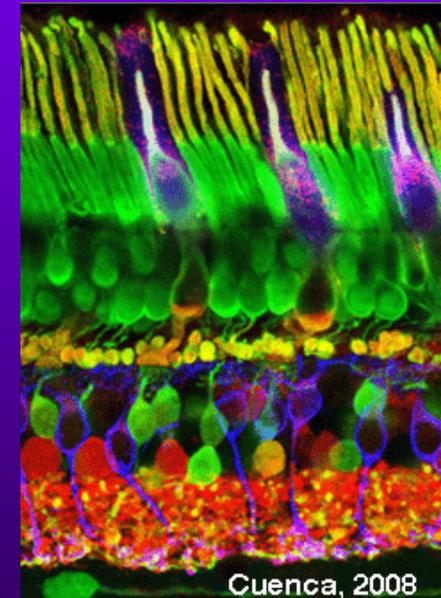
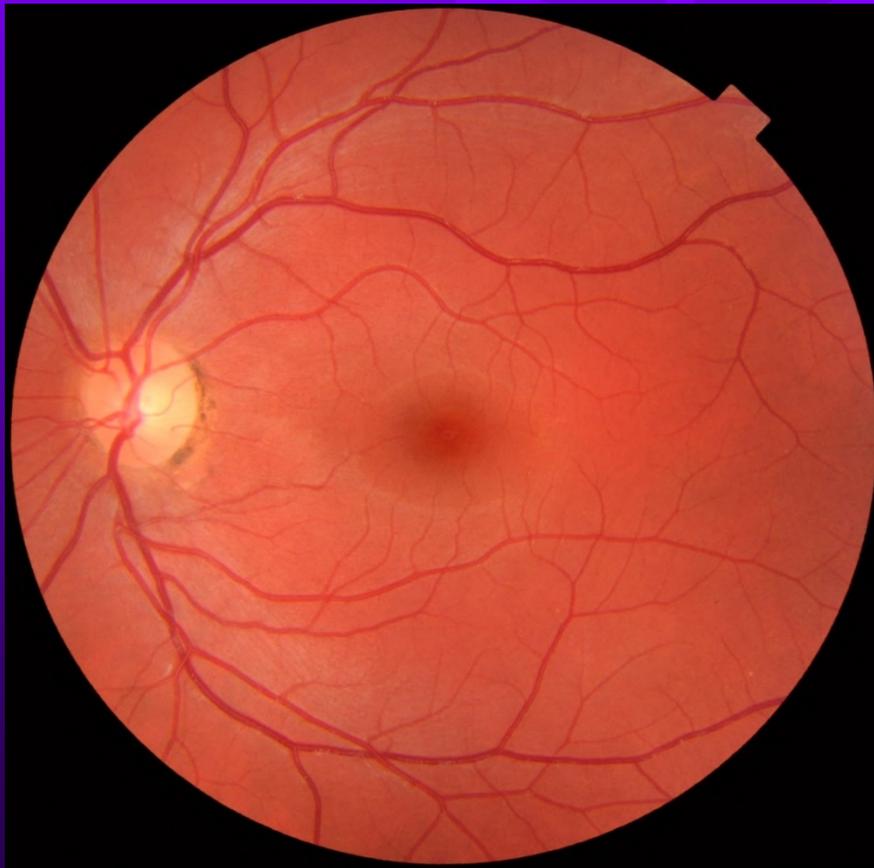
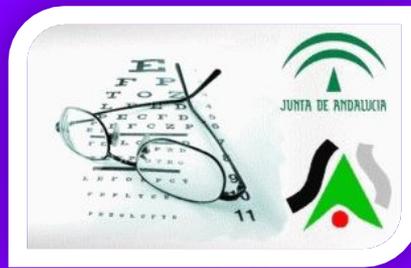


Anatomía Clínica de la Retina



Daniel Ríos Simón
MIR 1



Un poco de historia...

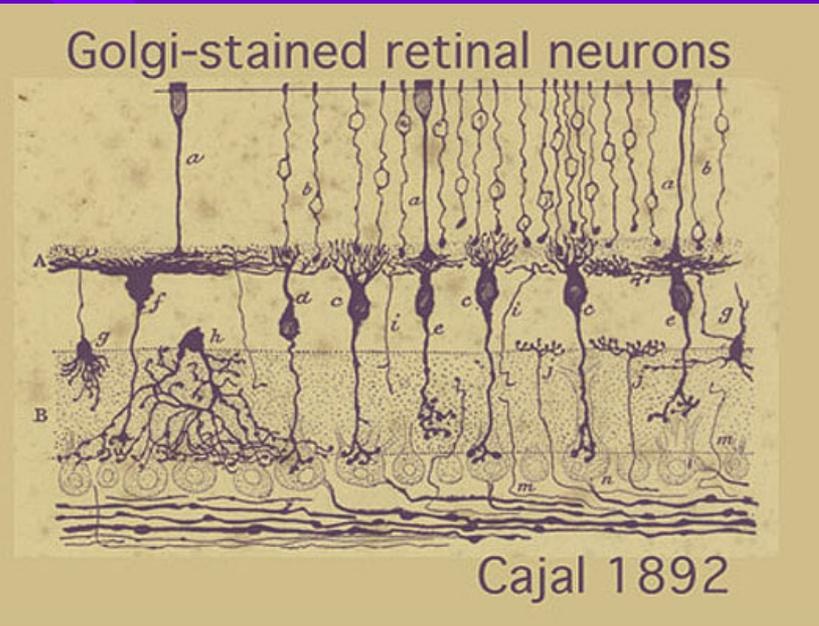
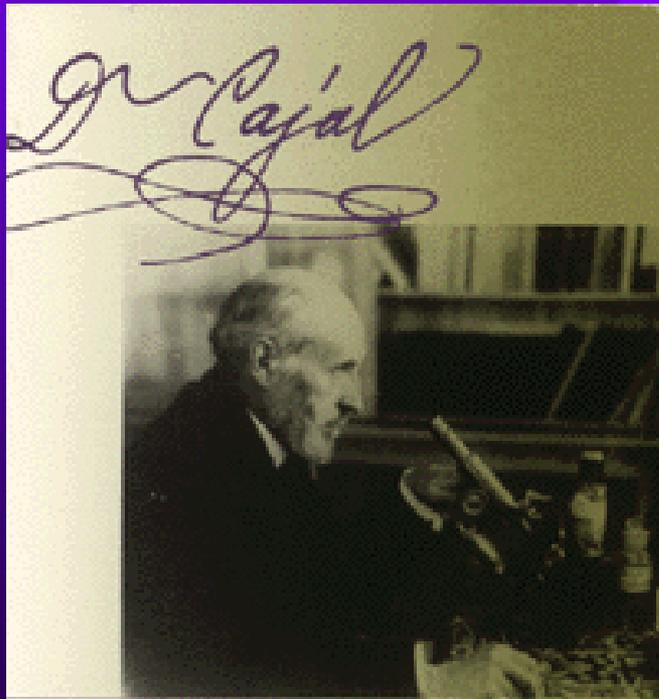
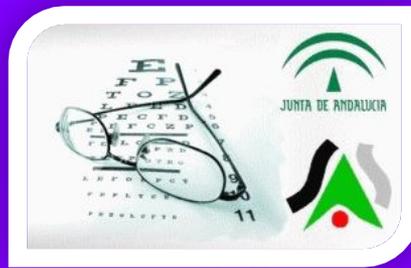


Fig. 2. A drawing done by Cajal to show some of the neurons of the retina in vertical section.



1. Exploración clínica de la retina

2. Anatomía Macroscópica

3. Anatomía Microscópica, histología y ultraestructura molecular.



-Oftalmoscopia directa



-Oftalmoscopia indirecta con casco frontal

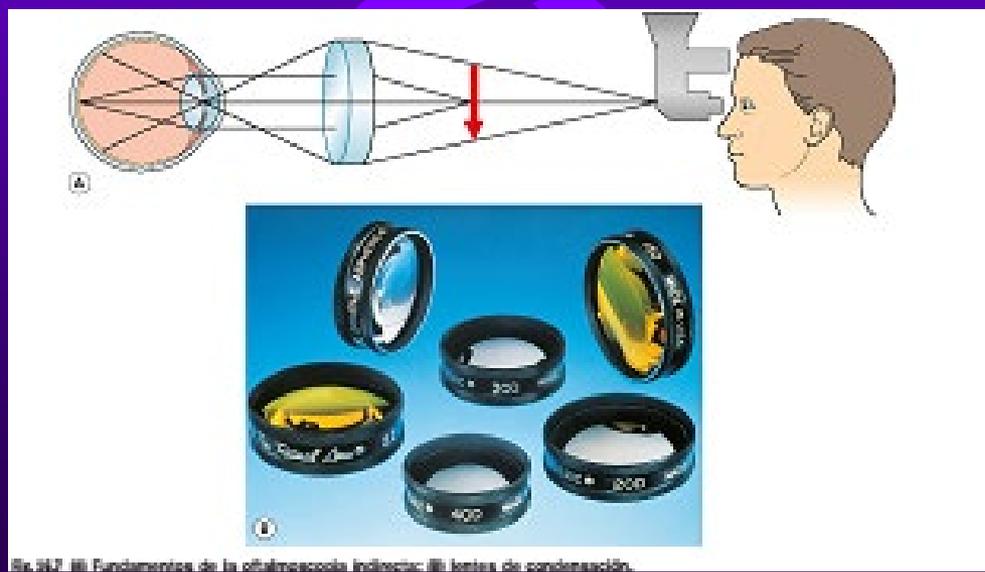
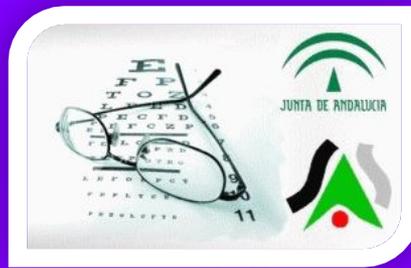


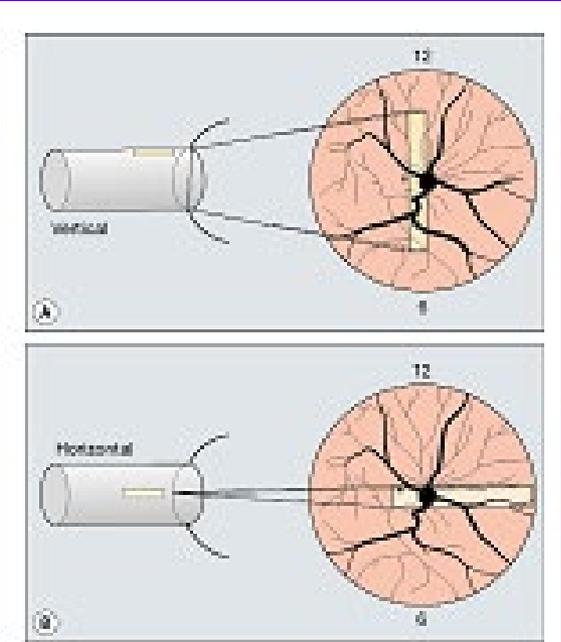
Fig. 34.2. III. Elementos de la oftalmoscopia indirecta: II. Lentes de condensación.



-Indentación escleral

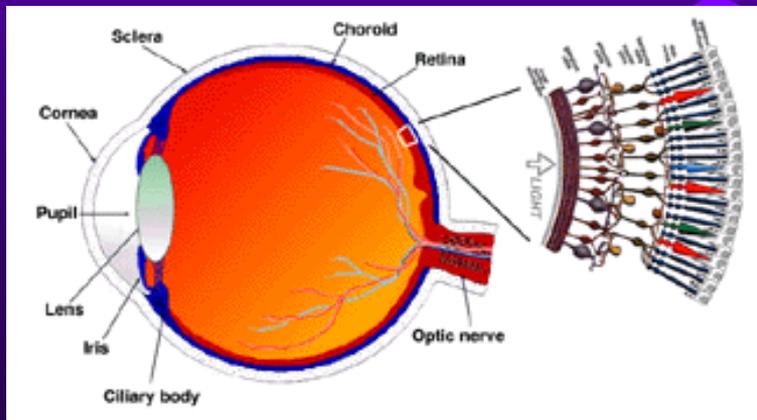
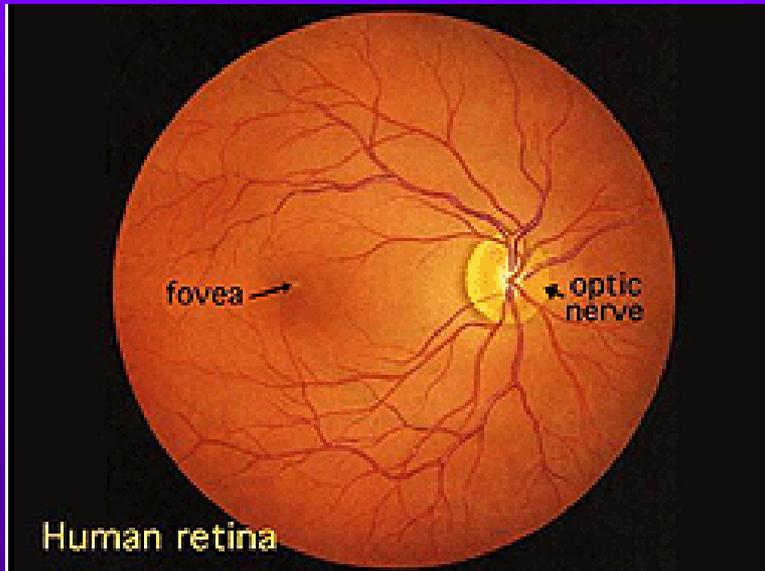
-Lente de tres espejos de Goldman





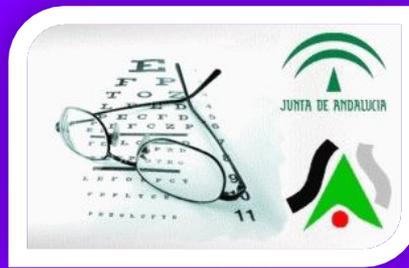
-Lente condensadora hiperpositiva

-Ecografía

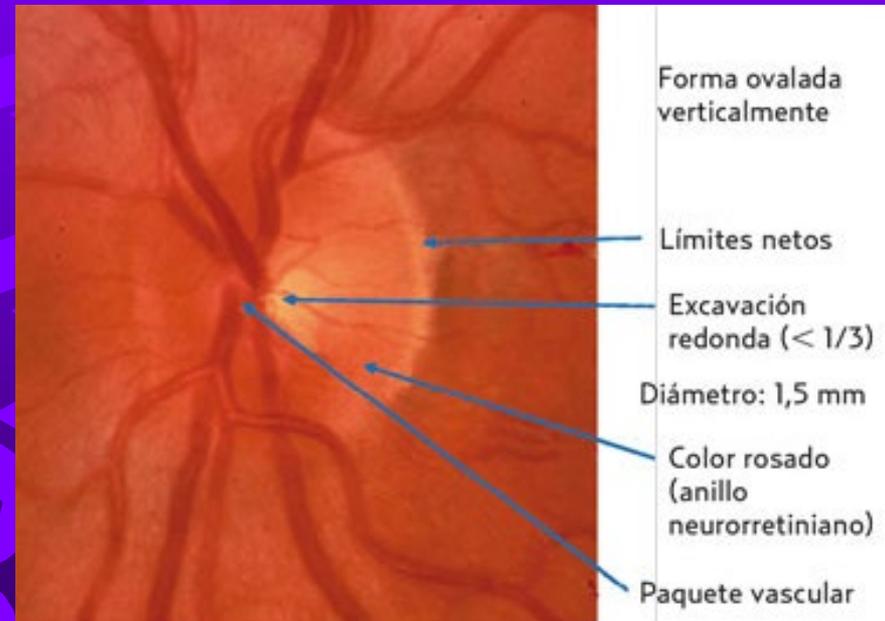


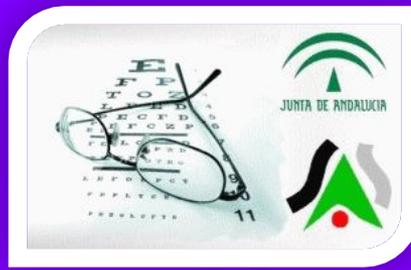
-Desde nervio óptico hasta Ora Serrata, donde continúa el epitelio no pigmentado del cuerpo ciliar.

-Es un tejido transparente; grosor máximo alrededor del NO con 0.56mm, ecuador 0.18mm, ora serrata 0.1mm.

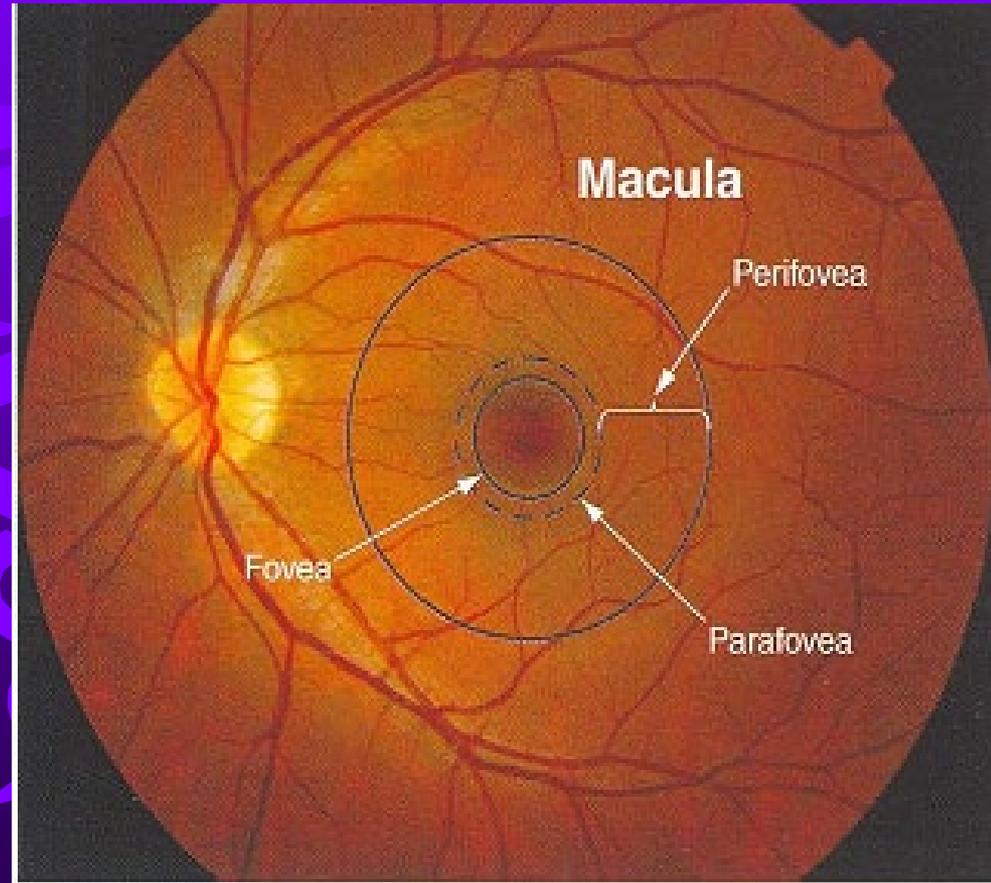


-Nervio óptico: mide 2x1.5mm, de su centro nacen los vasos mayores de la retina; a 4-5-mm se encuentra la mácula.





- Mácula: área central, su centro es la fóvea, diámetro de 6mm. Su parte externa está cerca de la inserción del oblicuo inferior.
- Mayor concentración de conos y fibras nerviosas; mayor cantidad de pigmento xantófilo.
- La coriocapilaris adopta un patrón de circulación lobular contrastando con el patrón triangular de la periferia.



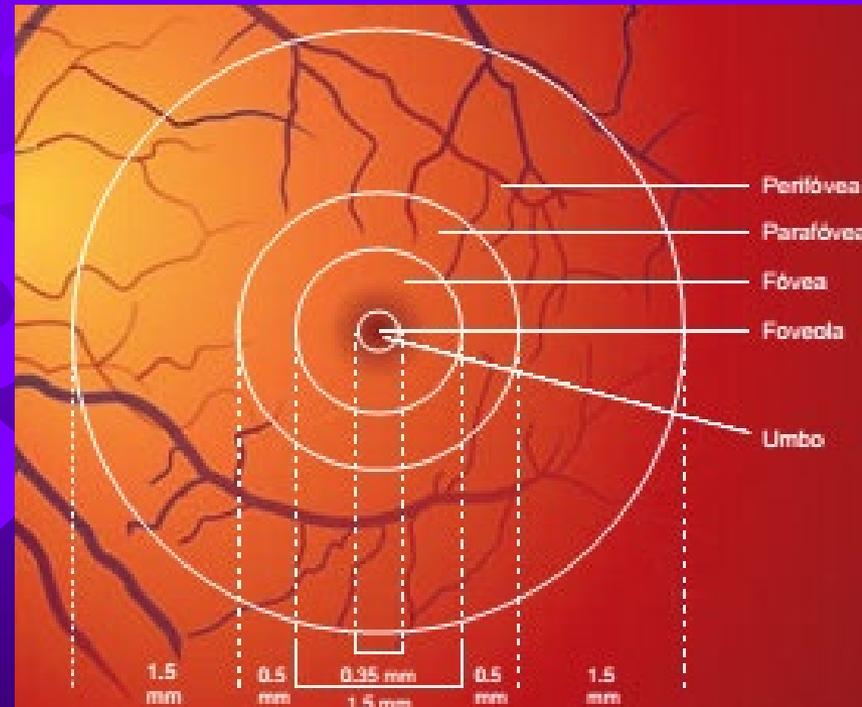


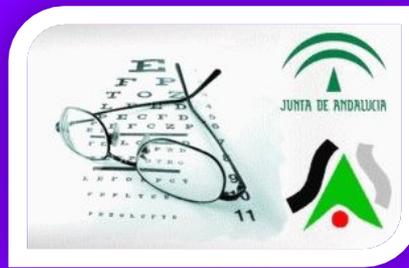
-**Fóvea** se encuentra en el eje óptico y mide 1-5 mm, 120000 conos por mm².

-**Centro:** depresión de 350 micras, la foveola. Carece de capilares puesto que no hay retina interna.

-**Umbo:** parte más central de la foveola. Solo existe lámina basal, Müller y conos. La alineación de los FR con la luz que entran es perfecta en esta zona.

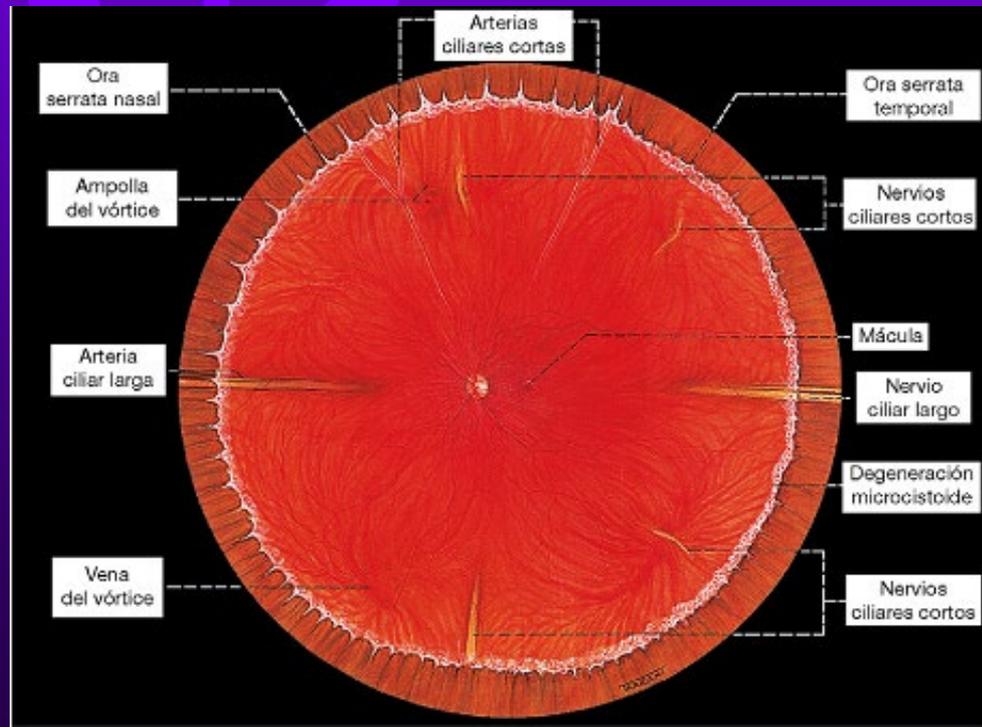
-**Parafóvea:** cinturón de 0.5 mm de ancho que rodea el margen foveal; rodeando a la parafóvea se encuentra un área de 1.5 mm de ancho llamada perifovea





-La periferia cercana mide 1.5 mm de ancho: del ecuador a la ora serrata varía dependiendo de factores como el tamaño del globo y el defecto refractivo del mismo. El diámetro promedio del ojo es de 72 mm en el ecuador y 60 mm en la ora serrata. La periferia retiniana puede ser dividida en 12 meridianos que corresponden a 5 a 6 mm de la circunferencia.

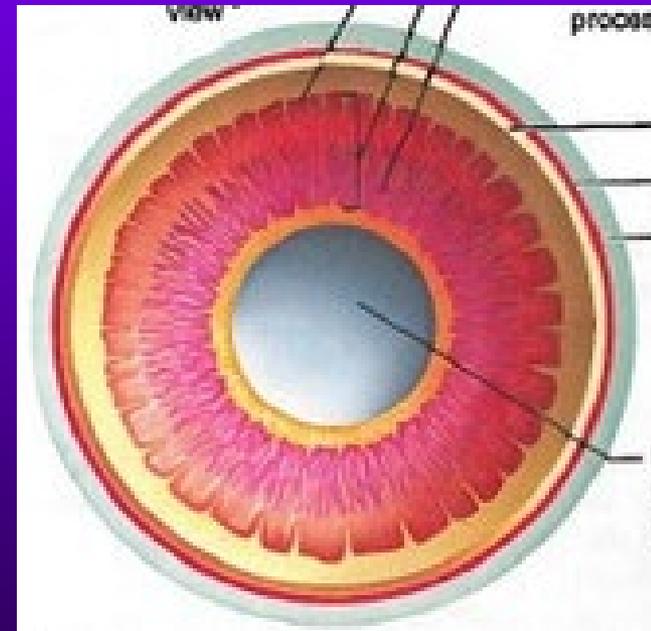
- Periferia cercana,
- Media o ecuador,
- Periferia lejana y
- Extrema periferia.

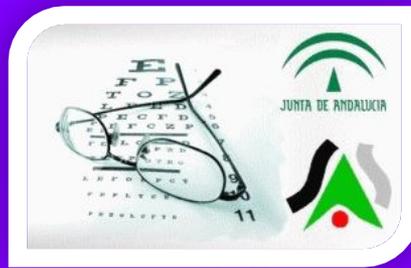




-Pars plana: cuerpos ciliares empiezan a 1 mm del limbo y se extienden hacia atrás unos 6 mm. Los primeros 2 mm constan de la pars plicata y los otros 4 mm forman la pars plana.

-Ora serrata: forma la unión entre la retina y el cuerpo ciliar.



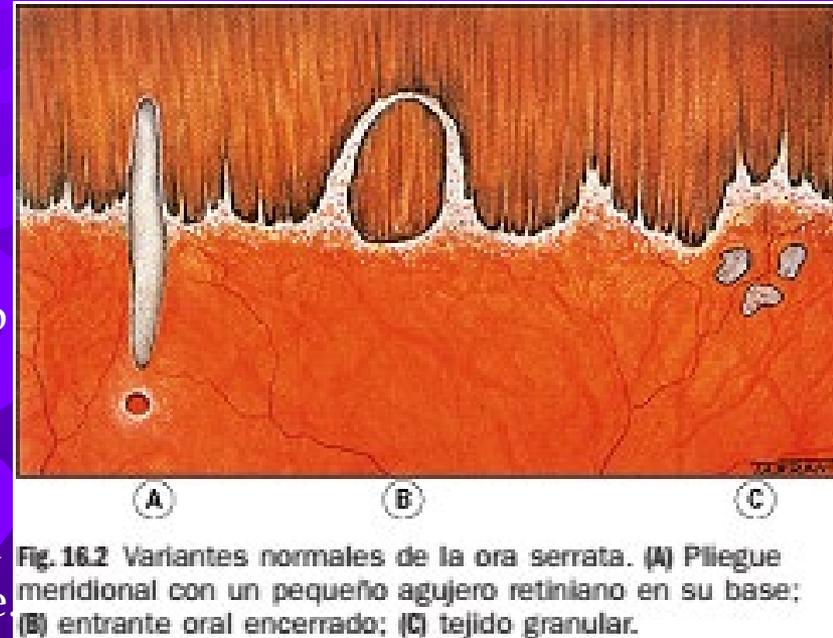


- Procesos dentados: son extensiones de la retina en forma dentada en la pars plana; más acusadas a nivel nasal, contorno variable.

- Procesos orales: bordes festoneados de epitelio de la pars plana entre los procesos dentados.

- Pliegue meridional: pliegue radial de tejido retiniano engrosado, en línea con un proceso dentado; en el cuadrante superonasal; en ocasiones un pequeño agujero retiniano en la base.

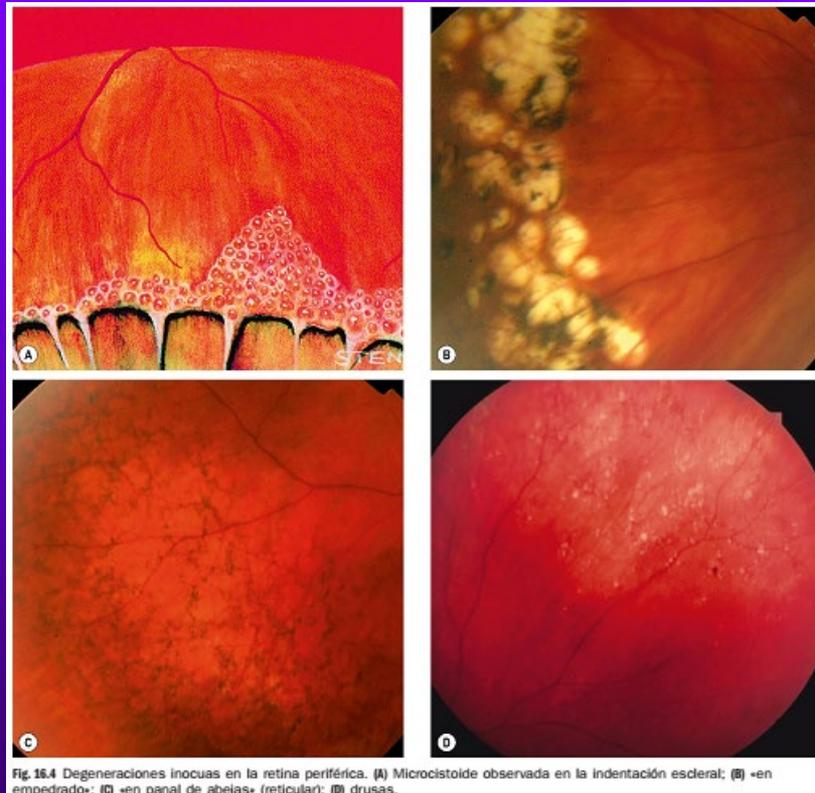
- Complejo meridional: proceso dentado (con pliegue meridional) que se alinea con un proceso ciliar.



- Proceso oral encerrado: pequeña isla de pars plana rodeada de retina como resultado de la unión de

dos procesos dentados adyacentes. No debe confundirse con un agujero retiniano.

- Tejido granular se caracteriza por múltiples opacidades blancas en la base del vítreo.



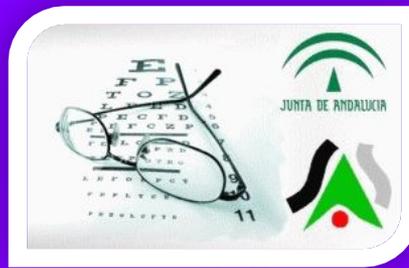
-Degeneración microcistoide vesículas diminutas con límites imprecisos sobre un fondo de color blanquecino-grisáceo que hace que la retina se vea engrosada y menos transparente. Comienza en la proximidad de la ora serrata y se extiende circunferencialmente y en dirección posterior, con un borde posterior suavemente ondulante. La degeneración microcistoide está presente en todos los ojos adultos y su intensidad aumenta con la edad.

-Degeneración en "adoquín": parches discretos de atrofia coriorretiniana focal de color blancoamarillento, en el 25% de los ojos sanos.

-Degeneración en panal (reticular): asociado a la edad, entramado fino de pigmentación perivascular, en dirección posterior hasta el ecuador.

-Drusas periféricas: grupos de lesiones pálidas pequeñas con bordes hiperpigmentados. Similares a las drusas en el polo posterior, ojos de los ancianos.

Fig. 16.4 Degeneraciones inocuas en la retina periférica. (A) Microcistoide observada en la indentación escleral; (B) «en empedrado»; (C) «en panal de abejas» (reticular); (D) drusas.

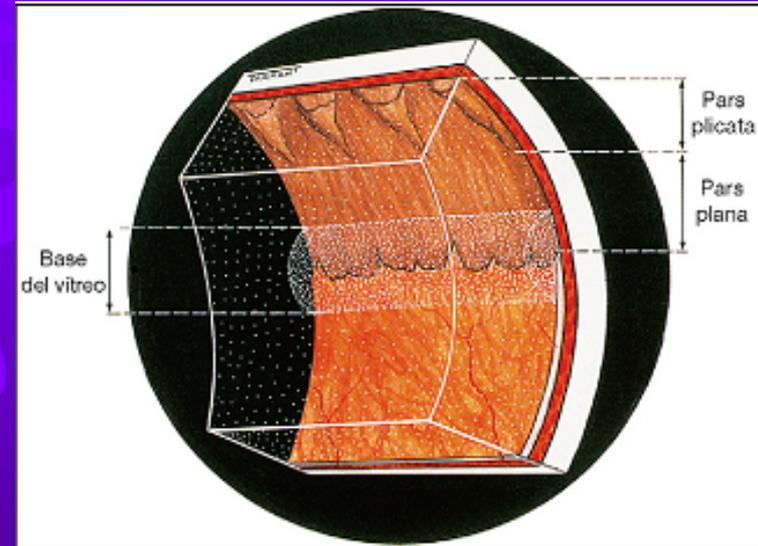


Normales: vítreo cortical periférico unido de forma holgada a la membrana limitante interna (MLI) de la retina sensorial.

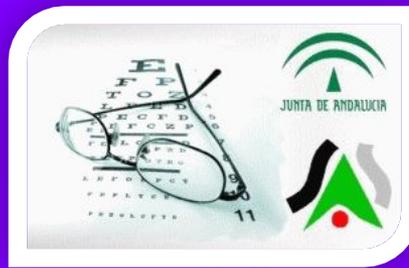
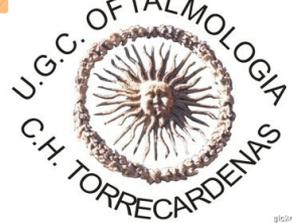
- Base del vítreo.
- Alrededor de la cabeza del nervio óptico
- Alrededor de la fovea, donde son bastante débiles.
- A lo largo de los vasos periféricos, donde suelen ser débiles.

Anormales: pueden asociarse a la formación de desgarros retinianos como resultado de la tracción vitreoretiniana dinámica asociada al DVP agudo.

-Borde posterior de islas de degeneración reticular.



- Conglomerados de pigmento retiniano
- Condensaciones paravasculares periféricas
- alteraciones de la base del vítreo como extensiones pseudolinguales e islas posteriores.
- Blanco con presión y blanco sin presión.



-Arteria central de la retina: procede de la arteria oftálmica, se introduce al nervio óptico a 12 mm de la pared del globo ocular aportando la irrigación papilar, anastomosándose ocasionalmente con los vasos ciliares, ya en la papila la arteria central de la retina sufre una bifurcación para originar las ramas superior e inferior que a su vez originan las ramas temporal y nasal.

-20% de las personas reciben su irrigación proveniente de la coroides a través de una o varias arterias llamadas ciliarretinianas.

-La delicada capa de los fotorreceptores se nutre directamente de ramas que provienen de la arteria coriocapilar (a nivel de la coroides). Los capilares tienen una capa formada por células endoteliales y pericitos con sus láminas basales.

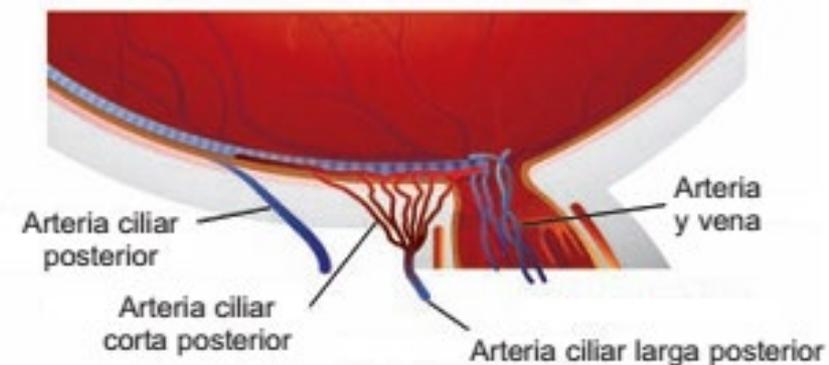
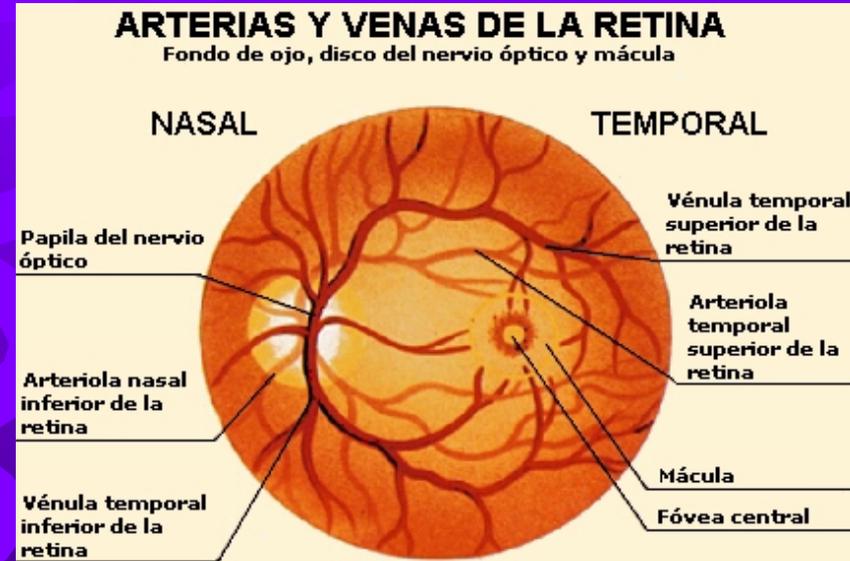


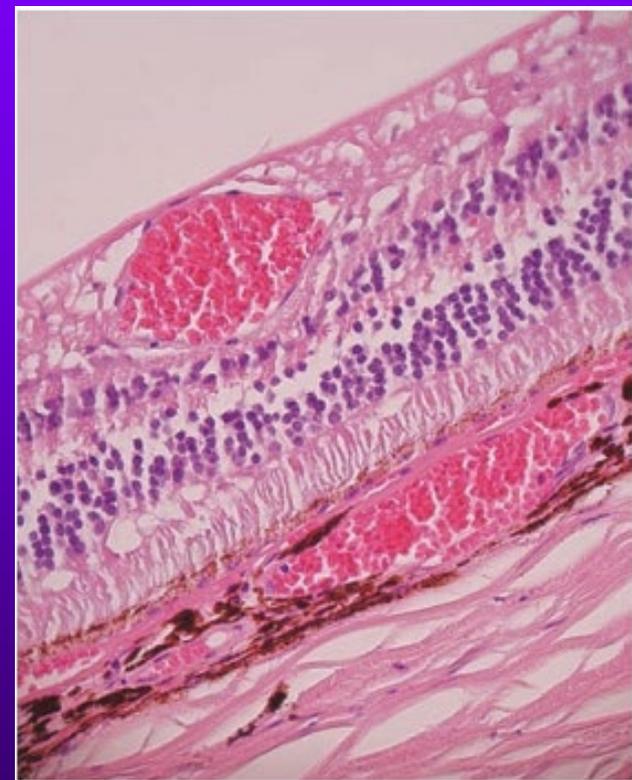
Figura 1-2. Irrigación coroidea y retiniana.

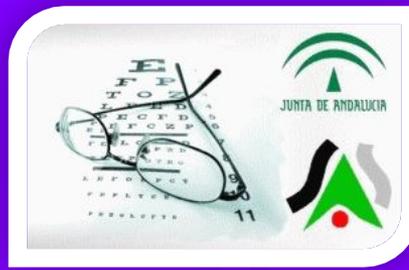


-Venas retinianas: a ellas drenan los capilares de los cuatro cuadrantes y en los puntos de cruce con una arteriola, la arteriola y vénula comparten la vaina adventicia. Las venas retinianas se fusionan en la papila para formar la vena central de la retina, que en ocasiones se unen al interior del nervio óptico (venas hemicentrales retinianas).. La vena central de la retina drena en la vena oftálmica superior.

-Arterias ciliares y nervios: Existen entre 15 y 20 arterias ciliares cortas posteriores y 10 nervios ciliares rodeando el nervio óptico y el polo posterior del ojo. Las arterias y nervios ciliares largos posteriores se introducen a la esclera entre los 3 y 4 mm nasales y temporales al nervio óptico en los meridianos horizontales.

-Venas Vorticosas: Existen alrededor de siete venas vorticosas incluyendo una vena mayor por cuadrante en cada ojo. Los sitios de emergencia de las venas vorticosas se localizan generalmente posteriores al ecuador a 10 o 12 mm de la ora serrata.





-Neurorretina: de donde parte el impulso nervioso provocado por los fotones, se le considera en cierta forma parte del sistema nervioso central, formada por nueve capas.

-Epitelio pigmentario: una monocapa de células, con importante función en el metabolismo de los fotorreceptores.

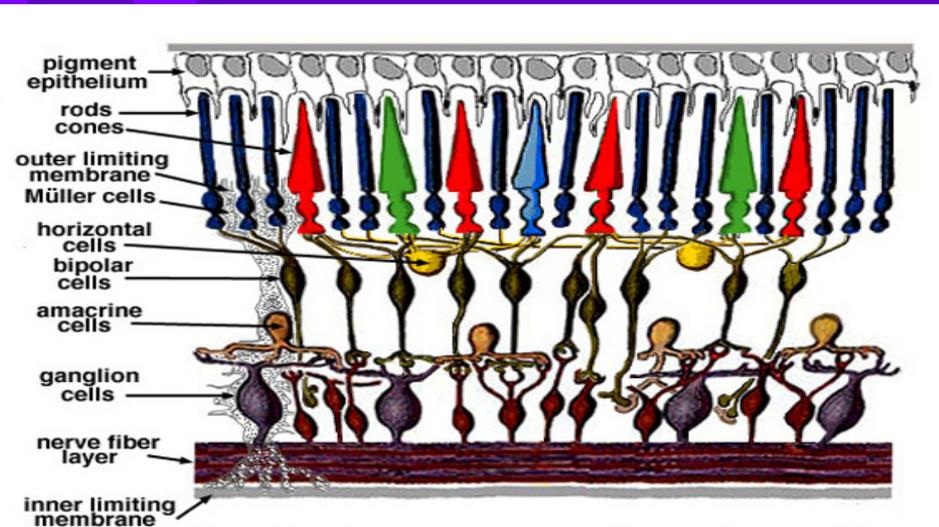
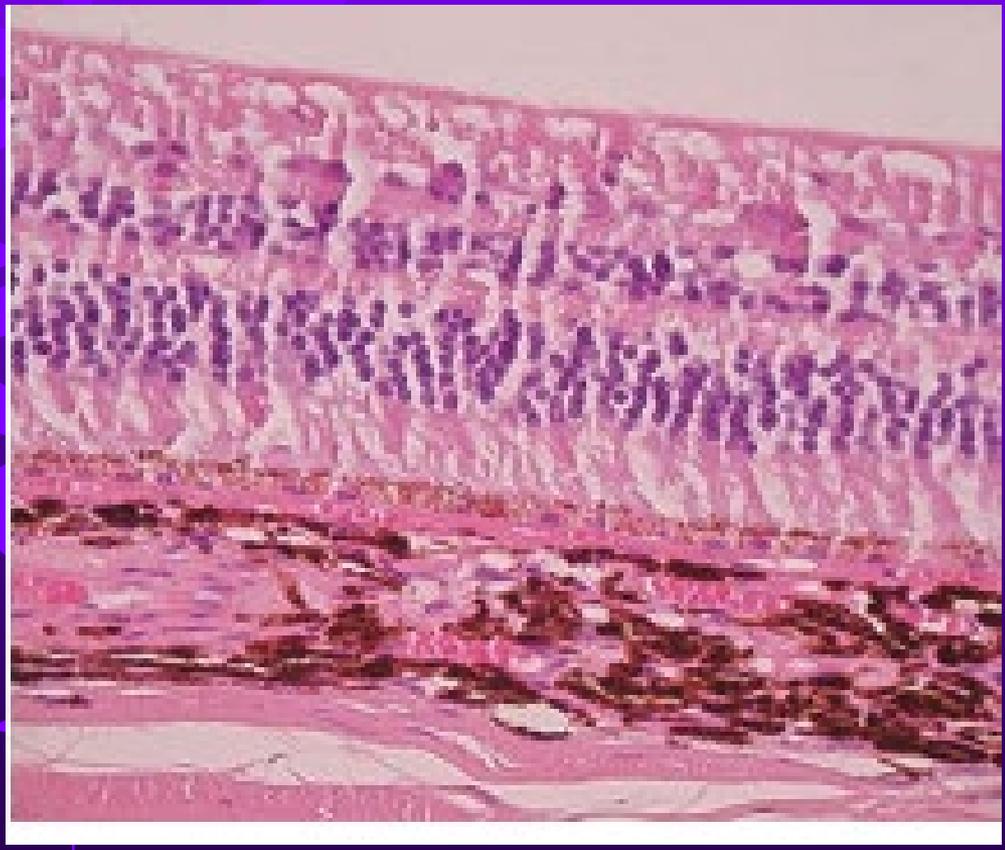
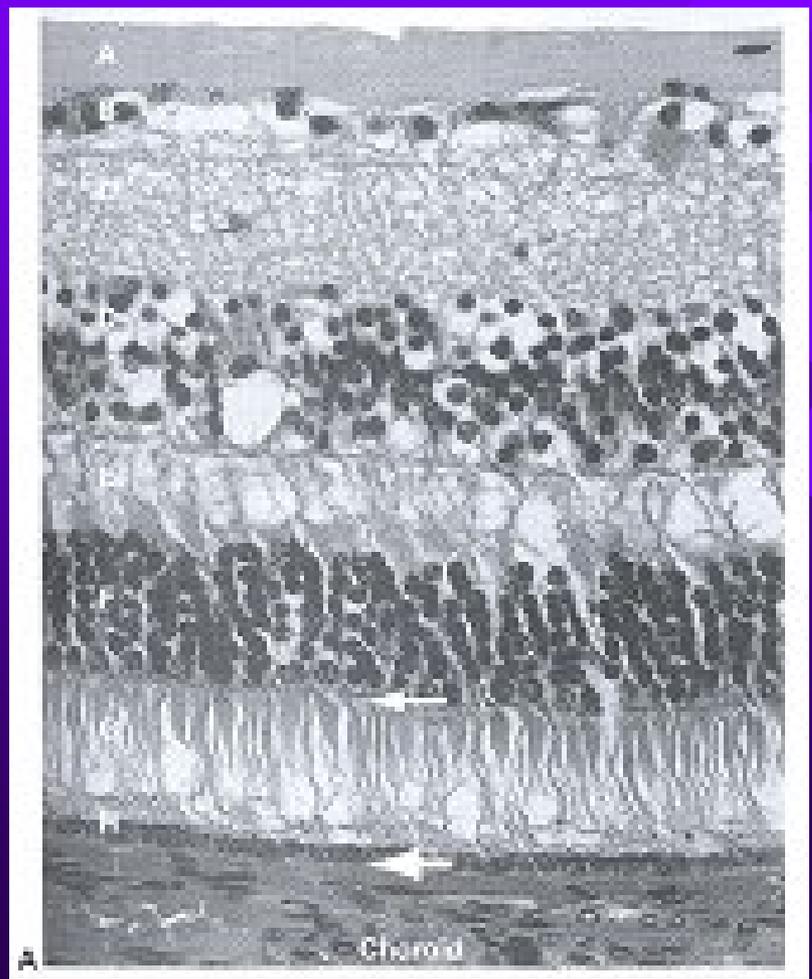
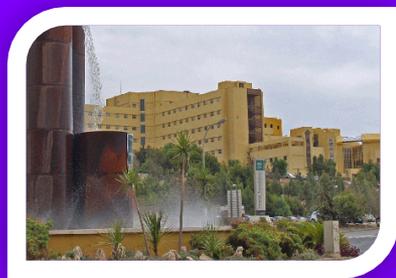
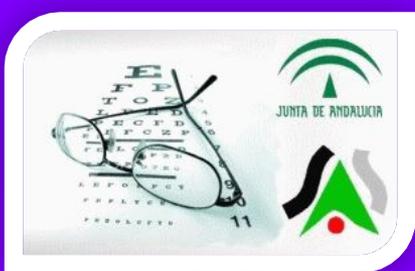
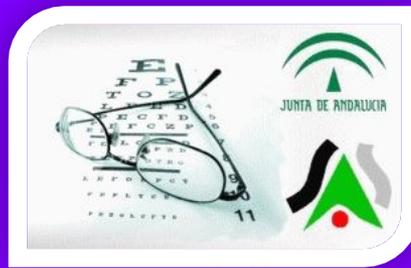
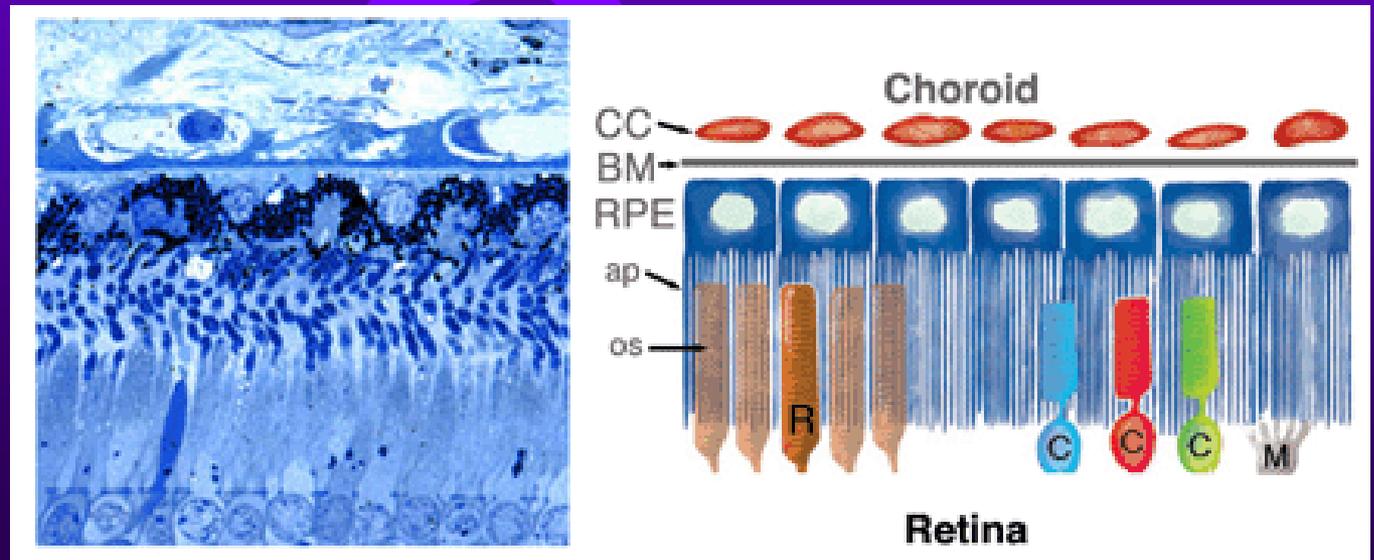


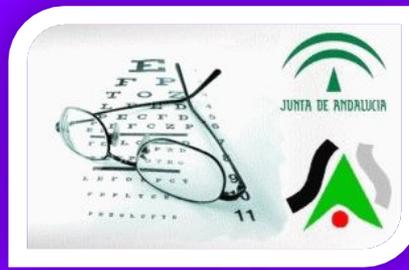
Fig. 2. Simple diagram of the organization of the retina.





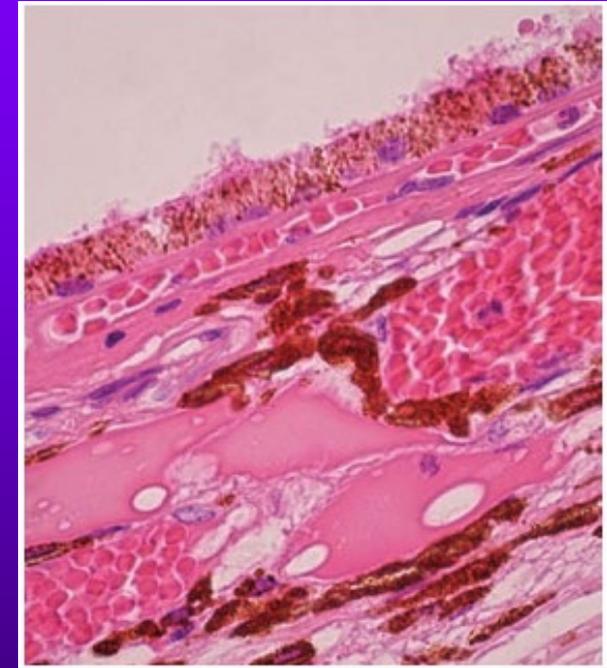
EPITELIO PIGMENTARIO: capa unida a los fotorreceptores de forma muy estrecha, con interdigitaciones que aumentan el contacto entre ambas capas. Las células del epitelio pigmentario son muy importantes para el metabolismo adecuado de los conos y bastones. Se le considera también parte de la retina aunque es la única capa que no forma parte de la neurorretina; es decir, que no interviene en la transmisión sináptica del estímulo visual.



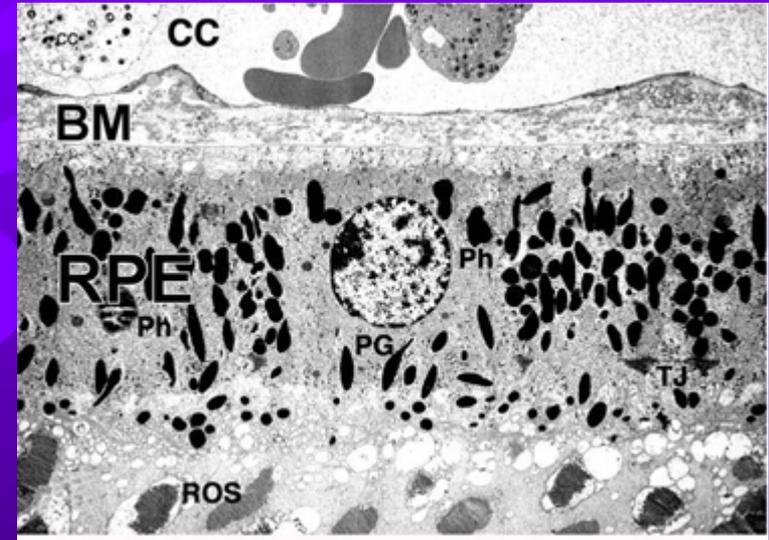
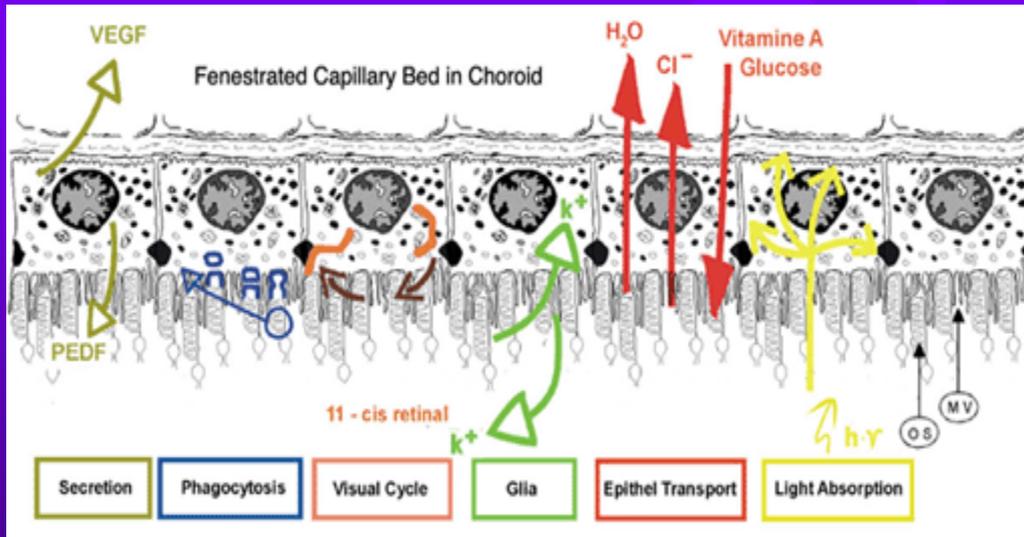
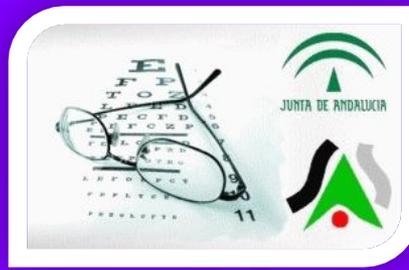


Constituye una sola capa de células, las cuales están firmemente unidas entre sí y tienen forma poligonal, sus núcleos son redondos u ovoides y en las zonas periféricas pueden tener varios. Poseen una base y un ápex, el cual está interdigitado con los segmentos externos de los conos y bastones.

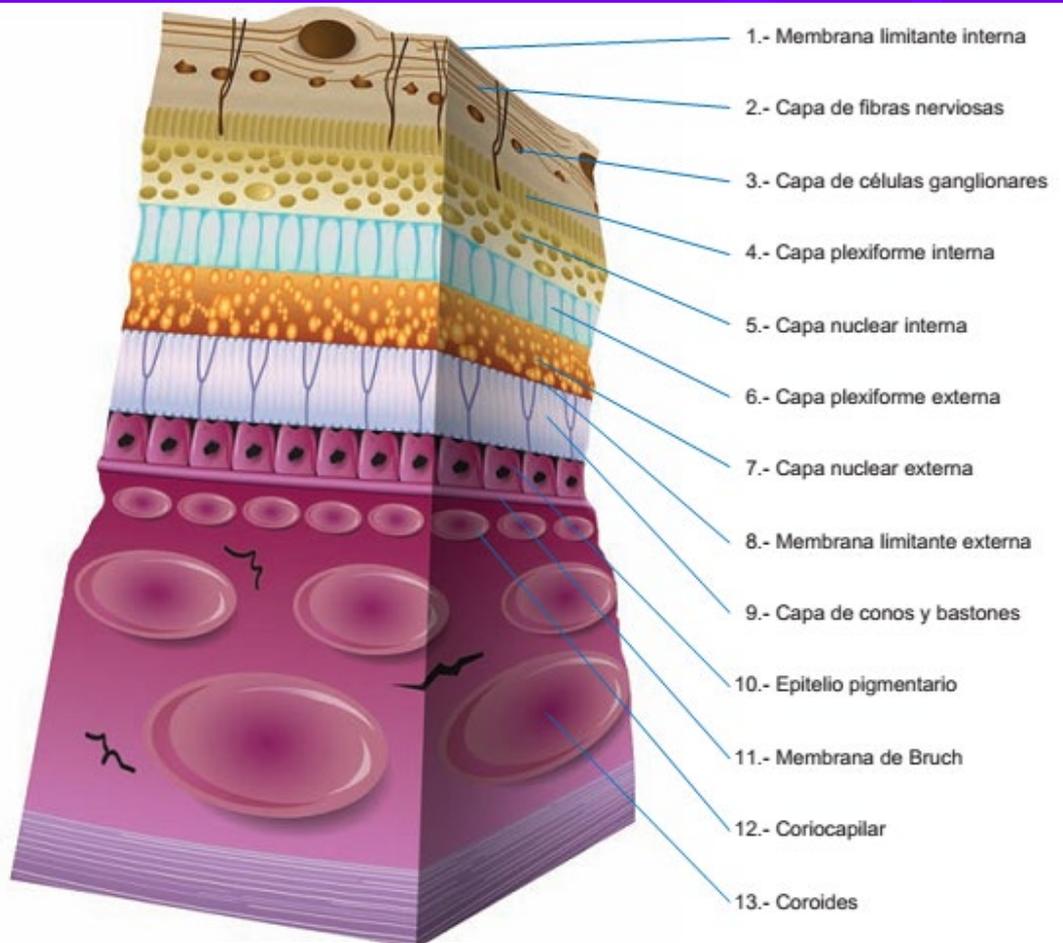
Las células del epitelio pigmentario miden 16 μ m de diámetro por 10 a 14 de altura, las de la fóvea son más altas y estrechas. Todas contienen melanina pero en mayor concentración las del área macular. La concentración de este pigmento disminuye con la edad.



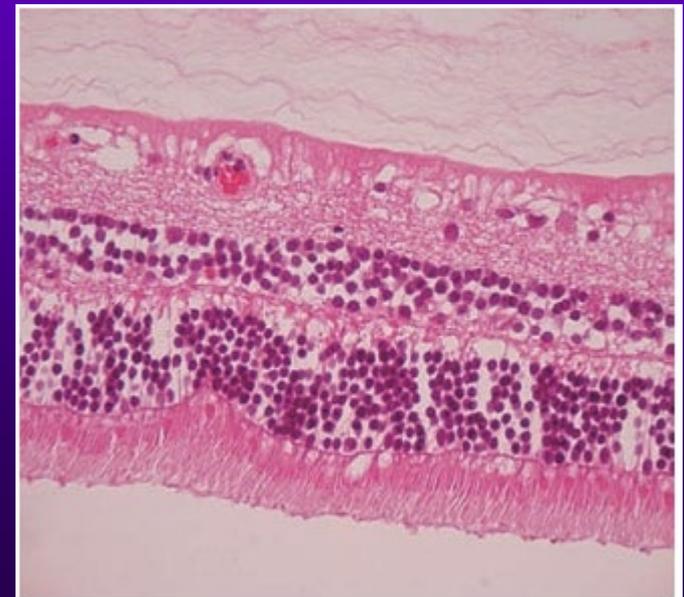
También poseen lipofuscina sobre todo a partir del decenio de la vida, lo cual se considera dato de senilidad celular aunque también es abundante durante los primeros 20 años de vida. Las células están conectadas entre sí por complejos de unión, lo que impide la difusión de sustancias entre la coroides y la retina, como parte de la barrera hematorretiniana

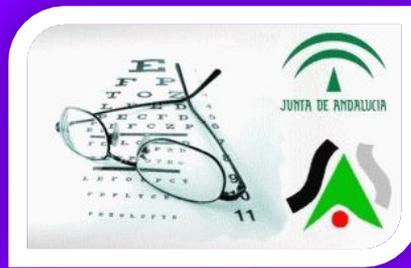


Sus funciones son: absorción de la luz, transporte epitelial, buffer ionico, ciclo visual, fagocitosis, secreción e inmunomodulación.



Neurorretina tiene nueve capas: capa de conos y bastones, limitante externa, nuclear externa, plexiforme externa, nuclear interna, plexiforme interna, de células ganglionares, de fibras nerviosas y limitante interna.





De ellas tres son celulares:

- La nuclear externa, que tiene los cuerpos celulares de los fotorreceptores,
- La nuclear interna, donde se encuentran los núcleos de las células bipolares, horizontales, amacrinas, de Müller e interplexiformes y
- La de células ganglionares, donde se encuentran las células del mismo nombre con algunas amacrinas desplazadas.

-Estas tres capas se encuentran separadas por dos plexiformes: la plexiforme externa, en donde se comunican los fotorreceptores con las células bipolares y horizontales y la plexiforme interna, en la cual hay sinapsis de las células bipolares con las amacrinas y las ganglionares

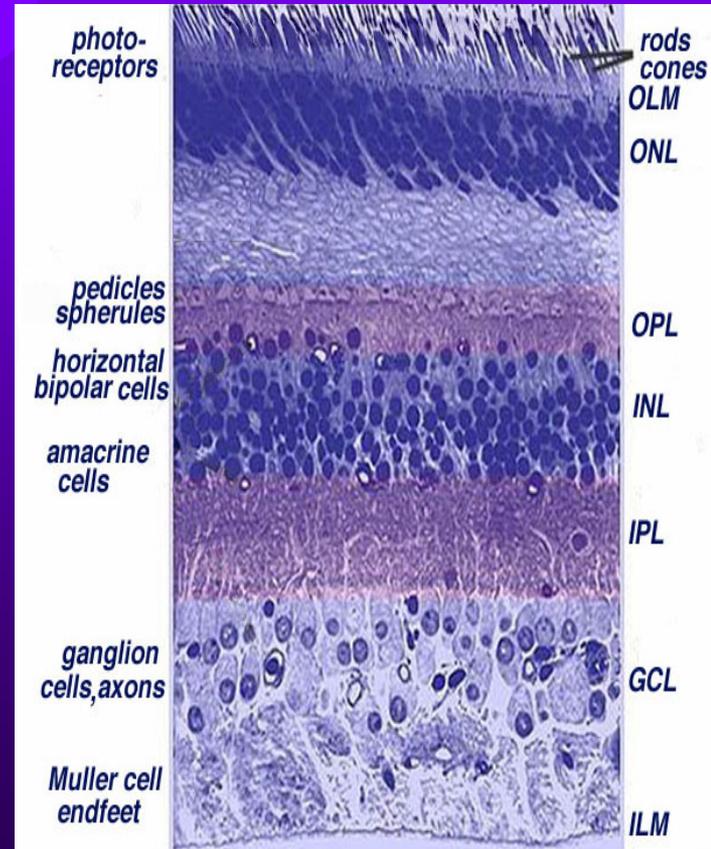
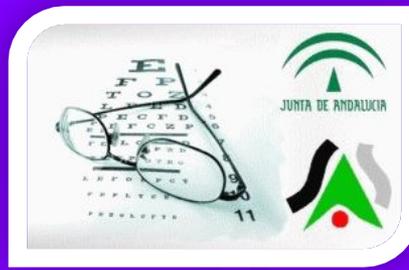


Fig. 3. Light micrograph of a vertical section through central human retina.



La retina central cercana a la fovea es mas gruesa que la periférica, debido al aumento de densidad de fotorreceptores, particularmente conos, y sus células ganglionares y bioplares asociadas.

En la retina central predominan los conos mientras los bastones son más de la periférica.

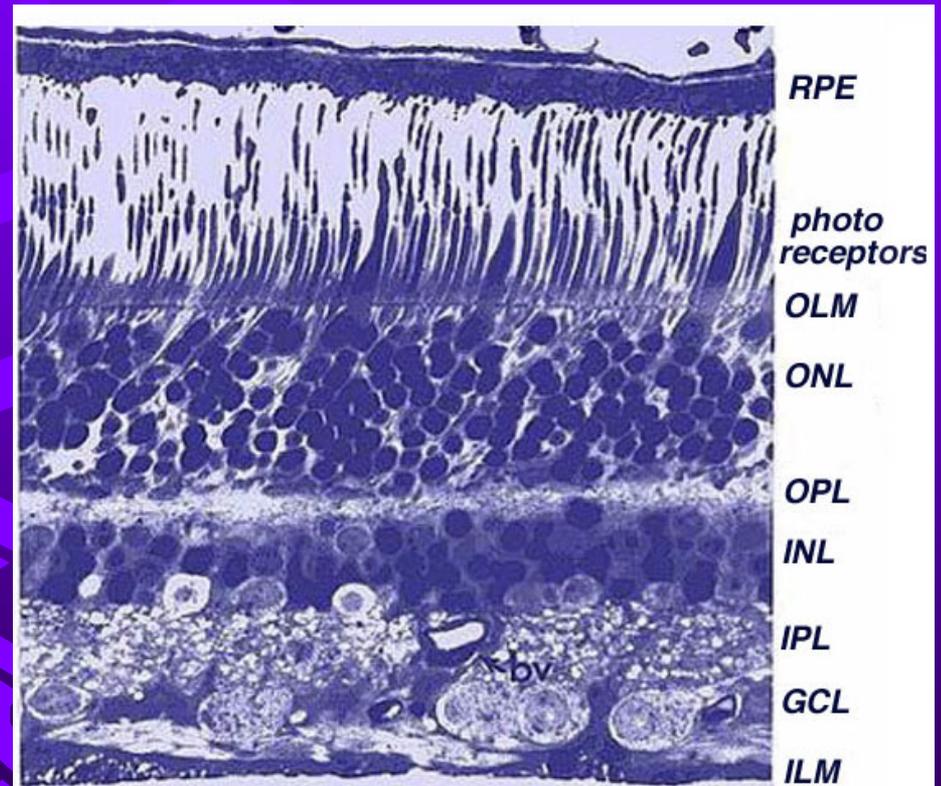
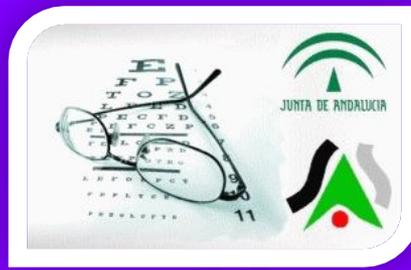


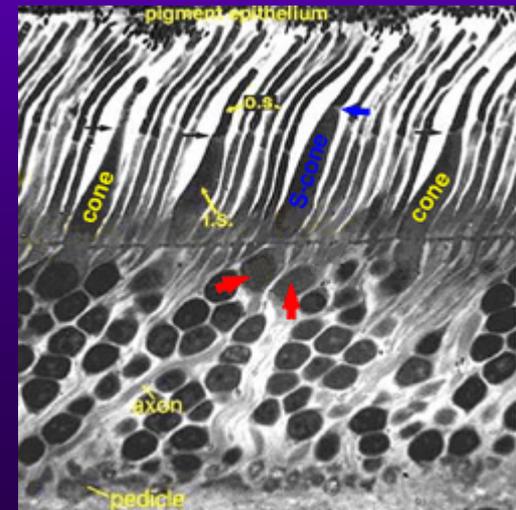
Fig. 10. Light micrograph of a vertical section through human peripheral retina.

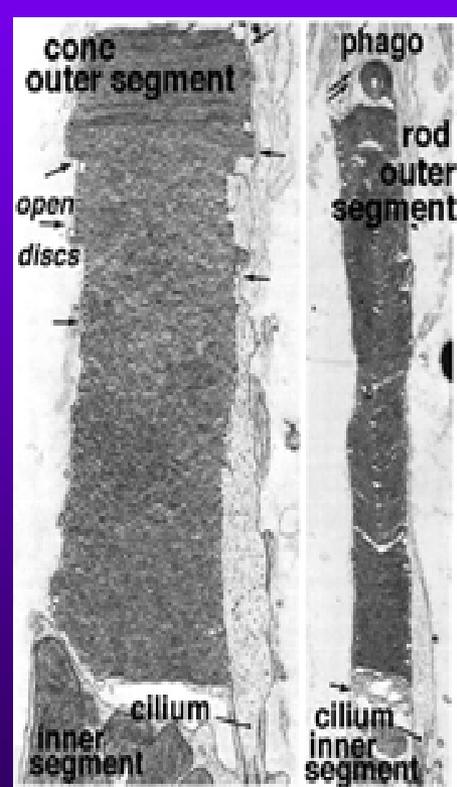
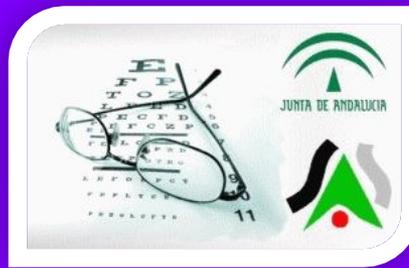


-Fotorreceptores : Los conos y bastones son las estructuras receptoras de la Luz. Sus nombres son por la similitud geométrica de sus segmentos externos. Los fotorreceptores forman parte de células cuyos núcleos, citoplasma y otras estructuras se encuentran en la capa nuclear externa y con axones que llegan a la plexiforme externa donde hacen sinapsis con otras células.

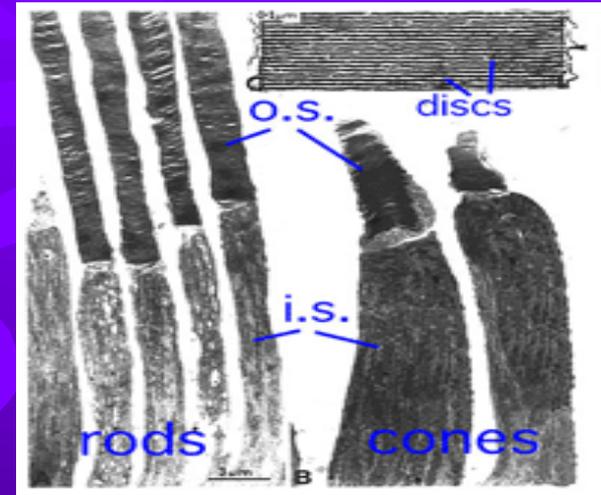
Los bastones son delgados, cilíndricos y no existen en la foveola.

Los conos son cortos y gruesos, en la fóvea toman una posición oblicua, mientras en la foveola se hacen largos y se parecen a los bastones. En la fóvea existe una densidad muy alta de conos que decrece en la periferia, donde predominan en número los bastones.

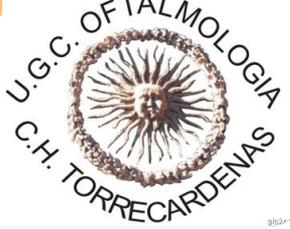




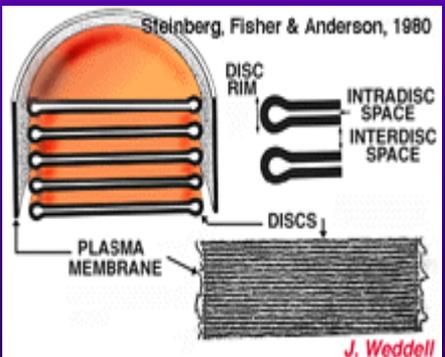
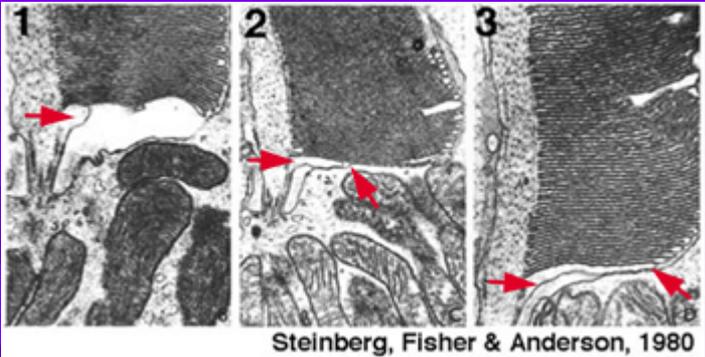
Los fotorreceptores tienen un segmento interno grueso y un segmento externo más delgado, ambos están unidos por un cilio. El segmento externo está formado por discos superpuestos rodeados por una membrana.



En el segmento interno hay dos estructuras principales: la porción elipsoide constituida por numerosas mitocondrias, algunos neurotúbulos, neurofibrillas y ribosomas, y la porción mioide que posee la capacidad de alargarse para alcanzar un estímulo luminoso. Este segmento interno tiene relación con los mecanismos de síntesis y transporte de sustancias al segmento externo.



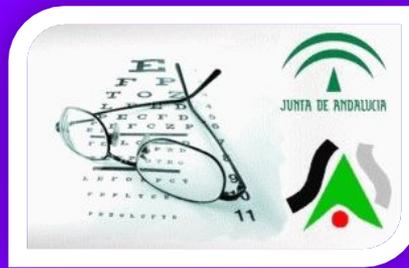
El segmento externo se forma por las evaginaciones e invaginaciones de la membrana en la base del cilio. Esta membrana se expande y conforman discos libres dentro del segmento externo en el caso de los bastones. En los conos sin embargo, los discos del segmento externo permanecen unidos a la membrana.



Así pues, el segmento externo esta completamente lleno de discos de dobles membranas en donde se encuentran las moléculas pigmentadas del sistema visual.

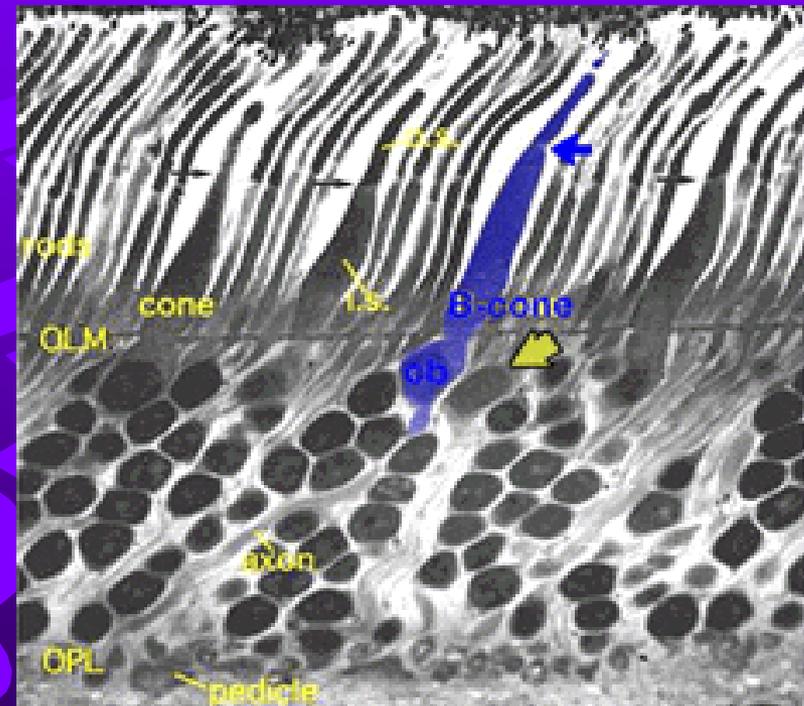


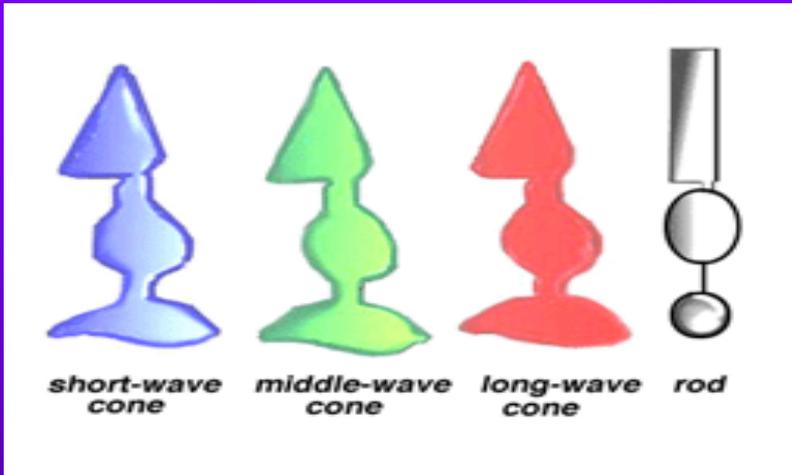
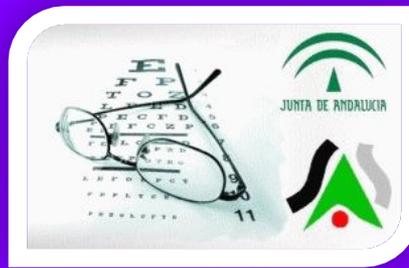
Los discos viejos van siendo retirados por los procesos apicales del epitelio pigmentario y se convierten en fagosomas. Tras ellos son destruidos por lisis, todo ello en un proceso diurno.



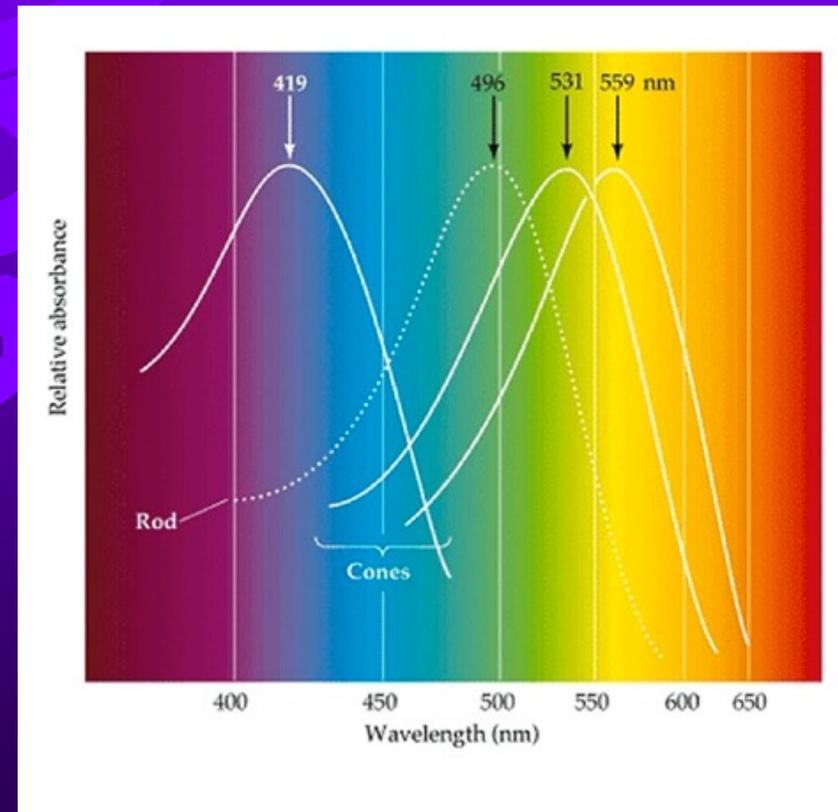
Los bastones, que contienen rodopsina, son sensibles a la luz azul-verdosa con una sensibilidad de alrededor de los 500nm de longitud de onda. Son receptores muy sensibles y sirven para la visión bajo condiciones de oscuridad.

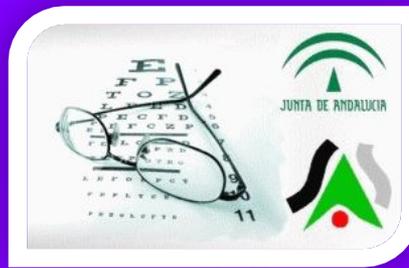
Los conos contienen opsina, y se dividen en tres grupos desde el punto de vista de su sensibilidad a las diferentes longitudes de onda de la luz.



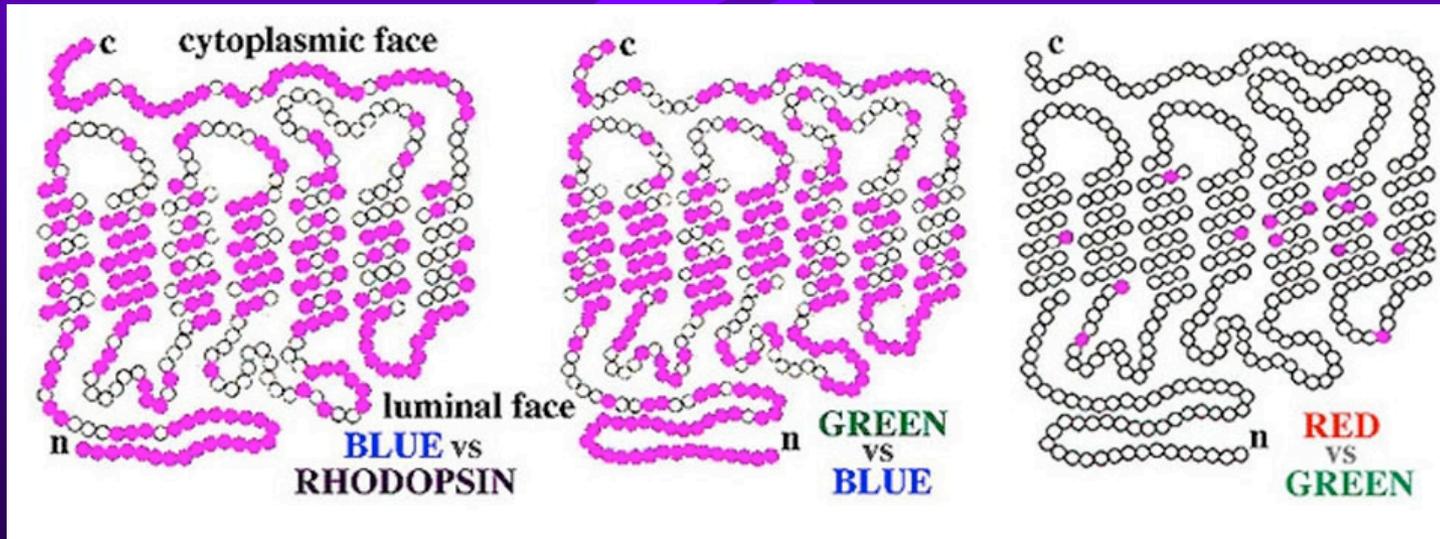


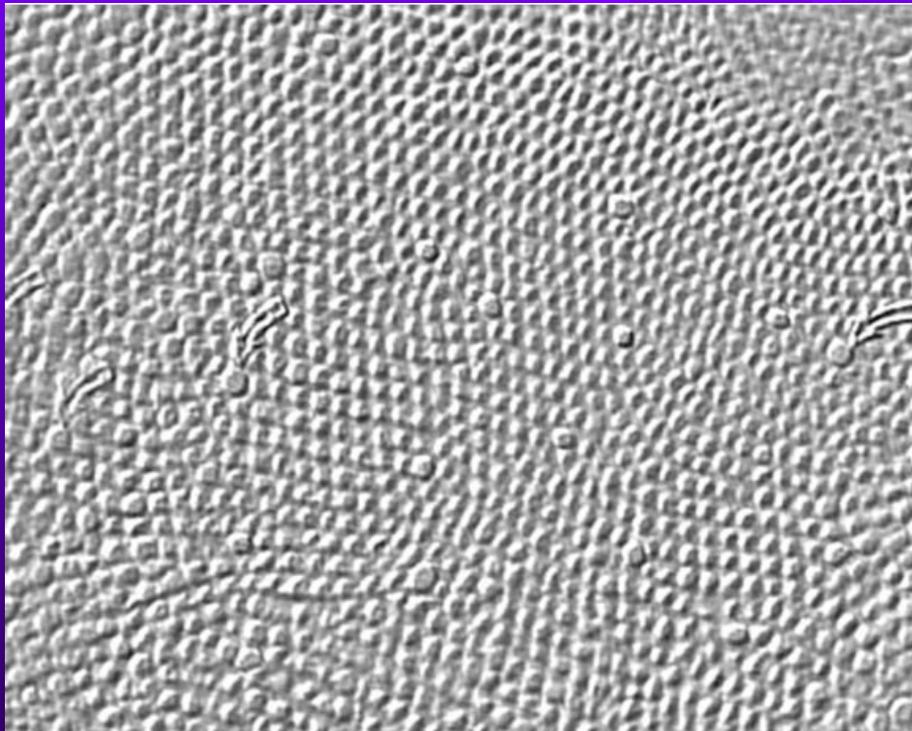
Los de sensibilidad máxima para las longitudes largas son los conos rojos, los de longitudes medias los verdes y longitudes cortas los azules. Estas diferencias entre los conos son la base de la percepción en color. Los Conos-L (rojo) son sensibles alrededor de los 560nm, conos-M (verde) a 530nm y conos-S (azul) a los 420nm.





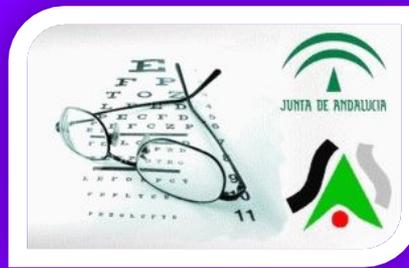
En humanos y primates podemos distinguir morfológicamente a los conos-S de los M y L pero no a estos dos entre sí. Los conos-S tienen segmentos internos más largos y que se proyectan más hacia el espacio subretiniano que los conos M y L. También tienen pedículos más pequeños y diferentes que los M y L y no adoptan la misma morfología de mosaico hexagonal que hacen los otros dos conos.



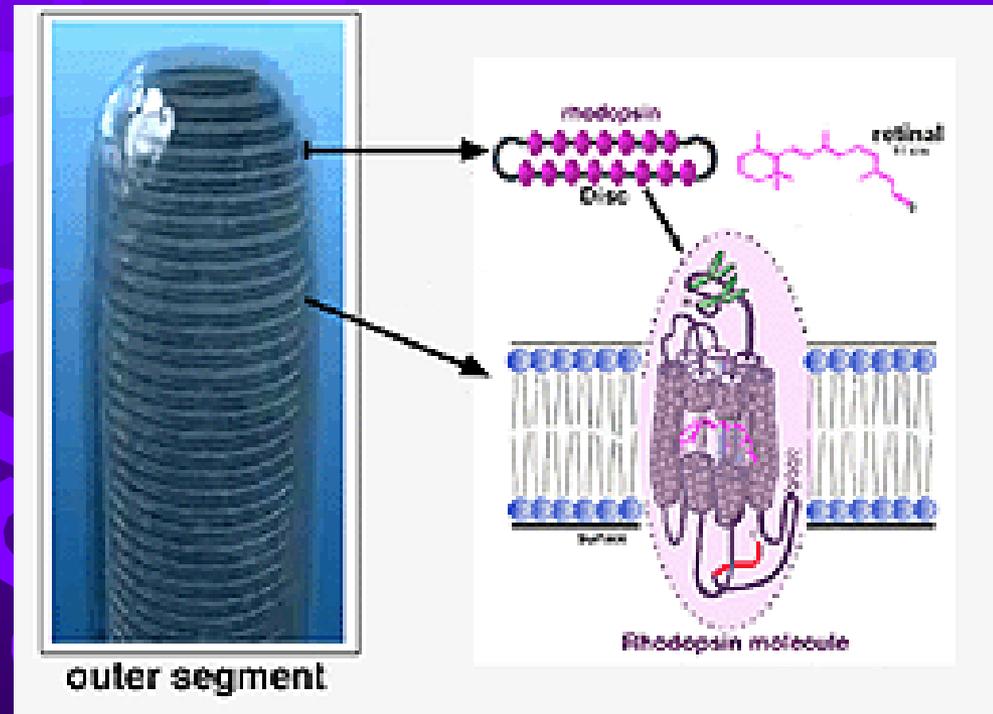


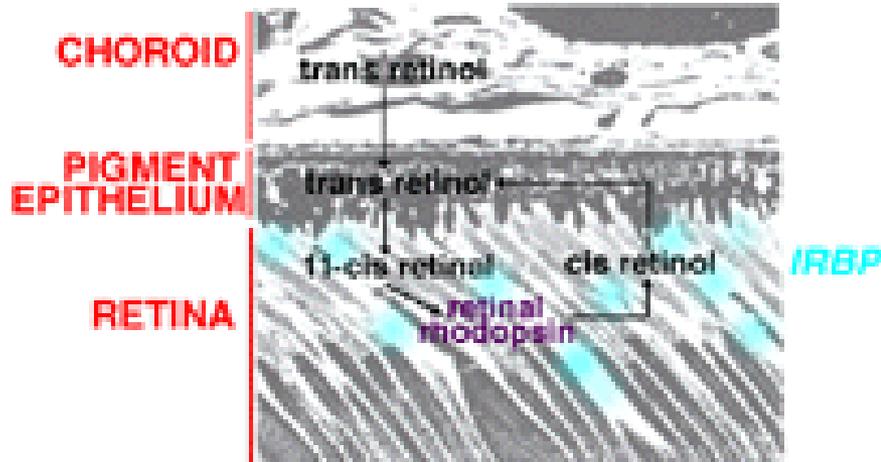
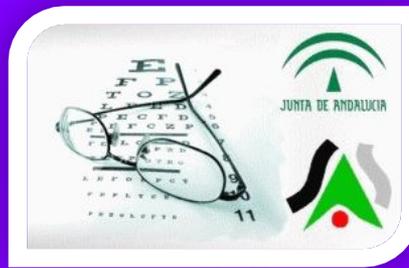
Así pues si observamos la fóvea, las zonas con flechas correspondan a conos-S mientras el resto son M y L.

Fig. 13. Tangential section through the human fovea.
Larger cones (arrows) are blue cones. From Ahnelt et al. 1987.

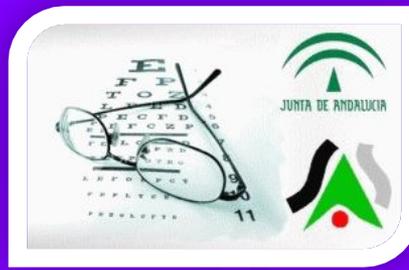
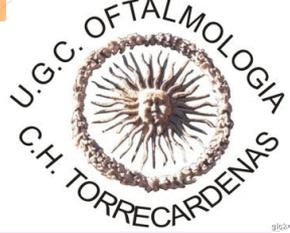


La molécula de opsina se une al cromóforo 11-cis retiniano para conformar el pigmento visual. Se produce en el aparato de Golgi del segmento interno y discurre hasta la membrana externa en el ciclo, a través de una ruta de proteínas-G.



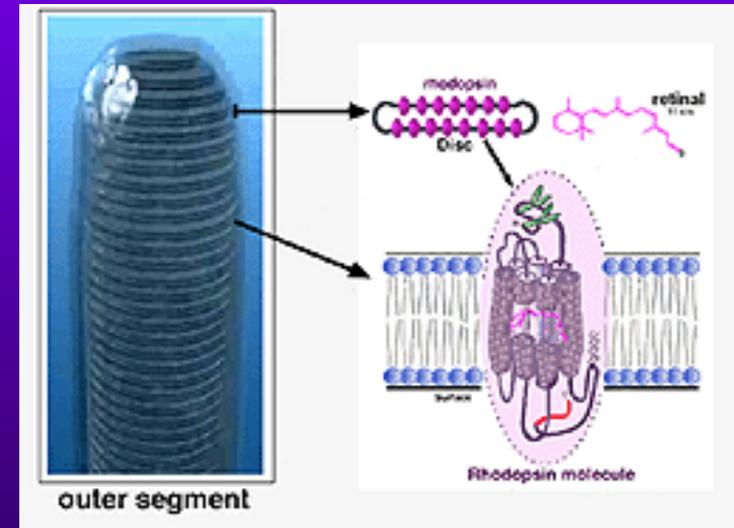


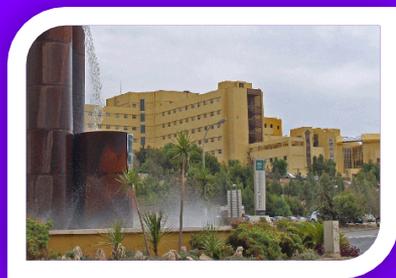
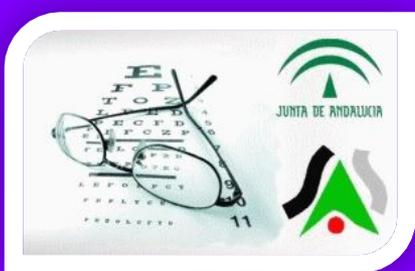
Por otro lado, la otra parte del pigmento visual que es el retinol (derivada de la vitamina A) llega hasta los discos procedente del epitelio pigmentario a través de IRBP (retinal binding proteins) en la matriz fotorreceptora del espacio subretiniano. Está presente en los betacarotenos y por tanto el aporte es externo con la comida que lo contiene (espinacas, zanahora, cebada, berro, pimienta...)



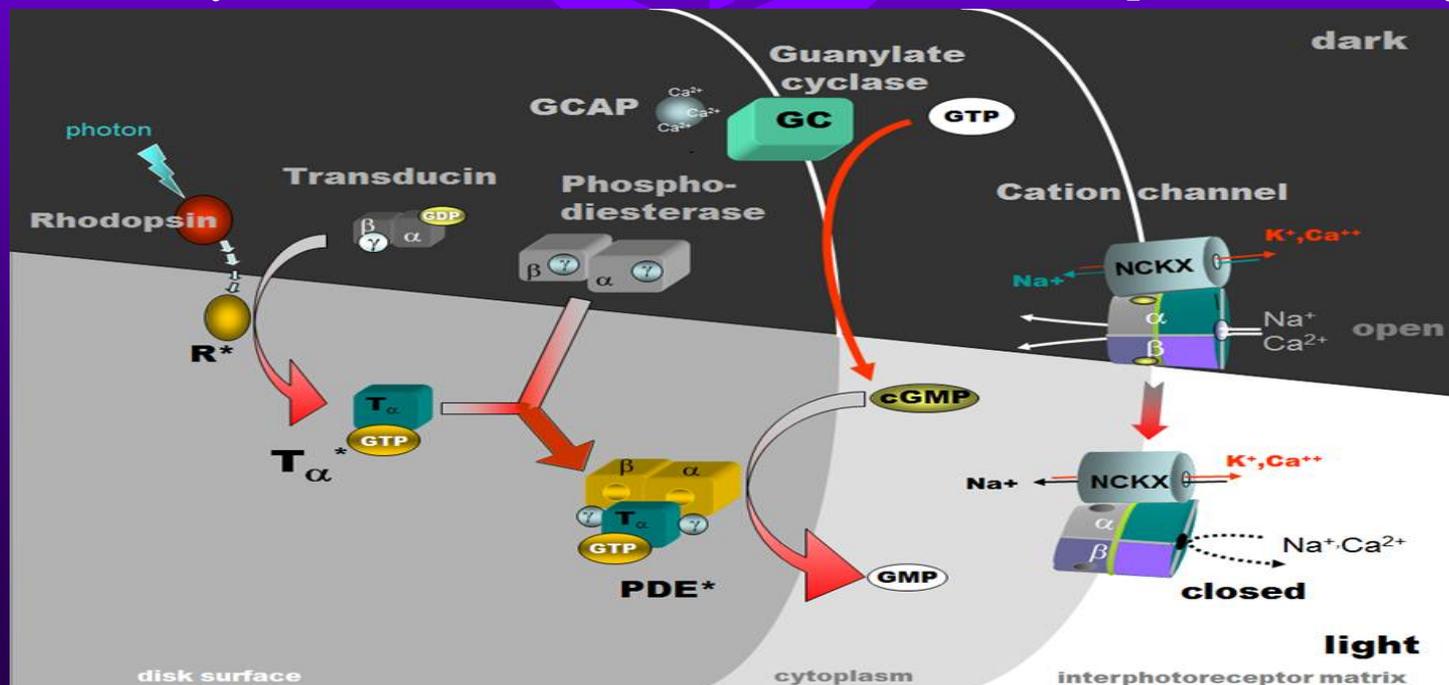
Sobre el 50% de la opsina está en la membrana lipídica de la membrana externa conectada por pequeñas proteínas estructurales. Cada molécula de rodopsina consiste en 7 porciones transmembrana alrededor del cromóforo (11-cis retinol) en la bicapa lipídica.

Tras absorber un fotón de luz, el retinol se isomeriza desde el 11-cis hasta una forma total-trans que inicia cambios conformacionales de la molécula. Varios intermediarios se forman en estos pasos como la metarodopsina II que activa la proteína G transductora y una cascada posterior consistente en una molécula de unión a GTP, un enzima hidrolizador de GMPc, que cierra un canal de sodio ligado a GMPc.



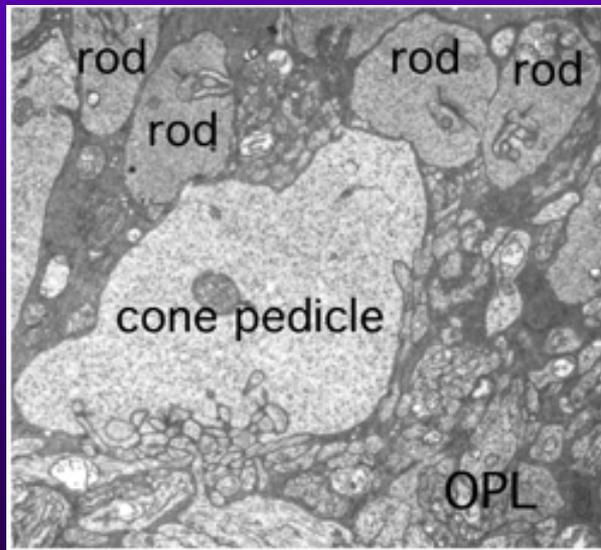


En la oscuridad, los canales ligados a GMPc están abiertos, transportando continuamente Na, despolarizando parcialmente el fotorreceptor. Por ello, el fotorreceptor despolarizado libera un neurotransmisor (ácido aminoglutámico). Cuando se produce una estimulación fónica, las moleculas de rodopsina se isomerizan a la forma activa, llevando al cierre de los canales de Na, causando la hiperpolarización de la membrana celular del receptor y cesando la liberación de neurotransmisor. Además de la corriente de Na+ que constituye el 80% de corriente iónica, también está presente Ca+2 y Mg+2.





La terminación sináptica del cono que transmite la información al resto de capas se conoce como pedículo y el del bastón como esférula.



Los pedículos de los conos son más grandes, cónicos y anchos (8-10micras) que el axón del cono. Por otro lado, la esférula del bastón son más pequeñas que el axón de éste y más estrechas (3-5micras). Ambas terminaciones tienen en su interior vesículas sinápticas que viajan hasta las células bipolares y horizontales de la capa nuclear interna.



La microscopía electrónica nos permite apreciar que existen uniones gaps entre los pedículos de los conos y las esférulas de los bastones, de tal manera que las proyecciones, que nacen horizontalmente de estas estructuras, constituyen una red denominada telodendria.

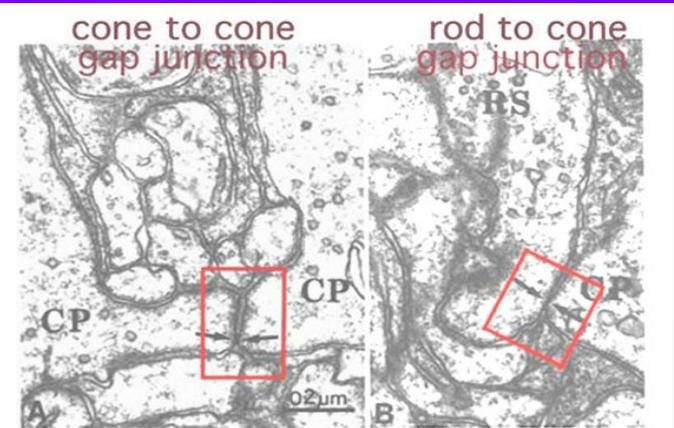
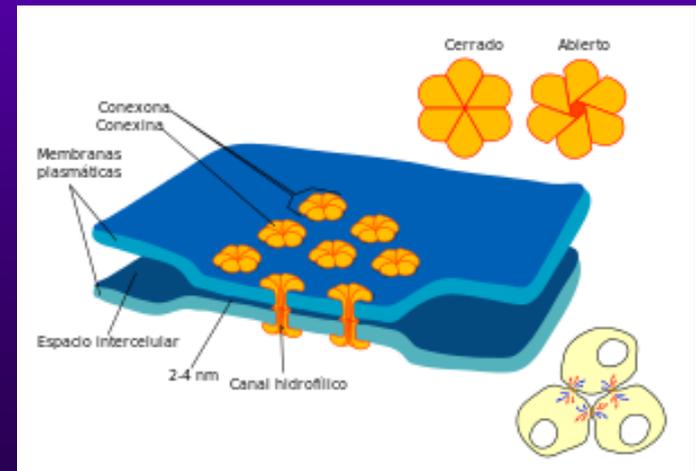
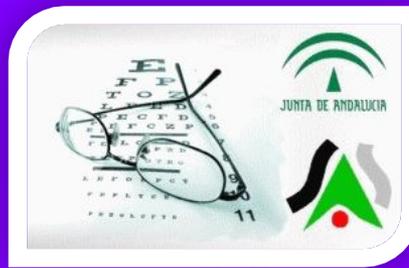


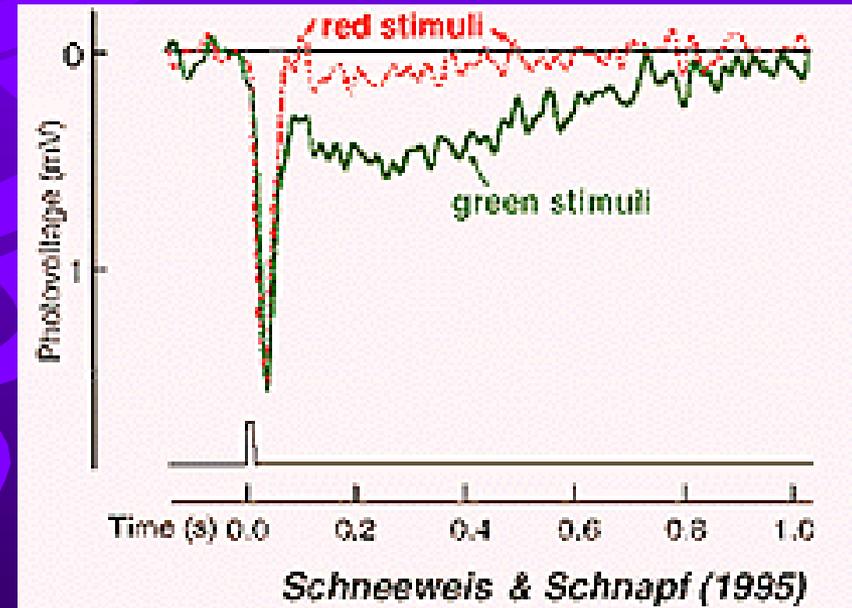
Fig. 29. Tiny "kissing" gap junctions between cones and cones and cones and rods. (Courtesy Avery Nelson).

Una unión gap esta formada por dos hemicanales (oligómeros de 6 proteínas intrínsecas de membrana, llamadas conexinas) insertos donde son contiguas dos células, y alineados con precisión, de manera que la luz de uno se continua con la del otro.





La esférula está rodeada de 3-5 uniones gap mientras el pedículo puede tener hasta más de 10. El cono S sin embargo parece tener muchas menos uniones gap que sus conos de longitud de onda más larga. Esto podría ser una explicación de porqué el impulso es más lento en los bastones y conos S que en los conos M y L. Además parece que los conos también transportan señales de los bastones y no solo de ellos mismos. De hecho en respuestas de voltaje puede observarse como es más alto con el estímulo del rojo (conos L) que del verde (M).



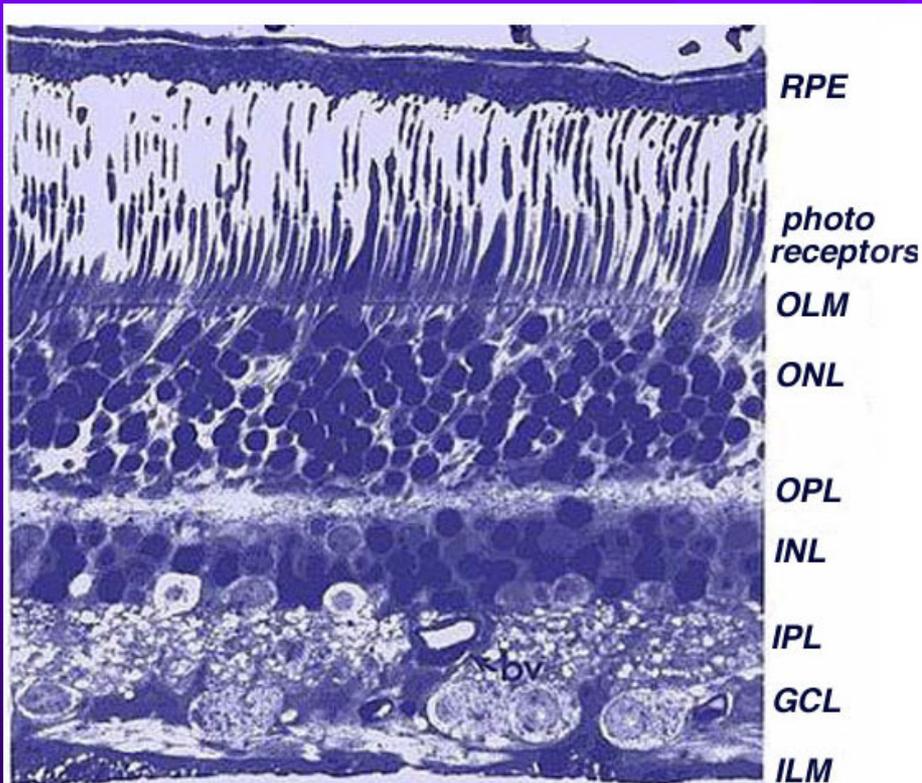


Fig. 10. Light micrograph of a vertical section through human peripheral retina.

LIMITANTE EXTERNA: Forma una barrera entre la neurorretina y el complejo formado por el epitelio pigmentario y los segmentos externo e interno de los fotorreceptores. Está formada por las uniones de las células de Müller con el sector interno de los conos y bastones.

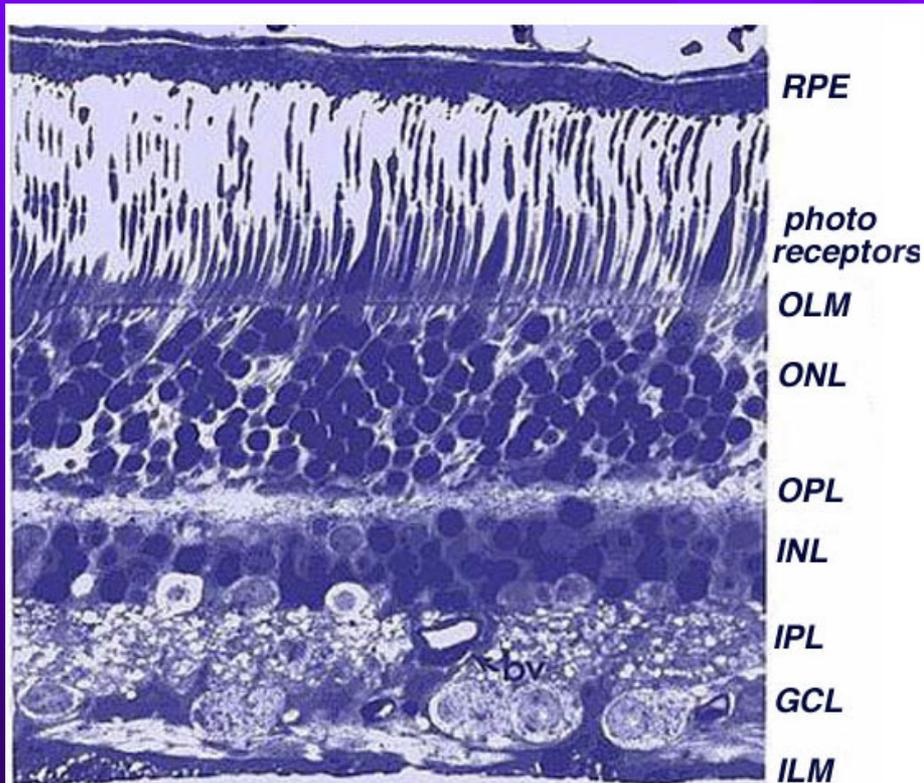


Fig. 10. Light micrograph of a vertical section through human peripheral retina.

NUCLEAR EXTERNA: Es la capa de la retina en donde se encuentran los cuerpos celulares de los conos y bastones.

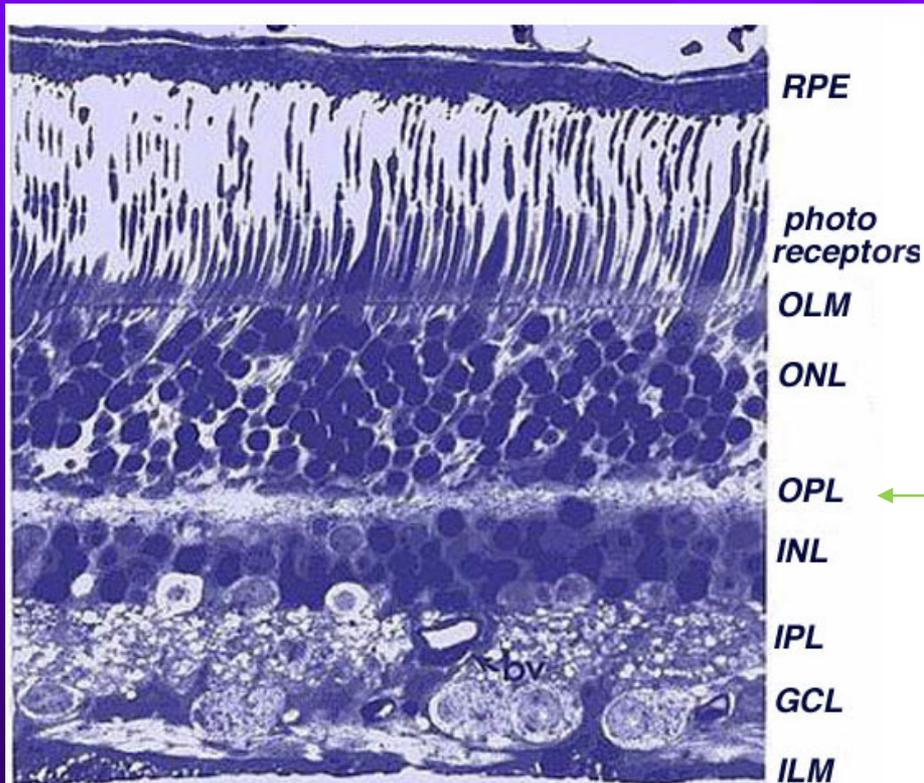
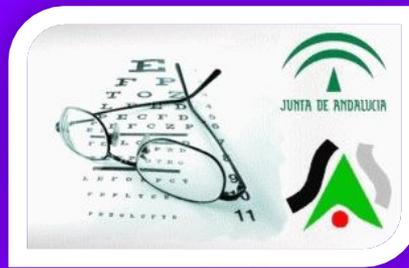


Fig. 10. Light micrograph of a vertical section through human peripheral retina.

PLEXIFORME EXTERNA:

Aquí se conectan los pedículos de los conos y las esferulas de los bastones con las células bipolares y horizontales. Las extensiones de las células de Müller forman una malla reticular. En la región macular esta capa se encuentra en forma radiada teniendo como centro a la foveola y se le denomina capa de Henle.



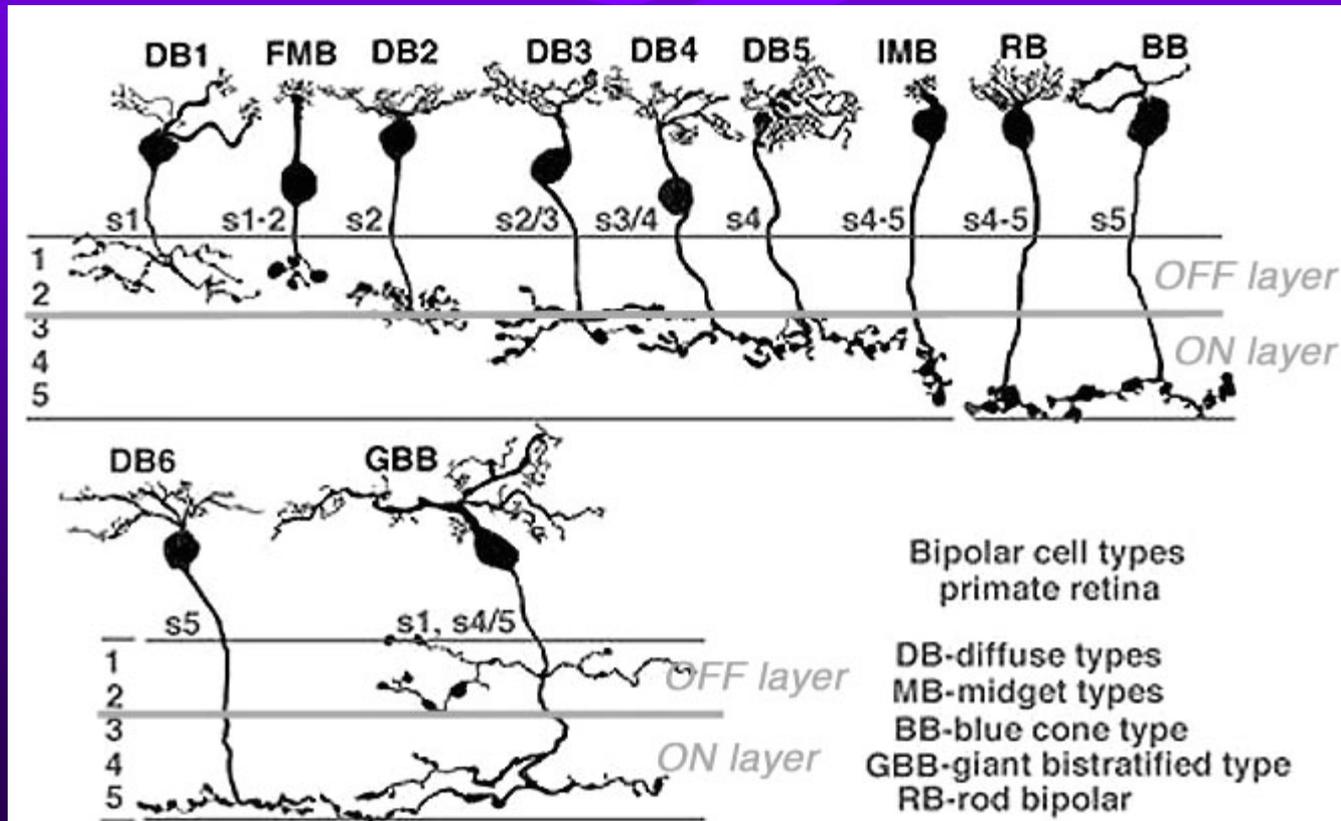
En esta capa ocurren dos importantes interacciones sinápticas (aparte de las mezclas de señales que ya existen entre conos y bastones antes):

1. La señal visual se escinde en dos canales con flujos de informaciones diferentes: uno para detectar objetos más iluminados que el ambiente y otro para objetos más oscuros.
2. Otros canales que crean contraste entre los diferentes objetos visualizados.

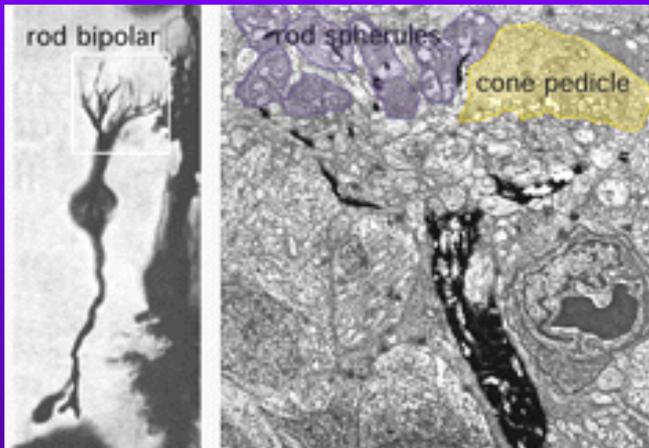
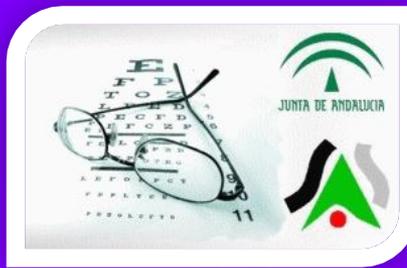
El primer camino es la base del sistema ON/OFF mientras que el segundo forma la base estructural para diferenciar el contraste entre objetos y el fondo.



CÉLULAS BIPOLARES: Se han descrito 11 tipos diferentes de células bipolares, 10 para conos y 1 para bastones.

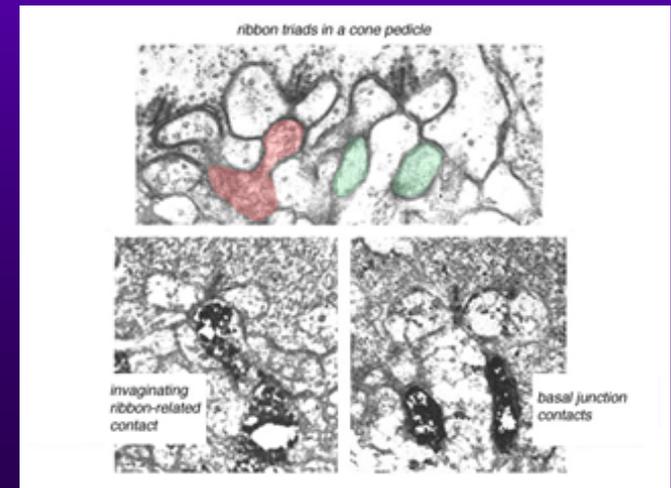


U.G.G. OFTALMOLOGIA
C.H. TORRECARDENAS



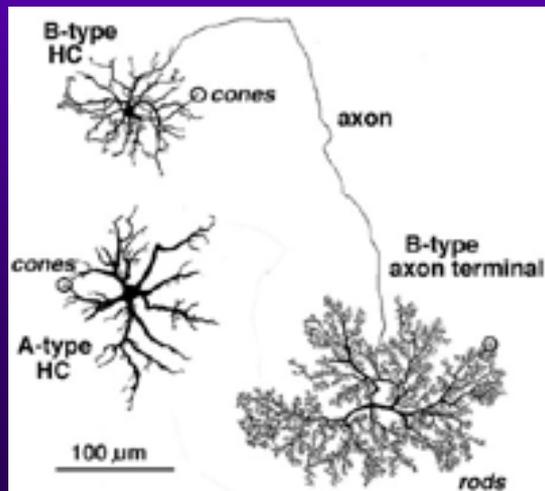
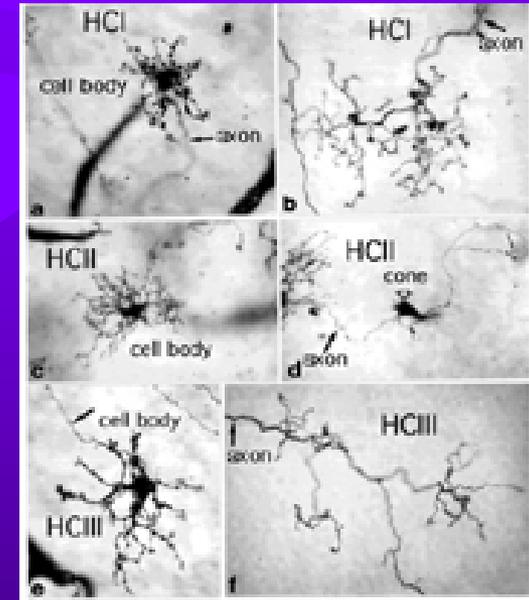
Las bipolares de bastón tienen su cuerpo celular en la zona media-alta de la nuclear interna y sus dendritas viajan hasta la plexiforme externa, sorteando los pedículos de los conos, para alcanzar las esférulas de los bastones. En la retina central, donde predominan los conos y no los bastones, las dendritas de estas bipolares son más pequeñas y contactan con menos bastones.

7 de las bipolares de conos se denominan bipolares de conos tipo difuso ya que su función es converger información de muchísimos conos. 3 de ellos son bipolares de un solo cono. Se denominan bipolares enanas (2, invaginating y flat) y de cono S. Las bipolares enanas contactan entre sí.

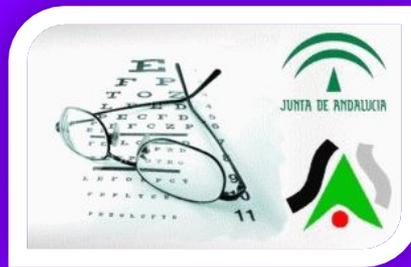




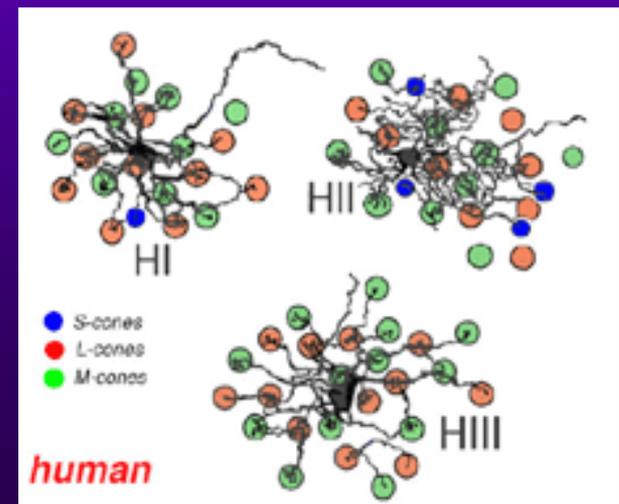
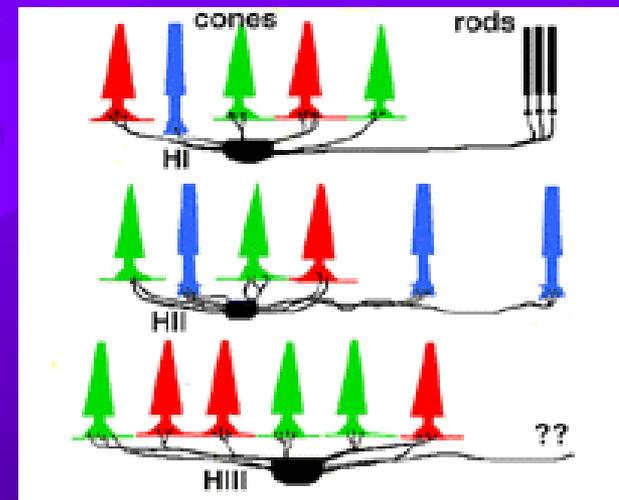
CÉLULAS HORIZONTALES: Las horizontales tienen como función la interconexión lateral en la plexiforme externa. Se han descrito tres tipos diferentes, la HI (A), HII(B) y HIII, unidas entre ellas por uniones tipo gap.

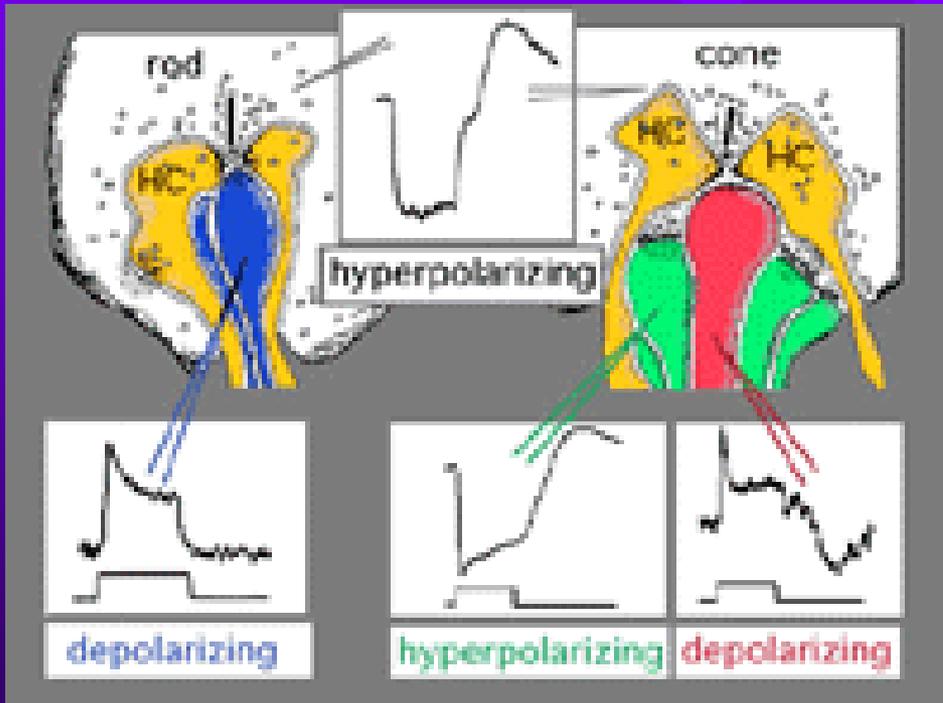


Las dendritas de las tipo I, II y III terminan en pedículos de conos y los axones de la II en esférulas de bastones.



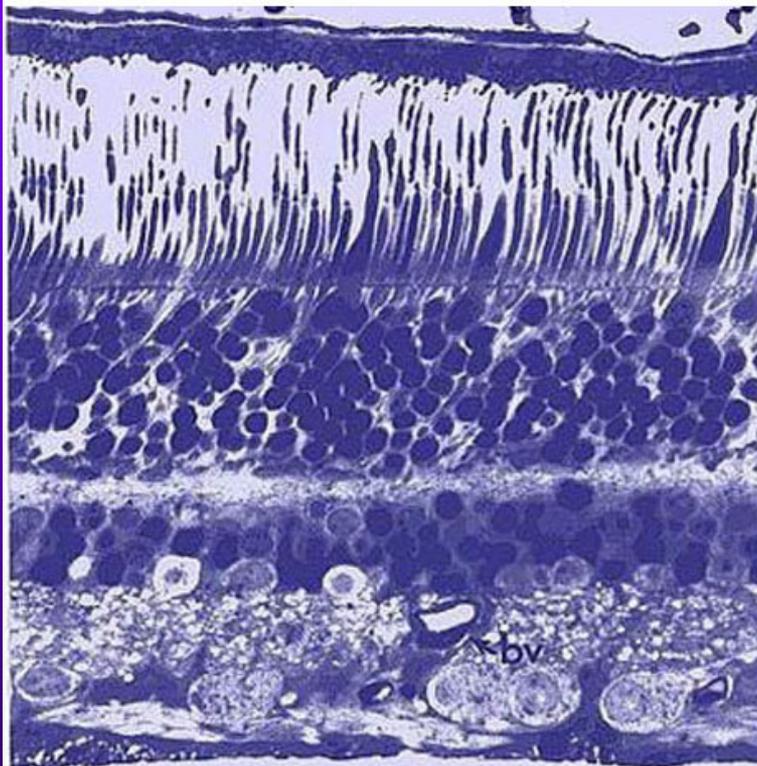
Recientes hallazgos han demostrado que existen circuitos específicos de color para los tres tipos de células horizontales. La HI contacta con conos M y L, mientras que H2 contacta con conos S. La HIII tiene dendritas más grandes que contactan con M y L evitando a los S.





Fenómenos On/Off:

Con la estimulación lumínica, el fotorreceptor se hiperpolariza, transmitiendo su señal a las bipolares que a su vez responden hiperpolarizándose o despolarizándose. La bipolar hiperpolarizada se denomina centro OFF y la despolarizada centro ON.



RPE

photo
receptors

OLM

ONL

OPL

INL

IPL

GCL

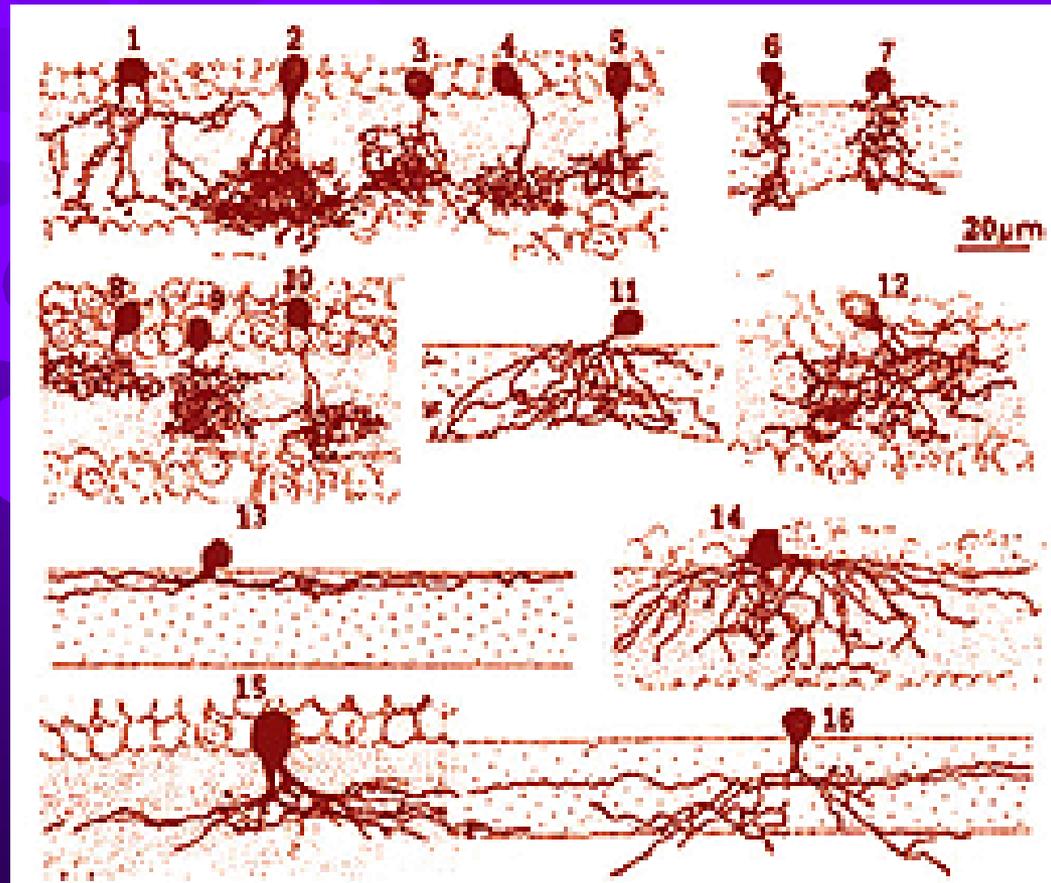
ILM

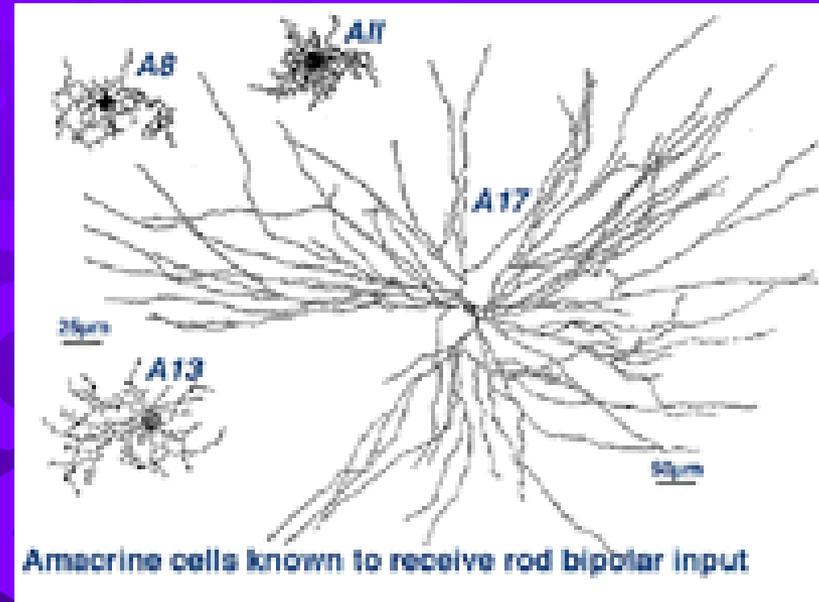
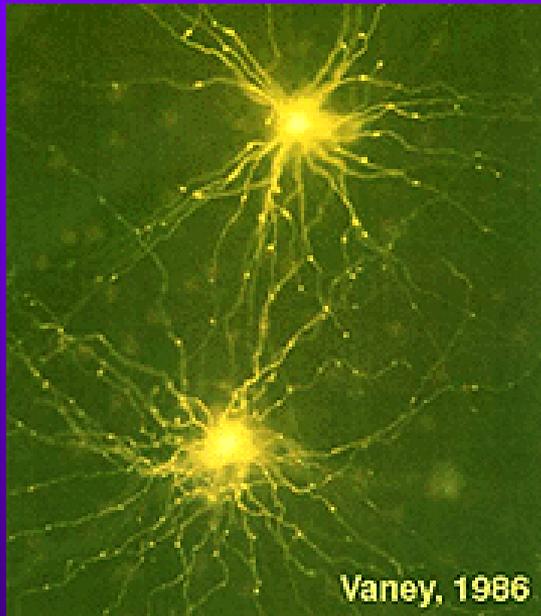
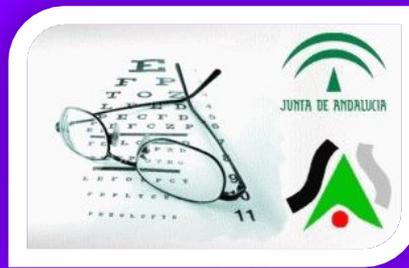
Fig. 10. Light micrograph of a vertical section through human peripheral retina.

CAPA NUCLEAR
INTERNA: Está formada por los núcleos y el citoplasma de las células bipolares, horizontales, amácrinas, interplexiformes y de Müller.



CÉLULAS AMACRINAS:
tienen la forma aproximada de una pera y están en la parte más interna de la capa nuclear interna, interactúan sinópticamente y están en contacto con las células bipolares y ganglionares





Las amacrinas tienen ese nombre porque en un principio se pensó que carecían de axones. De ellas se han descrito más de cuarenta tipos celulares diferentes, clasificados en función de la morfología del árbol dendrítico y su estratificación.



Células interplexiformes:
tienen el cuerpo situado en
la nuclear interna con
ramificaciones a la
plexiforme externa.

GABA interplexiform cell

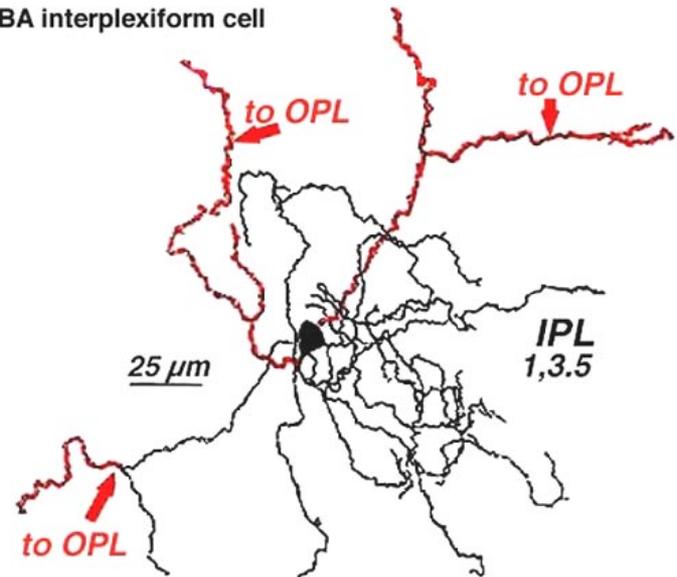
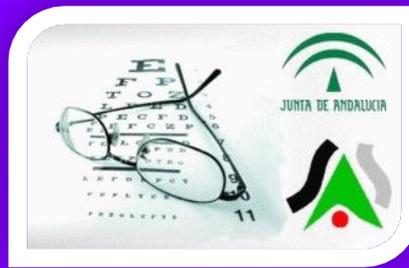
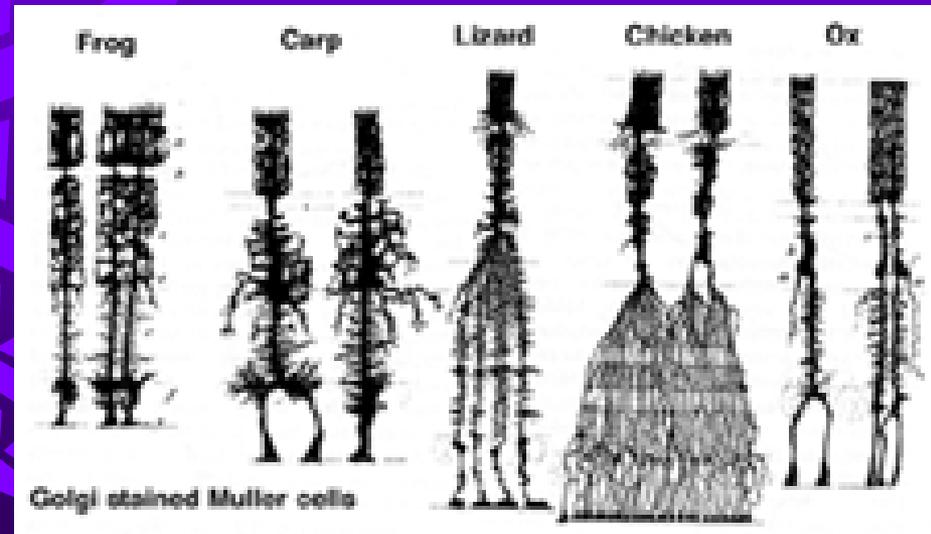


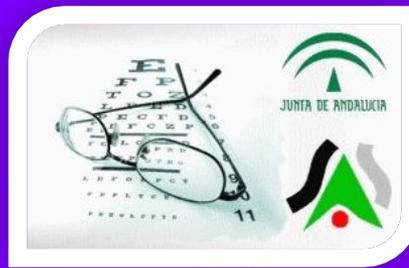
Fig. 6. Wholemount view of an Interplexiform cell in human retina. Golgi staining.



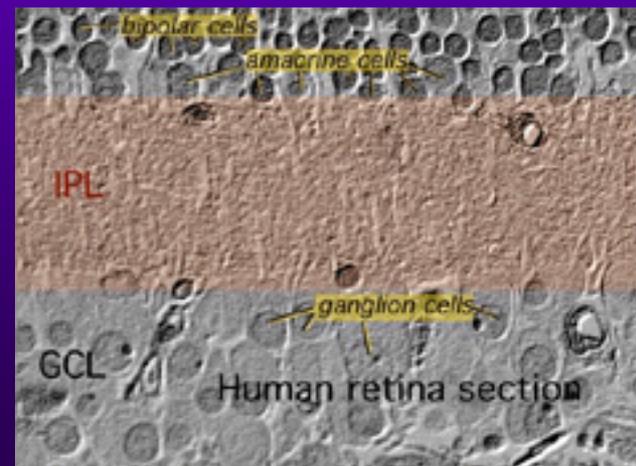
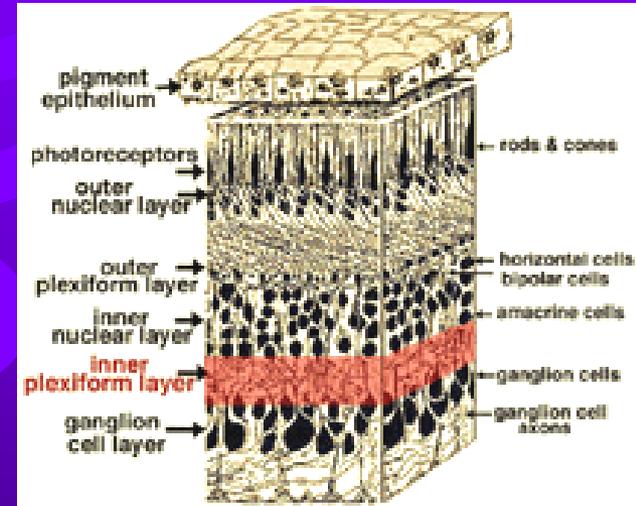
Las células de Müller son células gliales especiales, cuyos núcleos se sitúan en la capa nuclear externa y cuyas prolongaciones se extienden a través de todas las capas, desde la limitante externa a la limitante interna.

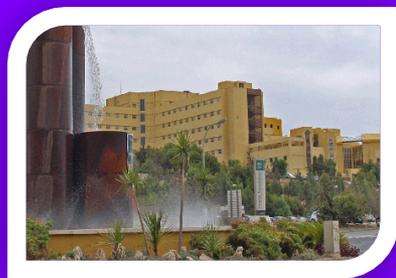
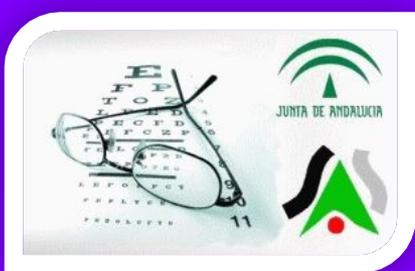
La membrana limitante externa (OLM) esta formada por uniones adherentes entre estas células de Müller y los segmentos internos de los fotorreceptores. La membrana limitante interna por su parte esta formada por uniones de las prolongaciones terminales de las células de Müller, que se extienden lateralmente y una membrana basal.



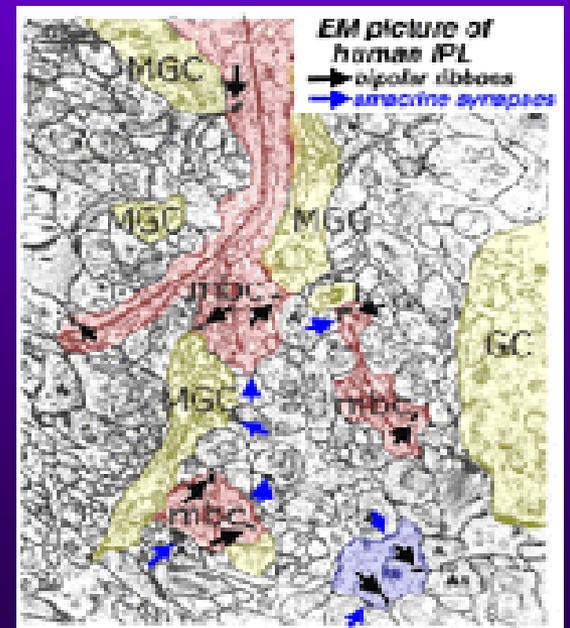
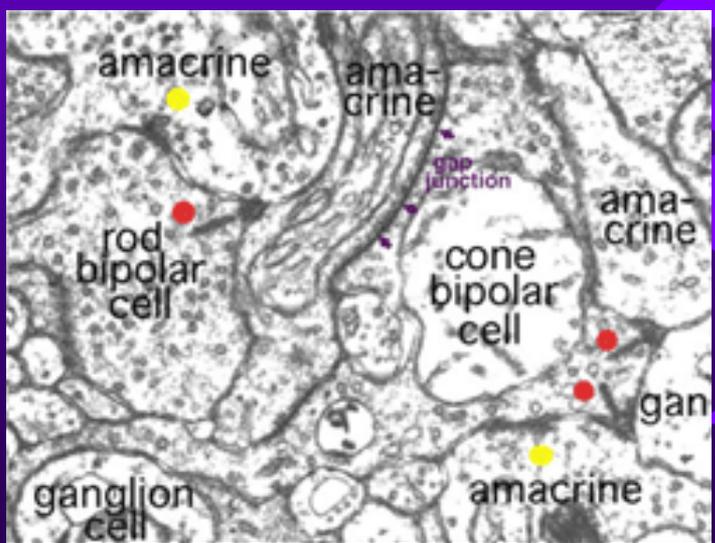


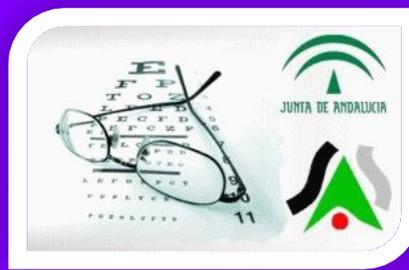
PLEXIFORME INTERNA: Es una red de axones y dendritas con sinapsis entre células bipolares, amacrinas y ganglionares. Las terminaciones de las células bipolares portan la información desde la plexiforme externa hasta la plexiforme interna. Aquí las bipolares transmiten a amacrinas y ganglionares.





Entre todas estas células se producen intercambios sinápticos de vesículas que contienen ribosomas, neurotúbulos y filamentos. Los receptores más numerosos de las células de la plexiforme interna son los de glutamato, incluyendo receptores AMPA, NMDA y GluRs. También existen receptores de glicina, GABA_A, GABA_B y c.

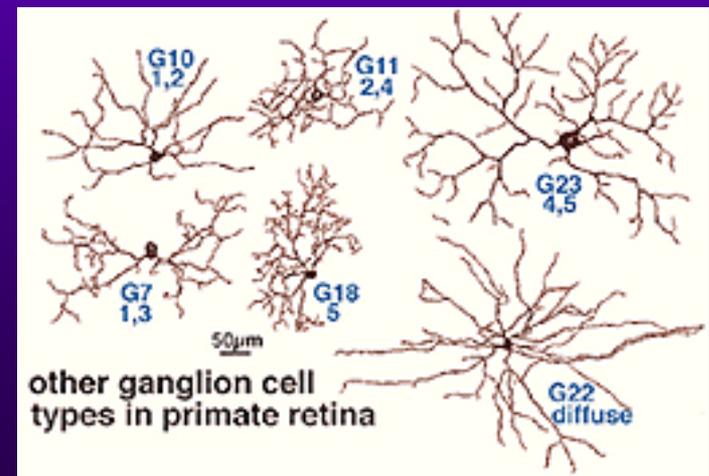
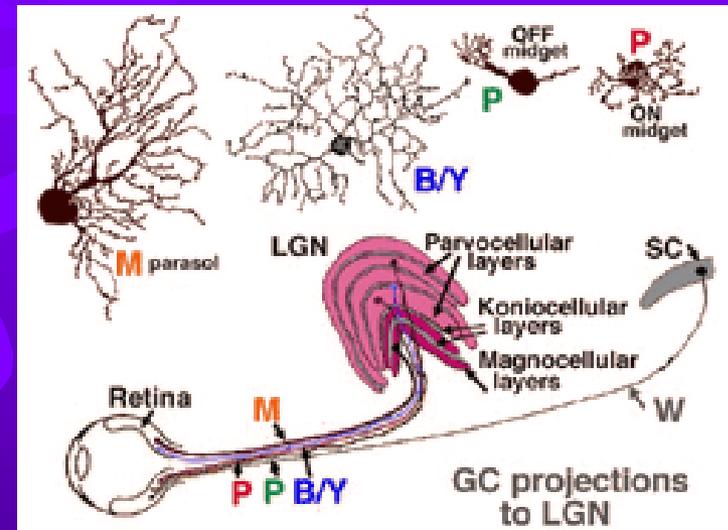




CAPA DE CÉLULAS GANGLIONARES:

Las células ganglionares recogen los mensajes finales de toda la cascada de señalización que se produce a lo largo de todas las capas anteriores. Poseen un cuerpo celular voluminoso y ramificaciones dendríticas que forman sinápsis a nivel de la plexiforme interna con las terminaciones de las células bipolares y amacrinas.

Su axón se sitúa a nivel de la capa de las fibras del nervio óptico y sólo se mieliniza a nivel del nervio óptico, por fuera ya del globo ocular. Este axon llega hasta el cuerpo geniculado externo, donde ocurre la siguiente sinápsis de la vía visual.





Los tres tipos morfológicos de células ganglionares son las ganglionares difusas grandes, ganglionares difusas pequeñas y las ganglionares enanas, si bien en total se han llegado a identificar hasta 18 tipos morfológicos diferentes de células ganglionares.

A cada células ganglionar convergen 3 o 4 bipolares de conos, que cada uno recibe información de 4-8 conos. La morfología y el número de dendritas varía en función de en que zona de la retina se encuentren

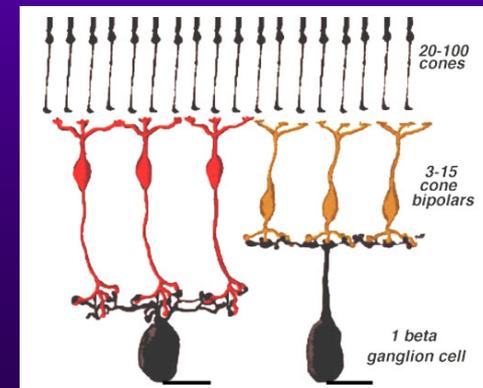
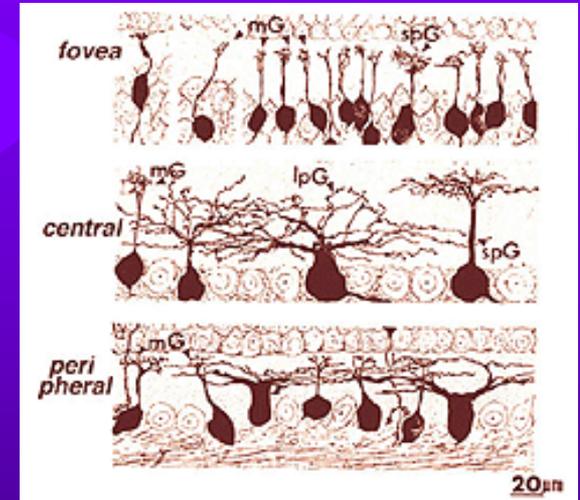
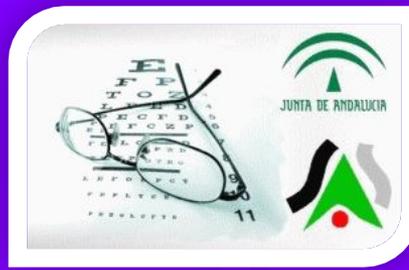
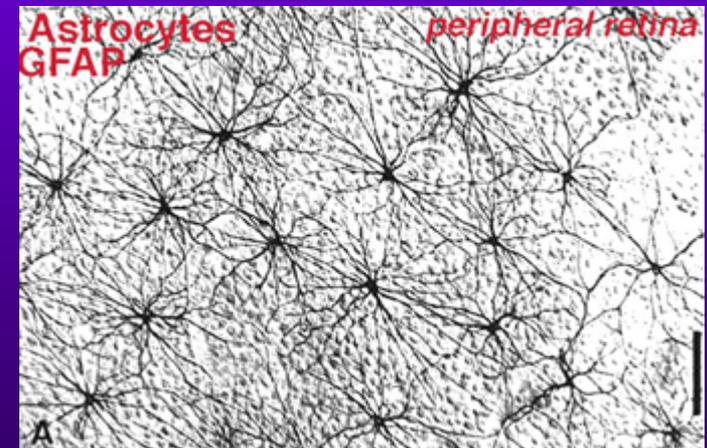


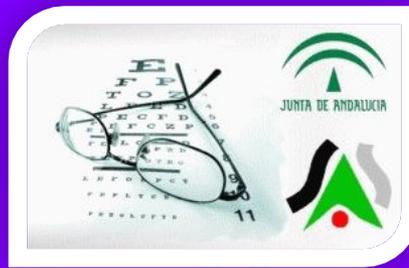
Fig. 12. Convergence of cones and bipolar cells upon ON- and OFF-center beta cells.



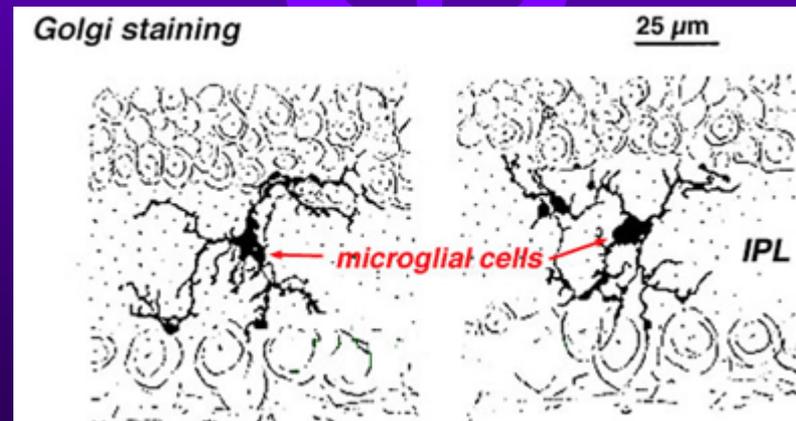
Las células ganglionares están separadas entre sí por las células de Müller y los astrocitos. Se encuentran formando una sola hilera excepto alrededor de la foveola donde pueden ser hasta diez.

Los astrocitos se caracterizan por su cuerpo celular aplanado y una serie de procesos radiales. Estos procesos están llenos de filamentos intermedios y así estos astrocitos se tiñen intensamente cuando se utilizan anticuerpos frente a la proteína fibrilar ácida (Schnitzer, 1988). Estos astrocitos se encuentran casi exclusivamente a nivel de la capa de fibras del nervio óptico. Su morfología cambia según su localización, de manera que pasan de ser muy elongados a nivel de la retina central a una morfología estrellada a nivel de la retina periférica.





Las **células microgliales** derivan del mesodermo circundante a las vesículas ópticas, por lo que estrictamente no son células neurogliales. Penetran en la retina coincidiendo con los precursores de los vasos sanguíneos.



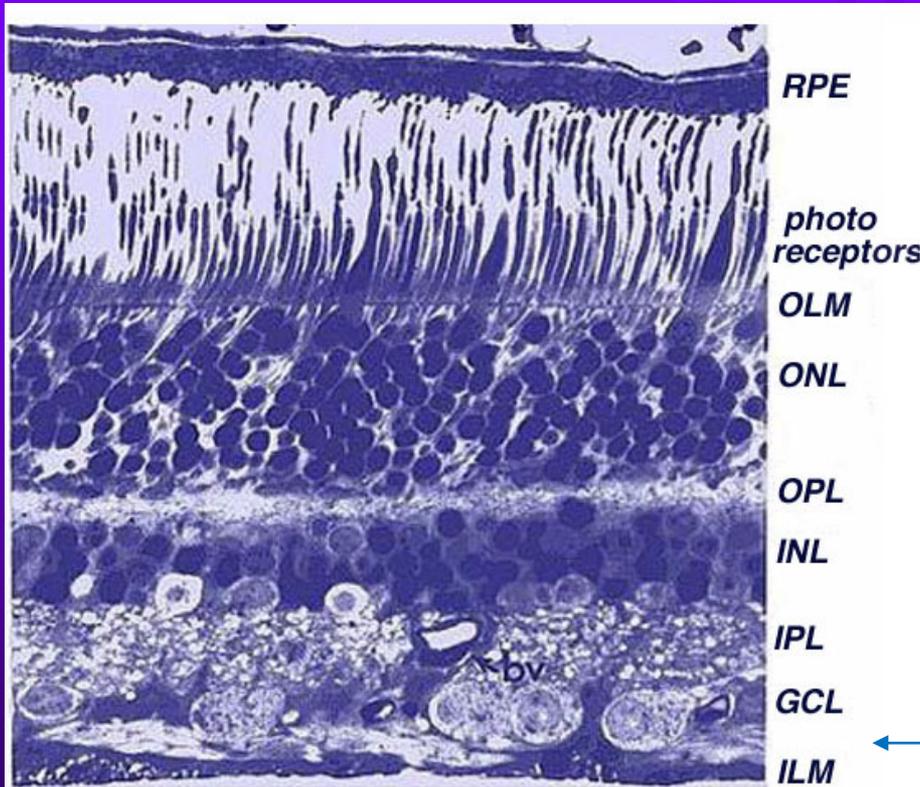


Fig. 10. Light micrograph of a vertical section through human peripheral retina.

CAPA DE FIBRAS NERVIOSAS: Está constituida por los axones de las células ganglionares que terminan formando el nervio óptico, el cual por fuera del globo ocular se mieliniza y llega hasta el cuerpo geniculado externo. También existen astrocitos en esta capa.

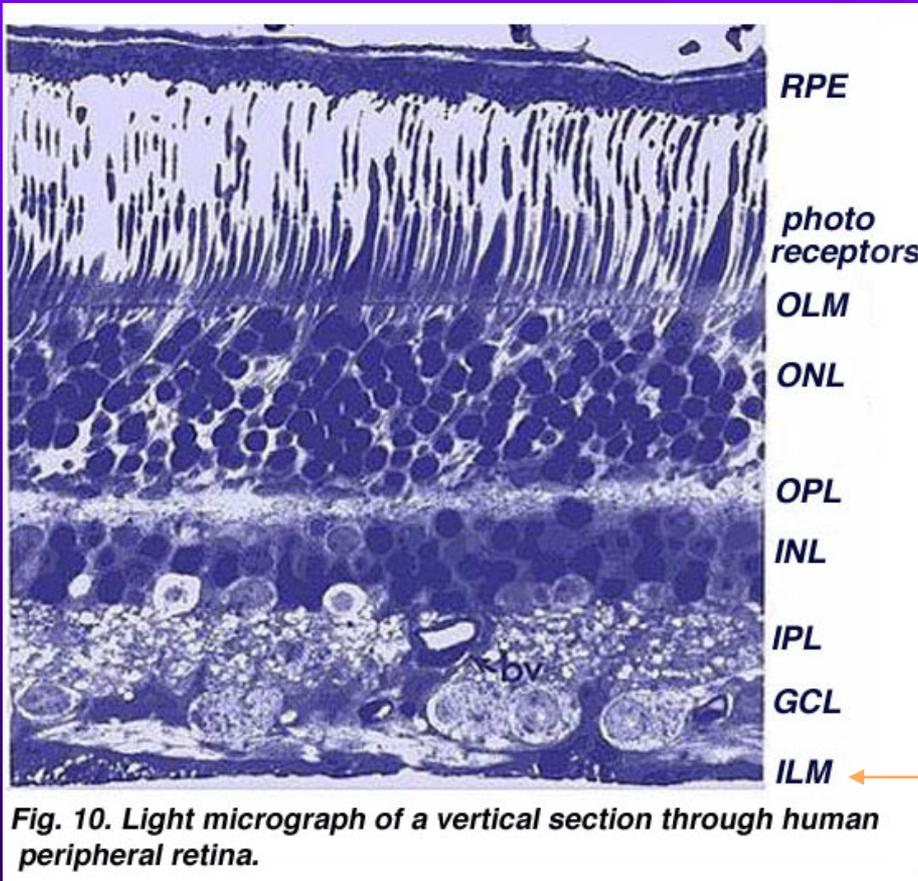


Fig. 10. Light micrograph of a vertical section through human peripheral retina.

La membrana limitante interna se sitúa a nivel de la superficie de contacto entre la retina y el humor vítreo actuando como barrera de difusión entre ambos. Está formada por las partes internas de las células de Müller y de los astrocitos.



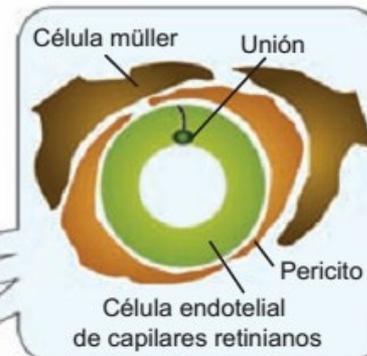
Fisiología



Ojo

Barrera hematorretiniana

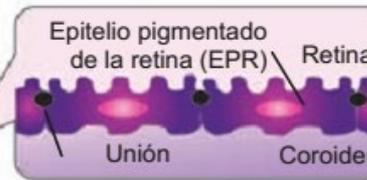
Barrera hematorretiniana interna



Célula müller Unión

Pericito
Célula endotelial de capilares retinianos

Barrera hematorretiniana externa



Epitelio pigmentado de la retina (EPR) Retina

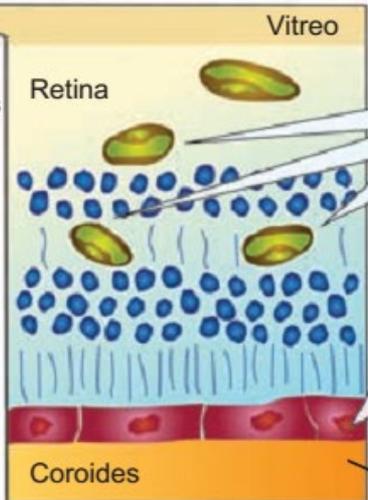
Unión Coroides

Coricapilar

Nutrido por barrera hematorretiniana interna

Nutrido por barrera hematorretiniana externa

- Limitante interna →
- Fibras nerviosas
- Células ganglionares
- Plexiforme interna
- Nuclear interna
- Plexiforme externa
- Nuclear externa
- Limitante externa →
- Fotoreceptores
- EPR



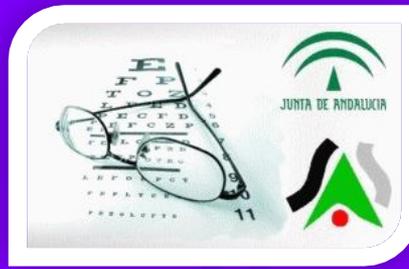
Vitreo

Retina

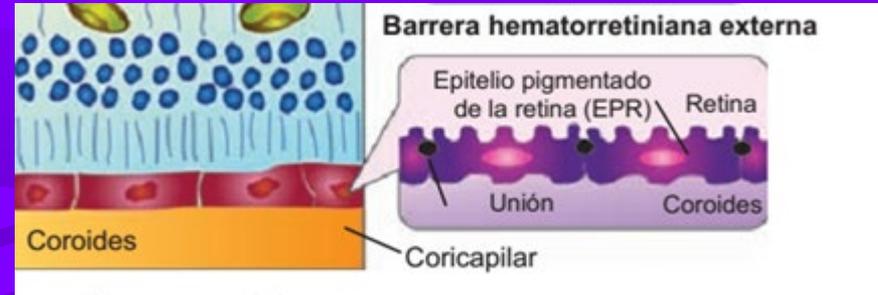
Coroides

Barreras retinianas

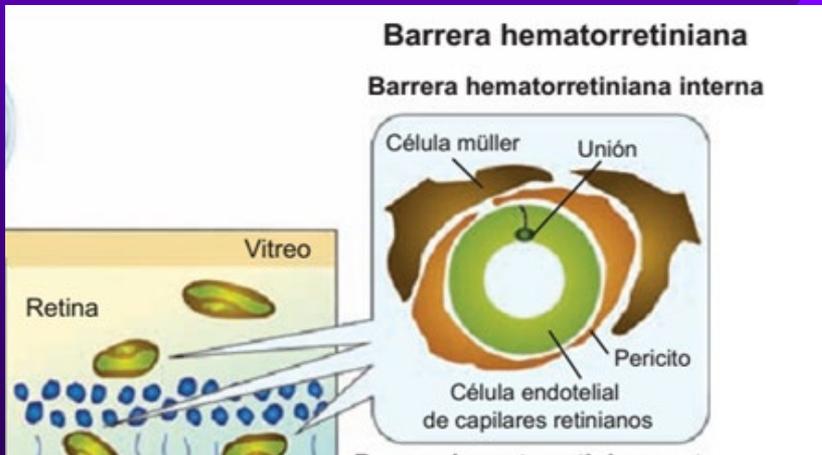
En el ojo existen dos barreras hematotisulares, la barrera hematoacuosa y la barrera hematorretiniana

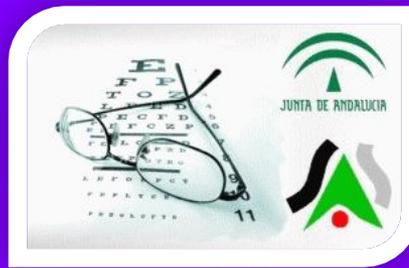


La barrera hematoacuosa está compuesta por el epitelio no pigmentado del cuerpo ciliar, en este se encuentra la zonula ocludens, la cual no permite el paso de componentes proteicos mayores a 30 \AA , y por el endotelio de las paredes vasculares iridianas y del cuerpo ciliar.



La barrera hematorretiniana (BHR) regula el flujo de iones, proteínas y agua en la retina estableciendo las concentraciones específicas para una adecuada función. La barrera está establecida físicamente por dos tipos de células, las células endoteliales vasculares que forman los lechos capilares en la capa de células ganglionares y la capa plexiforme externa representando a la barrera hematorretiniana interna (BHRi) y las células epiteliales pigmentadas que establecen una barrera entre el plexo capilar coroideo y la retina, a esta se le nombra la barrera hematorretiniana externa (BHRe).





Bibliografía

American Academy of Ophthalmology. Basic and Clinical Science Course: Section 12, Retina and Vitreous. 2012.

Kanski J, Bowling B. Oftalmología Clínica. 7º ed. Madrid: Elsevier 2012

Rojas Juarez S, Saucedo Castillo A. Retina y vítreo. 2º ed. México DF: Manual moderno; 2012.

Kolb H, Nelson R, Fernandez E, Jones B. The organization of the Retina and Visual System. <http://webvision.med.utah.edu/>