

Los *órganos de la visión (ojos)* (1) son, como los del tacto, los más generalizados en todos los grados posibles de perfeccionamiento. En su forma más elemental apenas permiten tal vez distinguir la claridad de la obscuridad, y por lo tanto casi son insensibles á la luz y sólo son sensibles á los rayos caloríficos. Están constituidos por protoplasma sensible ó por substancia nerviosa con gránulos pigmentarios, y en esta forma se les designa con el nom-

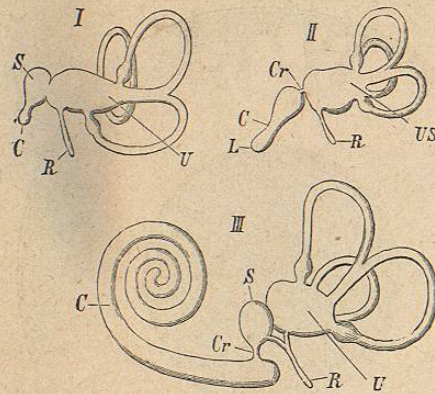


Fig. 104. - Representación esquemática del laberinto del oído: I, de peces; II, de pájaros; III, de mamíferos, según Waldeyer. - U, utrículo con los tres conductos semicirculares; S, sacculus; US, utrículo y sacculus confundidos (*alveus communis*); C, caracol; Cr, conducto unitivo (*canalis reuniens*); L, laguna; R, acueducto del vestíbulo.

bre de manchas oculares. La necesidad del pigmento para la sensibilidad á la luz es dudosa por lo menos, puesto que hay ojos de estructura muy complicada que carecen de pigmento. La idea de que el pigmento mismo sea sensible á la luz, esto es, que sea químicamente modificable por la luz y transmita al protoplasma ó á la substancia nerviosa adyacente la irritación producida por estos movimientos, por más que no pueda refutarse de una manera decisiva, no puede ser aceptada por sólo el efecto que sobre el pigmento produce la irradiación de los rayos caloríficos.

Parece que implica gran importancia la condición especial de

(1) Véase R. Leuckart: *Organologie des Auges*. Graefe y Samisch: *Handbuch der Ophthalmologie*, tomo II.

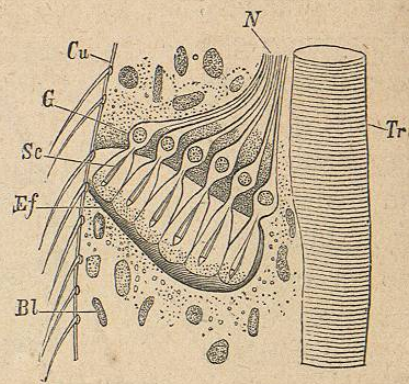


Fig. 105. - Organo sensitivo de la tibia del *Anisopterix*, según Graber. Tr, tronco traqueal; N, nervio sensitivo; G, células gangliónicas; Sc, abultamiento terminal de las mismas con el interior en forma de bastoncillo; Cu, cutícula; Bl, células de la sangre.

las terminaciones nerviosas; mediante ellas, ciertos movimientos que avanzan en ondas regulares, llamadas vibraciones del éter, se comunican á las fibras nerviosas y determinan una excitación que propagada al órgano central es percibida por él en forma de luz. En todos los animales inferiores en que no se puede comprobar la existencia de terminaciones nerviosas específicas, probablemente no hay más que grados precursores de ojos, constituidos por nervios cutáneos pigmentados, sensibles sólo, probablemente, á sensaciones caloríficas. Por más que la sensación luminosa sea obra del centro nervioso, los bastoncillos y conos terminales de las fibras del nervio óptico parece que son los elementos que transforman las vibraciones del éter en una sensación luminosa adecuada para ser recibida por las fibras del nervio óptico.

Para la percepción de una imagen es necesaria la interposición por delante de la expansión terminal del nervio óptico (*retina*) de un aparato refringente, y además han de estar los elementos de la retina suficientemente aislados, para que la excitación á ellos comunicada pueda transmitirse como movimiento distinto al centro nervioso. En lugar de la percepción general de la luz se verifica de este modo una suma de percepciones parciales que corresponden á la situación y condición del foco luminoso y determina la formación de una imagen. La refracción de la luz se verifica primero por una porción de tegumento engrosada, convexa y dispuesta á menudo á modo de una lente (*córnea, lente corneal*), á través de la cual entran en el ojo los rayos luminosos, y por unos cuerpos situados detrás de la córnea (*cuerpo vítreo, lente cristalina, cono cristalino*). El cono de rayos que emana en todas direcciones de cada uno de los puntos del foco luminoso, pasando á través de estos medios refringentes, viene á reunirse, por refracción ó aislamiento de los rayos perpendiculares (*ojos en facetas*), en puntos correspondientes de la retina, expansión terminal del nervio óptico, formado por las células terminales del nervio en forma de bastoncillos, unidos á formaciones gangliónicas más ó menos complicadas.

El pigmento del ojo sirve para absorber los rayos inútiles ó perjudiciales para la percepción de la imagen. Este pigmento se extiende en parte alrededor de la retina en forma de membrana *coroides*, y eventualmente en torno de cada uno de los elementos

retinianos, y pasa por delante de la lente cristalina en forma de velo transversal, atravesado por una abertura susceptible de dilatarse y contraerse (*iris*). En un grado elevado de desarrollo está por lo general todo el ojo envuelto por una membrana conjuntival

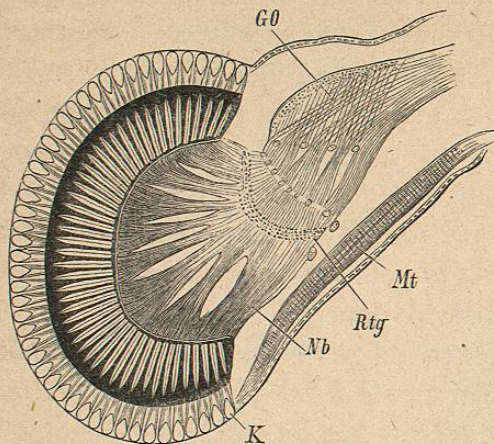


Fig. 106. — Ojo de *Branchipus*. *Mt*, músculo del ojo; *Go*, ganglio óptico; *Rtg*, ganglio retiniano; *Nb*, hacecillo nervioso; *NSt*, bastón nervioso; *K*, cono cristalino.

dura (*esclerótica*) y limitado por ella, constituyendo el bulbo del ojo.

Son varias las disposiciones mediante las cuales los rayos luminosos procedentes de cada uno de los puntos de un objeto se dirigen en ordenada distribución sobre los puntos del nervio, facilitando de este modo la percepción de una imagen; estas disposiciones están en íntima relación con la estructura general del ojo. Preñciñendo de los ojos rudimentarios, como los de los gusanos y crustáceos inferiores, estudiaremos dos formas de ojos.

1.^a La primera forma tiene su expresión en los ojos compuestos (*ojos en facetas*) de los artrópodos (crustáceos é insectos) y determina la visión llamada mosaica (John Müller) (figs. 106 y 107). Existen en ella grandes y complicados bastoncillos nerviosos (retínulas) que forman en el interior del ojo una retina semiesférica con la convexidad hacia fuera. Delante de cada retínula, compuesta casi

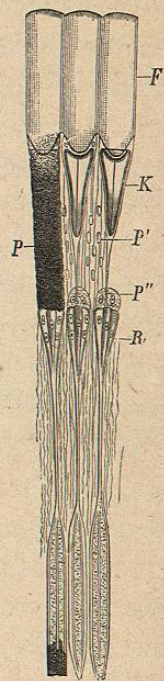


Fig. 107. — Tres facetas con retínula del ojo compuesto del abejorro, según Grenacher, dos de ellas después de desprendido el pigmento. *F*, facetas corneales; *K*, conos cristalinos; *P*, vaina pigmentaria; *P'*, células pigmentarias principales; *P''*, células pigmentarias de segundo orden; *R*, retínulas.

siempre de cinco á siete células terminales, en cuyo eje se encuentra el *Rhabdoma* cuticular, está situada una lente cónica, fuertemente refringente, el *cono cristalino*, y delante de éste una faceta lenticular del revestimiento cuticular, que ha dado motivo á la denominación de *ojo en facetas* (1). Pueden no existir las facetas, y entonces forma la cutícula un revestimiento claro y uniforme. En los casos más elementales, el pigmento que aísla la percepción luminosa de cada retícula se deposita en la periferia de las células nerviosas (*Branchipus*); por lo general se forma el pigmento en células especiales que envuelven á manera de vaina en zonas determinadas los conos cristalinos y los bastones nerviosos. En el fondo del ojo se continúan las células de bastoncillos de la retínula con la capa de hacecillos nerviosos, que contienen además una capa de células gangliónicas y una capa medular de fibras nerviosas finísimas (figura 106, *RG*).

La envoltura del ojo es una cubierta resistente de quitina que en la prolongación de la vaina del nervio óptico rodea las partes blandas del ojo y llega hasta la córnea. Lo que se designa como nervio óptico corresponde en buena parte á la retina misma, que contiene una capa de células gangliónicas y una capa de hacecillos nerviosos. Aunque detrás de cada faceta abombada de la córnea se forma, lejos de la parte excitable del bastón nervioso, una imagen invertida y achicada (Gotsche), sólo puede llegar á ser percibido el rayo central reforzado por refracción y que cae perpendicularmente, porque todos los demás rayos laterales son absorbidos por el pigmento. Las impresiones luminosas ocasionadas por los rayos del eje, cuya cantidad corresponde al número de los bastones nerviosos, caen sobre la retina en forma de mosaico, reproduciendo la colocación de los puntos luminosos del objeto exterior. La imagen así formada es real, pero tiene poca fuerza de luz y no está bien especificada.

2.^a La segunda forma del ojo, extensamente esparcida (el ojo unicorneal de los anélidos, insectos y arácnidos, moluscos, vertebrados), corresponde á una cámara oscura, esférica, con lente convergente (*córnea, lente*) en la pared anterior libre, donde hiera la

(1) Véase John Muller: *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes*, Leipzig, 1826; H. Grenacher: *Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden*, Göttinga, 1879.

luz, y casi siempre con otros medios dióptricos que llenan la cavidad ocular (cuerpo vítreo). La imagen que se forma en la retina es inversa.

El oculo de los insectos, arácnidos y escorpiones, perteneciente á este grupo, aparece formado por una simple transformación de la porción tegumentaria, bajo la cual se halla situado el aparato terminal del nervio óptico (fig. 108). La cubierta cuticular, engrosada en forma lenticular, penetra en la capa subyacente de células hipodérmicas, claras y notablemente alargadas, á las cuales siguen las

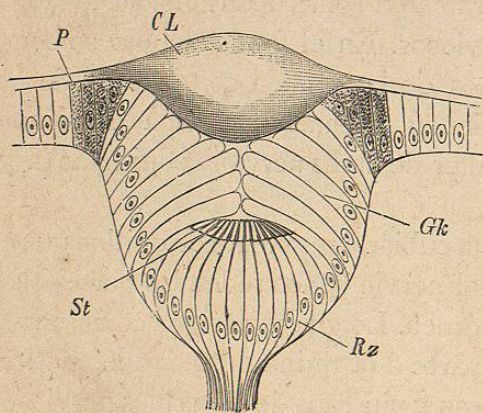


Fig. 108. - Corte transversal de la ocela de un abejorro, según Grenacher. *CL*, lente corneal; *Gk*, células hipodérmicas subyacentes, llamadas por los autores cuerpo vítreo; *P*, pigmento de la zona esférica del mismo; *Rz*, células retinianas; *St*, bastoncillos cuticulares de la misma.

células nerviosas (con bastoncillos cuticulares refringentes), apiñadas para formar una retina globulosa. Las células hipodérmicas que rodean el borde de la lente están llenas de pigmento y forman un anillo obscuro, á manera de iris, á través de cuya abertura entran en el ojo los rayos luminosos, que hieren la porción terminal de las células retinianas. En las formas más desarrolladas de este tipo ocular, especialmente en el ojo de los vertebrados, la porción terminal del nervio óptico se esparce formando un cáliz (*retina*) en la parte posterior de la semiesfera ocupada por los medios refringentes, rodeada de una membrana pigmentaria vascularizada, la *coroides*, rodeada á su vez de un armazón conjuntival fibroso; esta es la *esclerótica*, que en su parte anterior se transforma en una membrana tenue, transparente, destinada á dar paso á la luz, la *córnea*. De todos los medios refringentes que están colocados detrás de la córnea y llenan el interior del bulbo (humor áqueo, cristalino, cuerpo vítreo), es el cristalino el que con más fuerza refracta la luz. Engastado en la pared anterior, engrosada y musculosa, de la coroides (cuerpo ciliar con los procesos ciliares), está cubierto en la periferia de su

pared anterior por una prolongación de la coroides, el iris, que á manera de una orla anular contráctil forma una especie de diafragma con abertura susceptible de dilatarse y contraerse (abertura

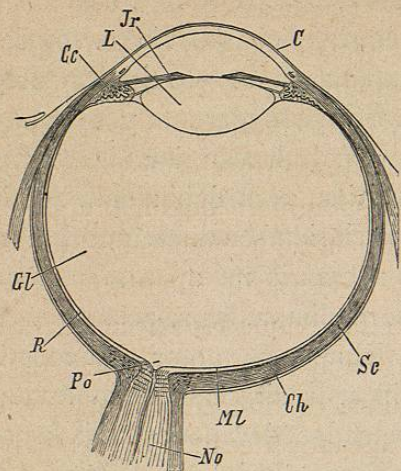


Fig. 109. - Corte transversal del globo ocular del hombre, según Arlt. *C*, córnea; *L*, lente cristalina; *Jr*, iris con la pupila; *Cc*, cuerpo ciliar; *Gv*, cuerpo vítreo; *R*, retina; *Sc*, esclerótica; *Ch*, coroides; *ML*, mácula lútea; *Po*, papila óptica; *No*, nervio óptico.

pupilar) (fig. 109). La retina, que se esparce en forma de cáliz en el fondo del ojo, presenta una estructura complicadísima y uniformemente estratificada, que se mantiene esencialmente idéntica en todos los vertebrados (fig. 110). La capa interna lindante con el cuerpo vítreo y su membrana (limitante interna) está formada por fibras nerviosas irradiadas del nervio óptico; siguen luego la capa de células gangliónicas, la reticular interna, la granular interna, la reticular externa, la granular externa, y por último, separada de ésta por la limitante externa, la

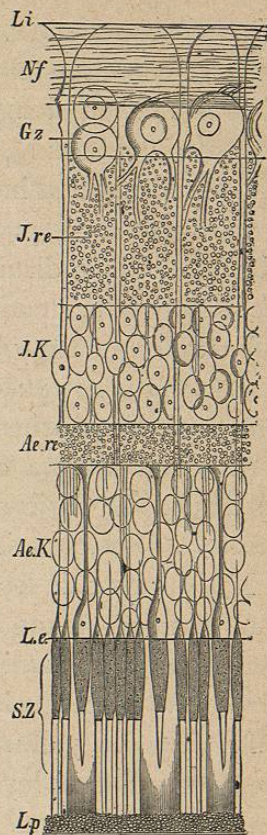


Fig. 110. - Corte esquemático de la retina, según M. Schultze, con modificaciones según Schwalbe. *Li*, limitante interna; *Nf*, fibras nerviosas; *Gz*, células gangliónicas; *J.re*, capa reticular interna; *J.K*, capa granular interna; *Ae.re*, capa reticular externa; *Ae.K*, capa granular externa; *Le*, limitante externa; *S.Z*, capa de los conos y los bastoncillos; *Lp*, capa de pigmento.

capa de los bastoncillos y los conos, dirigidos hacia fuera (con el epitelio pigmentario, *lamina pigmenti*). La imagen *invertida* que se forma sobre la retina en el fondo posterior del ojo de los verte-

brados, tiene una fuerza de luz y una especificación considerables.

Es admirable la semejanza que ofrece el ojo de los cefalópodos con el de los vertebrados. La membrana de los bastoncillos tiene, sin embargo, una situación opuesta, puesto que los bastoncillos se dirigen hacia adentro, esto es, hacia el cuerpo vítreo. Puede considerarse como modificación simplificada de este tipo ocular el ojo del *Nautilus*, en el cual falta la lente convergente y la luz pasa por una pequeña abertura, y así en la pared posterior que contiene la retina se forma una imagen invertida, pero débilmente iluminada.

Para que el ojo pueda ver con claridad en diferentes direcciones y desde distintas distancias, es necesario un aparato motor y un mecanismo de acomodación que modifique las relaciones entre los medios refringentes y la retina. El aparato motor está constituido por músculos, que pueden modificar la dirección visual á voluntad del animal. En muchos ojos faceteados (decápodos) toda la porción lateral de la cabeza correspondiente al ojo es movable como un pedúnculo. En el ojo de los vertebrados se agregan además otros aparatos protectores externos (párpados, glándulas lagrimales).

Los órganos de los peces y esquizópodos (*Euphausia*), considerados antiguamente como ojos accesorios, han sido reconocidos como órganos de iluminación que tienen al parecer gran importancia para la permanencia del animal en el fondo del mar.

La situación y el número de los ojos varían extraordinariamente, en particular en los animales inferiores. La disposición en número par en la cabeza es la regla general en los animales superiores; pero se pueden presentar órganos de la visión en puntos periféricos del cuerpo, como, por ejemplo, en los *Pecten*, *Spondylus*, en el borde del manto, y en ciertos anélidos en los tentáculos. En los animales radiados se repiten los ojos en la periferia del cuerpo según el número de radios. En las estrellas de mar están en el extremo externo del surco ambulacral en la punta de los brazos, y en los acalefos en el borde de la umbrela, como cuerpos marginales.

Se atribuye á muchos animales la facultad de distinguir los colores. Los *dáfnidos* tienen tal predilección por la zona verde-amarilla del espectro solar, que se agolpan á ella en gran número. Las abejas prefieren el azul, las hormigas el rojo, y como otros muchos animales, tienen la facultad de percibir el ultravioleta, invisible

para nosotros. Esto no obstante, la elección de los colores expresa en los animales su preferencia por ciertos grados de claridad (1).

Está menos extendido el *sentido del olfato*, que aprecia la cualidad de sustancias gaseiformes y las transmite al sensorio en las formas especiales de *sensación olorosa*. En muchos animales acuáticos no se pueden establecer límites divisorios entre este sentido y el del gusto. Son considerados como órganos olfatorios en su expresión más elemental unas depresiones ciliadas que están relacionadas con nervios (medusas, heterópodos, cefalópodos); las depresiones mencionadas están revestidas de un epitelio de células sensitivas pilosas. Podrían también transmitir igual sensación células pilosas diseminadas (moluscos). En los *artrópodos* se da la significación de filamentos olfatorios á unos apéndices cuticulares, pálicos, de las antenas, en los que terminan nervios con células gangliónicas. En los vertebrados forman este aparato dos fosas ó cavidades situadas en la cabeza (fosas nasales), cuyas paredes alojan las terminaciones de los nervios olfatorios (*nervus olfactorius*). Los vertebrados que respiran en el aire se distinguen por la comunicación de estas cavidades con la faringe, así como por la gran superficie de su membrana mucosa plegada en diferentes sentidos y sostenida por laminillas óseas (conchas); entre las células epitelicas de la membrana mucosa, pero sólo en una región limitada de ella (región olfatoria), se alojan las terminaciones de las fibras nerviosas en células filamentosas terminadas en bastoncillos ó en pelos (fig. 51).

El *gusto* es una sensación especial de la cavidad bucal y faríngea. A juzgar por lo que se observa en animales superiores, este sentido aprecia ciertas condiciones de sustancias en forma líquida y las transmite como una sensación especial. Este sentido es demostrable con certeza en los vertebrados y va unido á la distribución de un nervio especial (*nervus glossopharyngeus*) que en el hombre inerva la punta, bordes y base de la lengua y parte del velo del paladar, y hace aptas estas partes para la sensibilidad gustatoria. Se da la significación de partes recipientes de la percepción

(1) J. Lubbock: *Ameisen, Bienen und Wespen. Beobachtungen über die Lebensweise der geselligen Hymenopteren*, Leipzig, 1883; V. Gräber: *Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits und Farbensinnes der Thiere*, Praga, 1884.