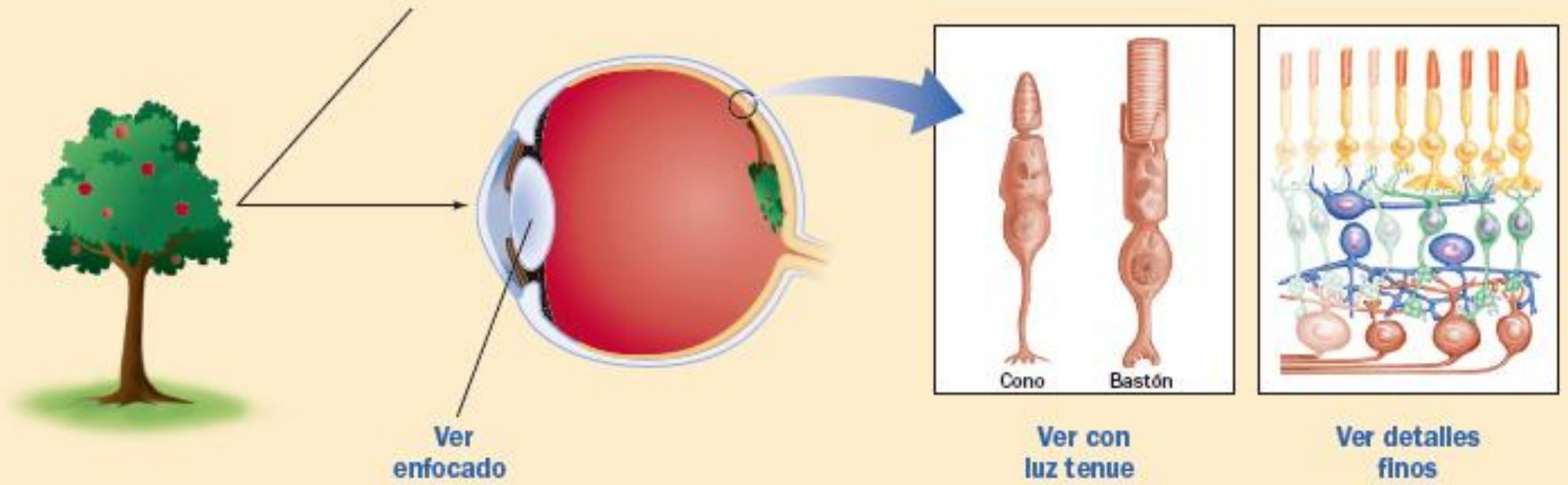
EL OJO BIÓNICO



Sujeto con visión no afectada

Sujeto afectado de Retinosis Pigmentaria





PASO 1
Estímulo distal:
el árbol

PASO 2
La luz se refleja y
se transforma para
crear una imagen del
árbol en la retina.

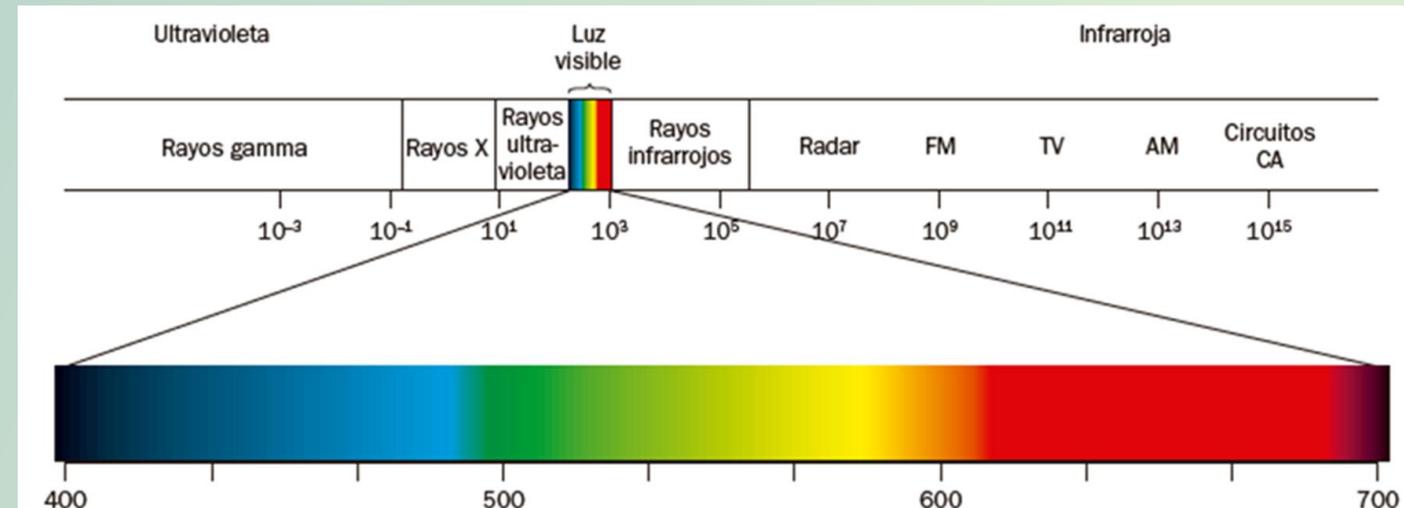
PASO 3
Procesos receptivos:
los receptores
transforman la luz
en electricidad.

PASO 4
Procesamiento neuronal:
las señales viajan por
una red de neuronas.

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

LUZ: ESTÍMULO PARA LA VISIÓN

- Para poder ver **dependemos de la luz visible** (400-700 nm).
- Pueden describirse según su **longitud de onda**.
- Las **longitudes de onda** se asocian con los diferentes **colores**:
 - Longitud de onda **corta**: **azules**
 - Longitud de onda **media**: **verde/amarillo**
 - Longitud de onda **larga**: **rojos**

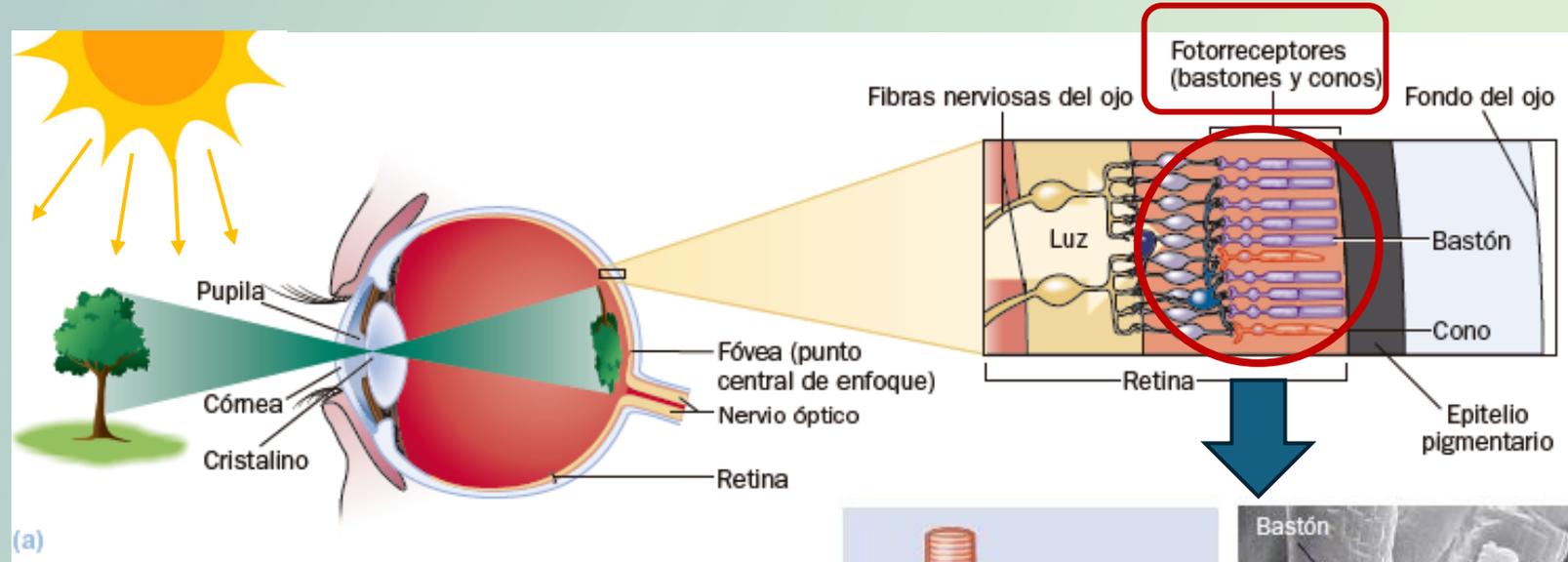


LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

EL OJO

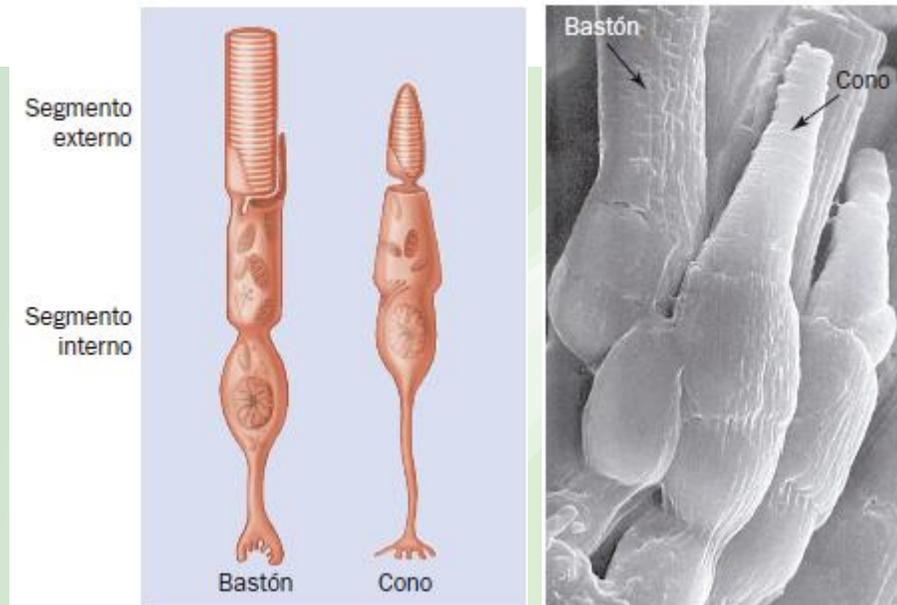
- Luz reflejada entra a través de la **pupila**
- **Cornea y cristalino** la enfocan sobre la **retina**.
- La **retina** contiene una red de células nerviosas:

FOTORRECEPTORES, Bastones y conos



- Luz reflejada entra a través de la **pupila**
- **Cornea y cristalino** la enfocan sobre la **retina**.
- La **retina** contiene una red de células nerviosas:

FOTORRECEPTORES, Bastones y conos

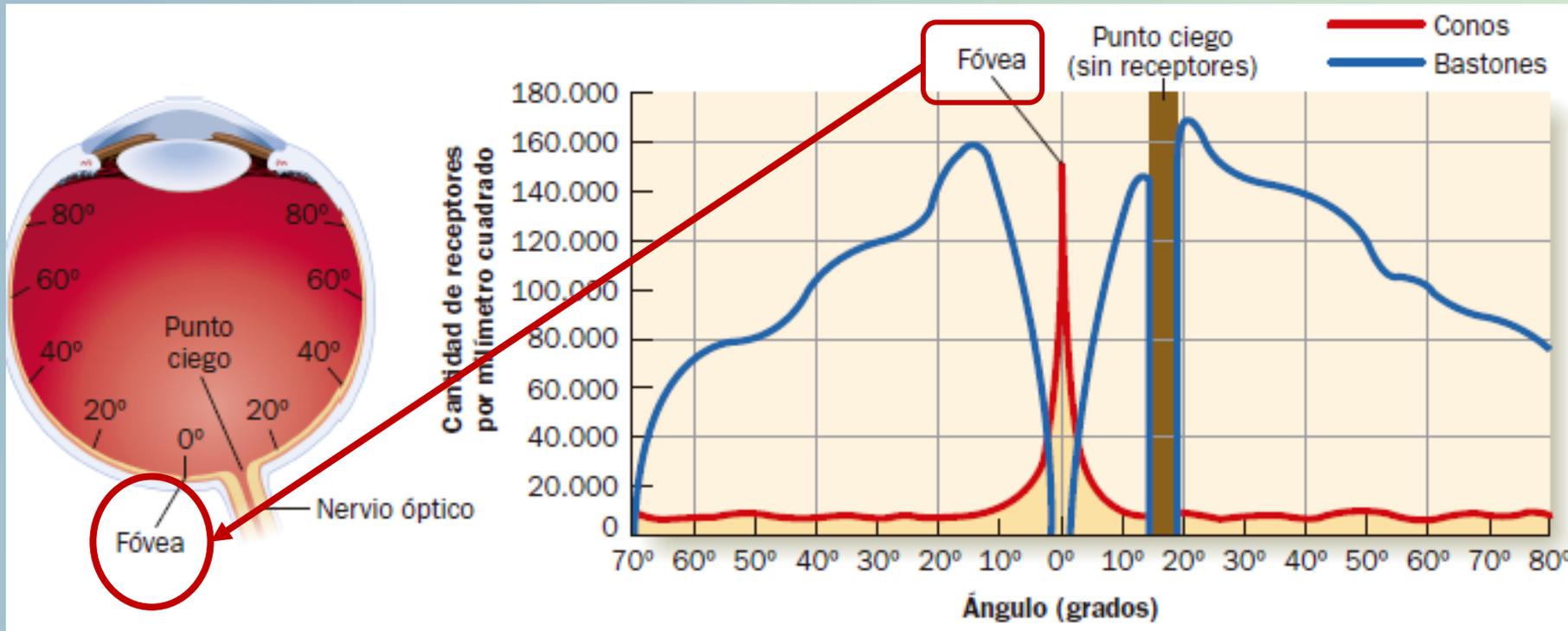


LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

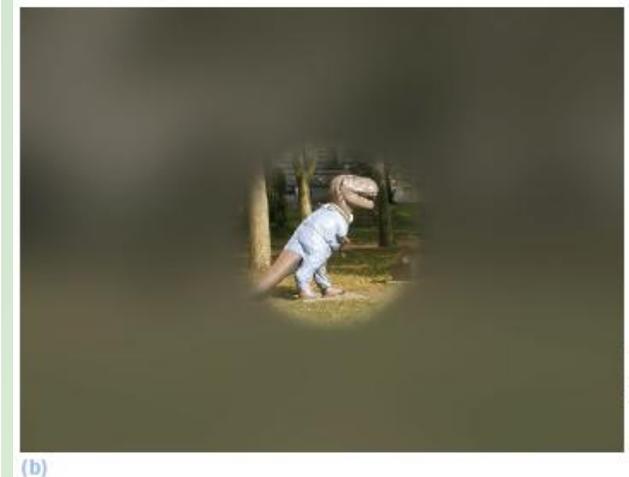
EL OJO

Bastones y conos **no se distribuyen de manera equilibrada** a lo largo de la retina

- **FOVEA:** Solo conos
- **RETINA PERIFÉRICA:** Tanto bastones como conos (20/1)
- **PUNTO CIEGO:** Sin receptores



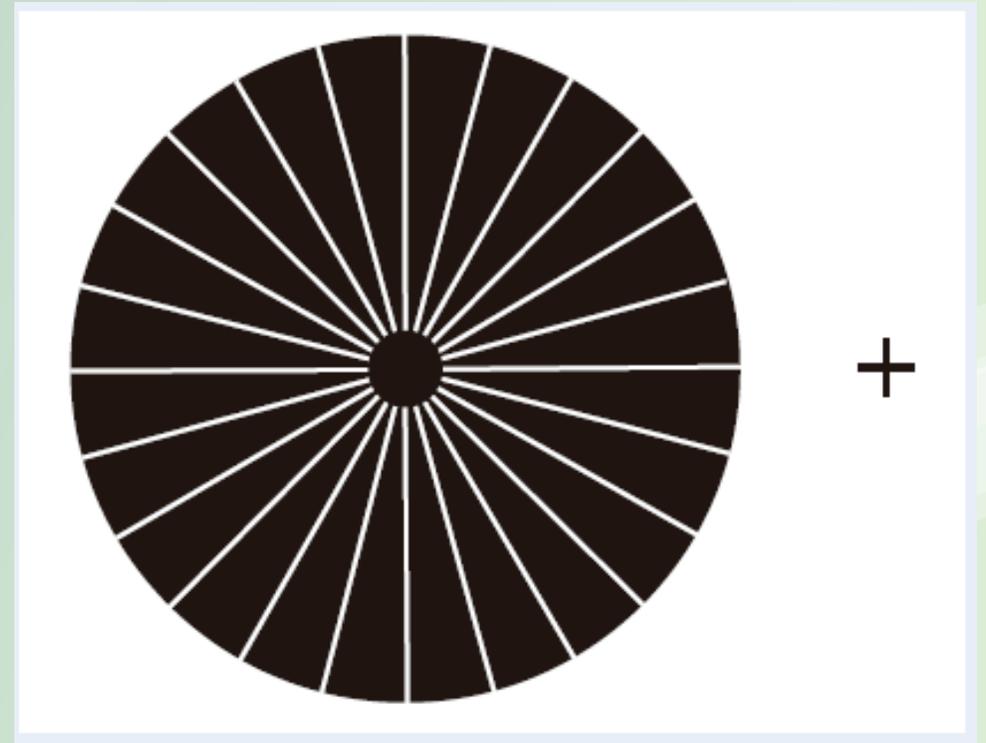
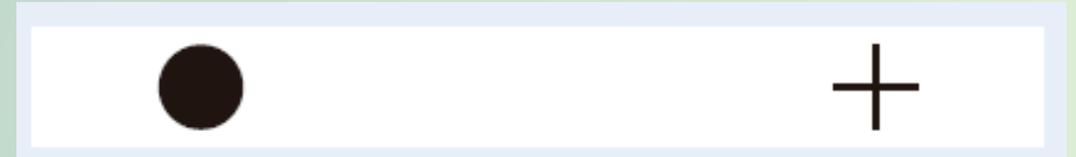
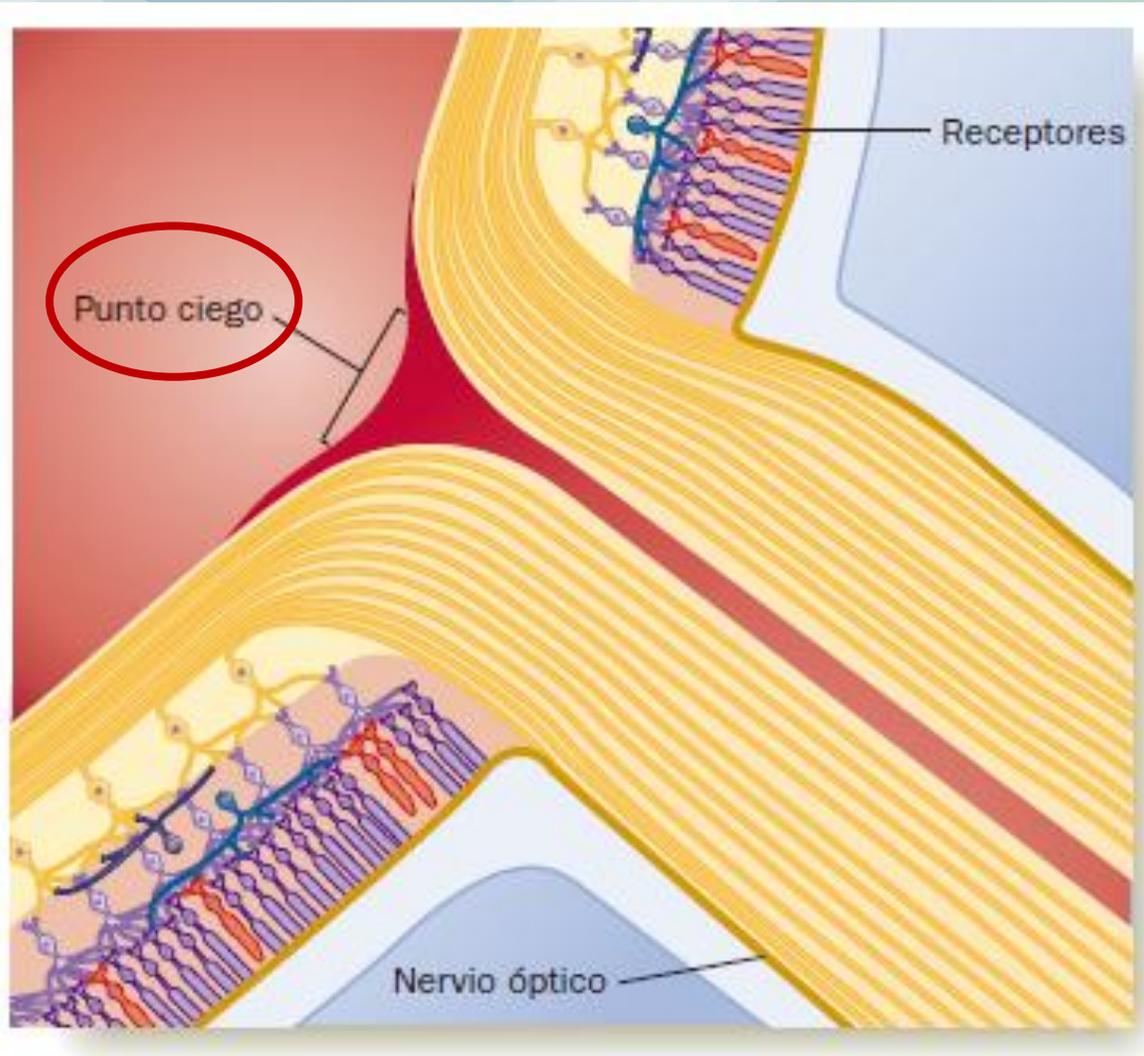
Degeneración macular



Retinitis pigmentaria

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

EL OJO



LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

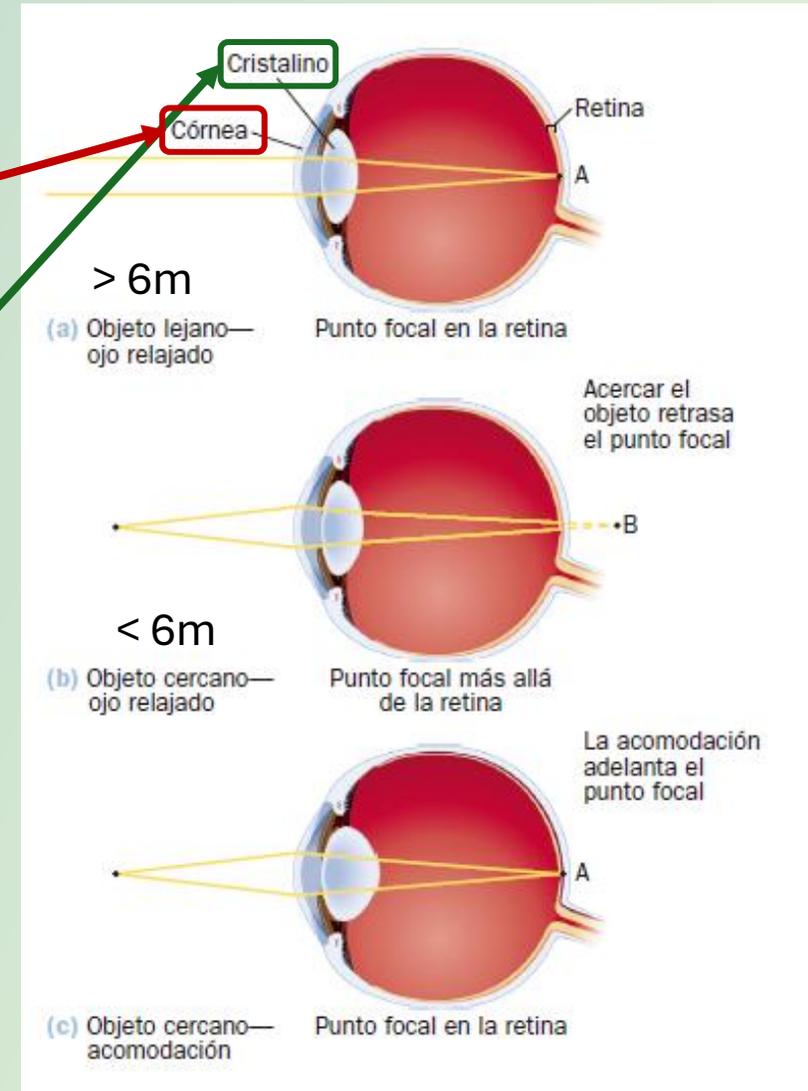
ENFOCAR LA IMAGEN SOBRE LA RETINA

El enfoque se realiza mediante dos elementos

- **CORNEA:** Revestimiento transparente fijo (80% del enfoque).
- **CRISTALINO:** Lente móvil (20% enfoque) capacidad de ajuste (curvatura) mediante la musculatura ciliar

Este ajuste se denomina **ACOMODACIÓN:** Cambio en la forma de cristalino (aumento de curvatura y grosor).

Modifica el ángulo de entrada de la luz para permitir el enfoque sobre la retina

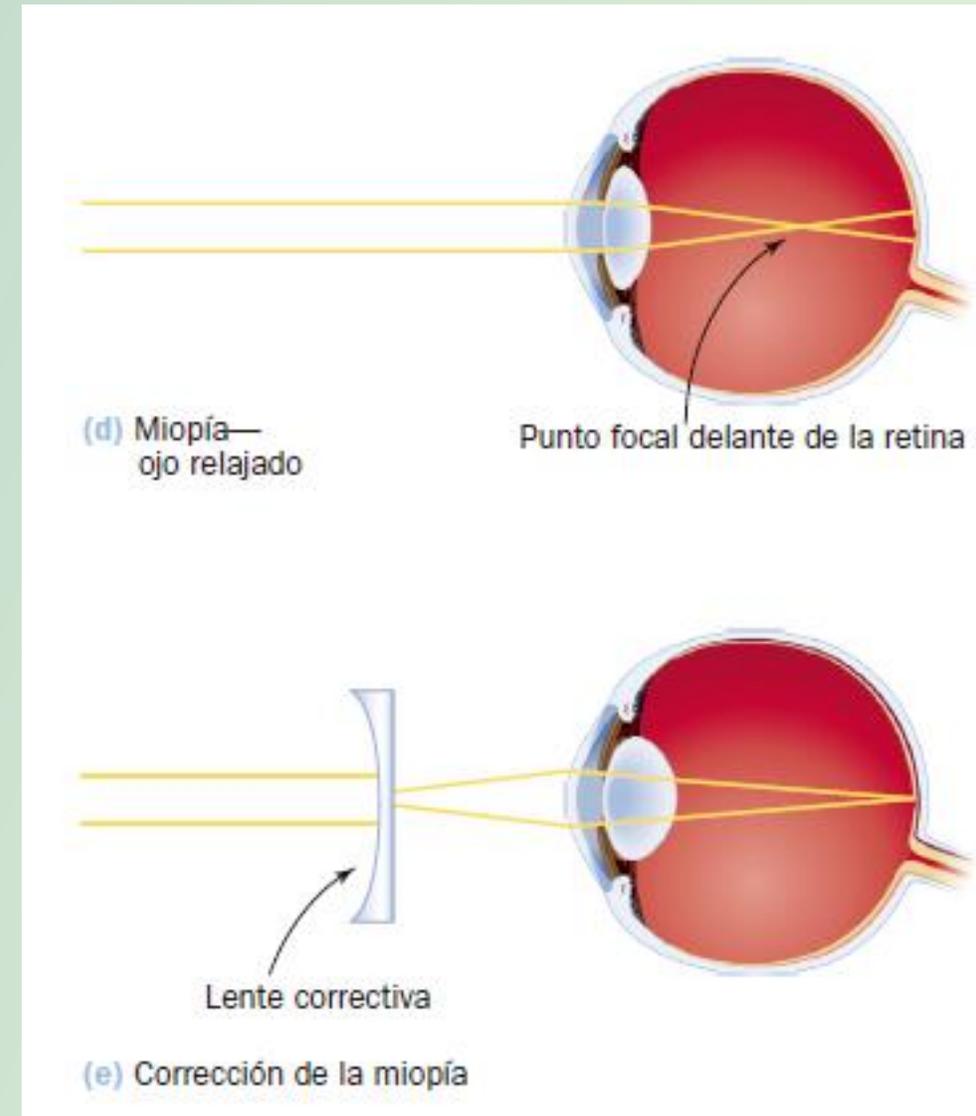


LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

ENFOCAR LA IMAGEN SOBRE LA RETINA

ERRORES DE REFRACCIÓN

- **PRESBICIA:** Pérdida de la capacidad de acomodación del cristalino con el paso de los años
- **MIOPÍA:** Incapacidad de ver objetos distantes con claridad.
 1. **Miopía refractiva:** Convergencia delante de la retina
 2. **Miopía axial:** Globo ocular demasiado largo
- **HIPERMETROPÍA:** Incapacidad para ver objetos cercanos (punto focal detrás de la retina)



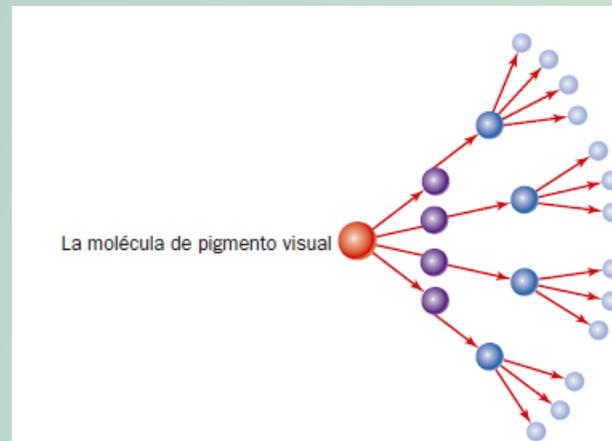
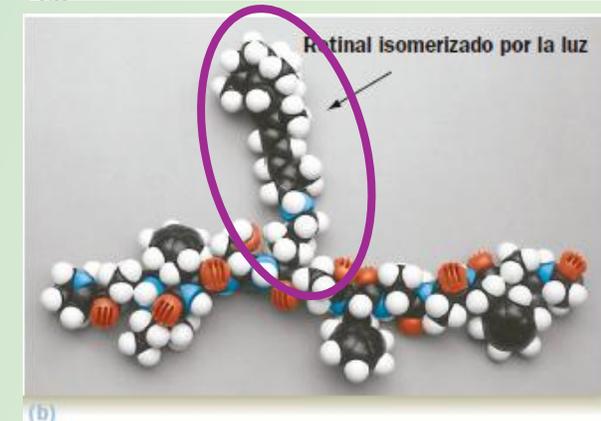
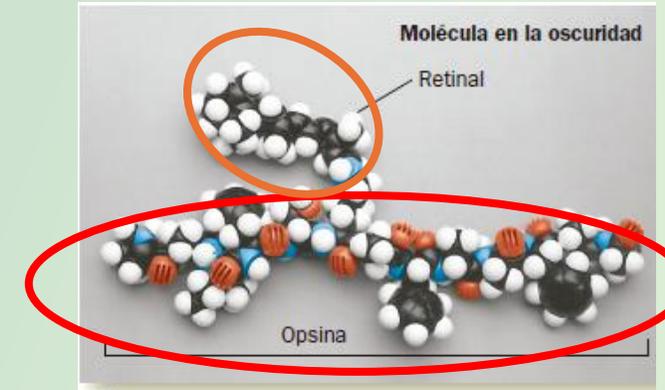
PROCESAMIENTO DE LOS FOTORRECEPTORES

DE ENERGÍA LUMÍNICA A ELÉCTRICA

La transformación de energía lumínica a eléctrica en los bastones y conos se denomina **TRANSDUCCIÓN**

Pigmento fotosensible en el segmento externo de los fotorreceptores **OPSINA + RETINAL**

Al absorber la luz entrante cambia la forma (estructura) de la molécula (**ISOMERIZACIÓN**) y desencadena una serie de reacciones químicas



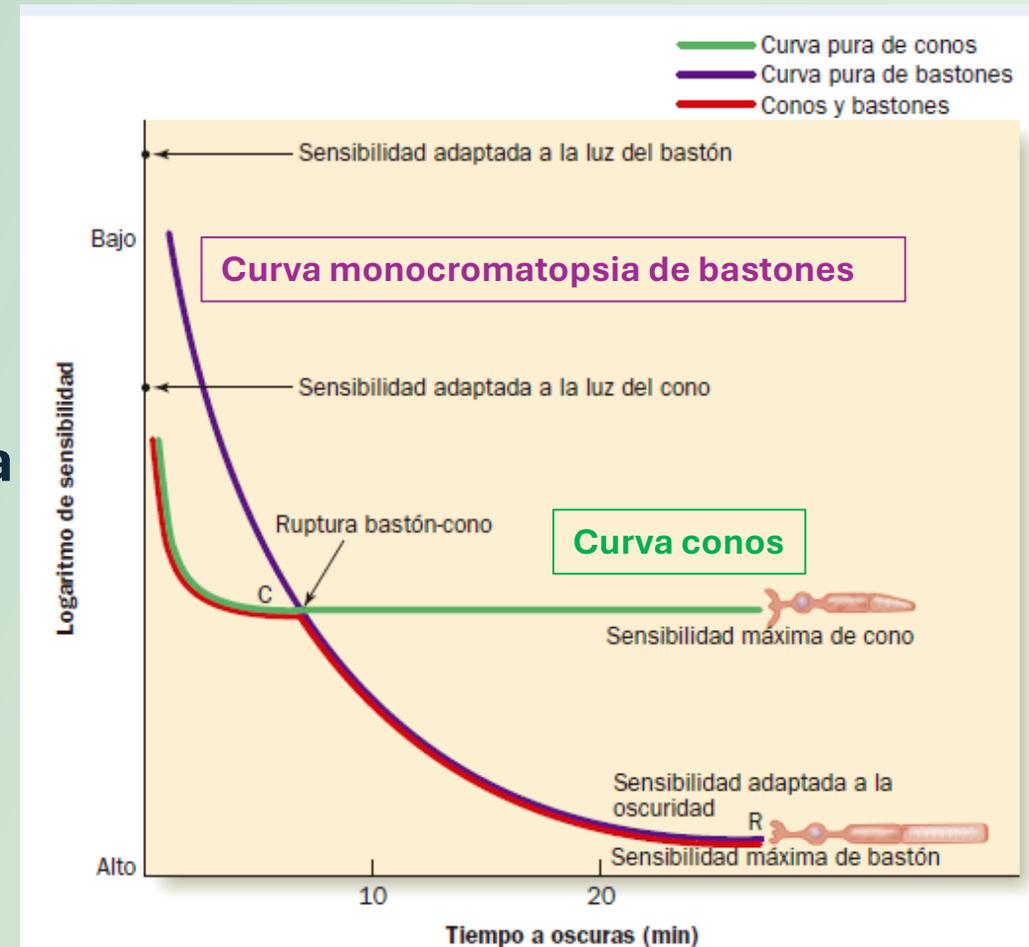
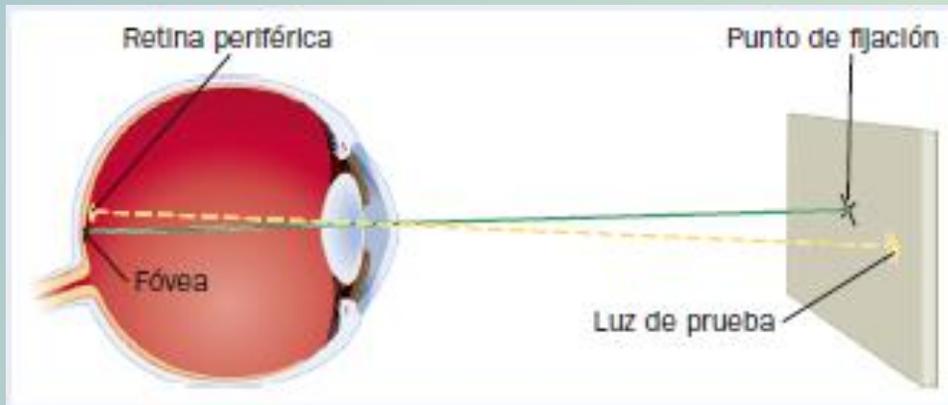
LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

ADAPTACIÓN A LA OSCURIDAD

Capacidad de **mejorar nuestra visión en ambientes oscuros** con el paso del tiempo (**curva de adaptación**)

Método de ajuste

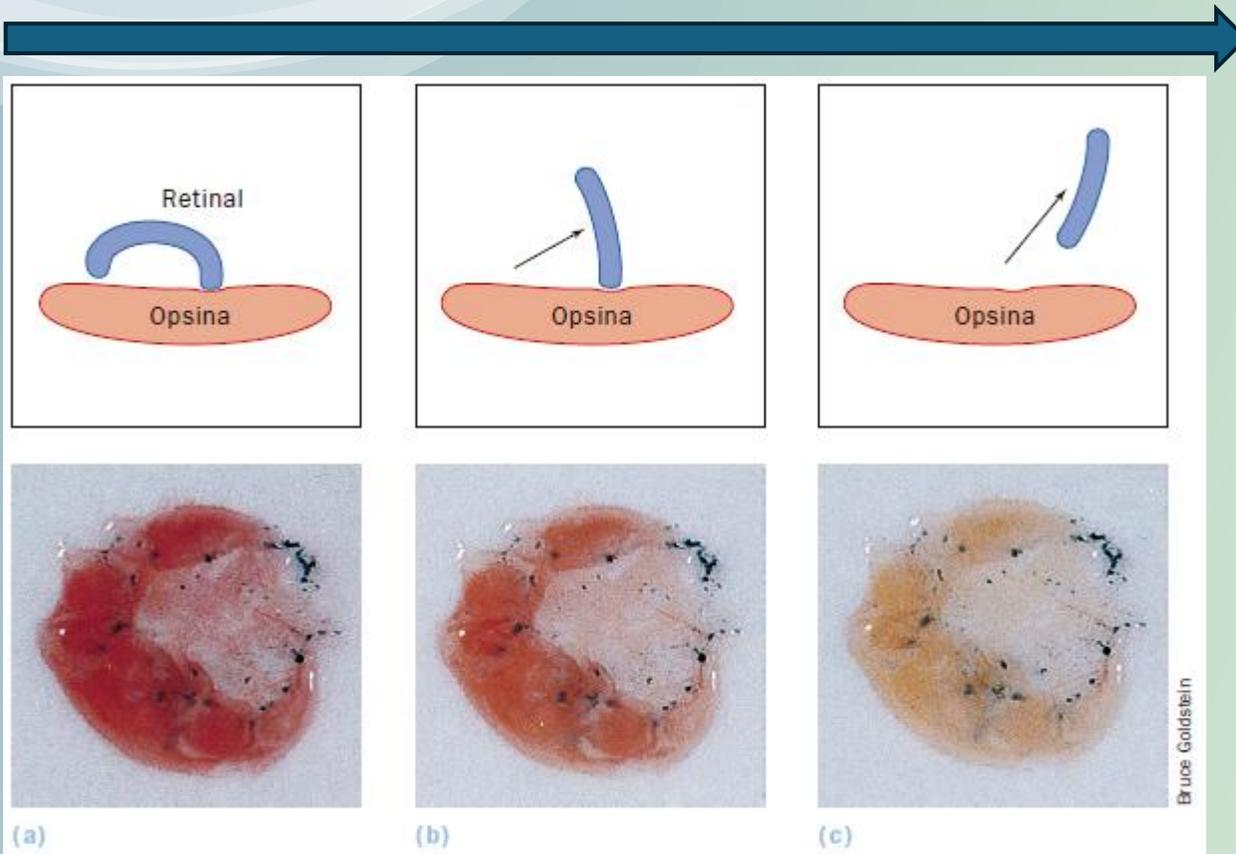
- Umbral en condiciones de **alta iluminación**
- Umbral a lo largo del tiempo en condiciones de **baja iluminación**



LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

REGENERACIÓN DEL PIGMENTO VISUAL

Blanqueamiento del pigmento visual



Regeneración del pigmento visual

Conos: 6 min en regenerarse

Bastones: > de 30 min en regenerarse

Coincidencia con las curvas de adaptación

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

SENSIBILIDAD ESPECTRAL

Bastones y conos difieren en la forma de su **respuesta** ante diferentes partes del espectro visible

Sensibilidad espectral

Podemos medir la **sensibilidad espectral** (inverso del umbral) mediante los **métodos psicofísicos**, empleando **luces monocromáticas**.



Para los conos: medido en la fovea

Para los bastones: medido en oscuridad

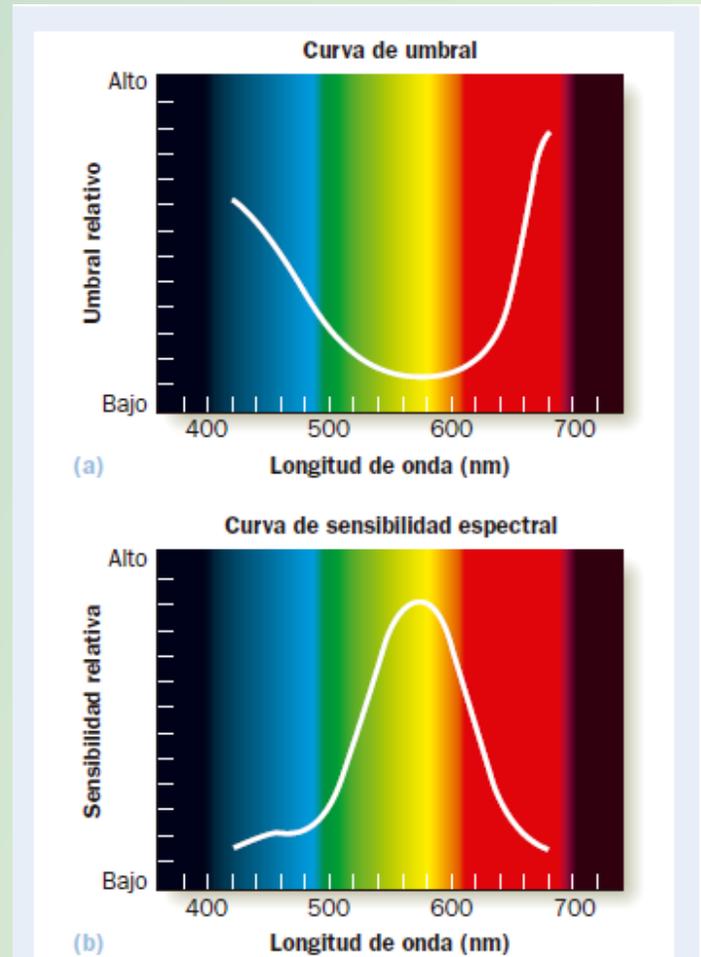


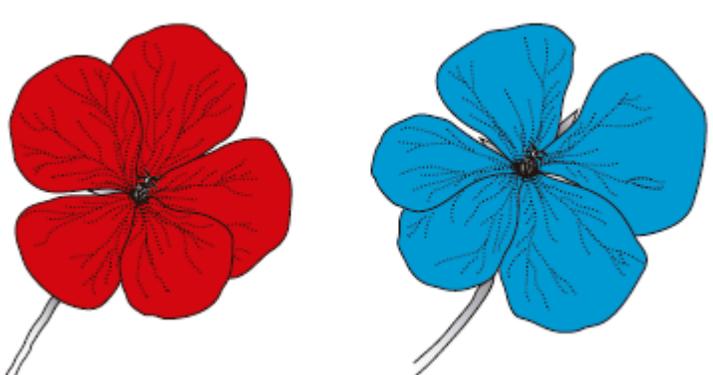
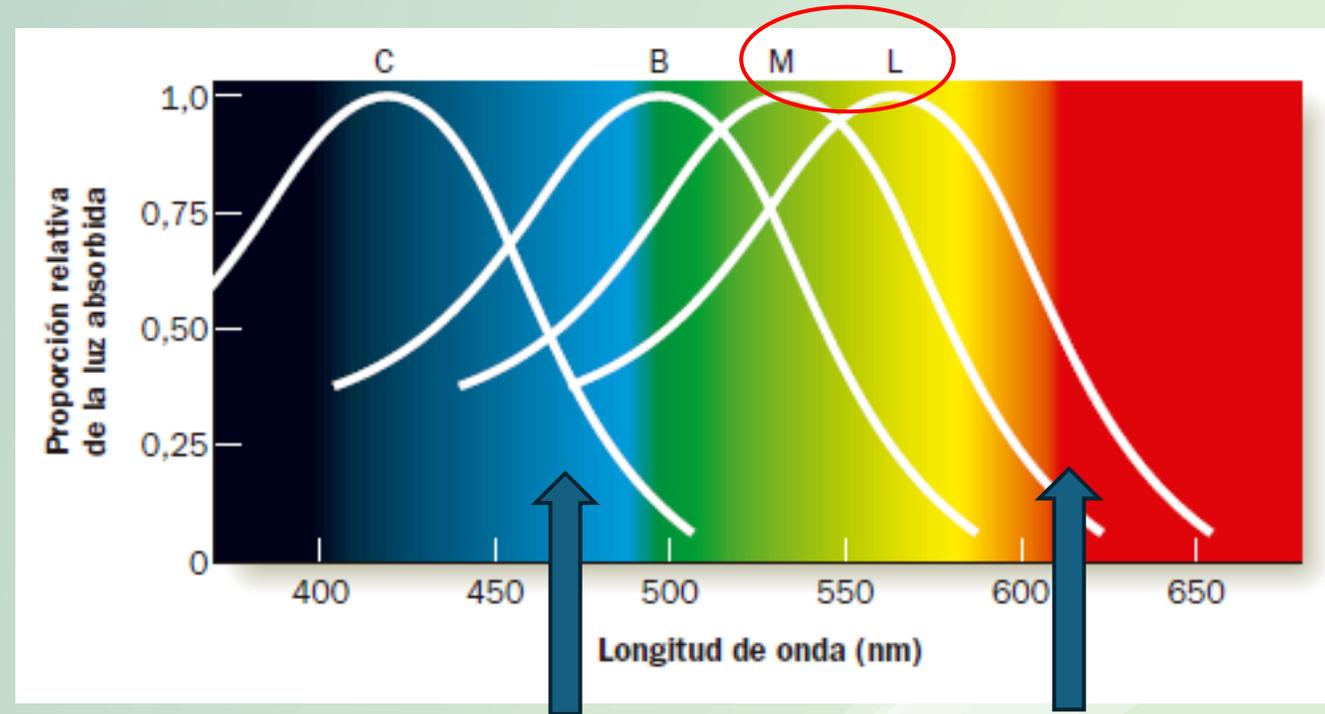
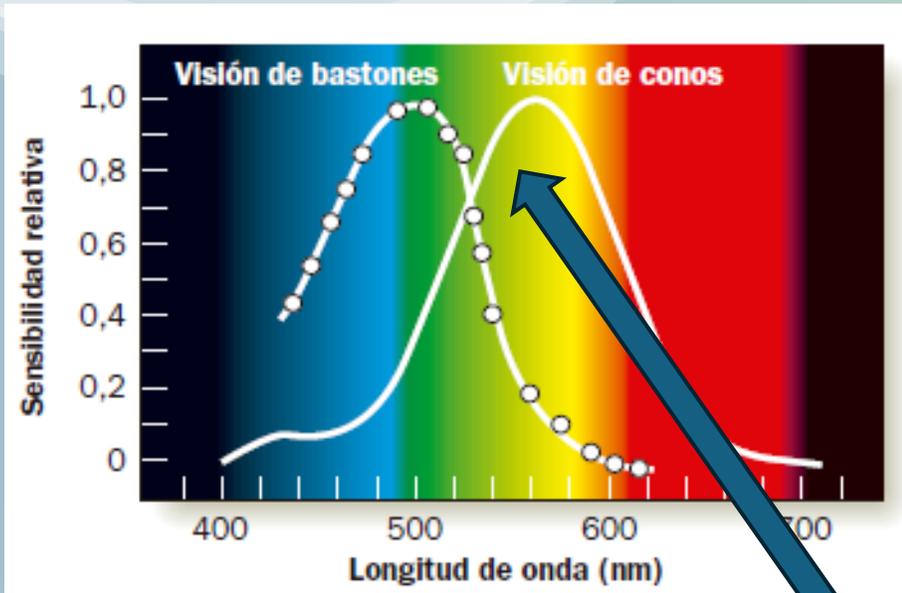
Figura 3.15

(a) El umbral para ver una luz en función de su longitud de onda. (b) Sensibilidad relativa en función de la longitud de onda: la curva de sensibilidad espectral. (Adaptado de Wald, 1964).

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

SENSIBILIDAD ESPECTRAL

Bastones y conos difieren en la forma de su respuesta ante diferentes partes del espectro visible (**ESPECTRO DE ABSORCIÓN**)



Desplazamiento de Purkinje

Diferentes espectros de absorción

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

EL VIAJE DE LA SEÑAL A TRAVÉS DE LA RETINA

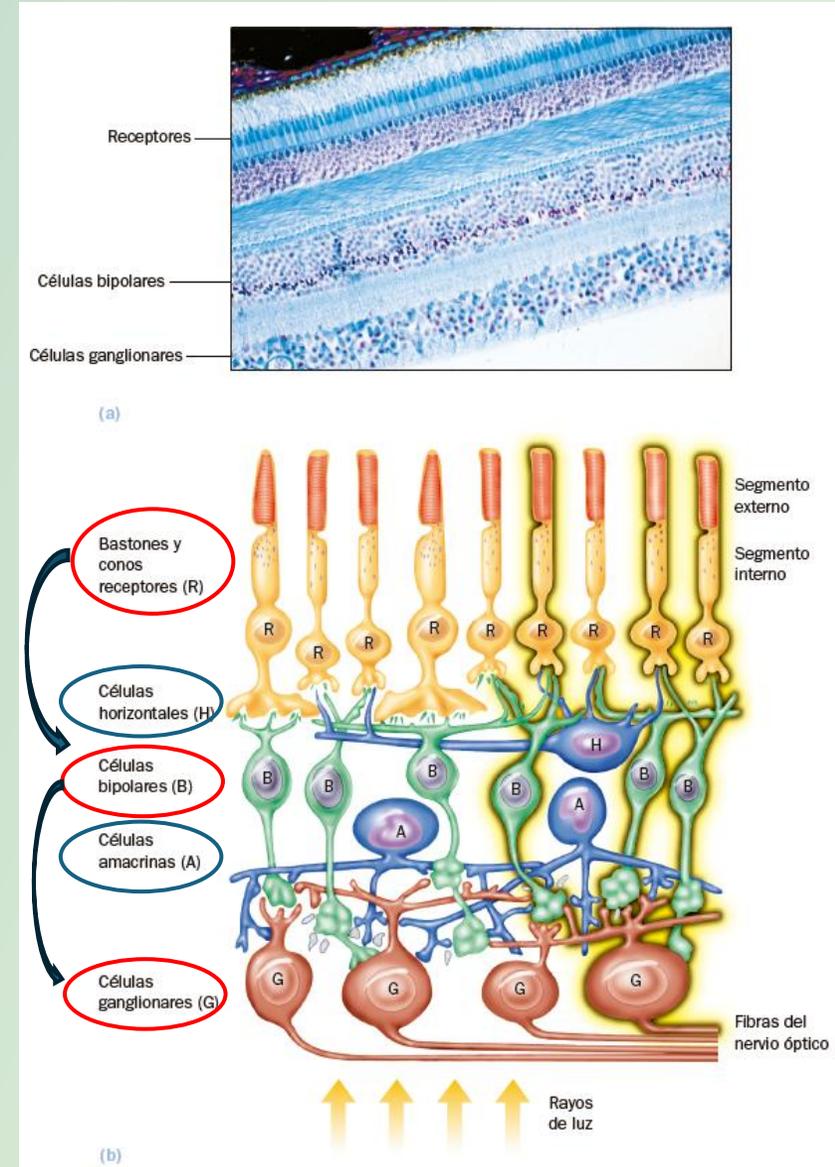
¿Cómo están conectados bastones y conos?

Grupos interconectados de neuronas: **circuitos neuronales**

De los **receptores** a las células **bipolares** y **ganglionares**



Las células **horizontales** y **amacrinas** permiten conexiones entre células del mismo nivel



LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

EL VIAJE DE LA SEÑAL A TRAVÉS DE LA RETINA

CONVERGENCIA NEURONAL

126 millones de receptores

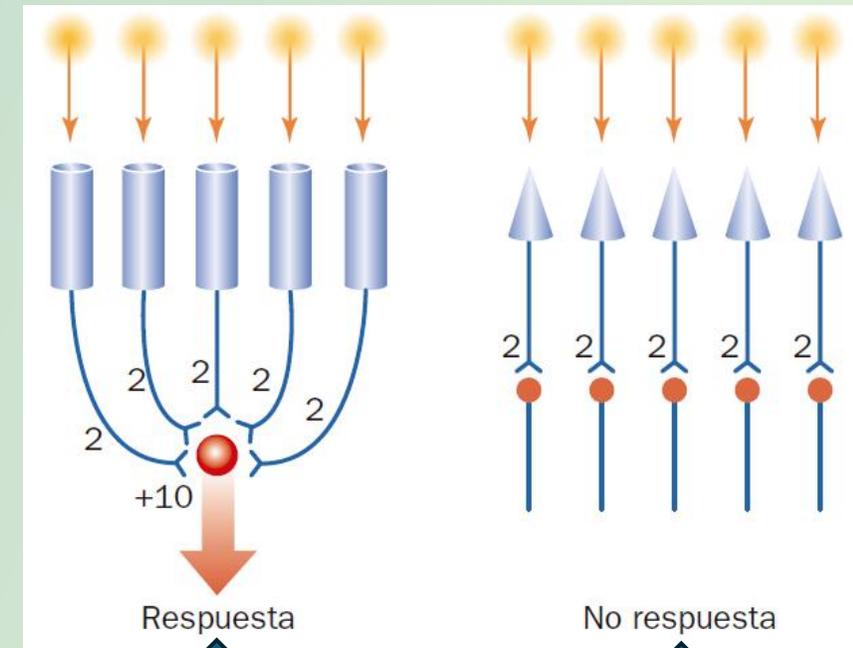


1 millón de células ganglionares

Además, los **conos** de la **fóvea** tienen “**líneas privadas**”

CONOS = mejor visión (agudeza)

BASTONES = mayor sensibilidad a la luz



**Menos luz
para generar
una respuesta**

**Más luz para
generar una
respuesta**

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

EL VIAJE DE LA SEÑAL A TRAVÉS DE LA RETINA

CONVERGENCIA NEURONAL

126 millones de receptores

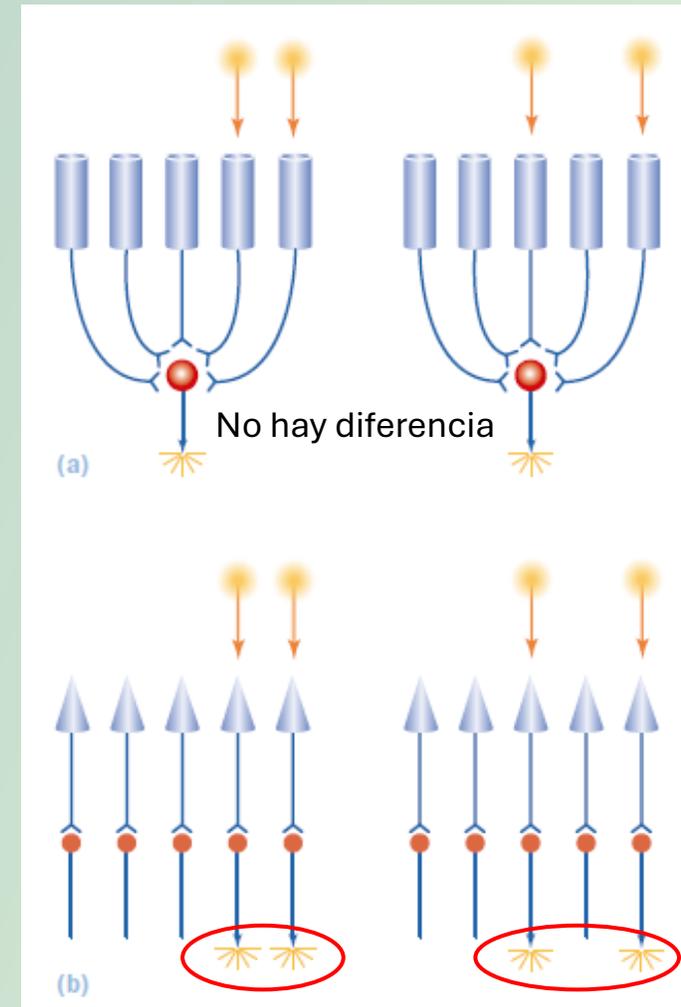


1 millón de células ganglionares

Además, los **conos** de la **fóvea** tienen “**líneas privadas**”

CONOS = mejor visión (agudeza)

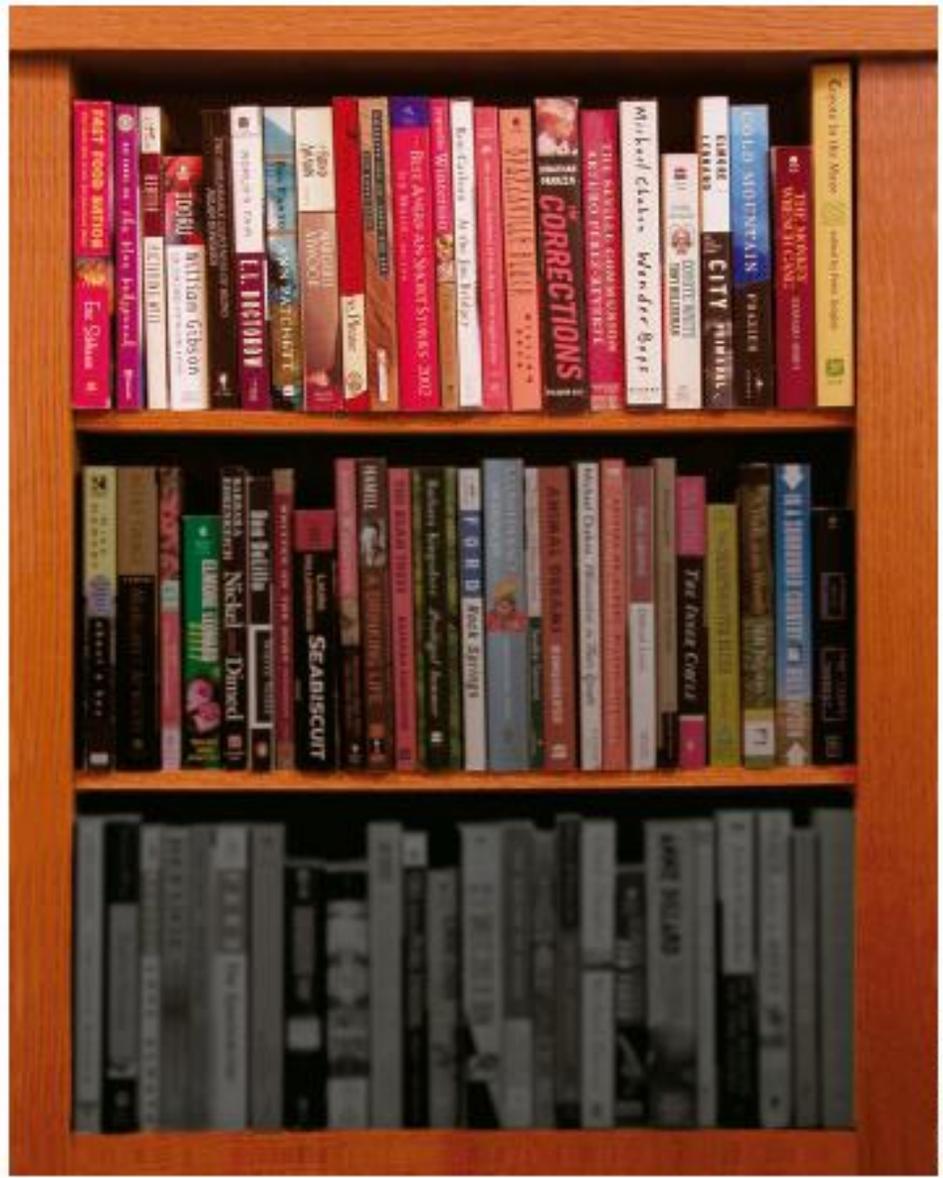
BASTONES = mayor sensibilidad



Menos agudeza

Más agudeza

Sí hay diferencia



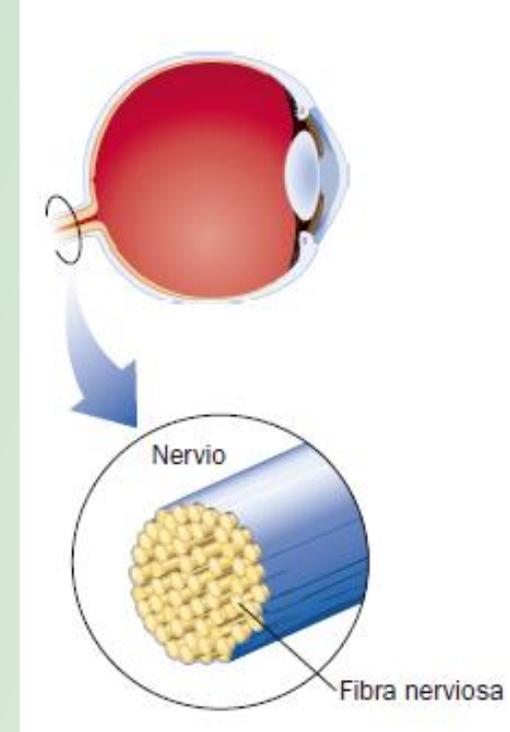
Bruce Goldstein

DIHCNRLAZIFWNSMQZKD X

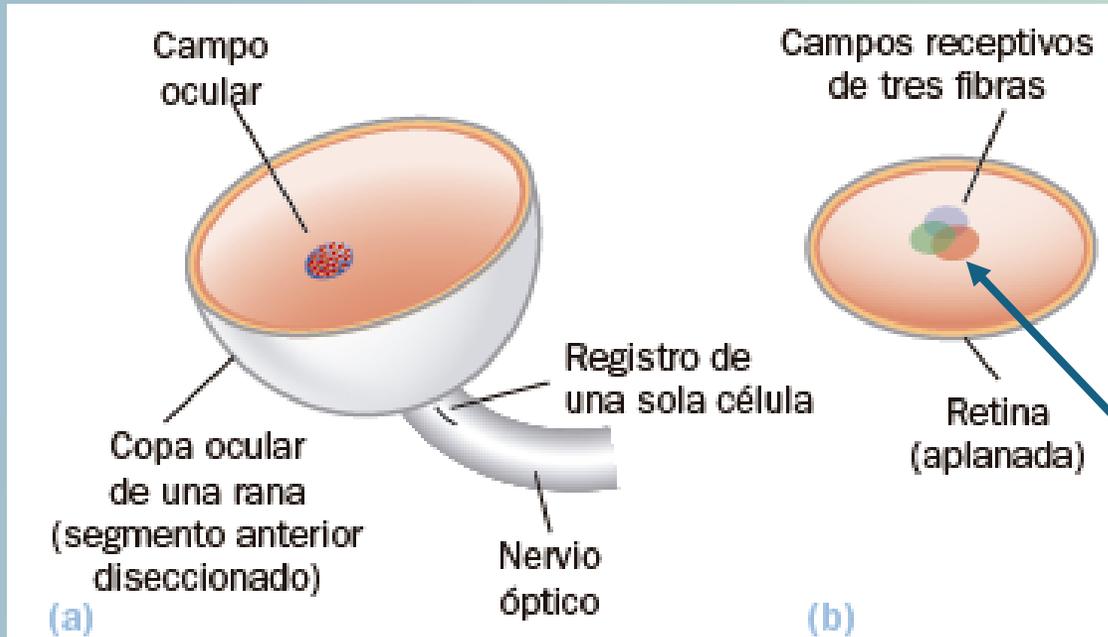
LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

CAMPOS RECEPTIVOS DE LAS CÉLULAS GANGLIONARES

Los axones de las células ganglionares salen de la retina formando el nervio óptico



Hartline (1938, 1940) descubrimiento de los campos receptivos de las células ganglionares



“La región de la retina que **debe ser iluminada** para obtener una respuesta de cualquier fibra determinada”

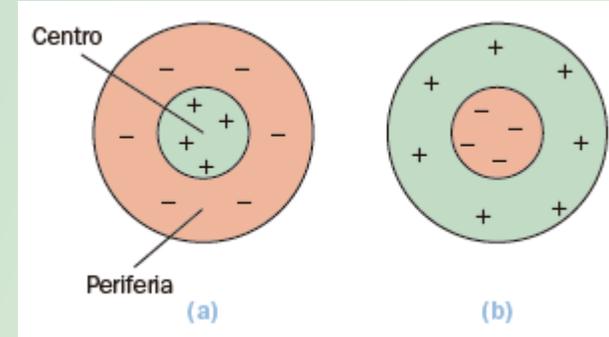
Los campos receptivos se superponen

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

CAMPOS RECEPTIVOS DE LAS CÉLULAS GANGLIONARES

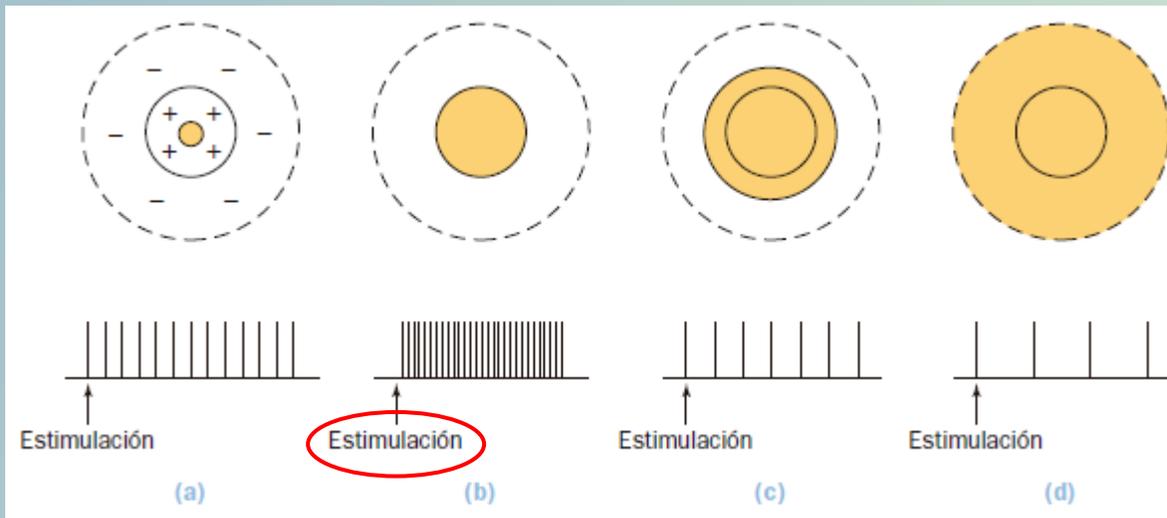
Kuffler (1953) los campos receptivos de las células ganglionares se organizan como **círculos concéntricos CENTRO-PERIFERIA** →

«la región retiniana sobre la cual una célula en el sistema visual **puede ser influenciada (excitada o inhibida)** por la luz»



+ **Región excitatoria:** Presentar luz **aumenta** la tasa de disparo

- **Región inhibitoria:** Presentar luz **reduce** la tasa de disparo



ANTAGONISMO CENTRO PERIFERIA

- (a) Pequeño aumento de la tasa de disparo
- (b) Aumento de la tasa de respuesta (máximo)
- (c) y (d) disminución de la tasa de disparo

¿Cómo funciona?

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

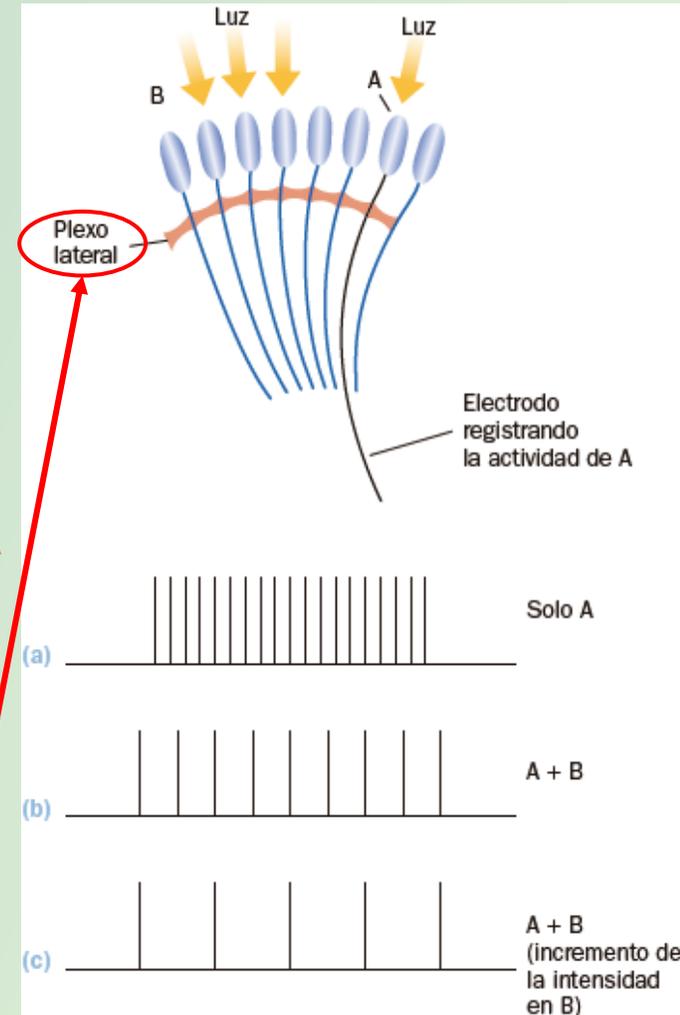
CAMPOS RECEPTIVOS DE LAS CÉLULAS GANGLIONARES

INHIBICIÓN LATERAL (Hartline, Wagner y Ratliff, 1956)

Registraron la actividad de los receptores del *Limulus*

- (a) Al estimular solo **A**: **aumento de la actividad.**
- (b) Al estimular **A + B** (puntos cercanos): **disminución actividad A**
- (c) Incremento de intensidad en **B**: **mayor disminución en A**

Plexo lateral equivalente a las células horizontales y amacrinas en humanos.



LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

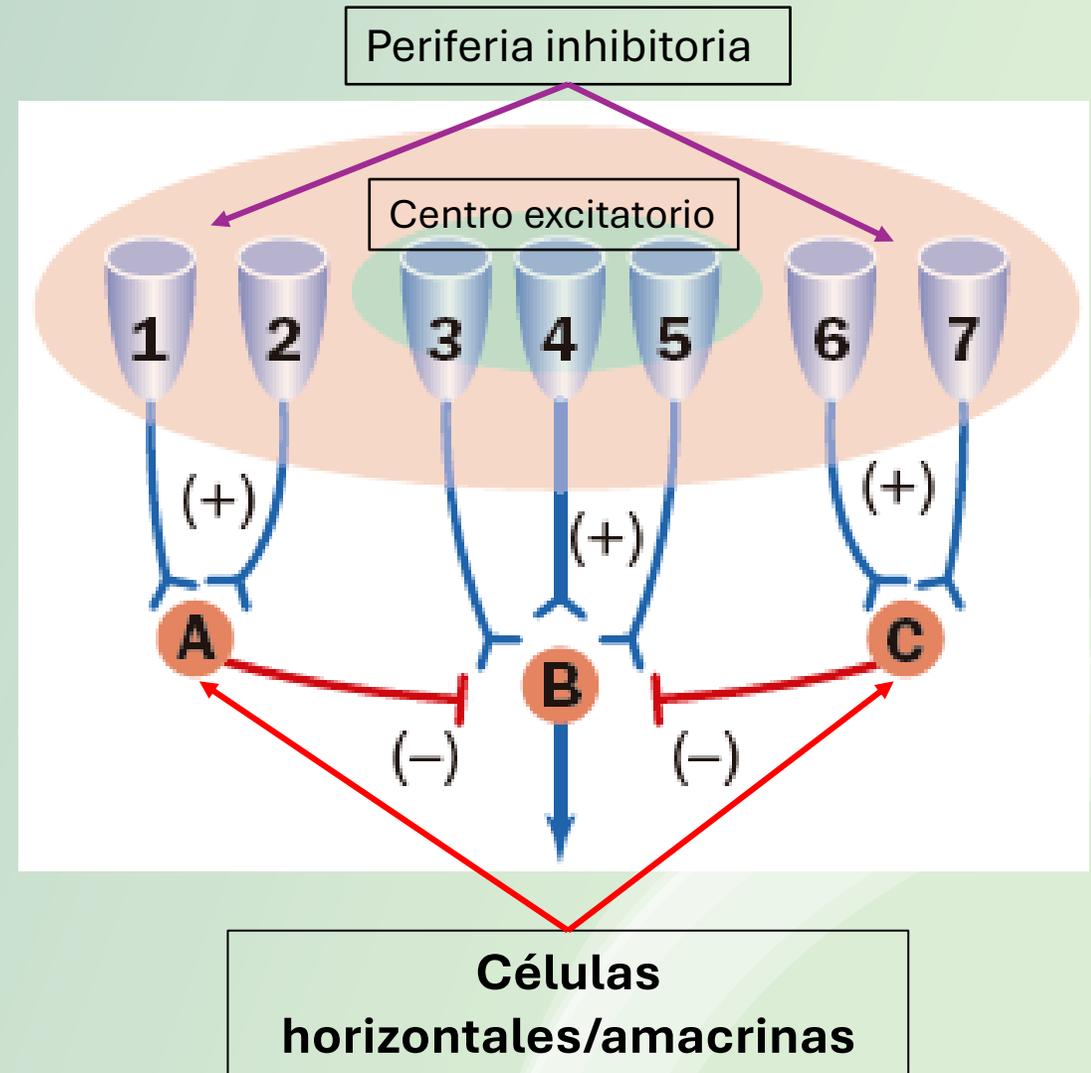
CAMPOS RECEPTIVOS DE LAS CÉLULAS GANGLIONARES

Conexiones **excitatorias** entre los receptores y cada una de las **neuronas (A,B,C)**

Conexiones **inhibitorias** entre las propias neuronas **A-B-C**

Si se estimulan los **receptores 3,4 y 5**, la **tasa de disparo de B** se incrementa

Si se estimulan **1,2 o 6,7**; se incrementa la **tasa de disparo de A y/o C**, disminuyendo la de **B**



LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

CAMPOS RECEPTIVOS DE LAS CÉLULAS GANGLIONARES

REALCE DE BORDES

El realce de los bordes es un **incremento en el realce percibido** en las **transiciones entre regiones** del campo visual

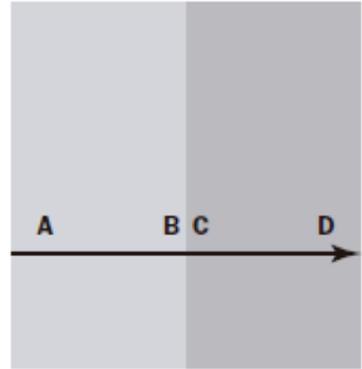
La **intensidad luminosa** es la misma desde **A hasta B** y desde **C hasta D**.

La **luminosidad percibida**, sin embargo, **no es igual**:

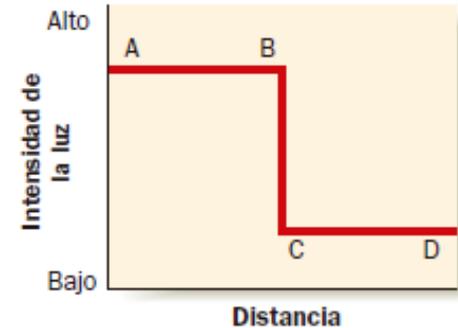
En la transición de **B a C** se percibe un **aclaramiento a la izquierda** y un **oscurecimiento a la derecha**

El borde se percibe como más nítido y definido de lo que es.

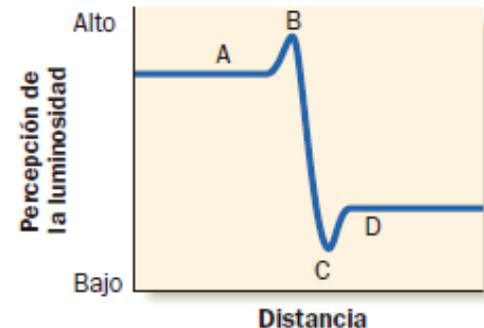
Ilusión de Chevreul



(a)



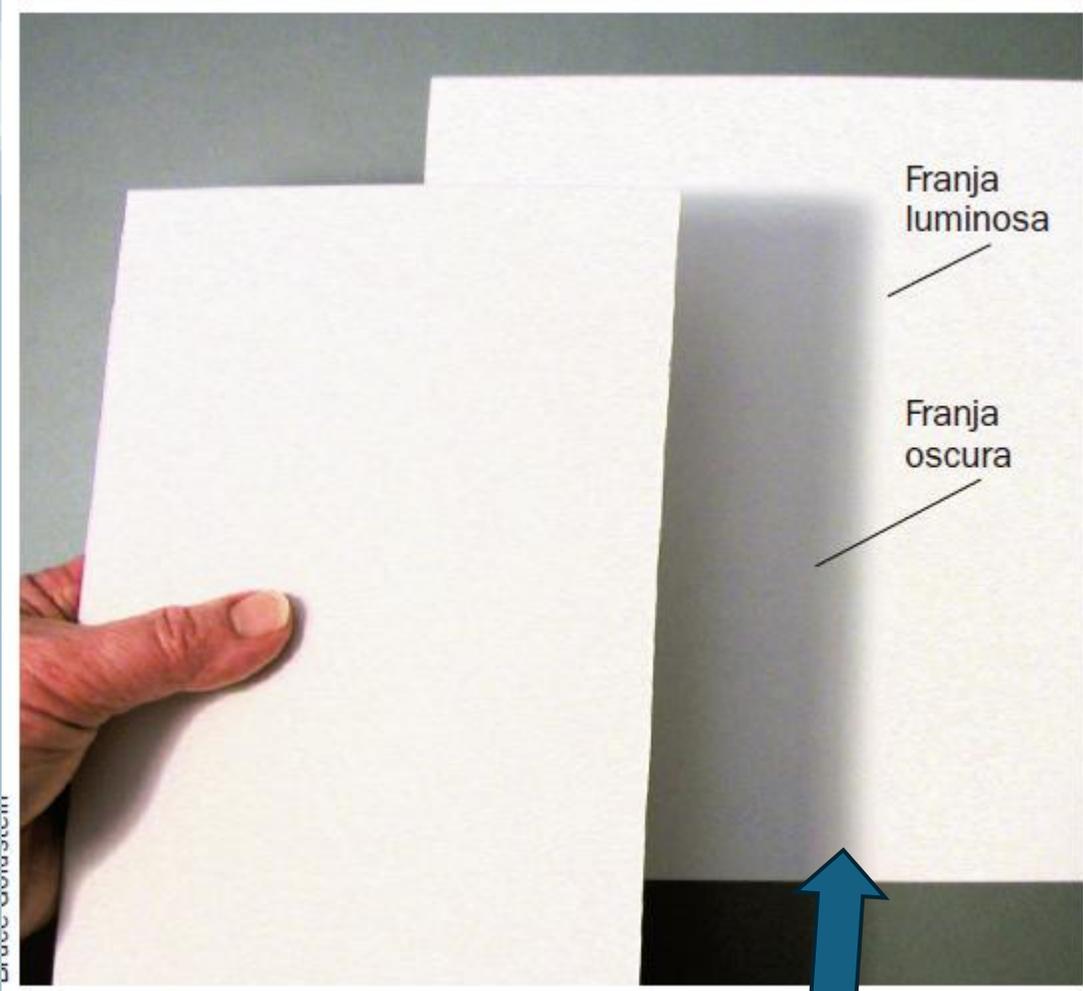
(b)



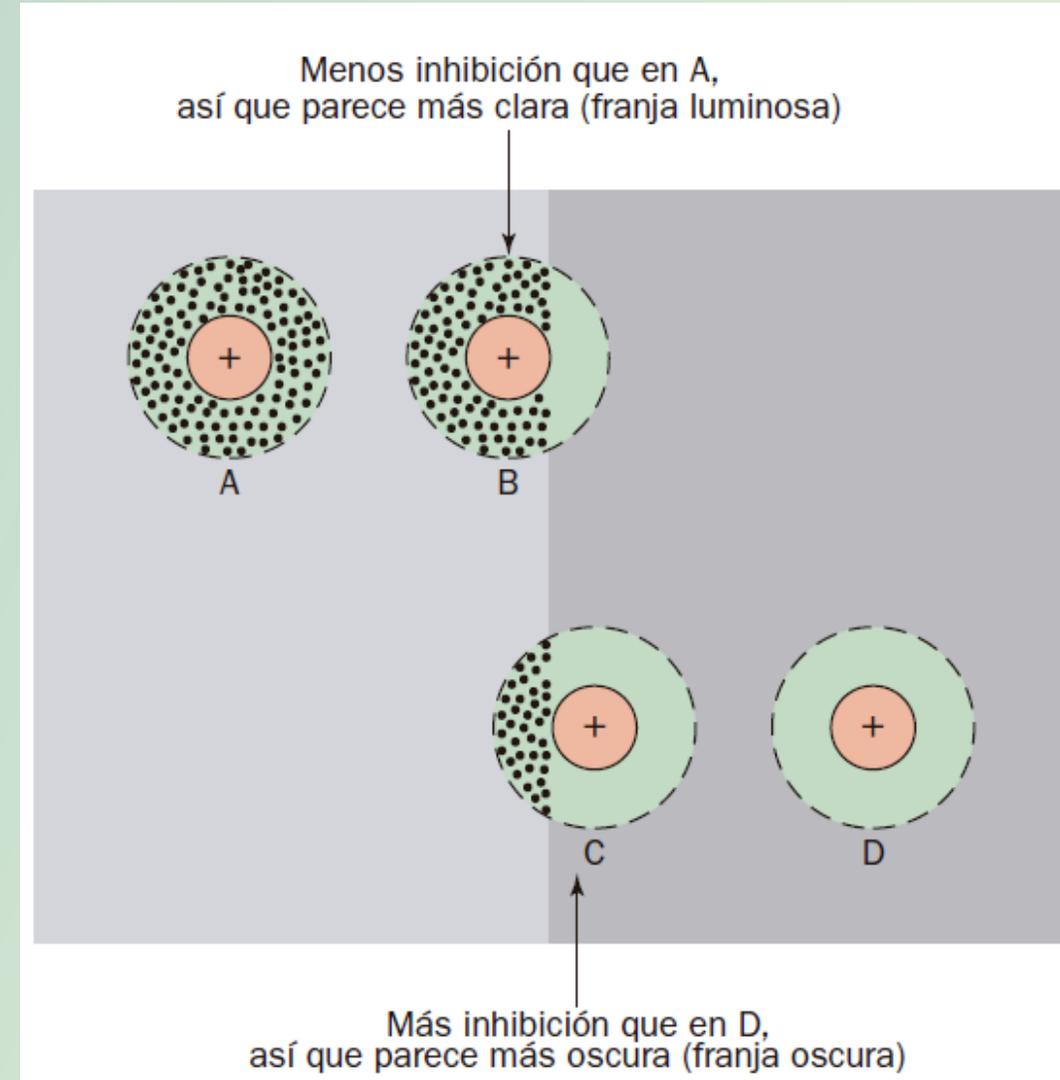
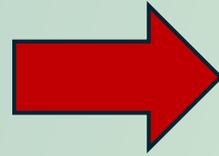
(c)

LA LUZ, EL OJO Y LOS RECEPTORES

CAMPOS RECEPTIVOS DE LAS CÉLULAS GANGLIONARES



Bandas de Mach



Hasta la
semana que
viene

