

Tema 28

Mecanismos periféricos de la visión

Bibliografía:

Neuroscience, exploring the brain (Bear, Connors, Paradiso)

VALOR ADAPTATIVO DE LA VISIÓN

LUZ - ENERGIA ELECTROMAGNÉTICA TRANSMITIDA COMO ONDAS

EL OJO COMO CÁMARA FOTOGRÁFICA

LA RETINA, MUCHO MÁS QUE UNA PELÍCULA FOTOGRÁFICA

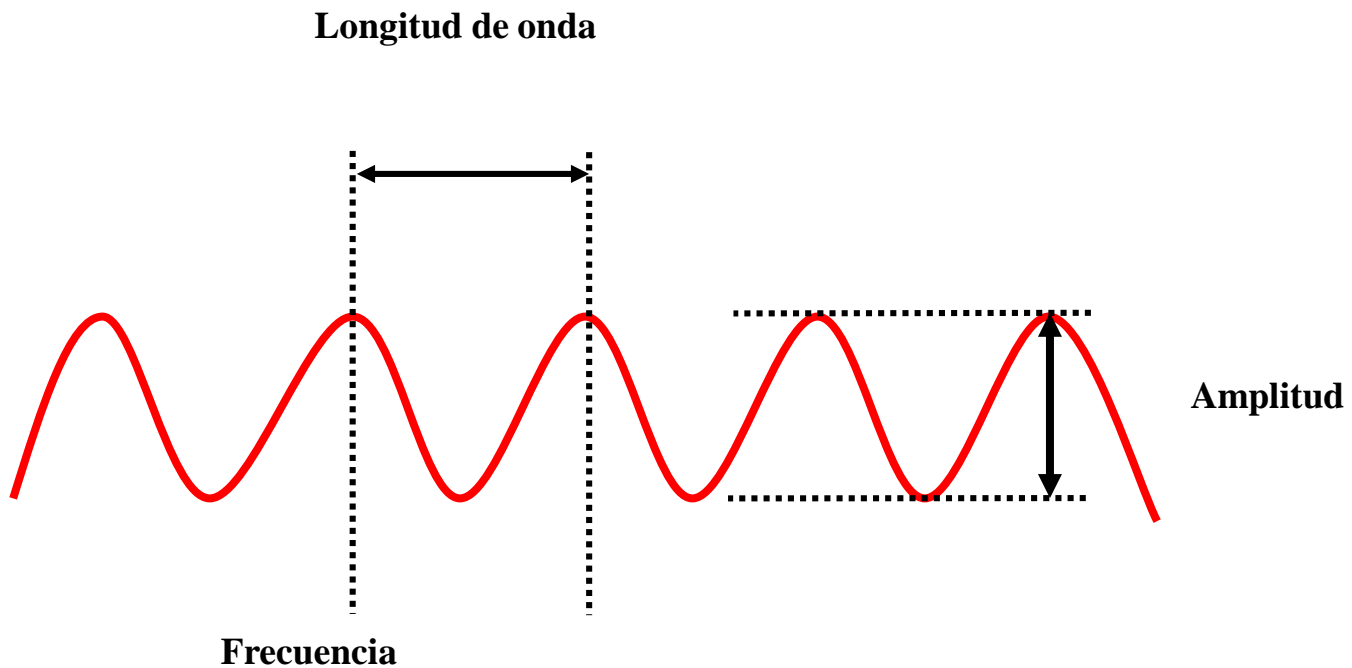
**BLANCOS DEL NERVIO ÓPTICO SON NGL,
NÚCLEOS QUE REGULAN EL CICLO CIRCADIANO
N. IMPLICADOS EN EL CONTROL DE LA POSICIÓN OCULAR**

Estructura:

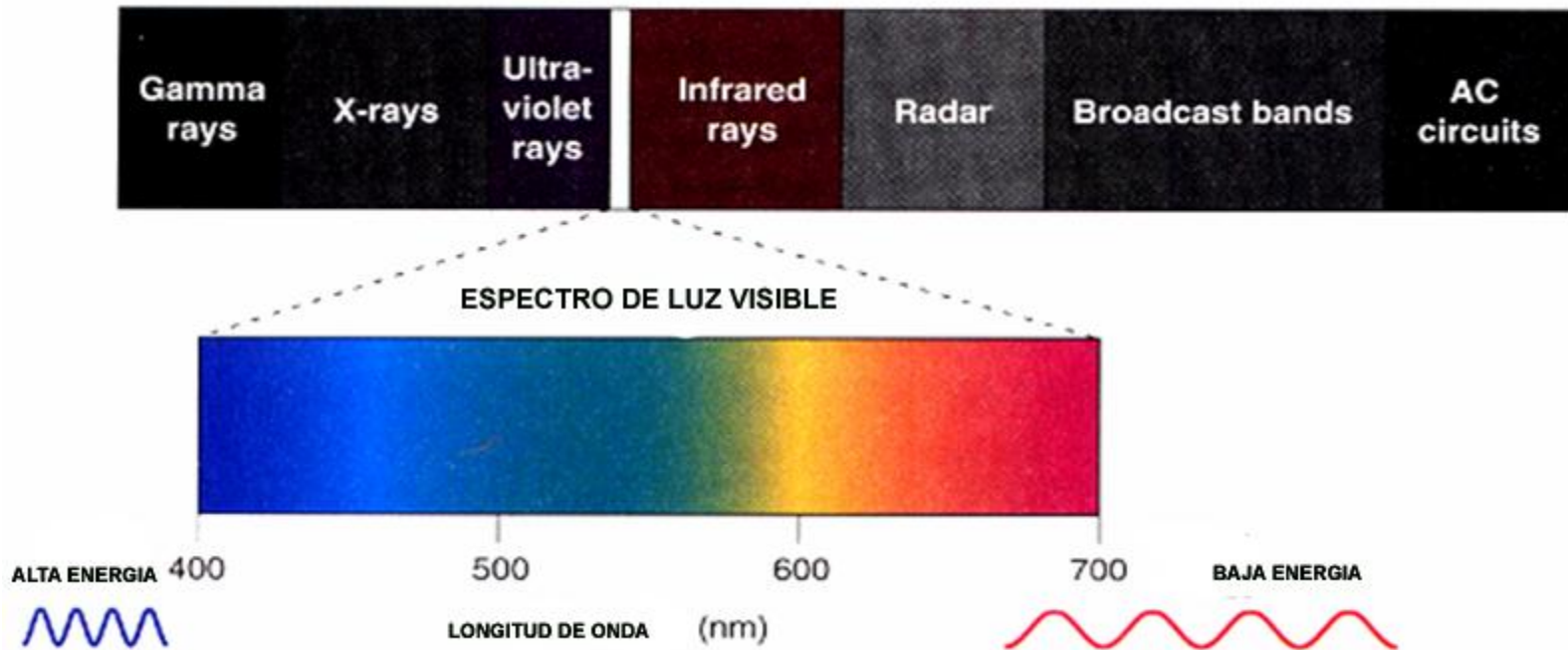
MECANISMOS PERIFÉRICOS DE LA VISIÓN

- FÍSICA DE LA VISIÓN
- ANATOMÍA DEL OJO
- ANATOMIA MICROSCOPICA DE LA RETINA,
PROCESAMIENTO RETINIANO,
ESTRUCTURA DEL FOTORRECEPTOR
- FOTOTRANSDUCCIÓN, CASCADA BIOQUÍMICA
- DETECCIÓN DEL COLOR
- ADAPTACIÓN A LA LUZ Y A LA OSCURIDAD
- PROCESAMIENTO RETINIANO:
CÉLULA BIPOLAR, CAMPO RECEPTIVO
CÉLULA GANGLIONAR, CAMPO RECEPTIVO
TIPOS: ON- center y OFF-center
magnocelular (M) y parvocelular (P)
CGRs sensibles al color
- ELECTRORETINOGRAMA

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

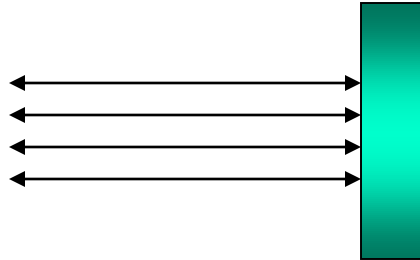


ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

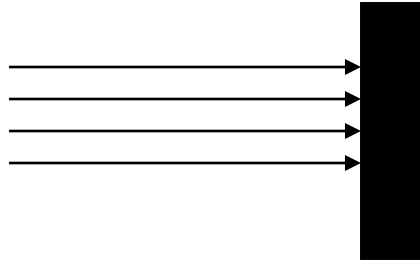


INTERACCIONES DE LA LUZ Y LA MATERIA

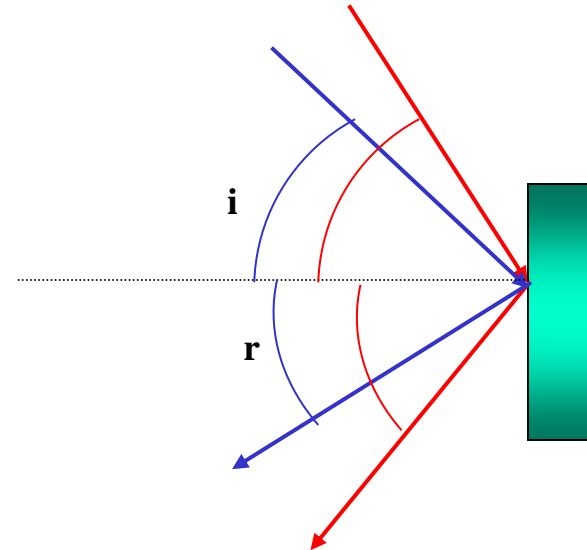
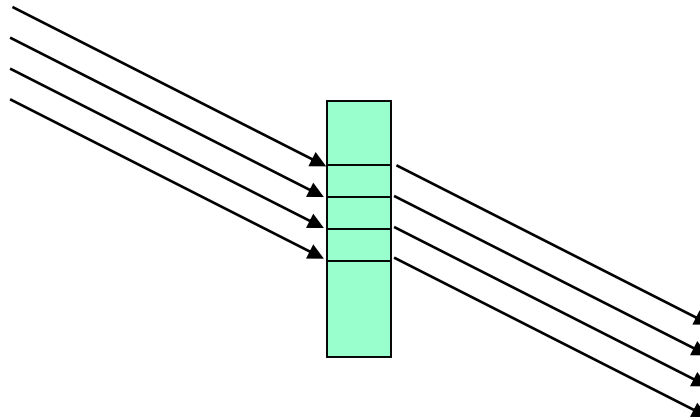
REFLEXIÓN



ABSORCIÓN

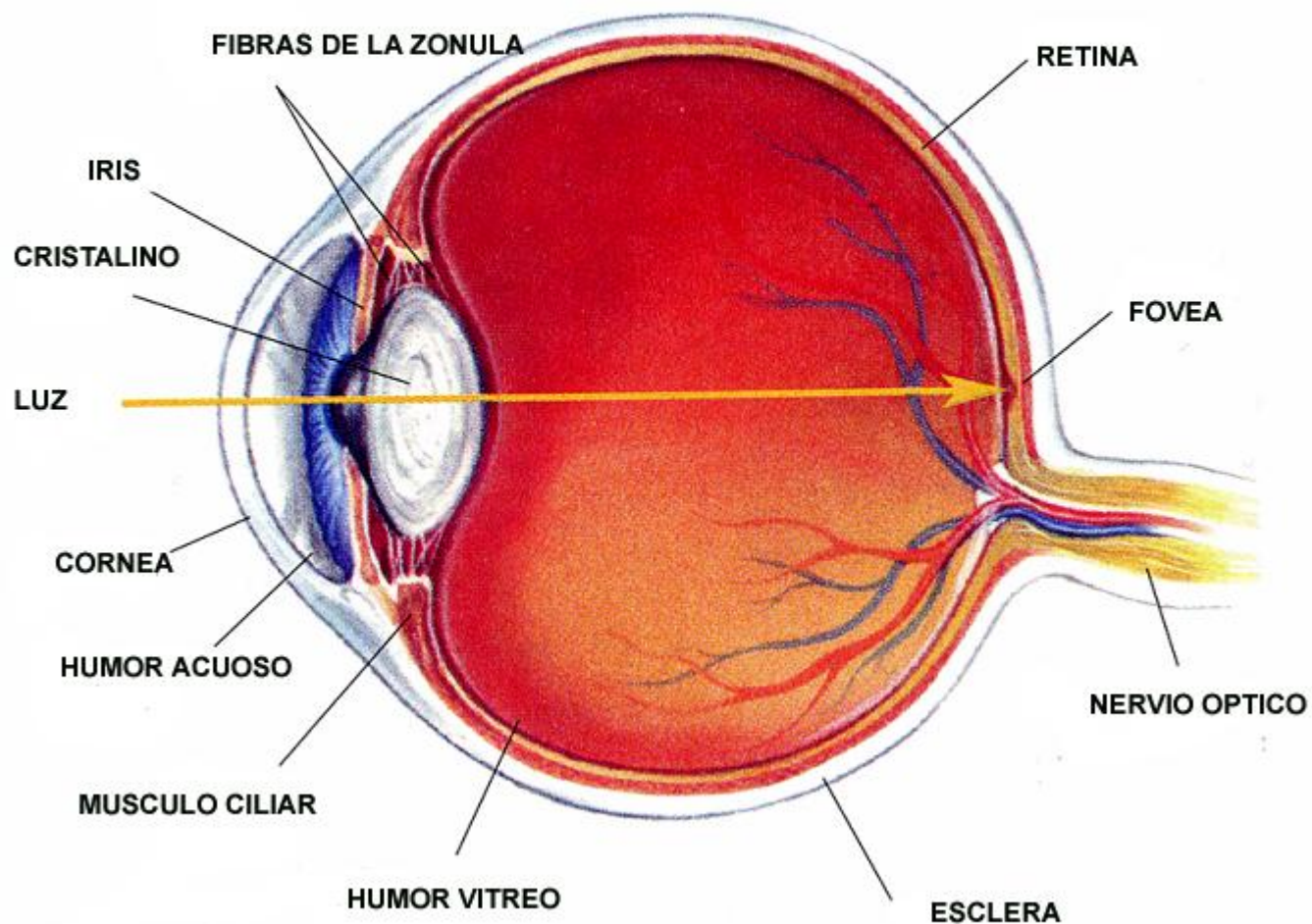


REFRACCIÓN

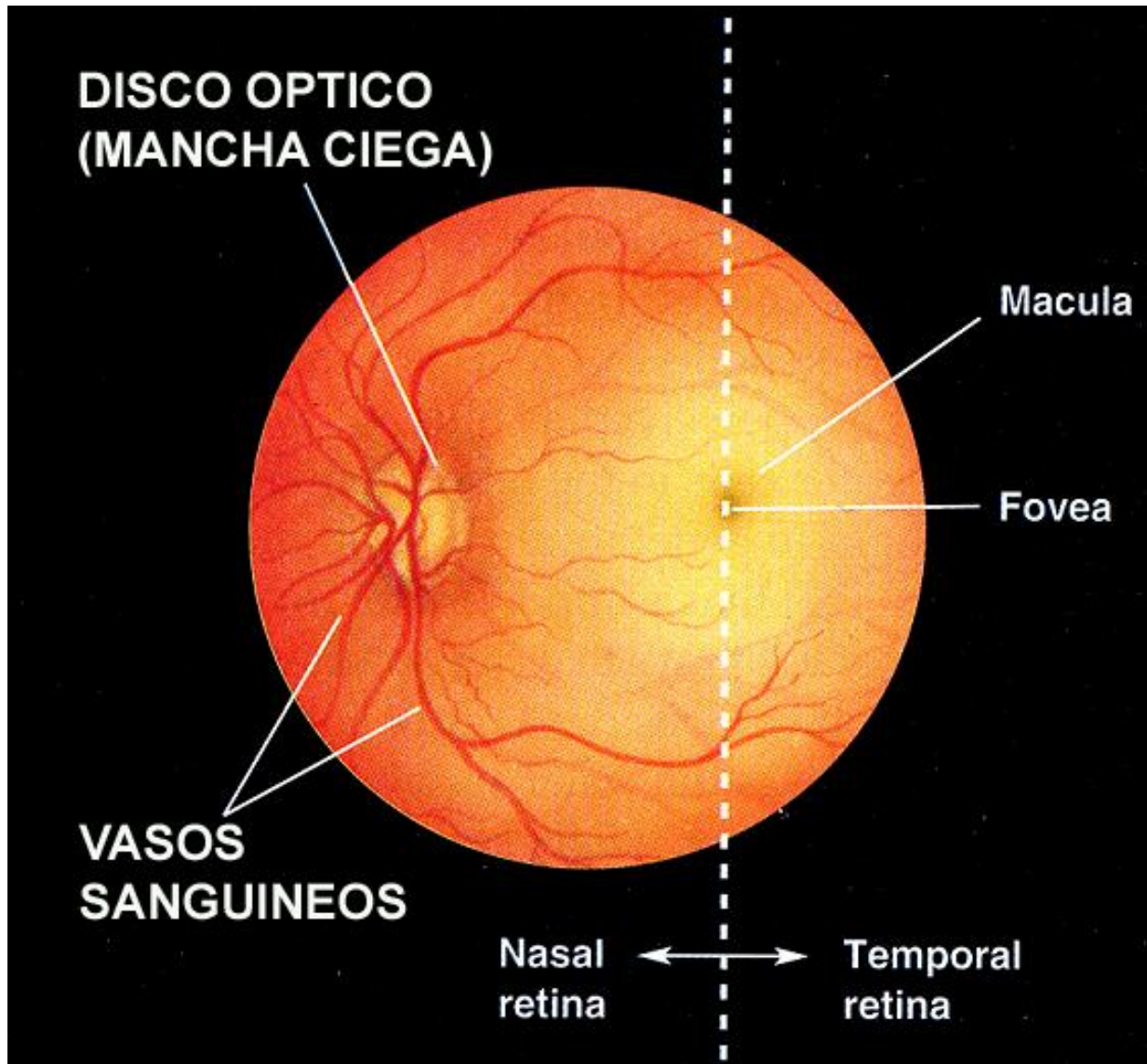


COLOR

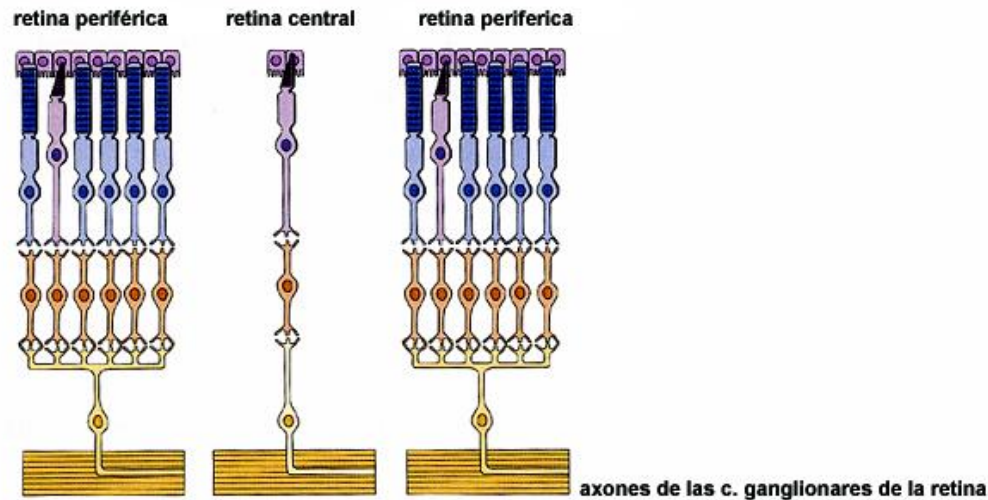
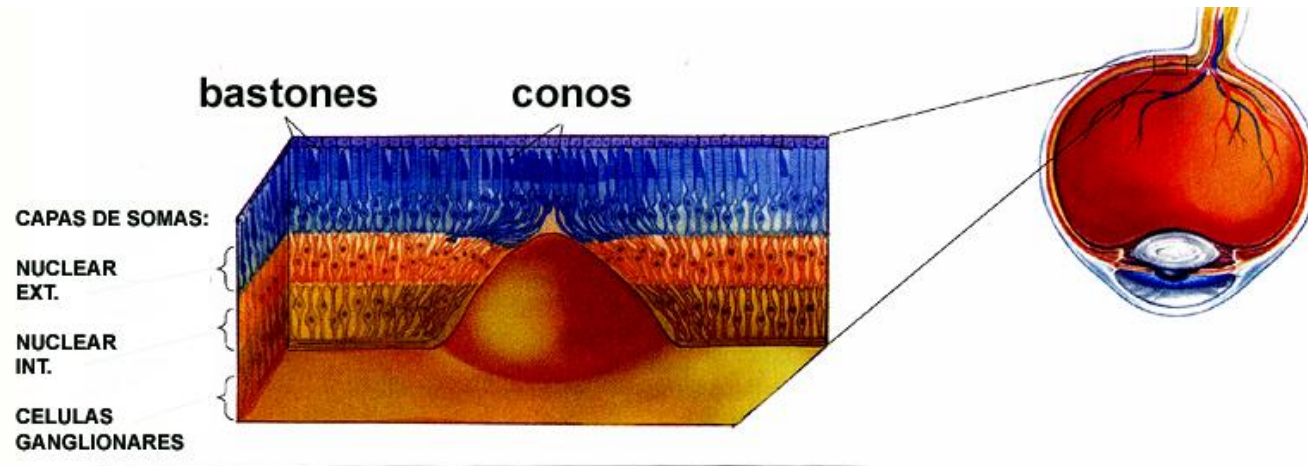
CORTE SAGITAL DEL OJO



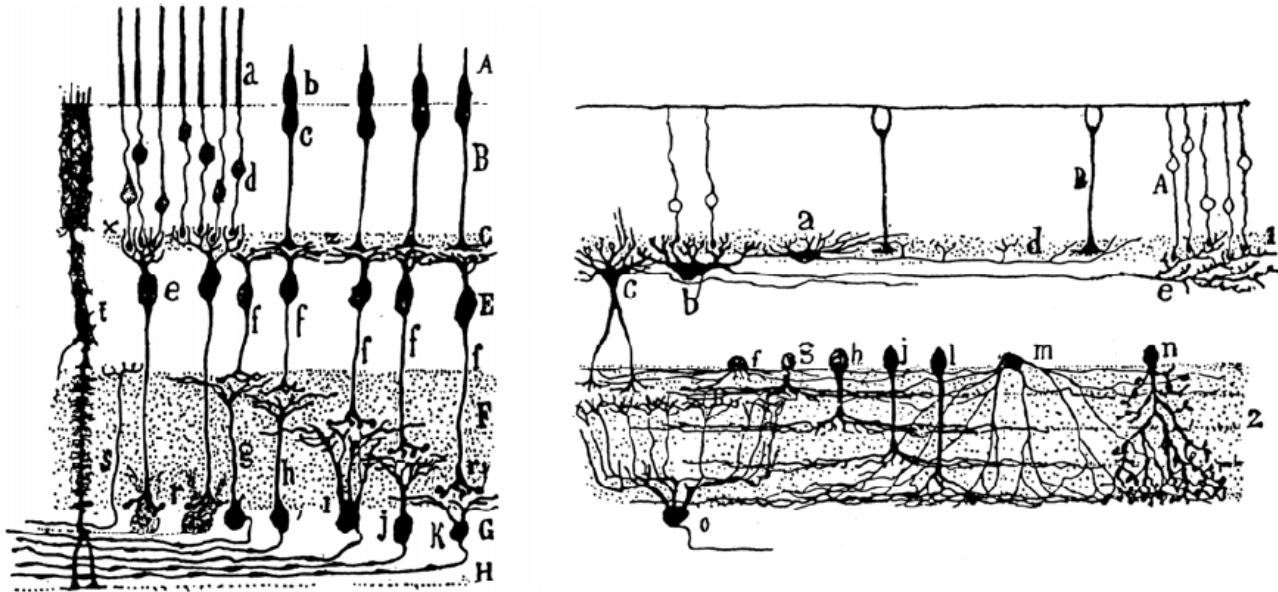
FONDO OCULAR



ANATOMIA MICROSCOPICA DE LA RETINA

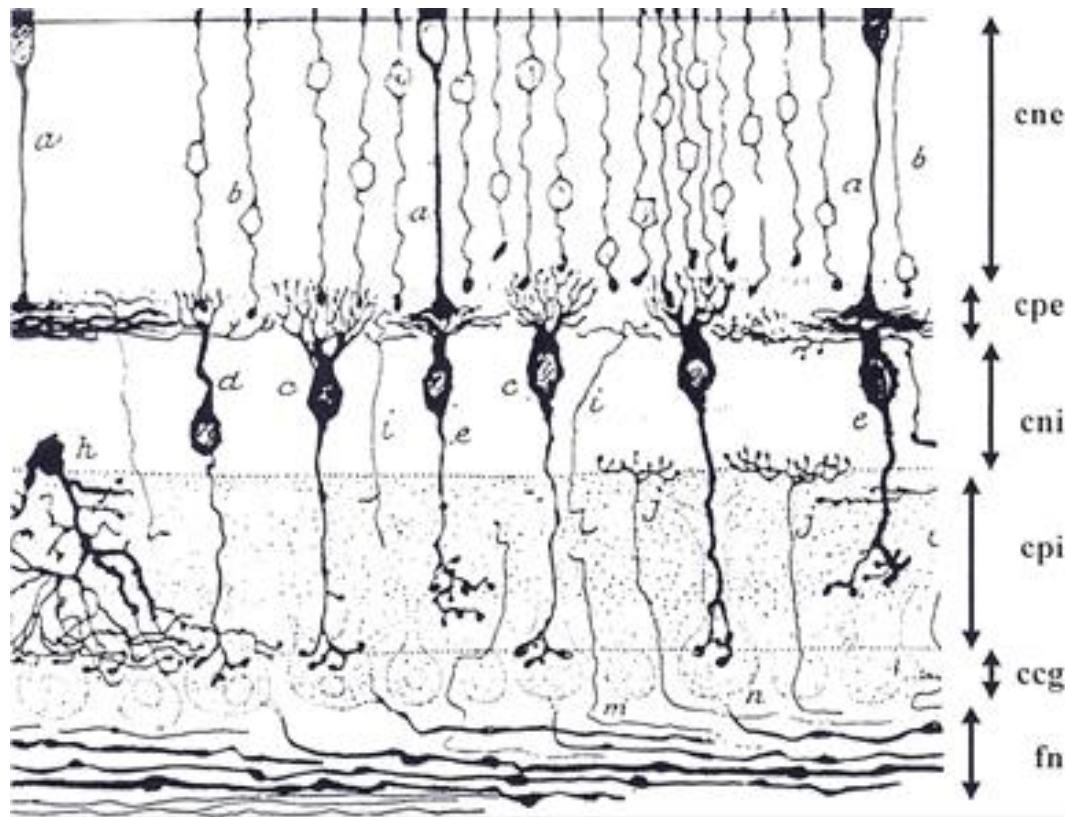


Retina



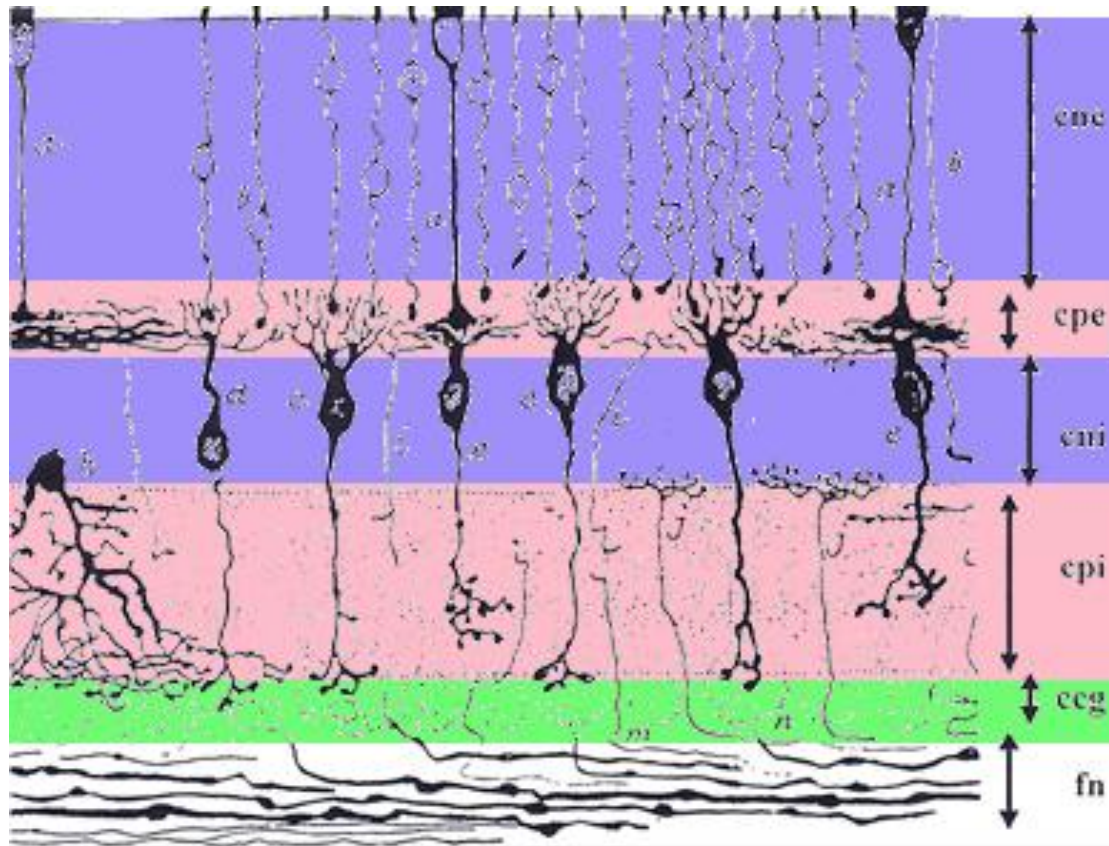
Esquema de las células retinianas que forman las vías centrípetas y transversales de la información. Dibujos de las células de la retina implicadas en el procesamiento centrípeto (izquierda) y paralelo (derecha) de la información visual. Modificados de Cajal, 1893.

Retina



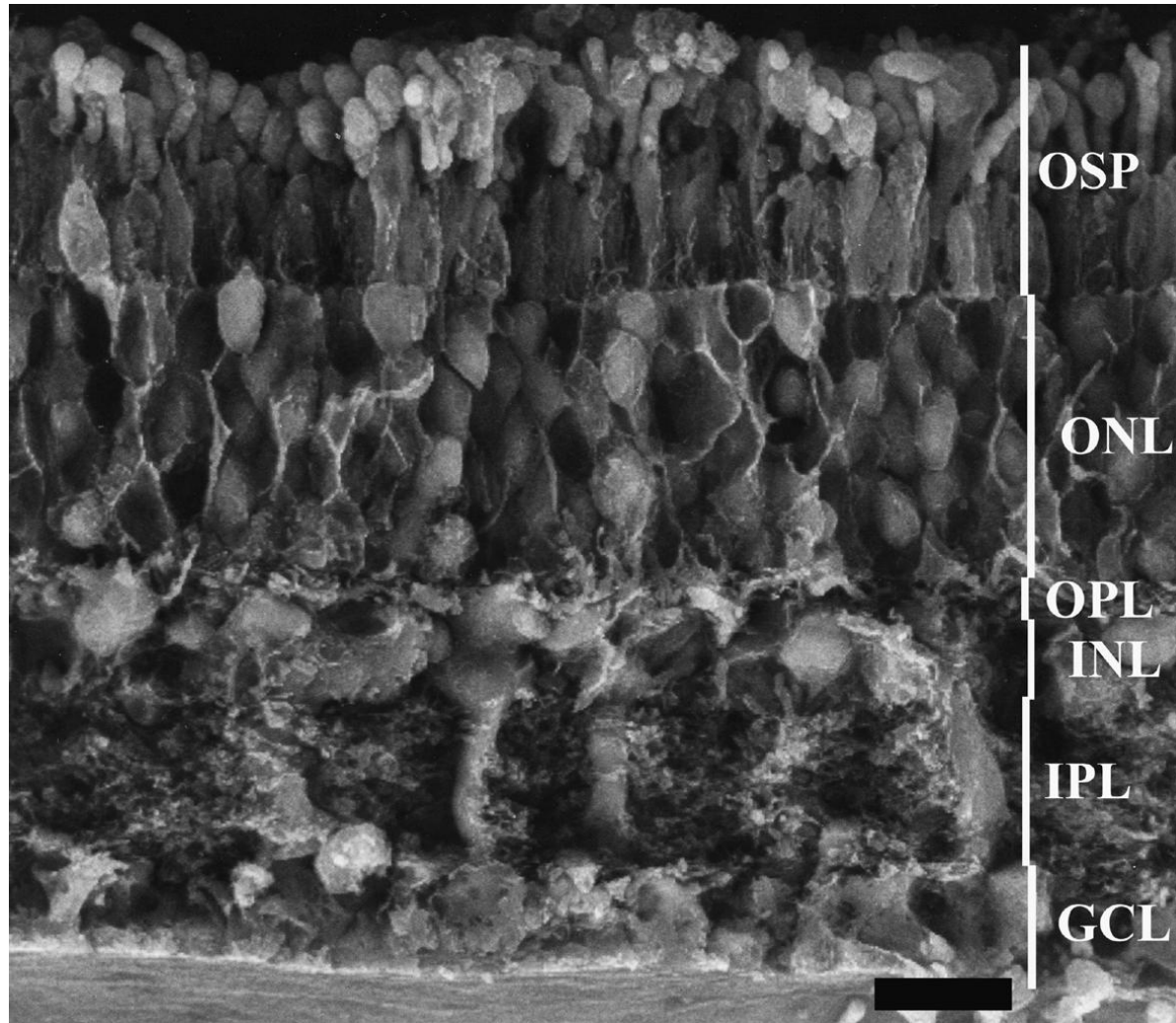
Ramón y Cajal, 1928

Retina

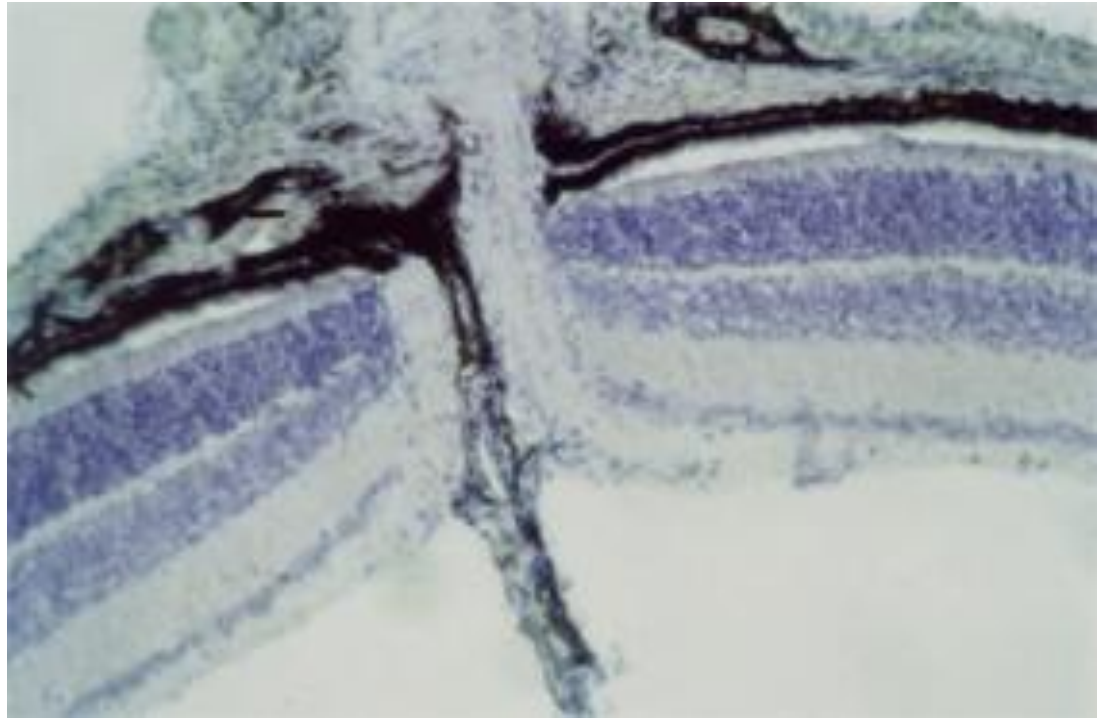
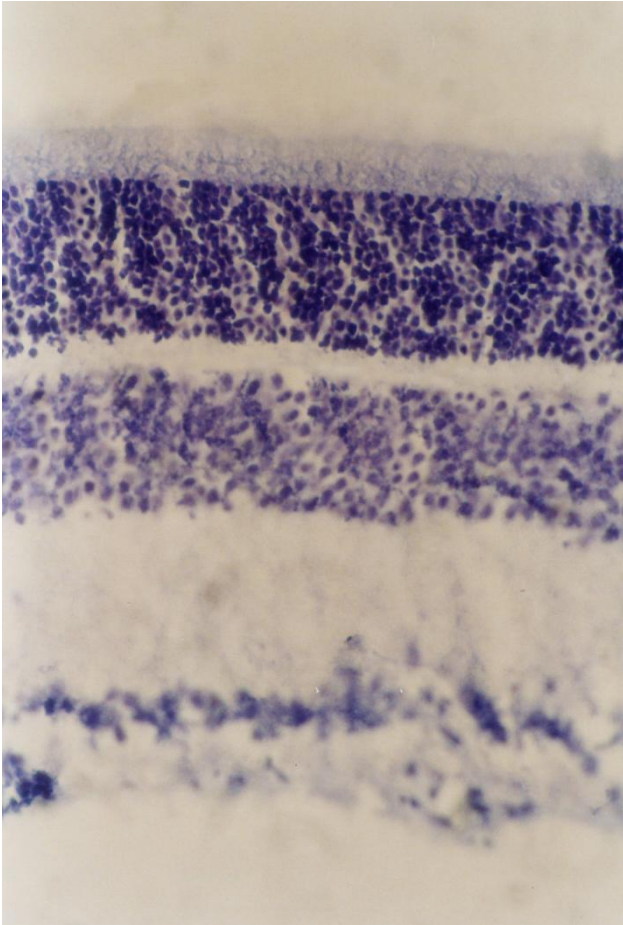


Ramón y Cajal, 1928

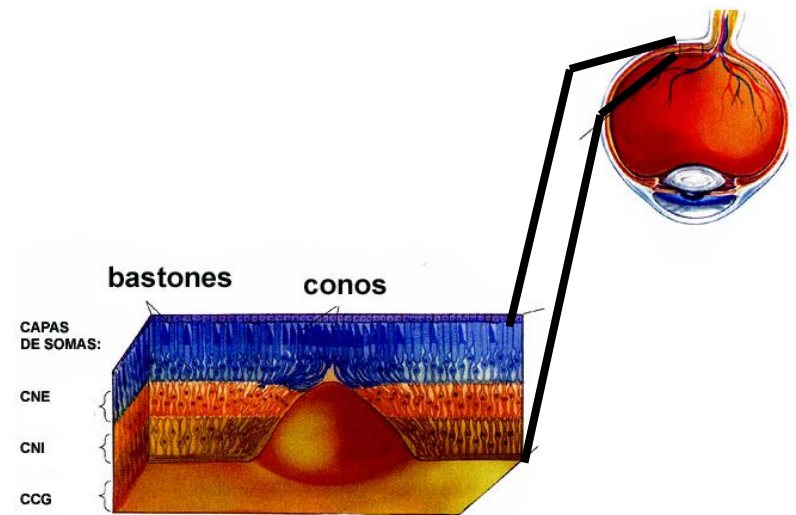
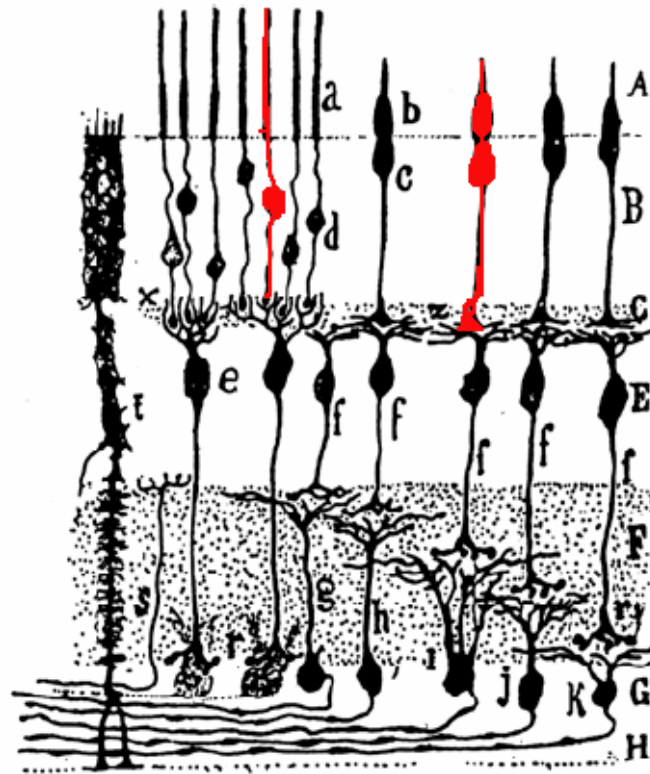
Retina: corte transversal a microscopía electrónica de barrido



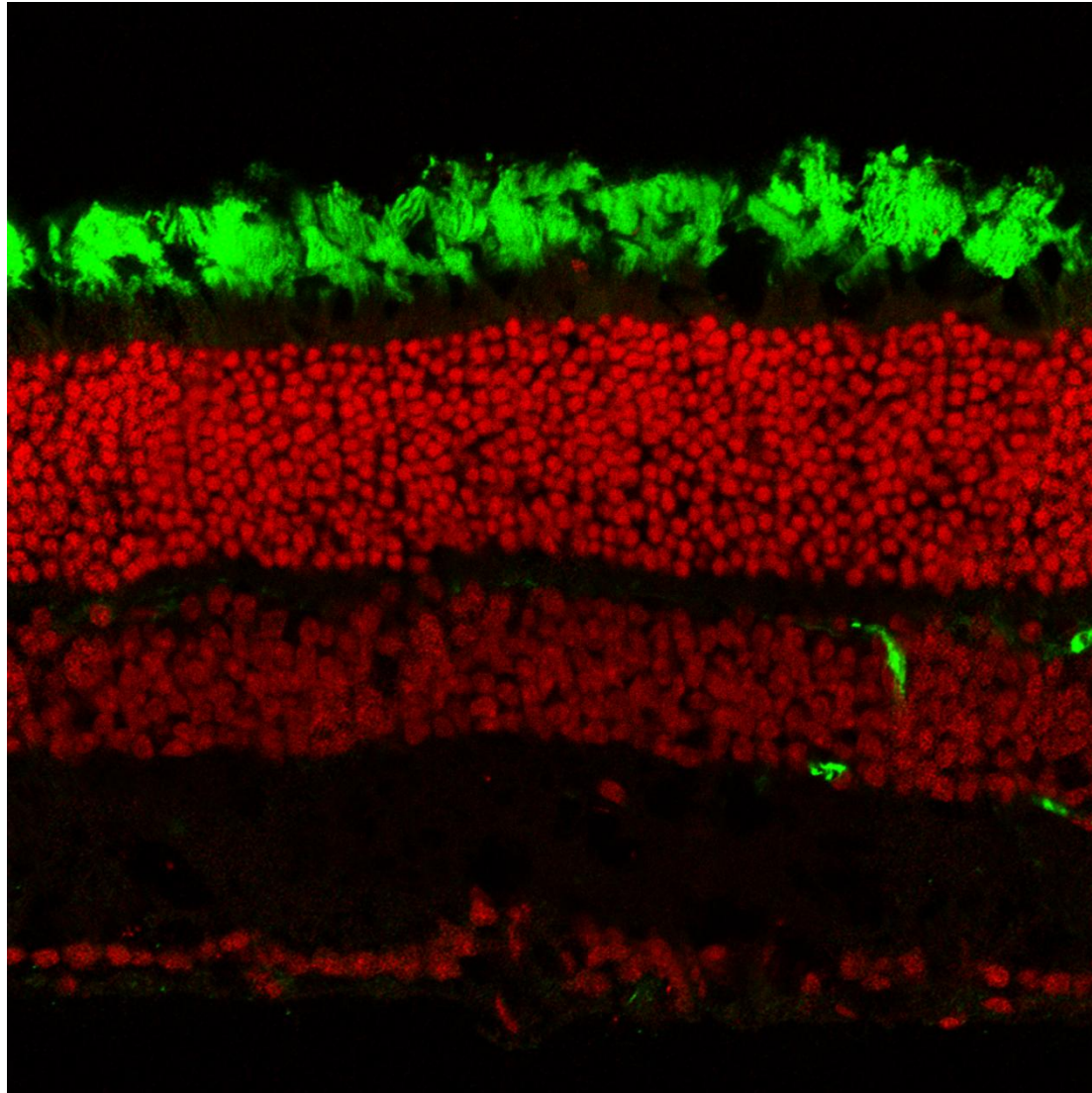
Retina teñida con hematoxilina



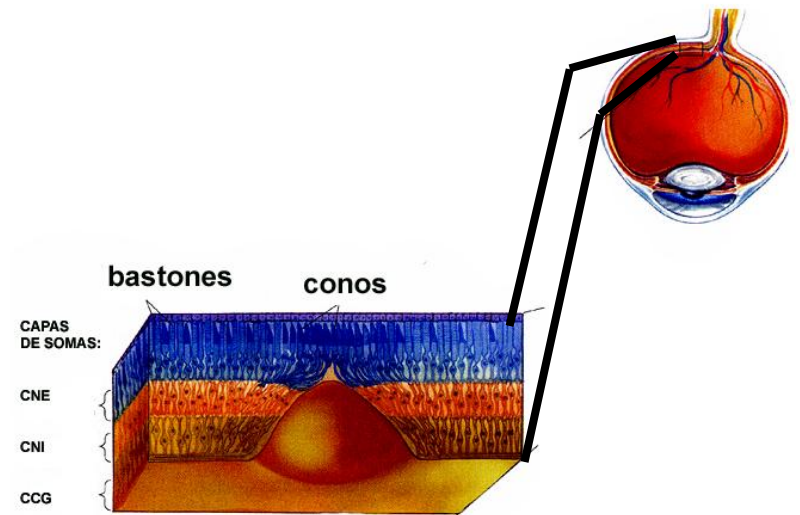
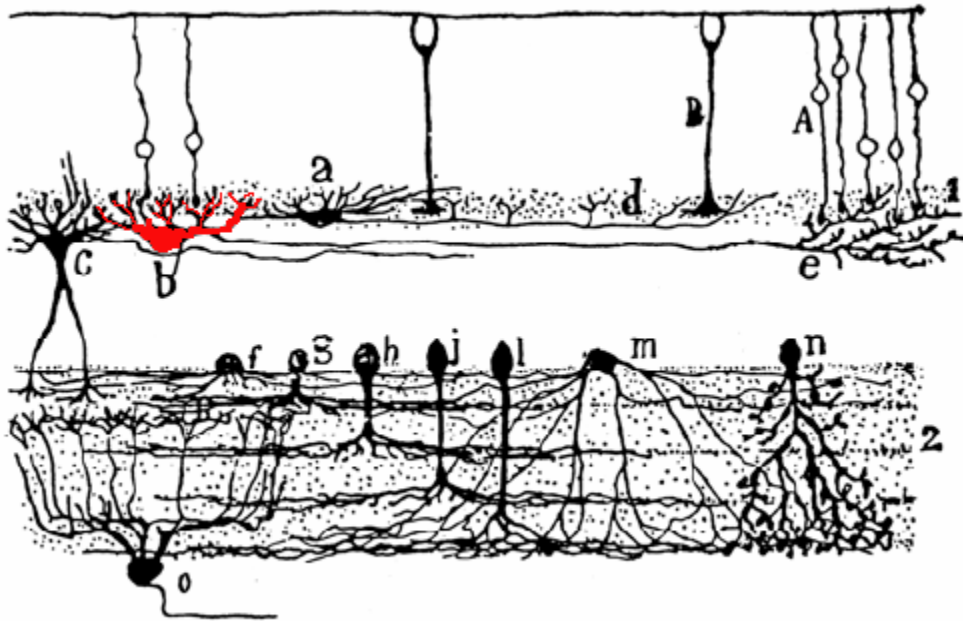
Fotorreceptores: conos y bastones



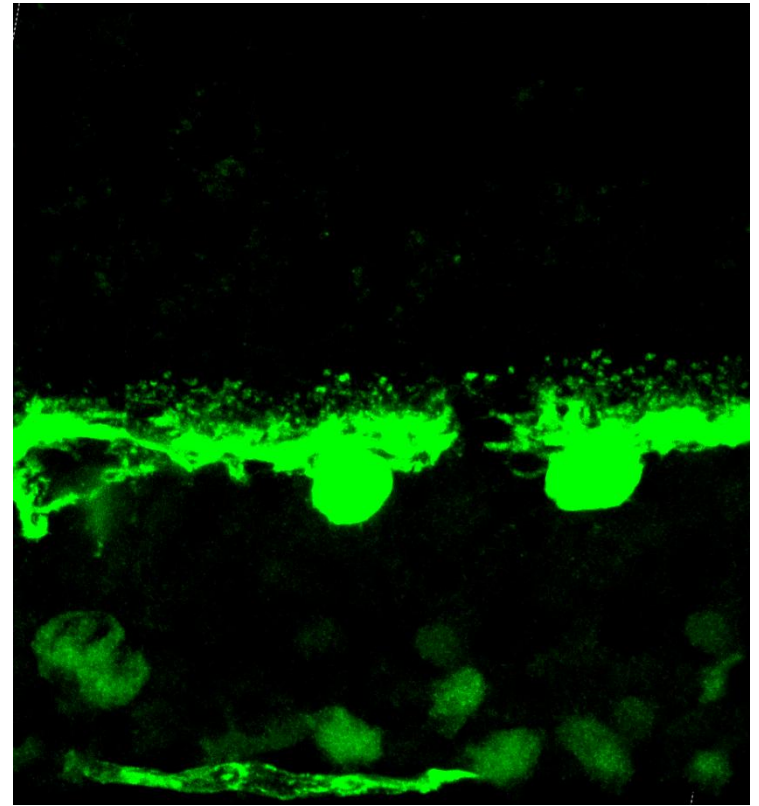
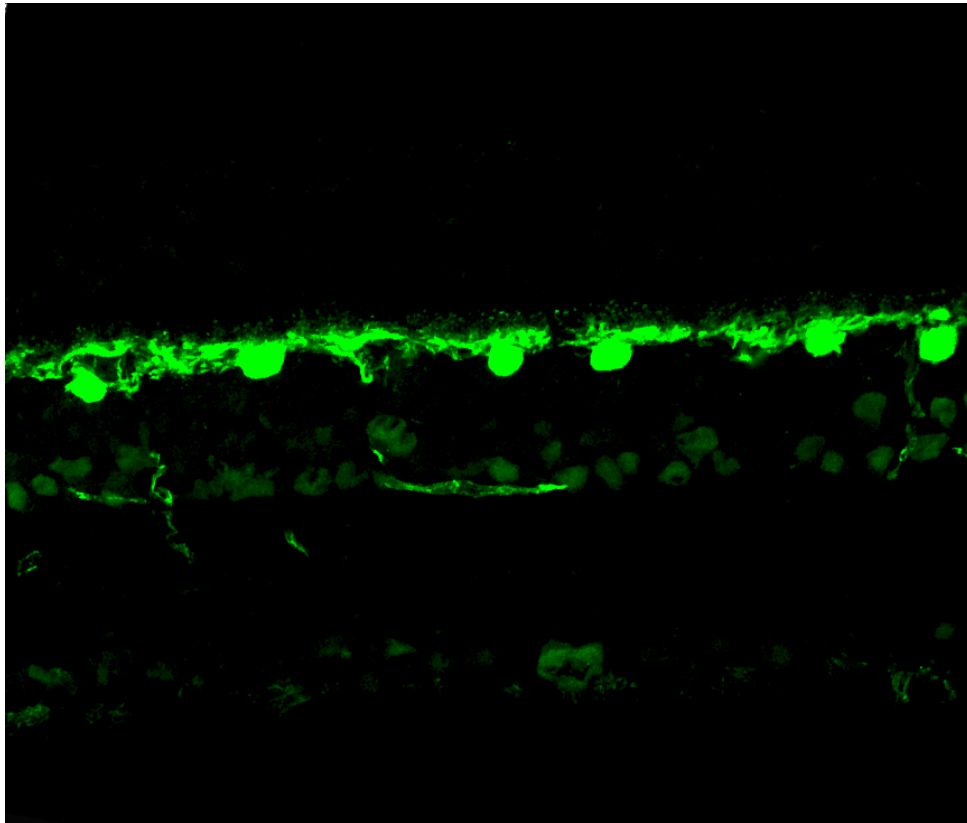
Retina marcada con TO-PRO 3 y anticuerpo contra rodopsina



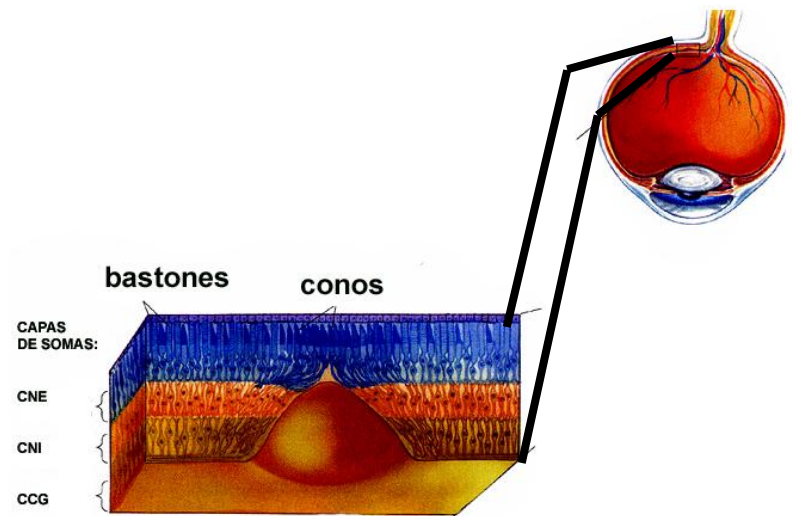
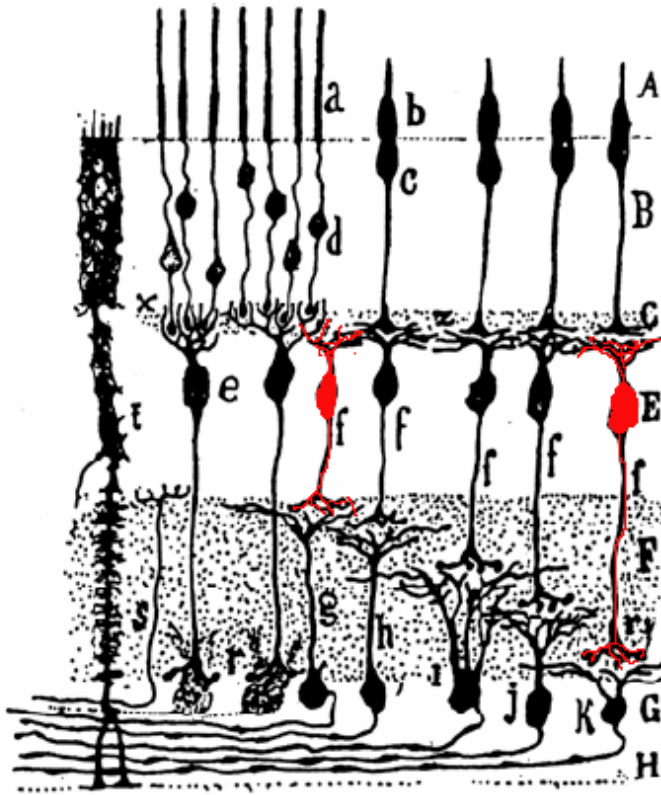
Célula horizontal



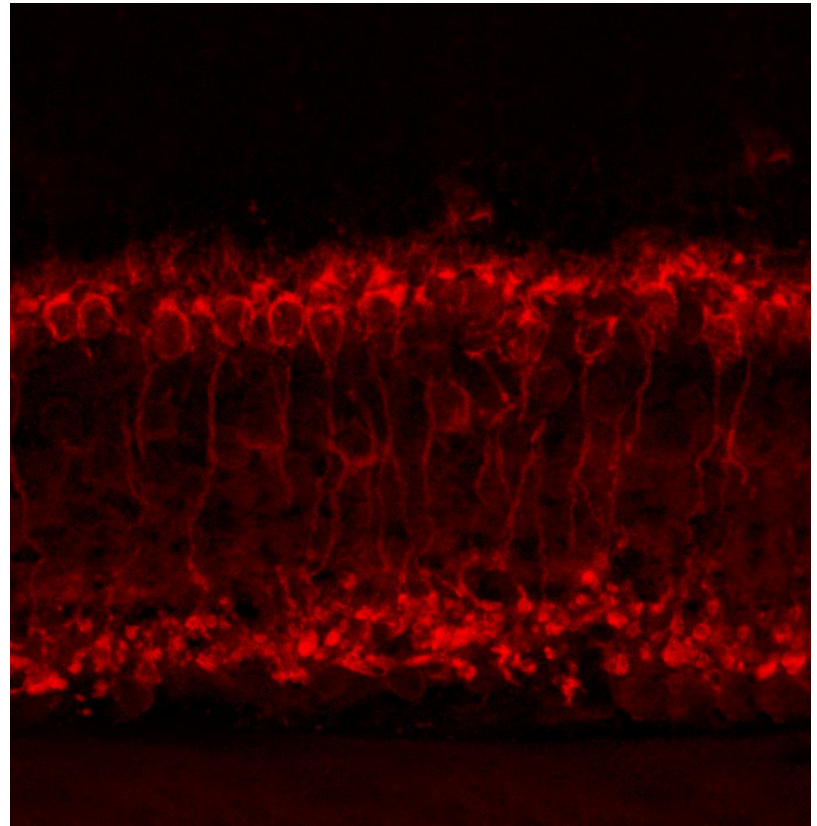
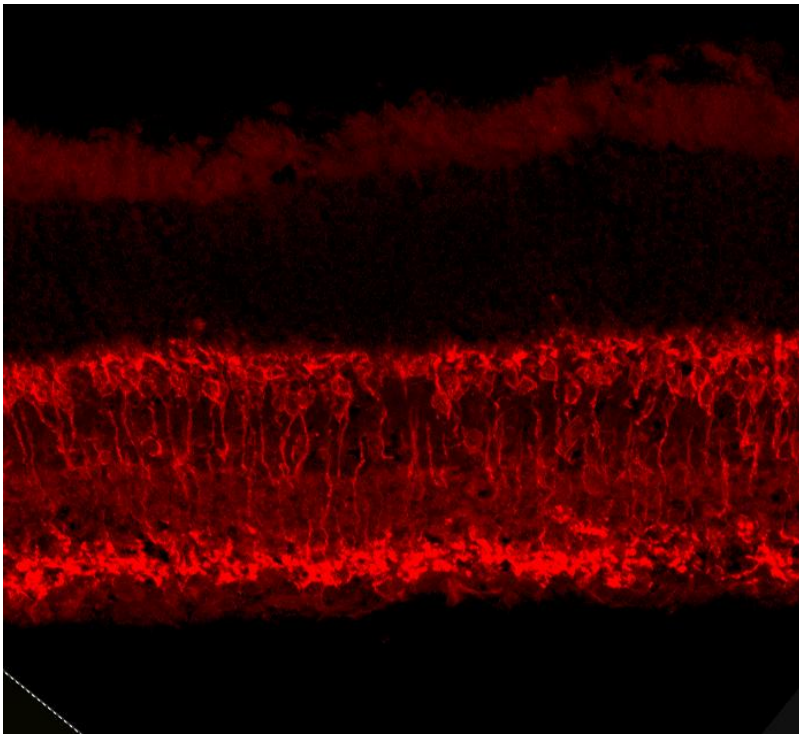
Células horizontales: anticuerpo contra calbindina



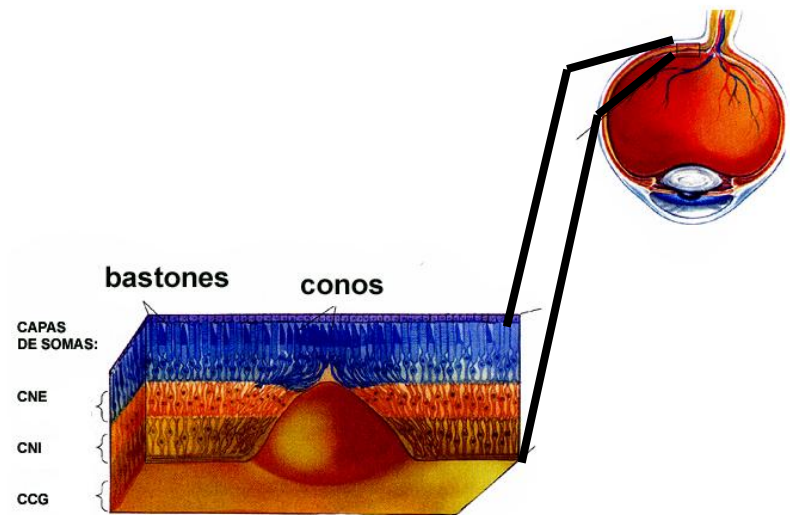
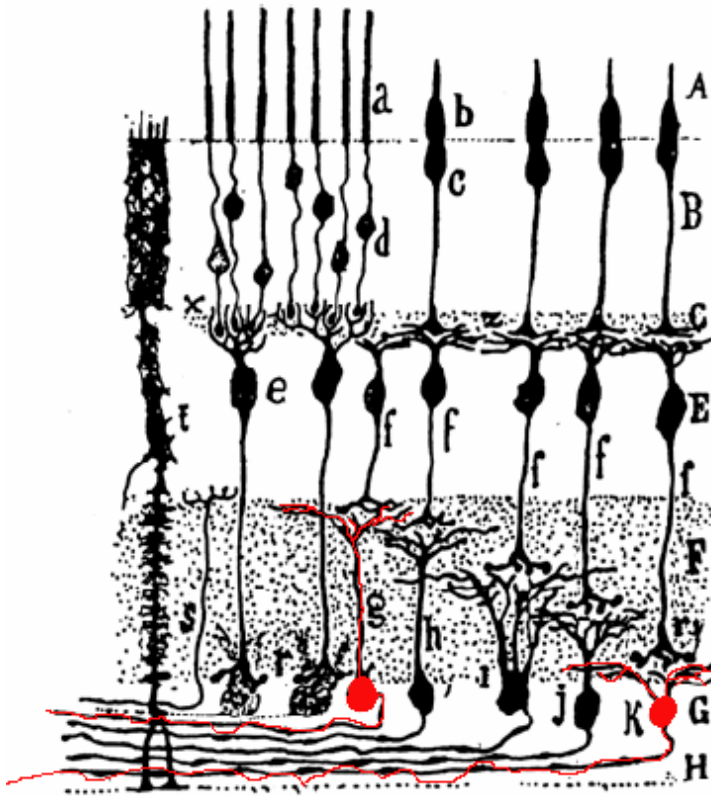
Célula bipolar



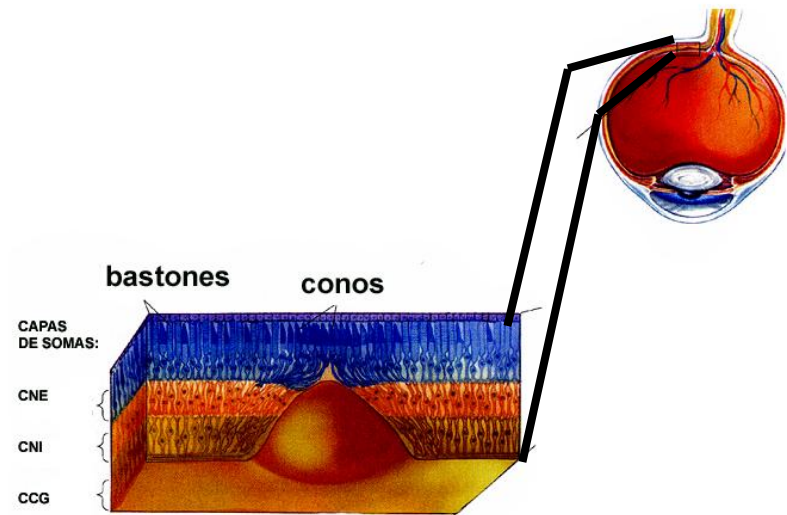
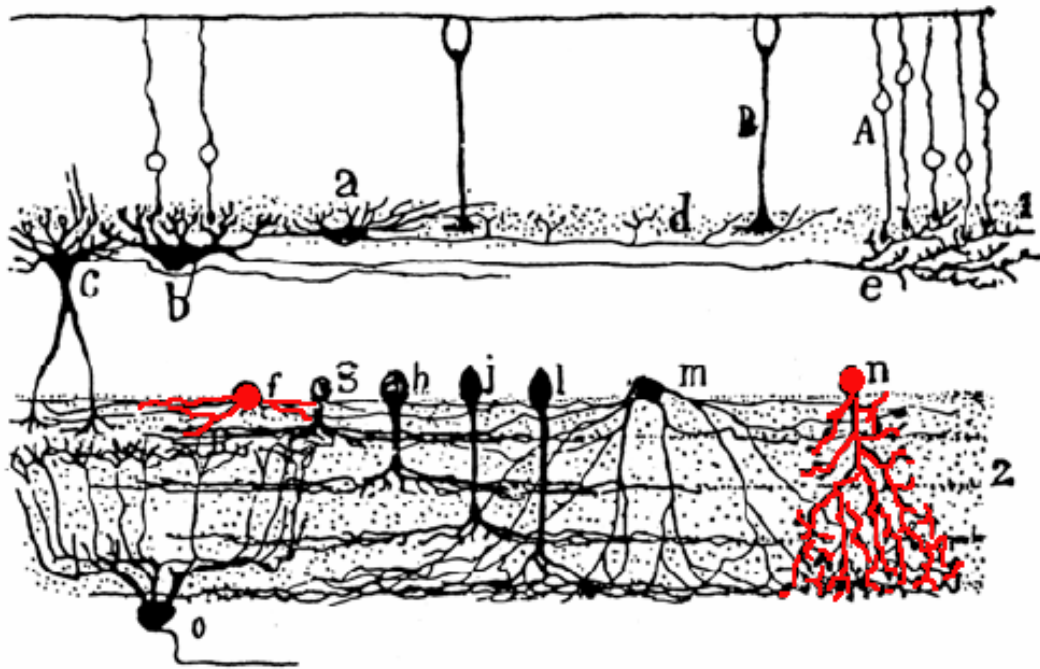
Células bipolares: anticuerpo contra α -PKC



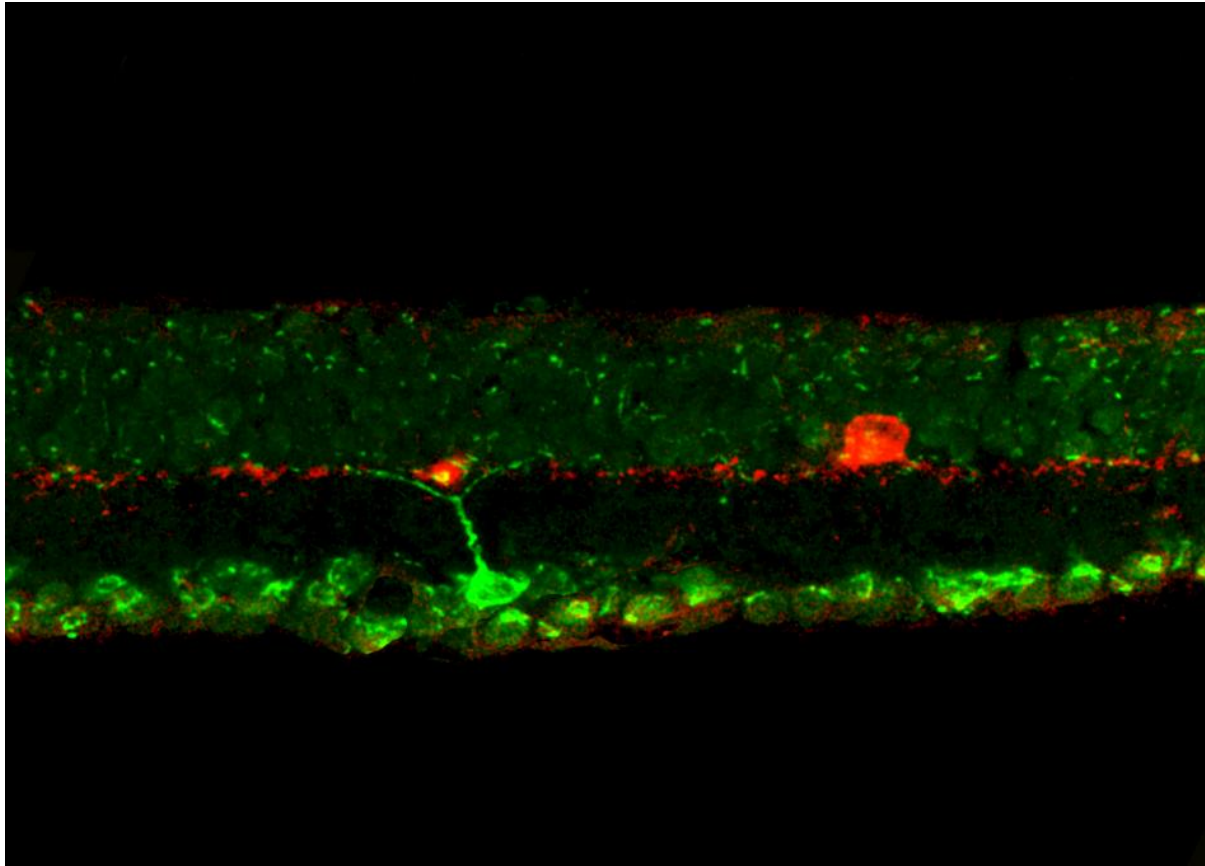
Células ganglionares



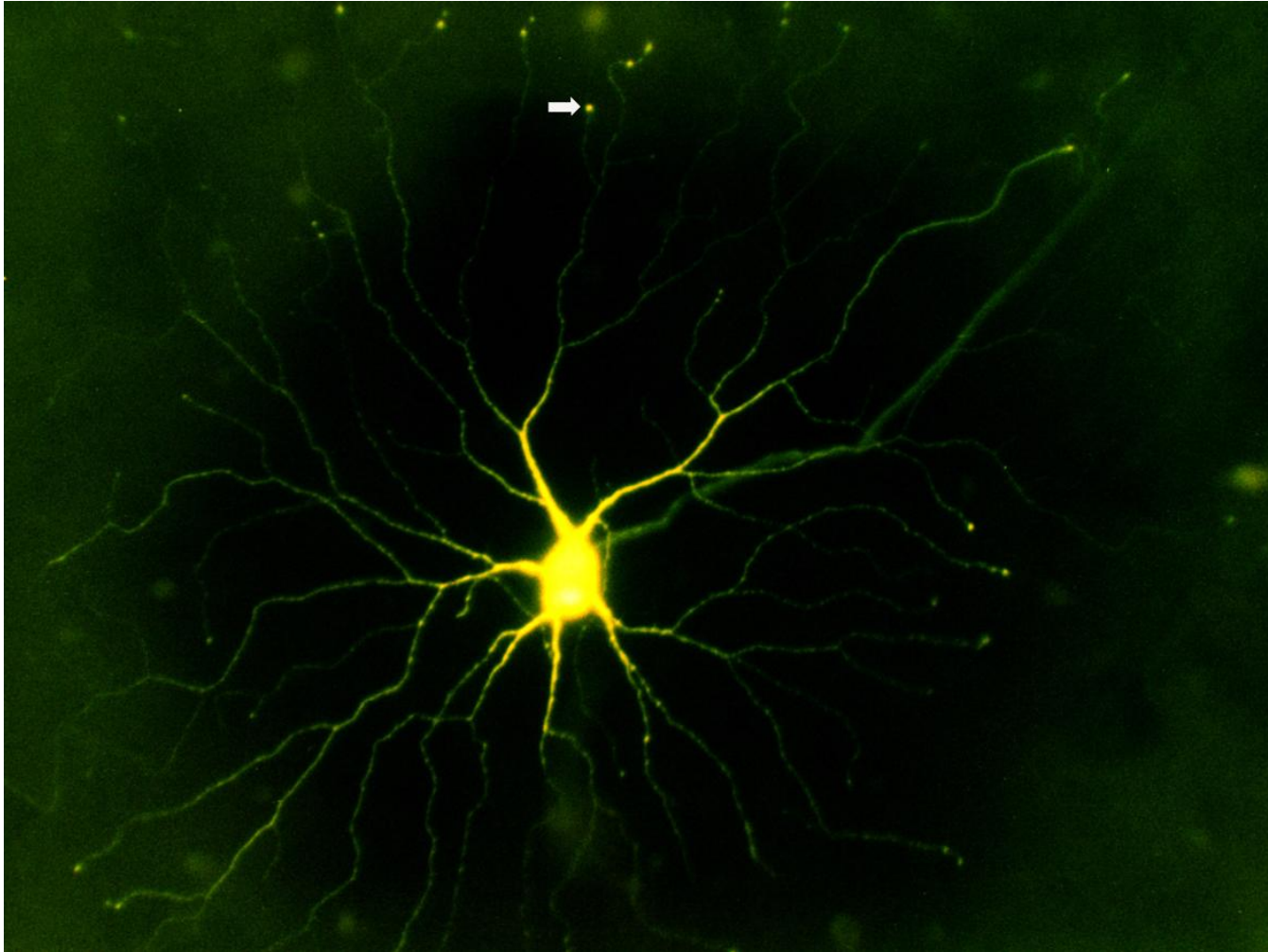
Células amacrinas



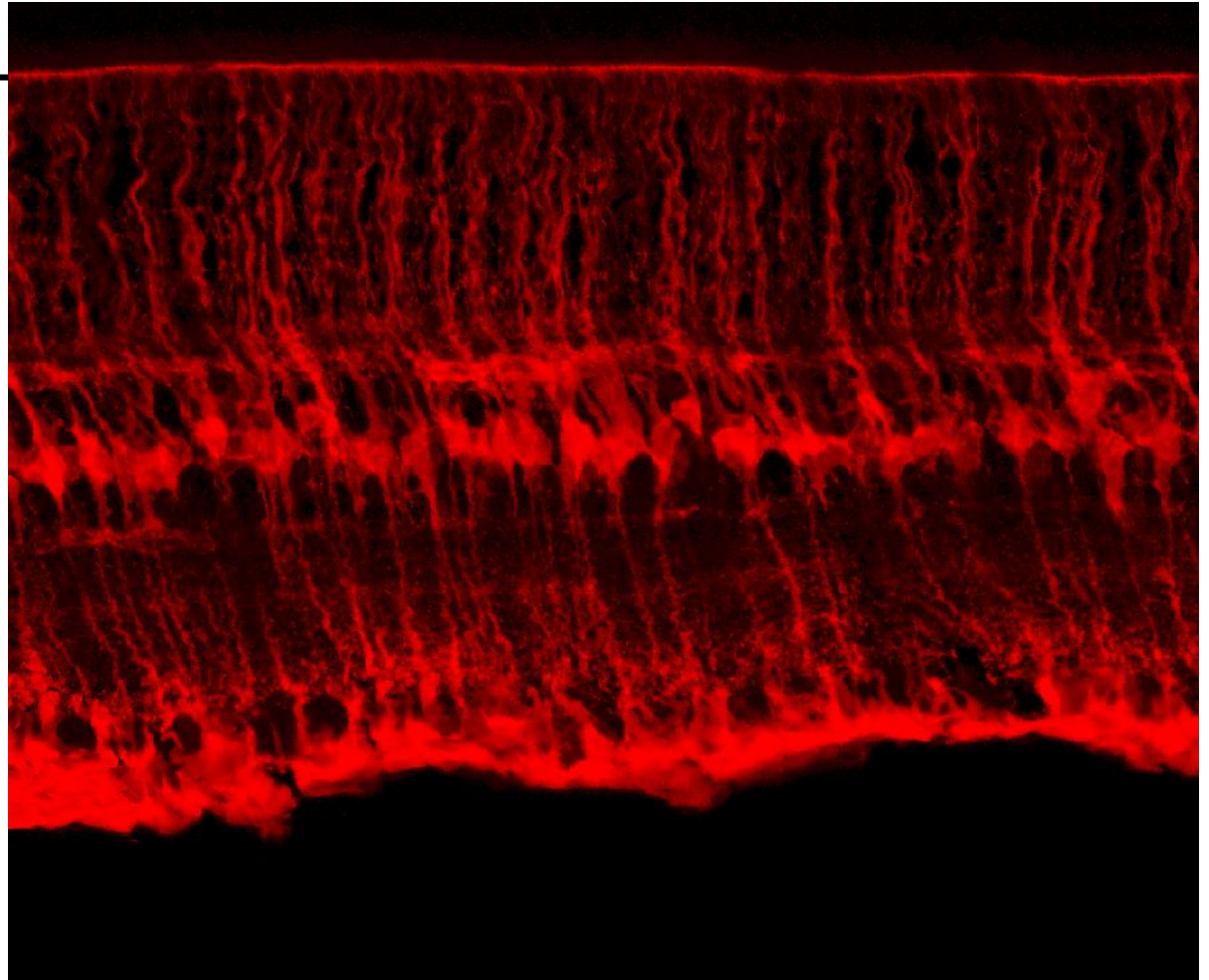
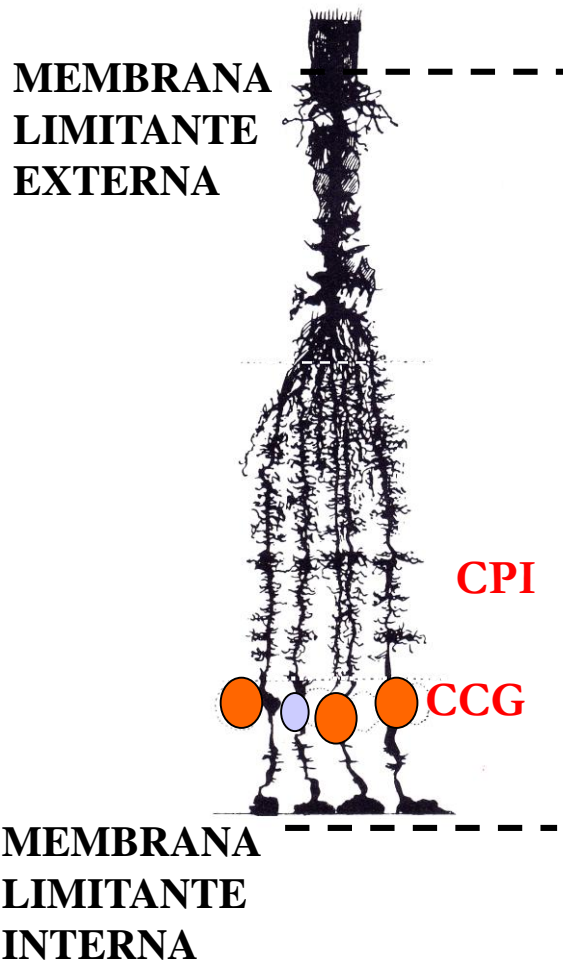
Células ganglionares de la retina



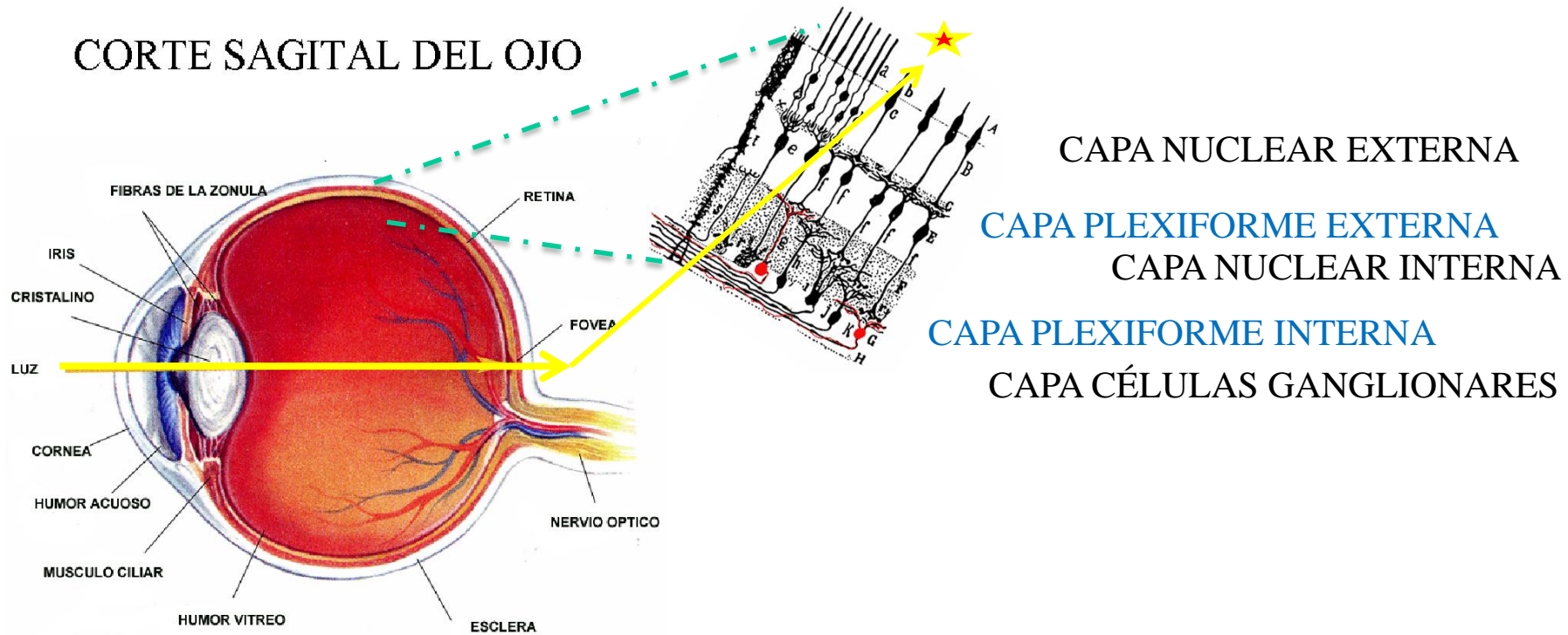
Células ganglionares de la retina



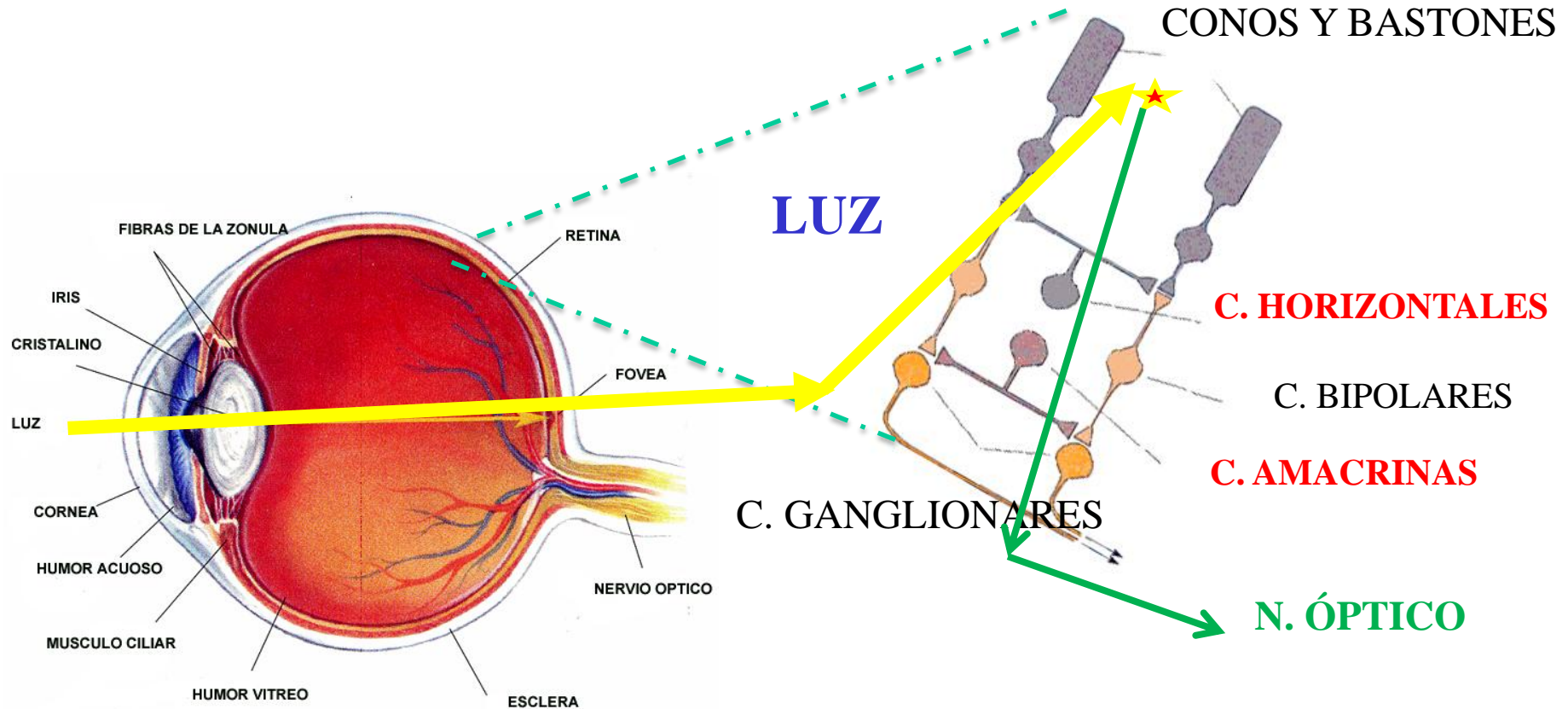
Macroglía: célula de Müller



SISTEMA BÁSICO DE PROCESAMIENTO RETINIANO



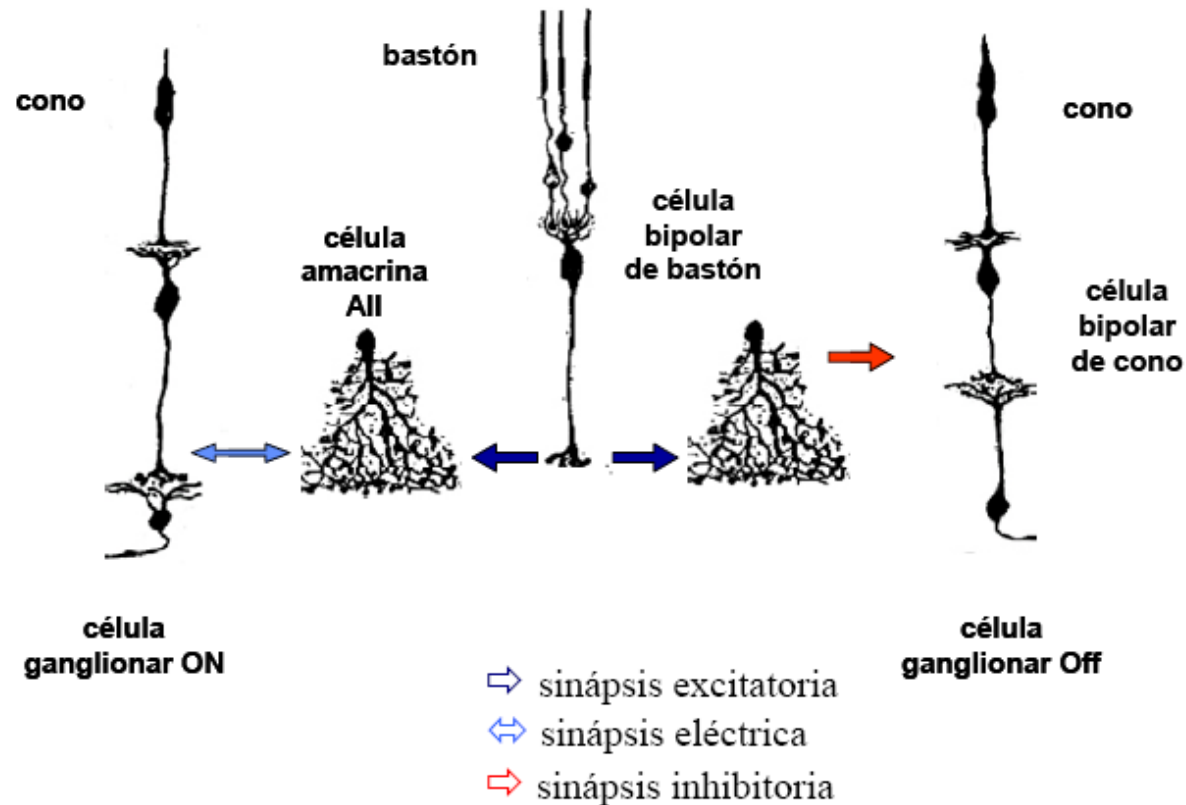
SISTEMA BÁSICO DE PROCESAMIENTO RETINIANO



HABÍA DOS AXIOMAS:

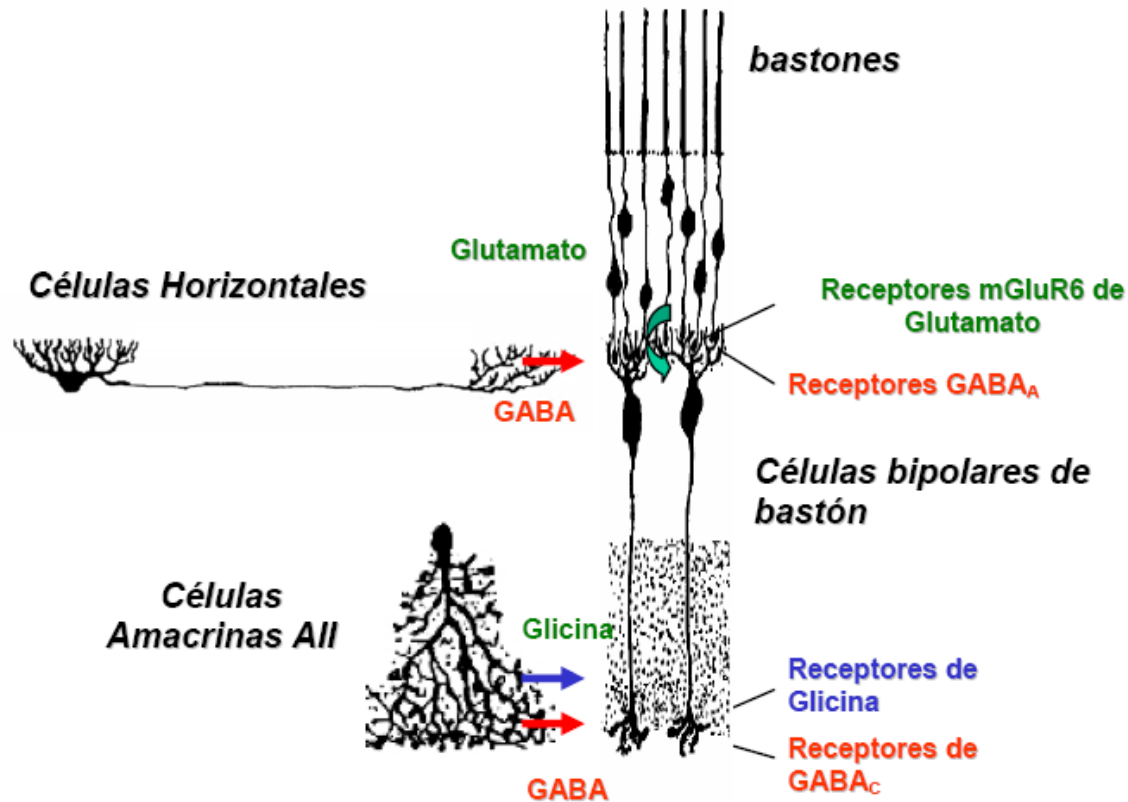
- FOTORRECEPTORES ERAN LAS ÚNICAS CÉLULAS SENSIBLES A LA LUZ
- LAS CGR SON LAS ÚNICAS NEURONAS QUE PROYECTAN FUERA DE LA RETINA (N.O.)

CIRCUITOS DE PROCESAMIENTO RETINIANO



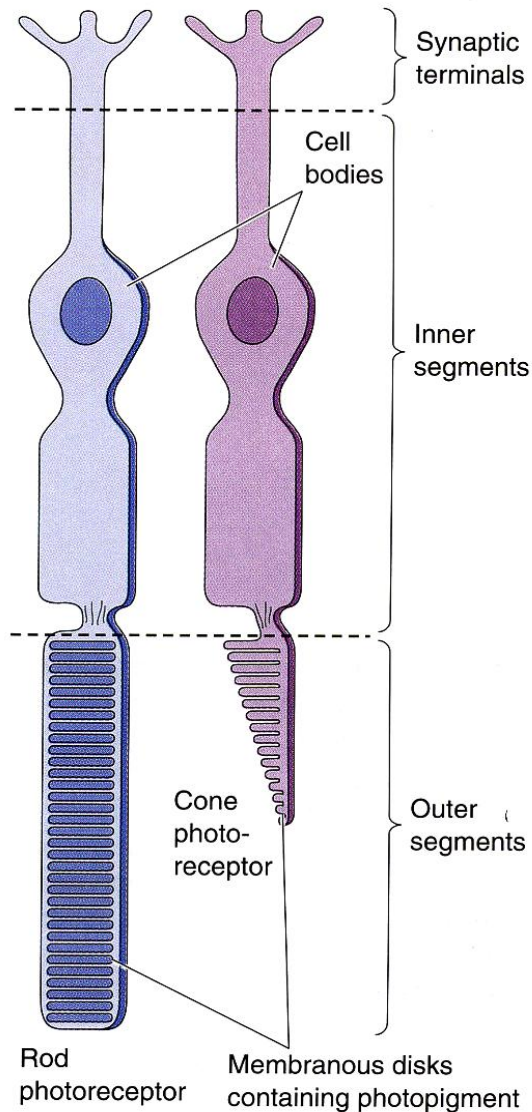
Circuito retiniano de procesamiento de la información procedente de los bastones. Esquema del circuito retiniano responsable de la convergencia de la información procedente de la vía de bastones sobre la vía de los conos.

CIRCUITOS DE PROCESAMIENTO RETINIANO



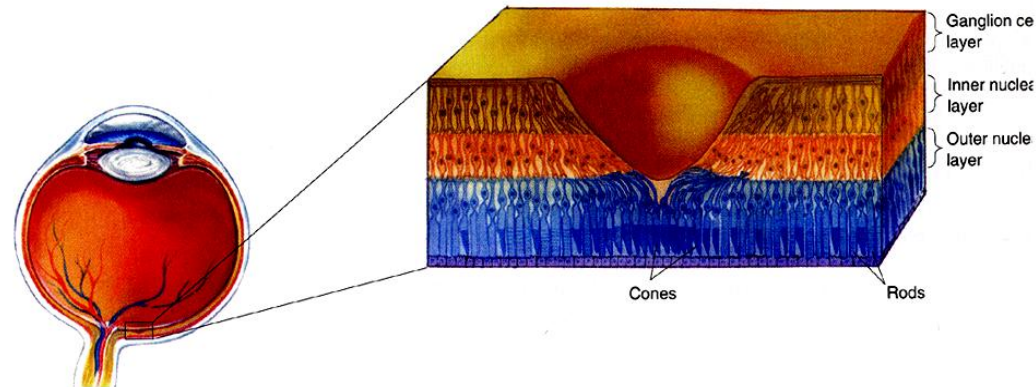
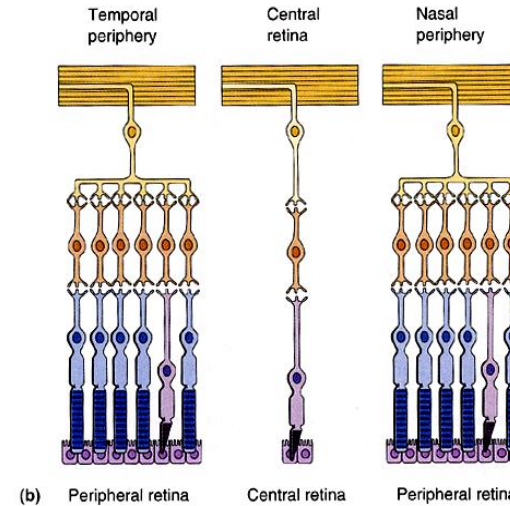
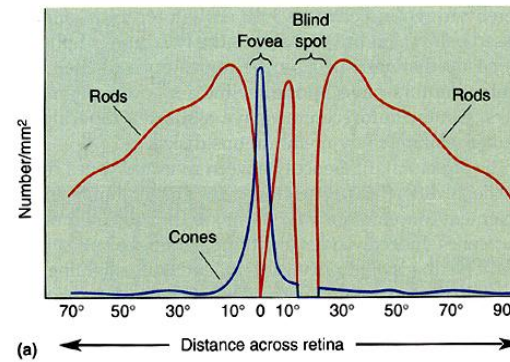
Input sináptico de células bipolares de bastón. Esquema del *input* sináptico mediado por neurotransmisores excitatorios e inhibitorios que reciben las células bipolares de bastón desde células horizontales y células amacrinas AII

ESTRUCTURA DE LOS FOTORRECEPTORES



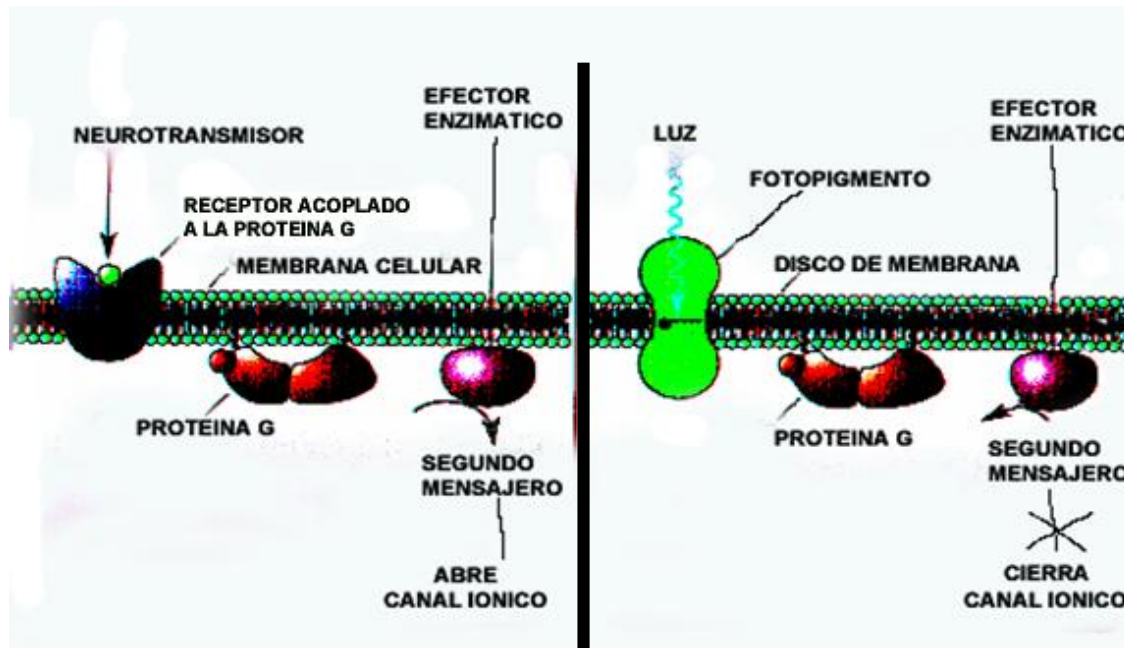
RETINA DÚPLEX:
C. Escotópicas
C. Fotópicas

DIFERENCIAS REGIONALES EN LA ESTRUCTURA DE LA RETINA



Estrella pálida

FOTOTRANSDUCCIÓN



RECEPTOR PARA PROTEINA G ACOPLADO AL RECEPTOR

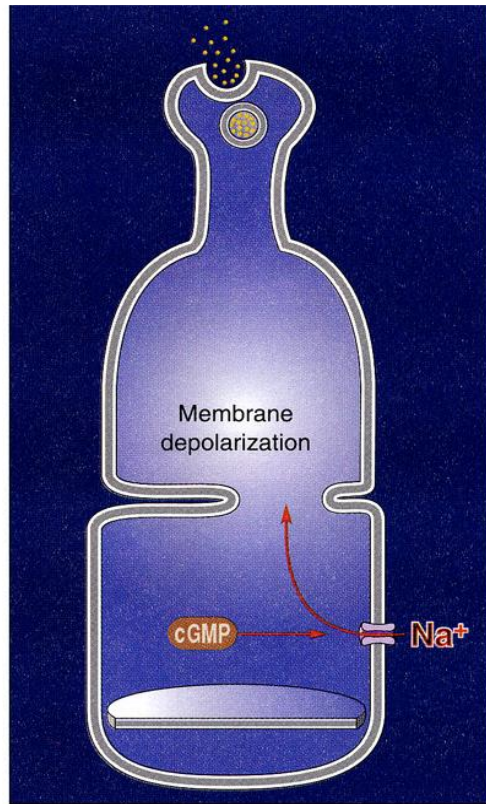
Estímulo:	Neurotransmisor
Activación del receptor:	Cambio en la conformación de la proteína
Repuesta de la proteína G:	Unión a GTP
Cambio en el segundo mensajero:	Aumento del 2º mensajero
Respuesta del canal iónico:	Aumento o disminución de la conductancia

FOTOPIGMENTO

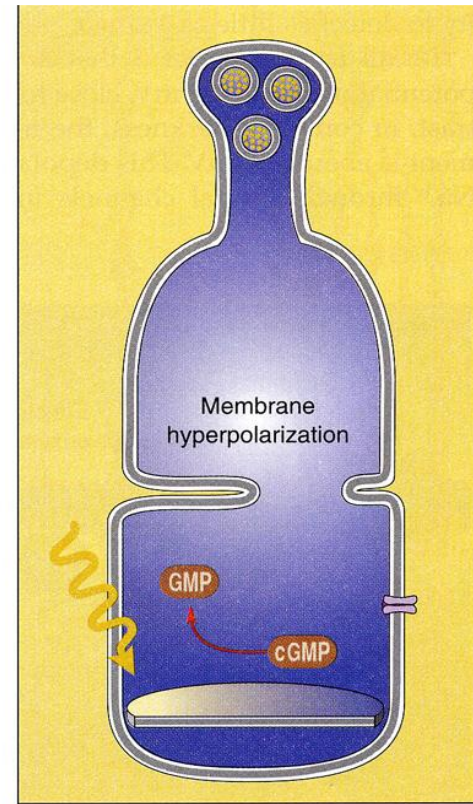
Estímulo:	Luz
Activación del receptor:	Cambio en la conformación de la proteína
Repuesta de la proteína G:	Unión a GTP
Cambio en el segundo mensajero:	Disminución del 2º mensajero
Respuesta del canal iónico:	Disminución de la conductancia al Na

OSCURIDAD

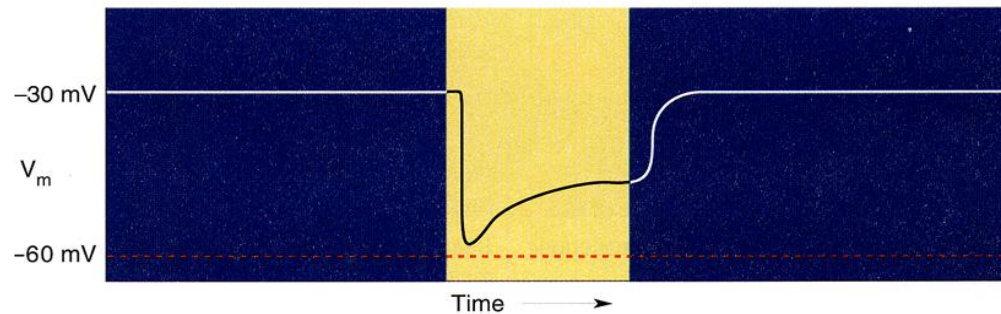
LUZ



(a) Dark



(b) Light



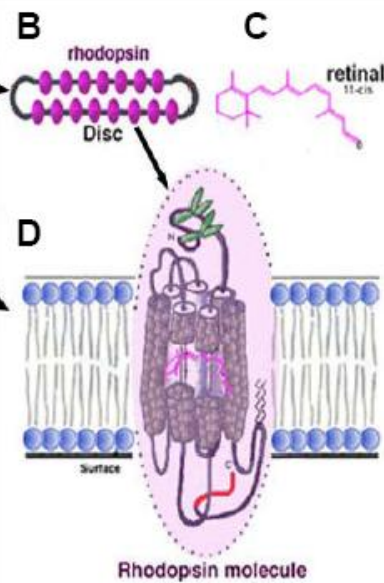
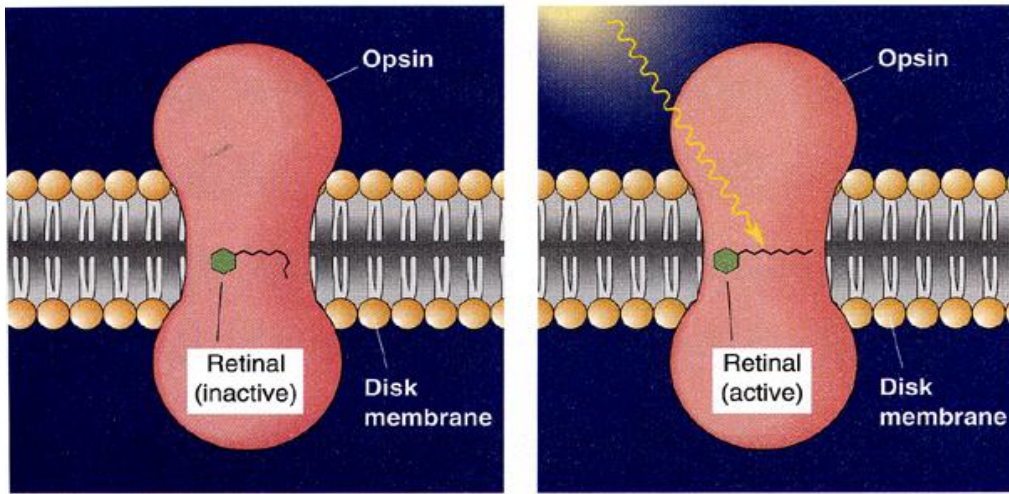
A**segmento externo**

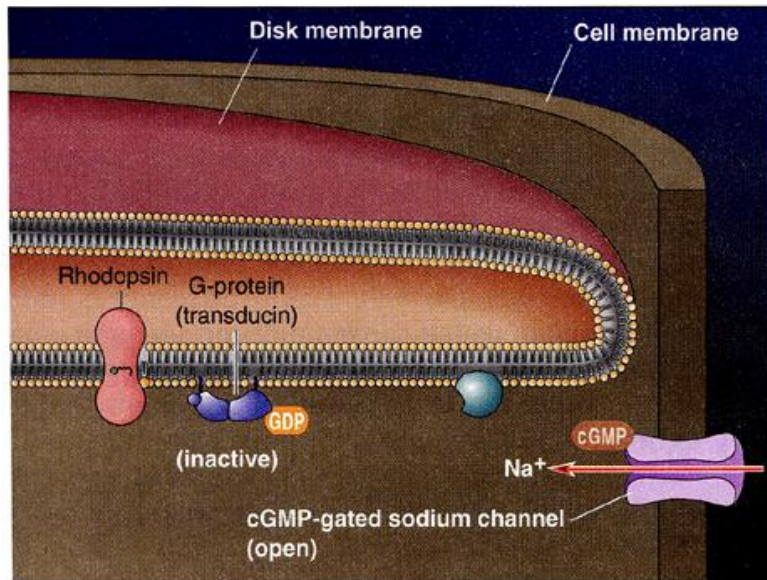
Figura 5: Pigmento visual de bastones. A: Imagen de un modelo de segmento externo de un bastón donde se aprecian los discos de membrana. B: Localización de las moléculas de rodopsina en los discos de membrana. C: Estructura molecular del *cromóforo* 11-cis-retinal. D: Molécula de rodopsina formada por 7 fragmentos transmembranales que rodean al cromóforo 11-cis-retinal. (Tomado de <http://webvision.med.utah.edu/>).



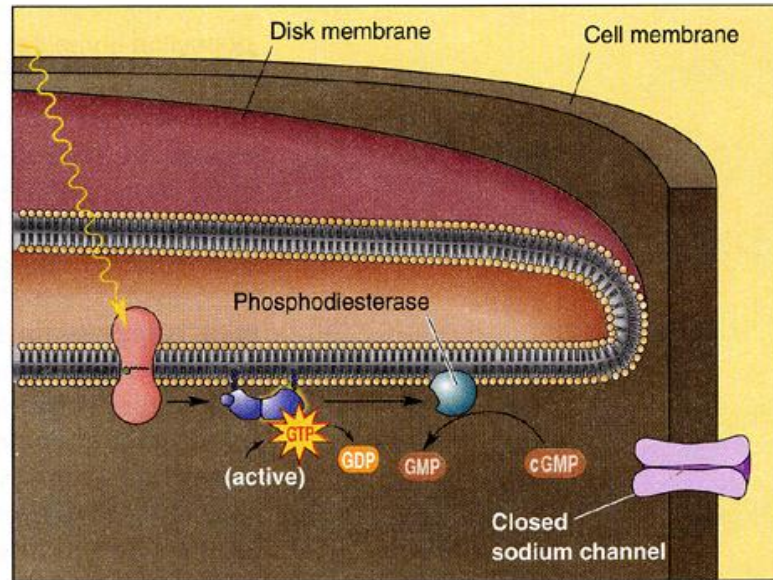
CASCADA BIOQUÍMICA EN EL FOTORRECEPTOR, ACTIVADA POR LA LUZ

Figure 9.18

Activation of rhodopsin by light. Rhodopsin consists of a protein with seven trans-membrane alpha helices, called an opsin, and a small molecule derived from vitamin A, called retinal. Retinal undergoes a change in atomic conformation when it absorbs light, activating the opsin.

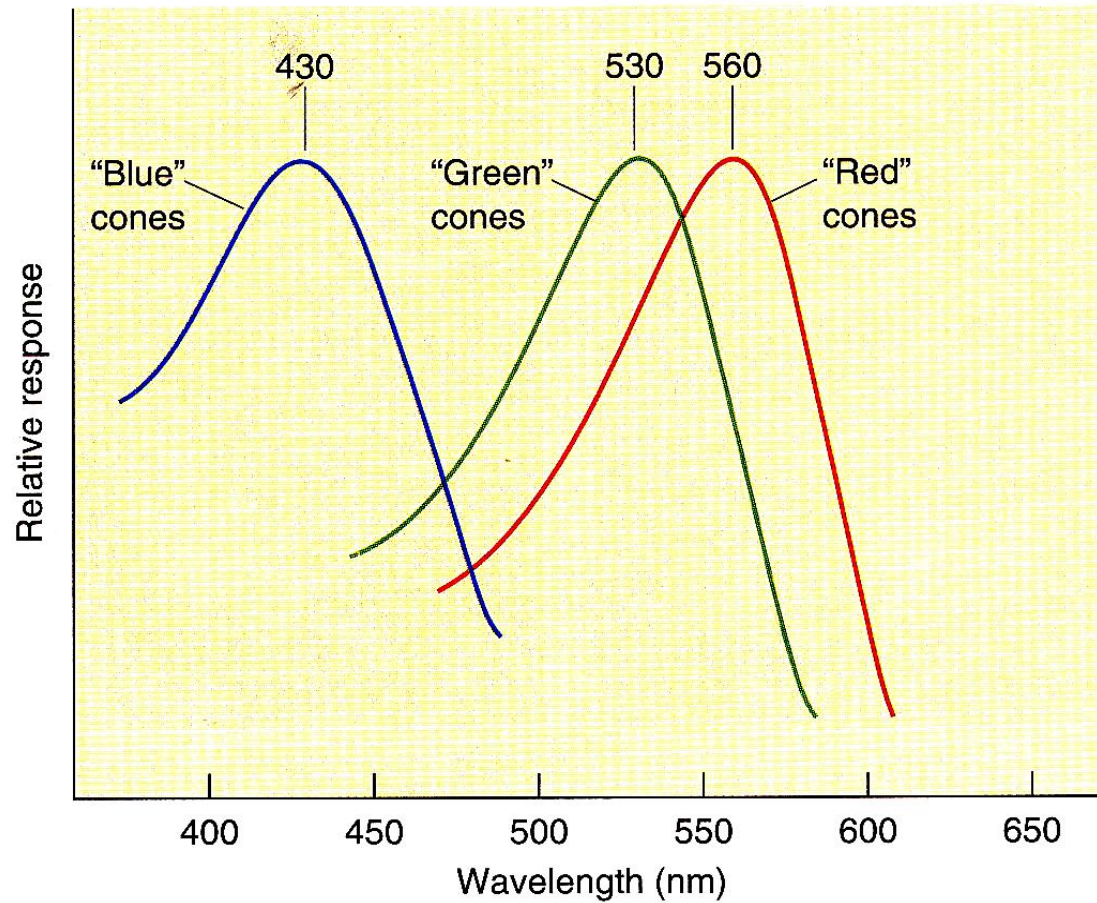


a) Dark

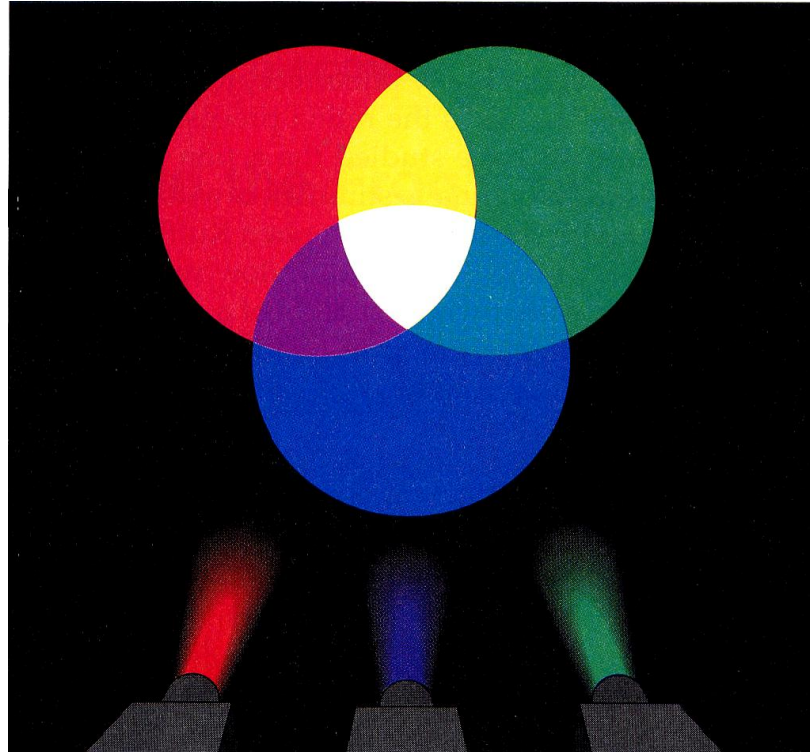


(b) Light

FOTOTRANSDUCCIÓN EN CONOS



DETECCIÓN DEL COLOR



TEORÍA TRICRÓMICA DE YOUNG-HELMHOLZ

- CEGUERA A LOS COLORES, el gen suele estar en el cromosoma X
- Diseño de luces del salpicadero de los automóviles

ADAPTACIÓN A LA LUZ Y A LA OSCURIDAD

- Modificación tamaño de la pupila
- Regeneración de la rodopsina (adapt. a la oscuridad)
- Ajuste funcional de los circuitos de la retina para que la información de más bastones esté dispuesta para cada Célula Ganglionar Retina (adapt. a la oscuridad)

ADAPTACIÓN A LA OSCURIDAD

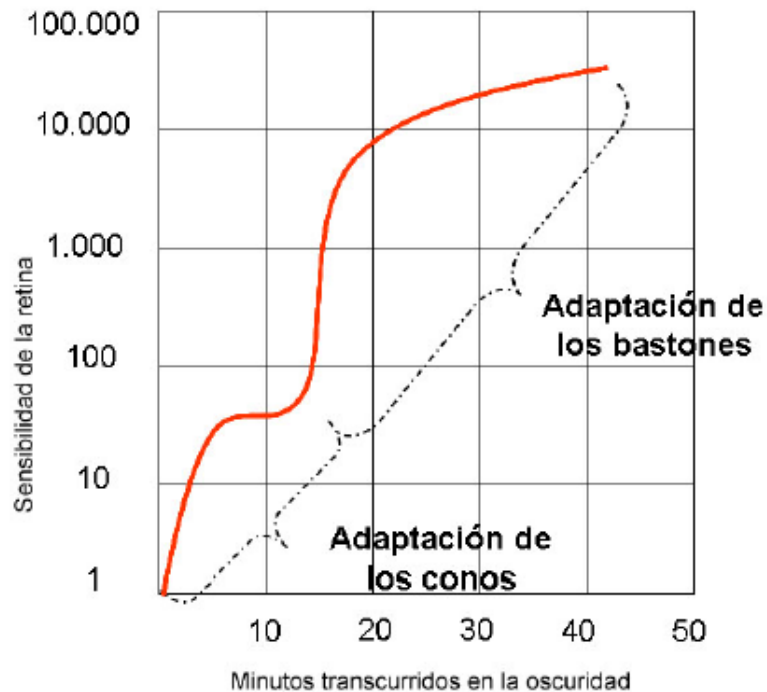
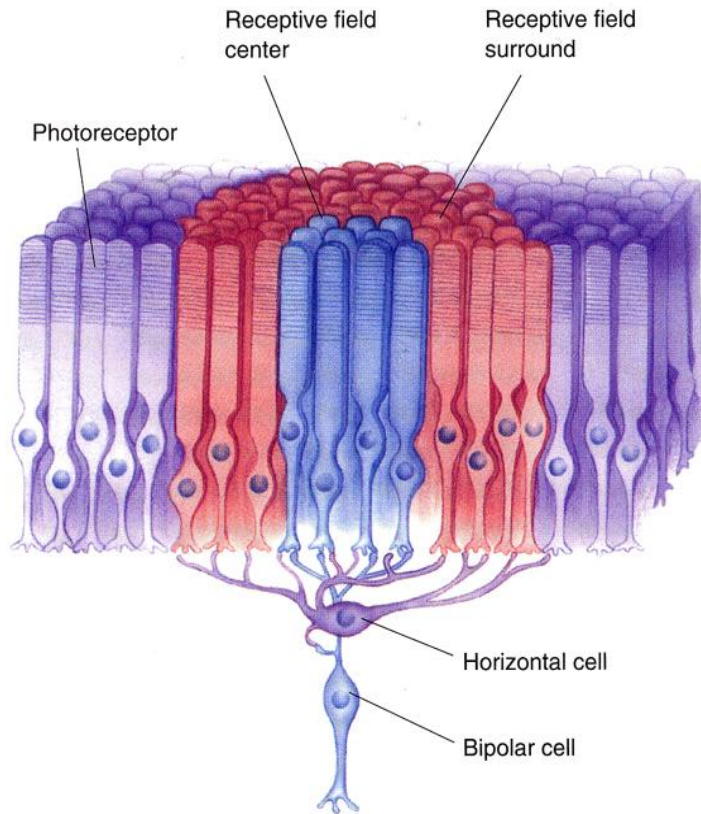


Figura 9: Curva de adaptación a la oscuridad en la que se pone de manifiesto la relación temporal entre la adaptación de los conos y de los bastones con la ganancia en sensibilidad lumínica. (Modificado de Guyton & Hall, 2006).

CAMPO RECEPTIVO DE CÉLULAS BIPOLARES



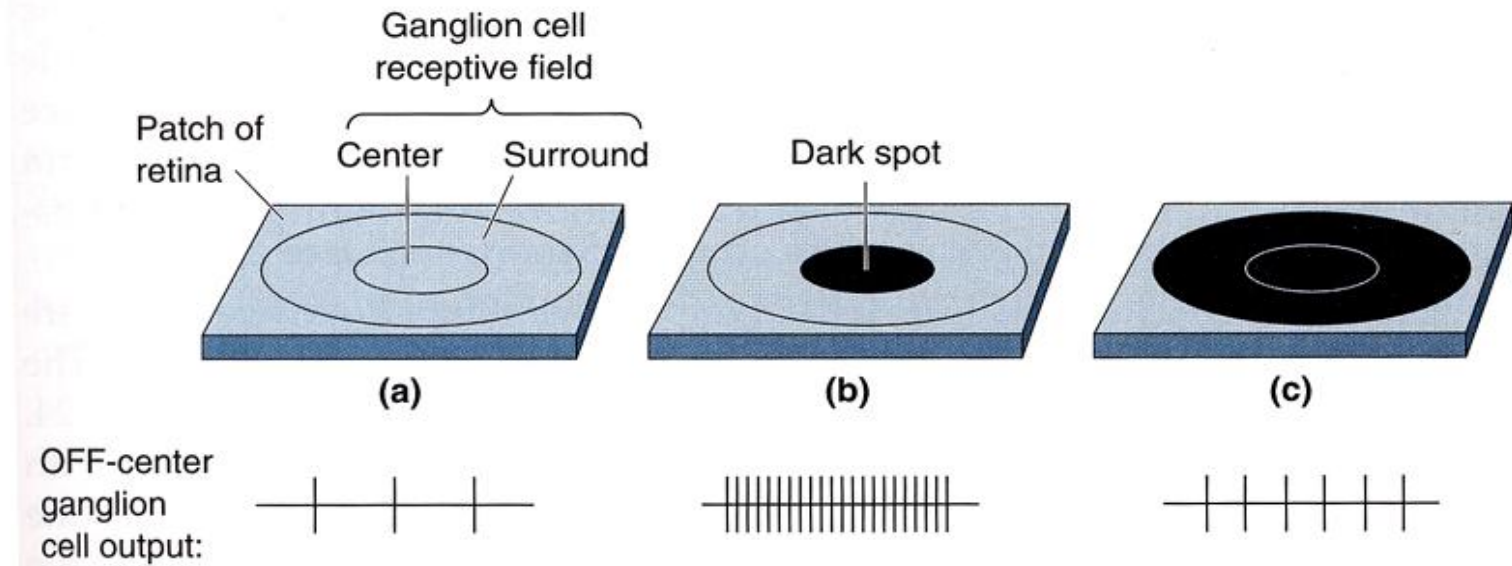
En respuesta al Glutamato (OSCURIDAD):

-C. Bipolares OFF, pot.ps. Despolarizante

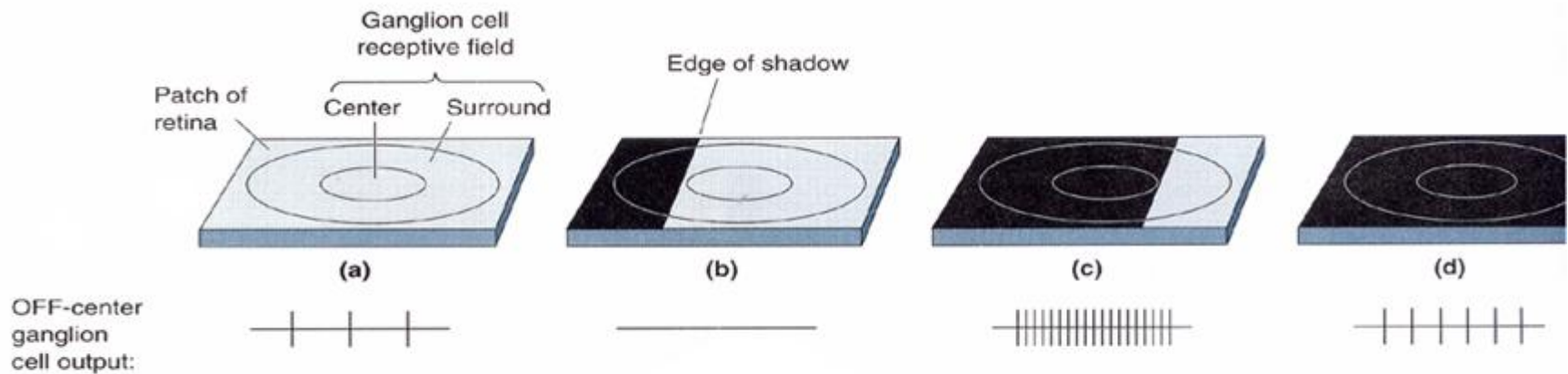
-C. Bipolares ON, pot.ps. Hiperpolarizante

Campo receptivo de la cb: centro/periferia

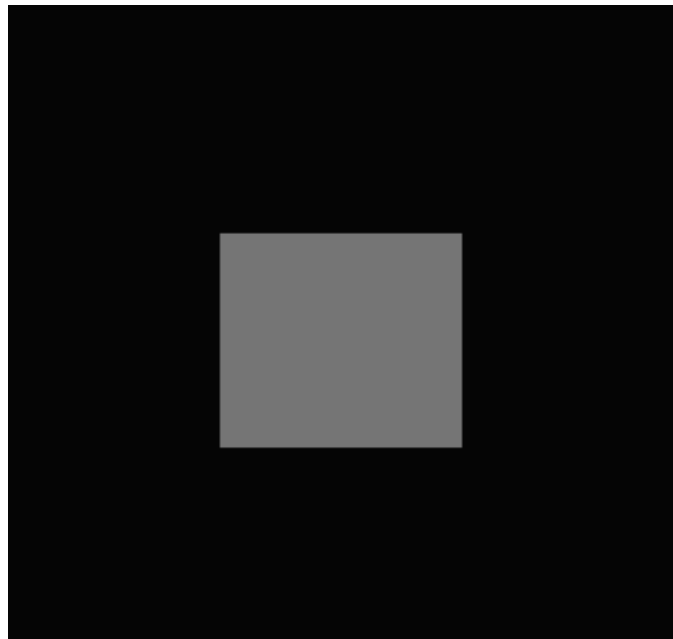
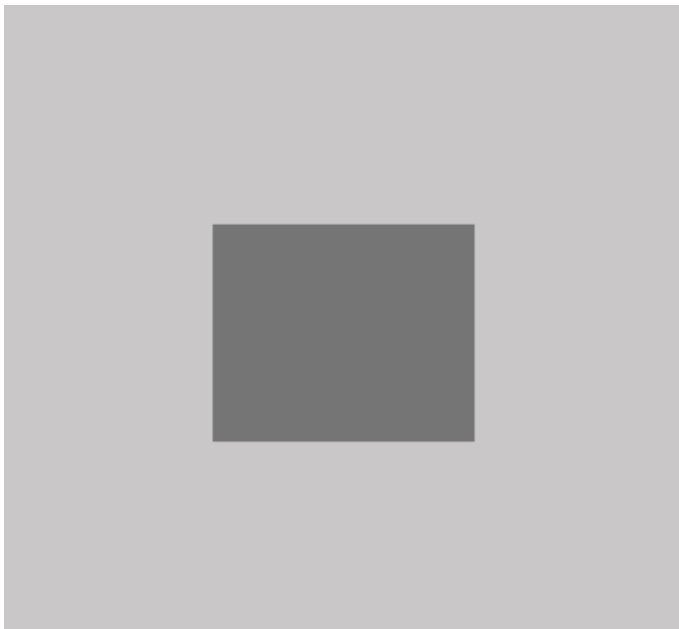
CAMPO RECEPTIVO DE C. GANGLIONARES (ORGANIZACIÓN CENTRO-PERIFERIA)



APLICACIÓN FUNCIONAL DEL CAMPO RECEPTIVO DE LAS C. GANGLIONARES A LA DETECCIÓN DE LA FORMA DE LOS OBJETOS



LA RESPUESTA DE LA CGR ES MÁXIMA ANTE LA PRESENCIA DE BORDES
LUZ-OSCURIDAD EN SU CAMPO RECEPTIVO

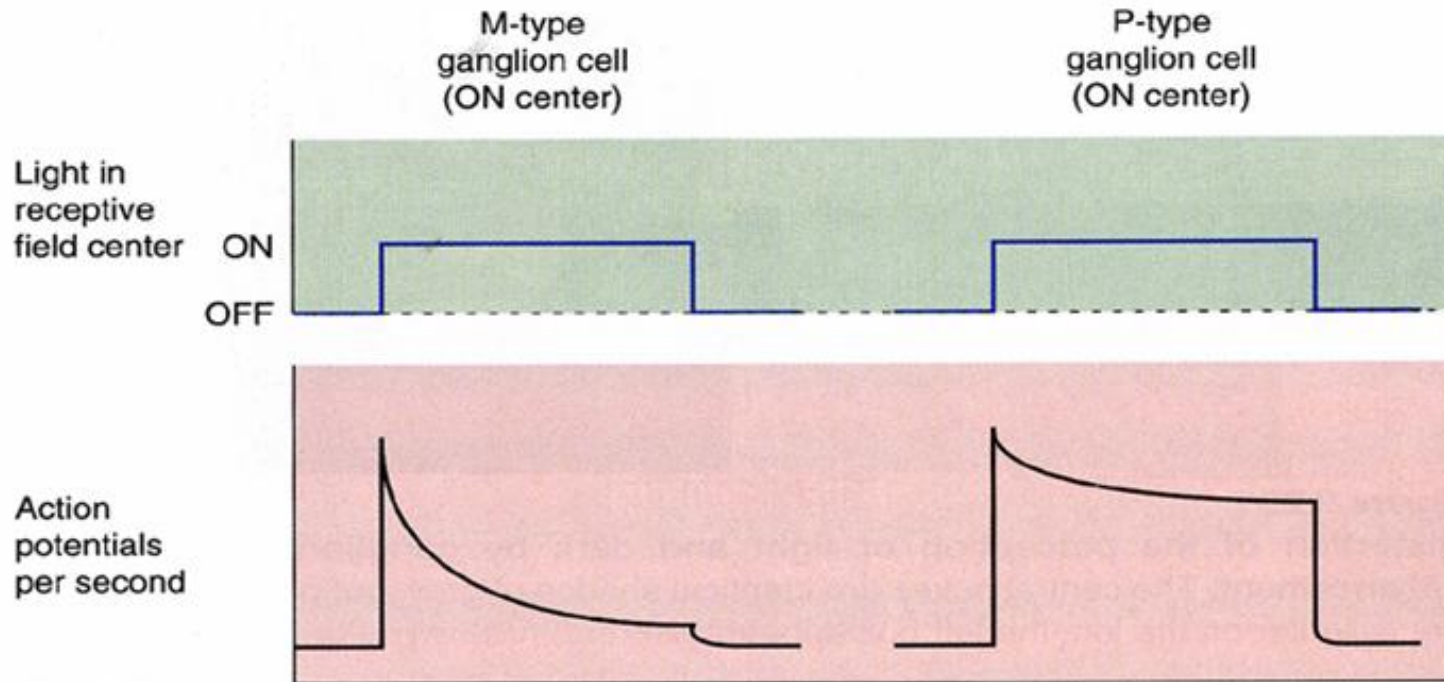


TIPOS DE CGRs: ON- y OFF- center

Clasificaciones según la morfología, la función, la electrofisiología, etc.

En primates: tipo M (magnocelular)

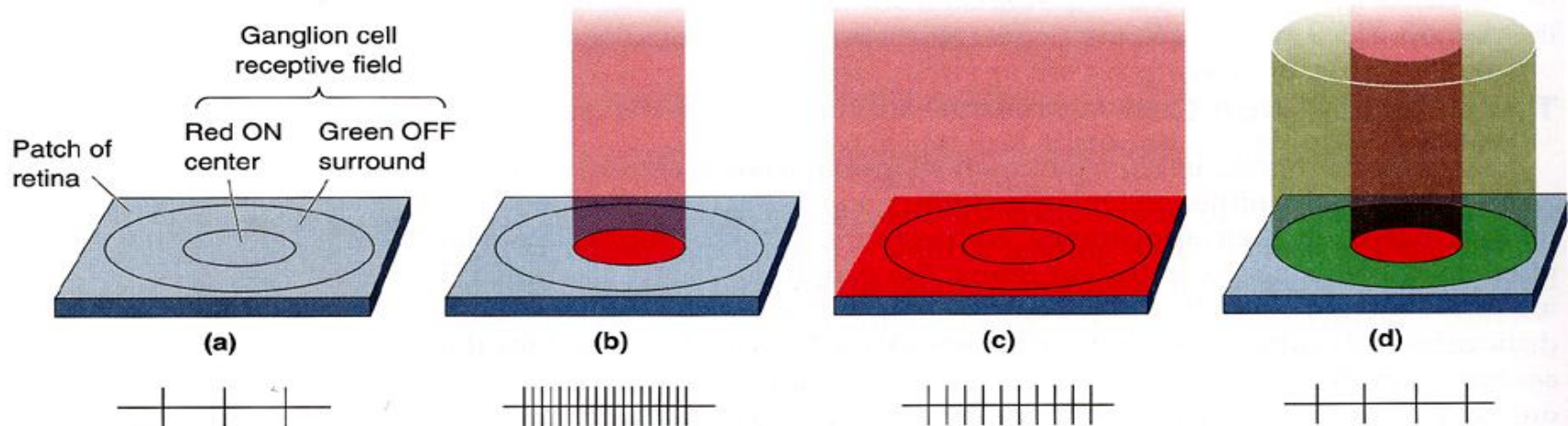
tipo P (parvocelular)



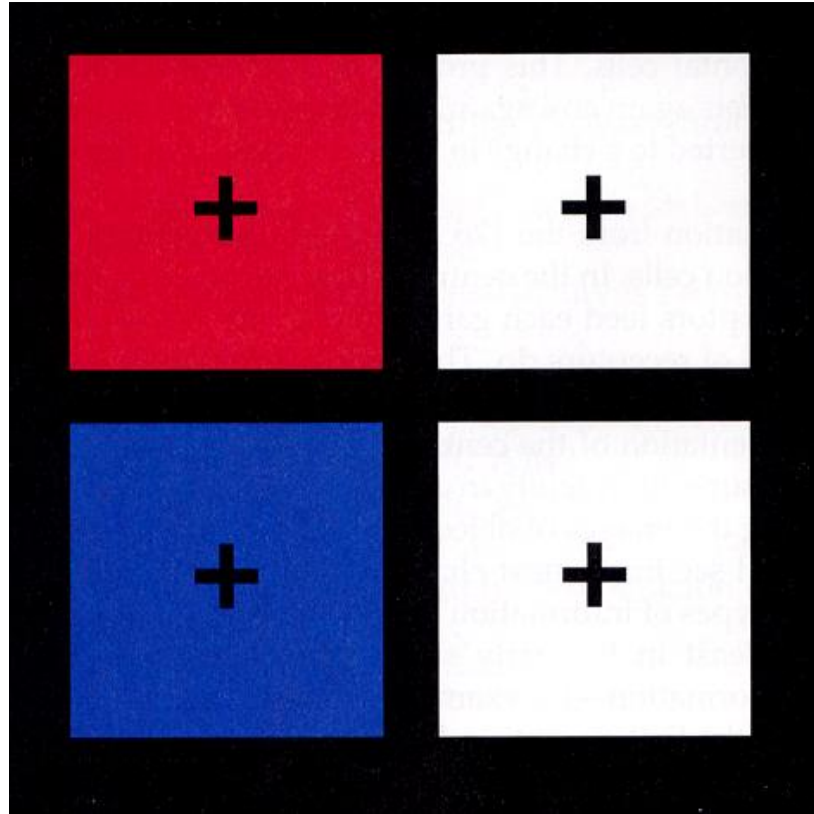
CGR SENSIBLES A LA DIFERENCIA DE LONGITUD DE ONDA (AL COLOR)

(la mayoría de las CGRs de tipo P)

Oposición centro-periferia: - CGR con oposición verde-rojo
- CGR con oposición amarillo-azul



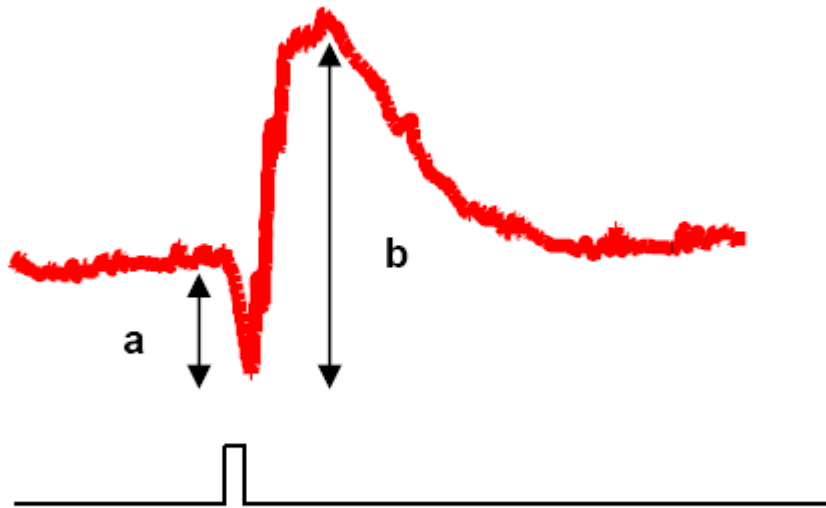
EJEMPLO DE SATURACIÓN DE CONOS:



PROCESAMIENTO RETINANO EN PARALELO

- Dos ojos para medir distancias
- CGR de tipo ON-center y OFF-center para medir luz y oscuridad
- CGR ON y OFF diferentes campos receptivos y respuestas

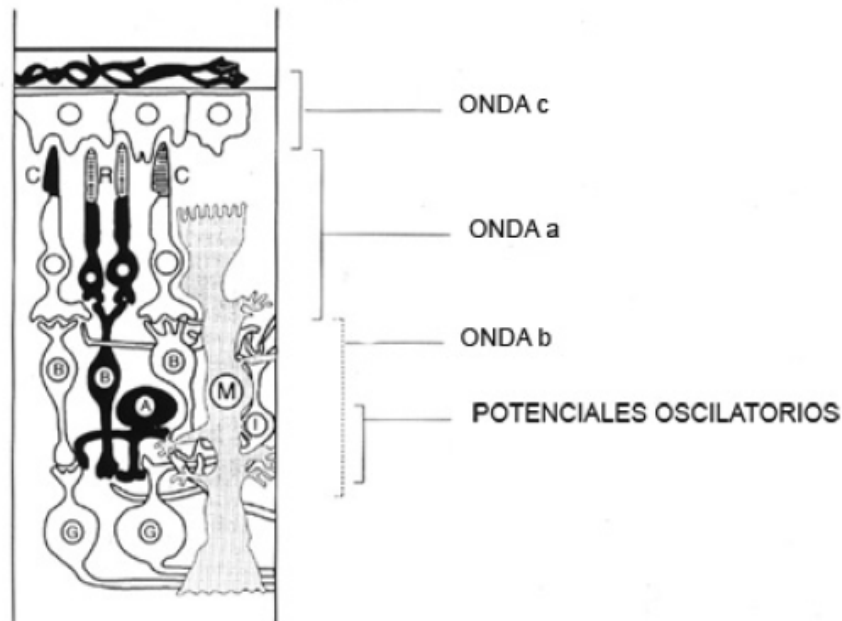
ELECTRORRETINOGRAMA



Trazado electroretinográfico característico, donde se muestran la deflexión negativa (onda a) y positiva (onda b) registrada en un ojo de ratón con visión normal en respuesta a la aplicación de un *flash* de luz de 5 ms de duración (trazado negro inferior). Duración total del registro: 600 ms.

CONDICIONES ESCOTÓPICAS
CONDICIONES FOTÓPICAS

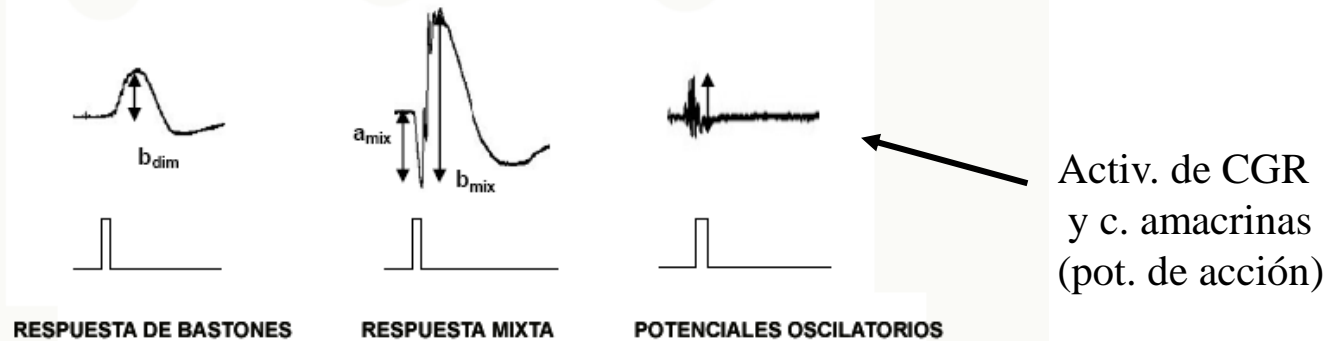
ELECTRORRETINOGRAMA



Origen de las ondas del ERG. El dibujo muestra el posible origen celular de cada onda electroretinográfica: a, b, c y potenciales oscilatorios. C: cono; R: bastón; B: bipolar; A: amacrina; M: Müller; G: ganglionar; I: interplexiforme. (Modificado de Niemeyer, 2002).

ELECTRORRETINOGRAMA

RESPUESTA EN CONDICIONES ESCOTÓPICAS



RESPUESTA EN CONDICIONES FOTÓPICAS

