

- 8.- Enumerar las ventajas del mimetismo en las especies.
- 9.- Definir el concepto y tipos de simbiosis.
- 10.- Explicar la función de las sociedades en los ecosistemas.

PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Esta unidad comprende el capítulo 25 del presente libro.
- 2.- Observa y estudia detenidamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 3.- Tu maestro asesor y coordinador saben las respuestas, pregúntales.
- 4.- Como autoevaluación, resolverás las preguntas que vienen al final de cada punto del capítulo 25, la cual tendrás que entregar a tu maestro para que se te acredite.

PRERREQUISITO.

Tendrás una sesión de práctica de laboratorio o de audiovisual como refuerzo a tus conocimientos teóricos a la que deberás asistir so pena de perder tu derecho a la evaluación.

CAPÍTULO XXV.

INTERACCIÓN DE LAS ESPECIES.

Hemos estudiado los mecanismos reguladores en un organismo, tanto en el medio intracelular como extracelular, pero estos mecanismos sólo son una parte de la capacidad del organismo para existir. Es imposible que un organismo sobreviva sin el intercambio de información o comunicación del medio ambiente.

Para sobrevivir, cada organismo ha creado por evolución, medios por los cuales puede dar respuestas apropiadas significativas y adaptativas a cambios específicos en el medio ambiente. Esto requiere que posea *receptores* (órganos sensoriales) para descubrir cambios en el medio ambiente, sistemas de nervios y órganos endocrinos para las respuestas.

Los animales unicelulares son sensibles a muchas clases de estímulos, como se demuestra por sus respuestas negativas a luces brillantes, ciertas sustancias químicas, corrientes eléctricas, etc. Para sobrevivir en un nivel de existencia más elevado y complejo, los metazoos han creado una variedad de células receptoras especializadas, cada una de las cuales es sensible a un tipo de estímulo. Estos órganos sensoriales permiten a sus poseedores buscar alimento, encontrar y atraer a una pareja, escapar de enemigos, etc., y son de gran importancia en la supervivencia del individuo y de la especie. Los estímulos apropiados: el ojo es estimulado por un rayo luminoso extraordinariamente débil, mientras que sólo una luz muy fuerte puede estimular directamente el nervio óptico. La insignificante cantidad de vinagre que puede ser gustada o la cantidad de vainilla que puede ser olida no produciría ningún efecto si se aplicara directamente a una fibra nerviosa. Los órganos sensoriales de algunos animales son sensibles a estí-

mulos completamente inefectivos en el hombre. Los perros y los gatos pueden oír silbidos agudos inaudibles para nosotros. Los murciélagos emiten y oyen ruidos muy agudos y se orientan en el vuelo por los ecos que rebotan en objetos situados en su trayectoria. Pueden hasta cazar insectos, guiados por el eco de su pequeña presa.

25-1 FUNCIONES DE LOS ÓRGANOS SENSORIALES.

Tradicionalmente, se dice que el hombre tiene cinco sentidos: tacto, olfato, gusto, vista y oído. Pero algunos de éstos pueden dividirse en varios sentidos; por ejemplo, el tacto, el dolor, la presión, el frío y el calor están incluidos en el sentido original del tacto. El oído contiene un órgano para percibir el equilibrio y la rotación, así como el órgano para oír sondas sonoras. Existen otros sentidos —quizá más vagos y más generalizados, pero importantes— para determinar el estado interno del cuerpo. Podemos sentir la tensión de los músculos, el movimiento de las articulaciones y estados internos como sed, hambre, náuseas, dolor y orgasmo. Los receptores de tales sentidos están situados en los músculos, articulaciones, vísceras, gargante y otros lugares.

Los órganos de los sentidos tienen la doble función de descubrir cambios, y transmitir información relativa a la naturaleza del cambio al sistema nervioso central. Un órgano sensorial proporcionaría a un organismo muy poca información útil si respondiera indiscriminadamente a todas las clases de cambios en el medio ambiente. Pero los órganos sensoriales han creado una especialización por la cual una clase de órganos descubre luz, otro descubre presión mecánica, un tercer descubre ciertas clases de sustancias químicas, etc. Ningún órgano sensorial sería muy útil si solo respondiera a grandes cambios en el medio ambiente. Pero si fuera tan sensible que respondiera a cada molécula o electrón en movimiento, solo transmitiría "ruido". Cada órgano sensorial tiene desarrollada así una especialidad y sensibilidad óptima (no máxima), de modo que mantiene una razón óptima de señal a

ruido. Los órganos de los sentidos deben tener además capacidad para distinguir y registrar no solo "principio" y "fin", sino también velocidad, magnitud y dirección del cambio.

Explique cuál es la importancia de tener órganos sensoriales para descubrir cambios en el medio ambiente.

25-2 MECANORRECEPTORES.

Los *mecanorreceptores* son sensibles a la extensión, a la compresión o al esfuerzo de rotación impartido a los tejidos por el peso del cuerpo, por el movimiento relativo de las partes, por los efectos giroscópicos de las partes en movimiento y por el impacto del substrato en el medio ambiente circundante (aire o agua). Los mecanorreceptores se relacionan con la capacidad de un organismo para mantener su actitud corporal primaria respecto a la gravedad (para nosotros, extremo anterior arriba y extremo posterior abajo; para un perro, lado dorsal arriba y lado ventral abajo; para un perezoso, lado ventral arriba y lado dorsal abajo). Se relacionan también con el mantenimiento de las relaciones posturales, la posición de una parte del cuerpo con relación a otra, información esencial para todas las formas de locomoción y para todos los movimientos coordinados y diestros desde tejer un capullo de gusano de seda hasta escribir un libro. Los mecanorreceptores proporcionan, además, información sobre la forma, textura, peso y relaciones topográficas de objetos del medio ambiente externo. Finalmente, la mecanorrecepción es necesaria para el funcionamiento de algunos órganos internos. Proporcionan,

por ejemplo, información sobre la presencia de alimento en el estómago, heces en el recto, orina en la vejiga, un feto en el útero. Los mecanorreceptores pueden dividirse en las siguientes categorías: táctiles, propioceptivos y auditivos.

El sentido del tacto. Entre los receptores táctiles más sencillos se encuentran los *pelos táctiles* de los invertebrados. El pelo táctil de un insecto es un receptor *físico*, es decir, responde solo cuando se mueve el pelo. Cuando el pelo es desplazado, surge un potencial receptor y se generan algunos potenciales de acción, pero toda la actividad cesa cuando cesa el movimiento, aunque se mantenga el pelo en la posición desplazada.

La notable sensibilidad táctil del hombre, especialmente en las puntas de los dedos y los labios, se debe a un gran número de diversos órganos sensoriales situados en la piel (25-1). Haciendo un detenido estudio de una pequeña superficie de la piel, punto por punto, usando una cerda rígida para prueba del tacto, un estilo metálico caliente o frío para probar la temperatura y una aguja para probar el dolor, se ha encontrado que los receptores de cada una de estas sensaciones están localizados en diferentes puntos.

El corpúsculo de Pacini ha sido particularmente bien estudiado. El axón desnudo está rodeado de láminas esparcidas por el líquido. La compresión produce desplazamientos de las láminas, que causa la deformación que estimula el axón. Aunque el desplazamiento se mantenga bajo compresión constante, el potencial se reduce rápidamente a cero y cesan los potenciales de acción. Este es un receptor físico que responde a la velocidad.

Propriocepción (cinestesis). Entre los invertebrados, los órganos sensoriales más comúnmente relacionados con la retransmisión de información posnatural son los pelos, las placas (órganos campaniformes) y otras estructuras cuticulares modificadas. Estos son órganos sensoriales *tónicos* (estáticos). A diferencia de los receptores físicos, el potencial receptor se mantiene (aunque no en magnitud constante) mien-

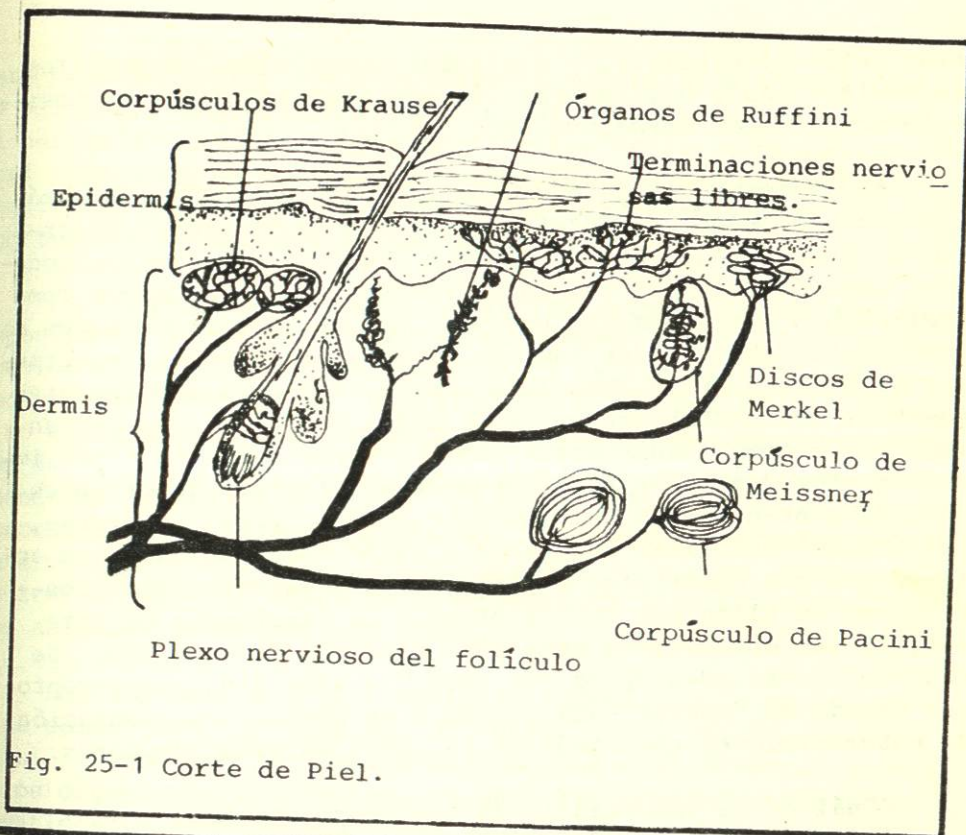


Fig. 25-1 Corte de Piel.

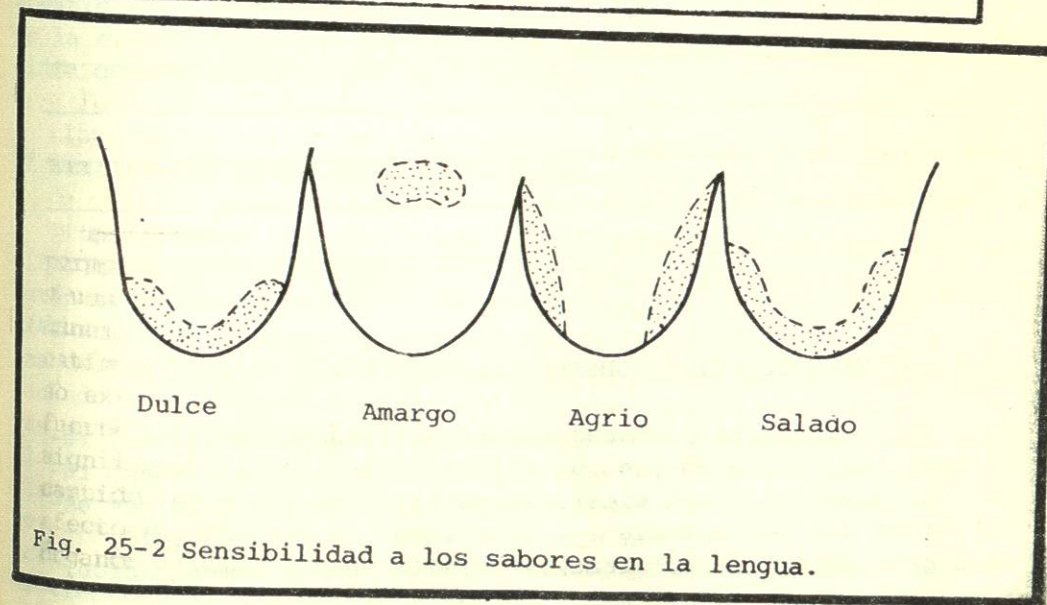


Fig. 25-2 Sensibilidad a los sabores en la lengua.

tras actúe el estímulo, y continúan generándose potenciales de acción. Así, hay información continua acerca de la posición del órgano correspondiente.

En el hombre, cada músculo, tendón y articulación está provisto de *propioceptores* sensibles a la tensión y al esfuerzo musculares. Debido a estos órganos sensoriales, podemos, aun con los ojos cerrados, ejecutar actos manuales como vestarnos o atar formando nudos. Los impulsos procedentes de los propioceptores son también extraordinariamente importantes para asegurar la armoniosa contracción de los diferentes músculos que participan en un movimiento; sin ellos, serían imposibles complicados actos que requieren destreza. Los impulsos procedentes de estos órganos son también importantes para el mantenimiento del equilibrio. Los propioceptores, son probablemente más numerosos y están más continuamente activos que cualquier otro sentido, aunque estamos menos conscientes de ellos que de los otros. La existencia de este sentido fue descubierta hace solo poco más de un siglo. Se obtiene cierta idea de lo que sería la vida sin propioceptores cuando se "duerme" una pierna o un brazo —una sensación de entumecimiento resultado de la falta de propioceptores.

¿Cuál es la importancia de los propioceptores?

25-3 QUIMIORRECEPCION: GUSTO Y OLFATO.

En todo el reino animal muchas actividades sexuales, reproductoras, sociales y de la alimentación son iniciadas, reguladas o influidas en cierta forma por aspectos químicos específicos del medio ambiente. Los insectos, por ejemplo, usan gran número de sustancias químicas en la comunicación,

para defensa contra los depredadores y para el reconocimiento de alimentos específicos. Muchos vertebrados emplean secreciones químicas para marcar territorio, atraer a su pareja sexual o defenderse. La quimiorrecepción también interviene en seguir las huellas de la presa en los carnívoros y en el descubrimiento de carnívoros por la presa.

La sensibilidad a las sustancias químicas puede ser muy específica, porque solo ciertos compuestos y en bajas concentraciones, actúan como estímulos. La sensibilidad de otros receptores, como los de la piel de la rana, puede ser general y no específica. Como saben la mayor parte de los estudiantes de fisiología principiantes, una rana se rasca el lomo cuando se le aplica a la piel un ácido diluido o soluciones concentradas de sales inorgánicas. Los quimiorreceptores que intervienen en ello son determinaciones nerviosas libres. Este *sentido químico común* está ampliamente distribuido entre los animales acuáticos.

Los sistemas quimiorreceptores específicos y muy sensibles comprenden los sentidos del *gusto* y del *olfato* (olfacción). Estos son fácilmente distinguibles en nosotros y en otros organismos terrestres. Cuando se examinan organismos acuáticos, y especialmente los que ocupan lugares inferiores en la escala filogenética, se hace crecientemente difícil decidir qué es gusto y qué es olfacción.

El sentido del gusto en los mamíferos.

Los órganos del gusto son estructuras en forma de yema, situadas predominantemente en la lengua y el paladar blando. Están situadas en papilas, de las cuales hay cuatro clases: *circunvaladas, foliadas, fungiformes y filiformes*. Las células de las *papilas gustativas* se clasificaron originalmente basándose en el tamaño y la histología, como células gustativas y células de sostén. Recientes estudios efectuados con el microscopio electrónico revelan que este concepto es demasiado simple, y que hay gradaciones entre las dos. También hay una substitución muy rápida de las células. Cada 10 a 30 horas las células son completamente substituidas. Cada célula tiene en su superficie libre un borde de *microvellosidades*,

muchas de las cuales se introducen en un pequeño poro que las une con los líquidos que bañan la superficie de la lengua. No existen pelos gustativos, como se creía antes.

Cada célula del gusto es una célula epitelial y el receptor. Las conexiones con las células nerviosas son complicadas. Cada célula gustativa está inervada por más de una neurona. Además, algunas neuronas pueden conectarse con una célula gustativa y otras con muchas. Esta complejidad de conexiones hace difícil la interpretación de la fisiología del sentido del gusto.

Tradicionalmente, hay cuatro sabores básicos: dulce, salado, agrio y amargo. A éstos debe añadirse ahora el agua. Aunque es cierto que la mayor sensibilidad a cada uno de los sabores está restringida a un área dada de la lengua (en el hombre especialmente) (fig. 25-2), no todas las papilas tienen restricción en su sensibilidad a una sola modalidad de sabor. Algunas, ciertamente, son específicas a la sal, a un ácido o al azúcar, pero la mayoría responden a dos o más categorías de soluciones rápidas. La discriminación en el gusto es un proceso complejo y probablemente depende de un código que consiste en un cuadro de fibras entrecruzadas; es decir, cada receptor responde a más de una clase de sustancias químicas, pero no hay dos que respondan exactamente igual, por lo que el cuadro total de mensajes que van al cerebro es diferente para las distintas soluciones.

El sabor depende de la percepción del gusto solamente. Está compuesto de gusto, olfato, textura y temperatura. El olfato afecta el sabor porque los olores pasan de la boca a la cámara nasal por intermedio de las ventanas internas de la nariz.

El sentido del gusto en los insectos.

Uno de los órganos del gusto más concienzudamente estudiados es el pelo gustativo de la mosca. Los segmentos terminales de las patas y las partes bucales de las moscas, polillas, mariposas y otros insectos están provistos de varios

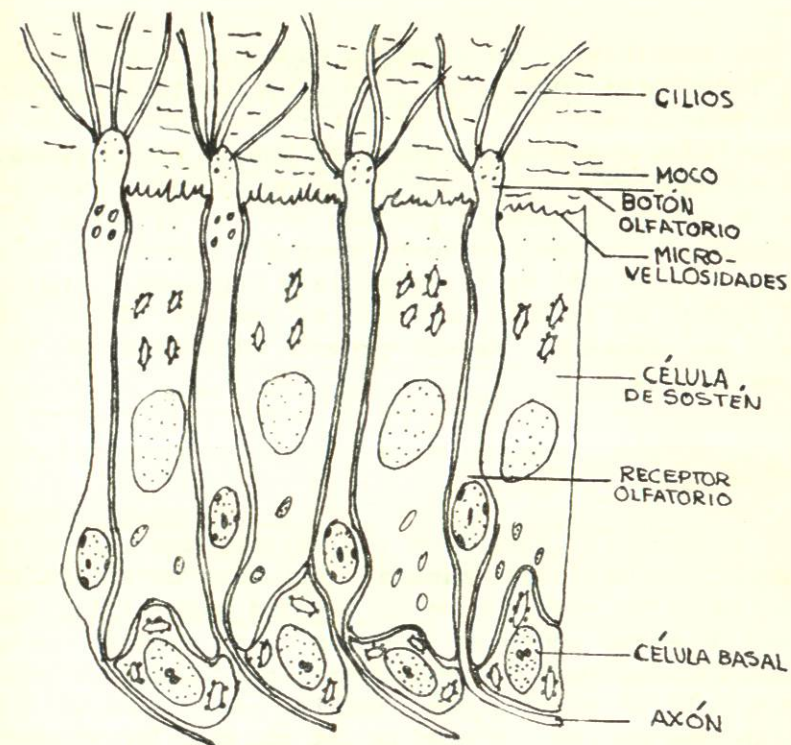


Fig.- 25 - 3- Estructura del Epitelio Nasal

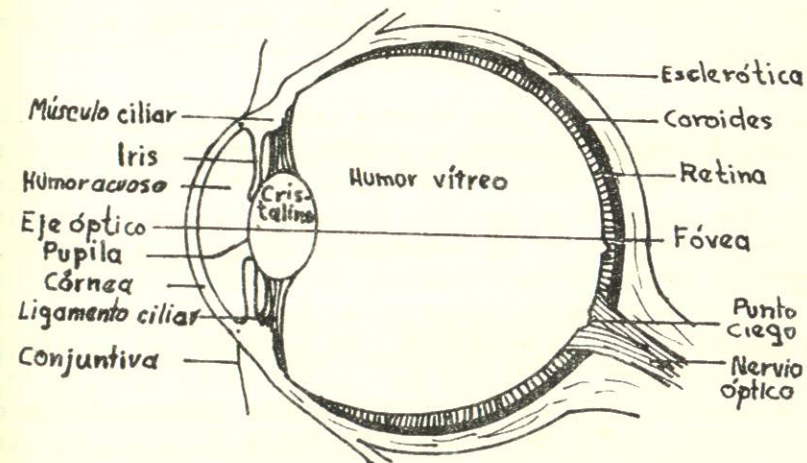


Fig.- 25 - 4- Estructura del ojo humano

pelos muy sensibles. En la mosca cada uno de estos contiene cuatro receptores gustativos y un receptor táctil. Todos son neuronas primarias. Un receptor gustativo es más o menos específico a azúcares, otros al agua y dos a sales. Si se coloca agua en un pelo de una mosca sedienta, los potenciales de acción generados por las células del agua pasan directamente al sistema nervioso central y hacen que la mosca responda extendiendo su trompetilla y bebiendo. Análogamente, el azúcar en un pelo estimula el receptor del azúcar y hace que se alimente. La sal provoca el rechazo de la solución por la mosca.

El sentido del olfato.

El sentido del olfato de los vertebrados terrestres está servido por neuronas primarias situadas en el *epitelio nasal*, en la parte superior de la cavidad nasal (fig. 25-3). Cada una de estas neuronas tiene un corto axón que pasa por la *placa cribiforme* y hace sinapsis inmediatamente con otras neuronas. En el conejo, por ejemplo, hay 10^8 receptores, 26 000 de los cuales hacen sinapsis con cada *glomérulo*. Cada glomérulo se conecta con 24 *células mitrales* y 68 *células arracimadas*. Las posibilidades de procesar datos olfatorios generados por los receptores aun antes de llegar al cerebro son enormes.

Al contrario de lo que ocurre con las sensaciones del gusto, los distintos olores no pueden clasificarse en tipos precisos, pues cada sustancia tiene su olor que le es propio. Lo más notable es que los órganos olfatorios responden a cantidades ínfimas de la sustancia olorosa; el equivalente sintético del olor de violetas, la ionona, puede apreciarse por muchos sujetos al estar en el aire en la proporción de uno por treinta mil millones. El sentido del olfato se fatiga rápidamente, de manera que un ambiente cargado de intensos estímulos olfatorios puede parecer inodoro luego de pocos minutos. Esta fatiga es específica para una sustancia determinada; los receptores insensibles a un olor reaccionan ante otro con toda normalidad. Esto sugiere que debe haber varias clases de células sensoriales, cada una específica para un compuesto químico particular. Algunas personas están

por completo privadas del sentido del olfato, en tanto que otras pueden percibir solo ciertos olores.

a).- Describa el sentido del gusto en los mamíferos.

b).- Describa el sentido del gusto en los insectos.

c).- Describa el sentido del olfato de los vertebrados.

25-4 FOTORRECEPTORES.

Las células, tejidos u órganos que son capaces de transformar la luz en impulsos nerviosos sensitivos se llaman *fotorreceptores*.

Casi en toda materia viva hay células sensibles a la luz. Incluso los protozoos responden a los cambios de intensidad lumínica, generalmente apartándose de ella. Muchas plantas orientan sus hojas y flores hacia el sol, aunque en ellas no

se descubran órganos sensibles a su radiación. En muchos de los animales superiores esta sensibilidad es propia de células especiales, las que se agrupan en órganos complejos. El ojo humano es excelente ejemplo de un dispositivo perfecto para percibir la luz. Cuando se encuentra perfectamente adaptado, puede percibir la pequeña emisión de 6 a 10 cuantos de luz. Así como la materia está formada por elementos infinitesimales llamados átomos, la luz consta de unidades llamadas *fotones* y, por definición, la energía de 1 fotón es igual a 1 *cuanto*. La luz que llega al ojo emitida por una bujía que arde a 20 kilómetros de distancia se considera el límite de la visibilidad de un ojo normal adaptado a la obscuridad, con equivalencia de seis a siete cuantos de luz.

Algunos protozoos tienen "manchas oculares" más sensibles a la luz que el resto de las células, pero los órganos oculares más primitivos en la escala de la evolución son los propios del platelminto o gusano plano. Son *fotorreceptores* en vez de ojos no pueden formar imágenes. Son estructuras en forma de media naranja hueca, cuya concavidad contiene un pigmento negro en cuyo fondo están esparcidas unas células sensibles a la luz; el pigmento ampara a la célula de los rayos que vienen en cualquier dirección, excepto por encima y ligeramente por delante, disposición que permite al platelminto orientarse. Las planarias están provistas de otras células sensibles a la luz por toda la extensión de su cuerpo, pues todavía reaccionan a ella una vez que han sido inutilizados sus ojos, aunque entonces la reacción es más lenta y menos precisa.

Un primer paso necesario en la evolución desde los *fotorreceptores* hasta el ojo verdadero fue la aparición de un *cristalino* para enfocar la luz en un grupo de *fotorreceptores*. Al aparecer sistemas de *cristalinos* más perfeccionados, el *fotorreceptor* pudo formar imágenes, y surgió así un ojo en el sentido riguroso de la palabra. Los ojos más altamente desarrollados se encuentran en los artrópodos (insectos, cangrejos, langostas, etc.), en los cefalópodos (calamares y pulpos) y en los vertebrados. Han aparecido dos tipos fundamentalmente diferentes de ojos: el *ojo forma de cámara* de los vertebrados y cefalópodos, y el *ojo compuesto o en mosaico* de los artrópodos.

El ojo humano.

Los ojos del calamar o del pulpo pueden compararse a una cámara de poco precio, equipada con película lenta en blanco y negro, en tanto el ojo humano se equipara a una cámara de lujo, cargada con película rápida en color.

La analogía entre el ojo humano y la cámara fotográfica es completa: el ojo (fig. 25-4) está provisto de una *lente*, con posibilidad de ser enfocada para diferentes distancias; el paso de la luz (*pupila*), y una capa fotosensible en la parte posterior (*retina*) que corresponde al material fotográfico impresionable. Junto a la retina se extiende una capa de células con un pigmento negro, para absorber el exceso de luz que al reflejarse en el interior de la cavidad harían borrosa la imagen (las cámaras fotográficas también son negras en su interior); esta capa, llamada *coroides*, está surcada por los vasos nutricios de la retina.

La capa exterior del ojo, *esclerótica*, es una cubierta conectiva, curvada, dura y opaca, que protege las porciones internas y mantiene la rigidez necesaria al globo ocular. En la parte anterior, esta capa se transforma en la *córnea* transparente, mucho más delgada, a cuyo través penetra la luz.

Inmediatamente detrás del iris está adaptada una lente globulosa y elástica, el *cristalino*, la cual concentra los rayos que entran en el ojo y los enfoca a la retina; en esta función participan la curvatura de la córnea y las propiedades de refracción de los líquidos internos del globo ocular. La cavidad entre la córnea y el cristalino está ocupada por una sustancia llamada *humor acuoso*; la cámara mayor entre el cristalino y la retina, por un líquido más viscoso, el *humor vítreo*; ambos, además, tienen la función de conservar la forma del ojo. Estas sustancias, la vítreo y la acuosa, son secretadas por el *cuerpo ciliar*, órgano circular del que parten los ligamentos que mantienen la posición del cristalino.

El ojo se acomoda (o sea que enfoca la luz para la visión próxima o lejana) por el cambio de curvatura del cristalino. Esto es posible por el estiramiento o relajación del

ligamento ciliar, el cual lo sujeta al cuerpo ciliar. Debido a presión de los líquidos internos, el globo ocular está bajo tensión, la cual se transmite, por el ligamento ciliar, al cristalino. La tensión del ligamento aplana a éste y lo enfoca para visión lejana, que es la que corresponde al ojo en estado de descanso. Inmediatamente por delante del cuerpo ciliar, unidos por el ligamento de este nombre, están los músculos ciliares, los cuales, al encontrarse, suprimen la tensión del ligamento y del cristalino, con posibilidad de que el último tome la forma más esférica propia para la visión próxima.

La cantidad de luz que penetra en el ojo se regula con el *iris*, anillo muscular, de colores azul, verde o pardo, según la cantidad y naturaleza del pigmento presente. El órgano está compuesto de dos planos de fibras musculares, uno en disposición circular, el cual al contraerse disminuye el diámetro de la pupila, y otro en disposición radiada, cuya contracción lo aumenta. La respuesta de estos músculos a los cambios de intensidad de la luz no es instantánea, pues requiere de 10 a 30 segundos; de esto resulta que si se pasa de un lugar muy iluminado a uno muy oscuro, debe transcurrir cierto tiempo hasta que los ojos se acostumbren lo mismo que, en circunstancias inversas, los ojos quedan deslumbrados hasta que la pupila se contrae frente al exceso de luz.

En cada globo ocular se extienden seis músculos externos que se insertan en la superficie de la esclerótica y llegan a diferentes puntos de la cuenca orbitaria, con lo cual es posible que el ojo se mueva y se oriente en la dirección deseada. Estos músculos están inervados de manera que los dos globos se muevan al mismo tiempo y enfoquen las mismas imágenes.

La única porción del ojo humano sensible a la luz es la *retina*, de forma hemisférica, compuesta de innumerables células receptoras, llamadas, por su forma, *bastoncitos* y *conos*. Se calcula que hay unos ciento veinticinco millones de los primeros y unos seis millones y medio de los segundos. Además, la retina contiene muchas neuronas sensitivas de enla-

ce, junto con sus axones. Es curioso que las células sensitivas estén en la porción posterior de la retina, de modo que para que la luz las alcance debe pasar a través de varias capas de neuronas. El ojo se desarrolla como una prominencia del encéfalo; en su evolución se pliega de tal modo que las células sensibles acaban por disponerse en esa posición trasera de la retina. En un lugar de la región posterior del ojo, los axones de las neuronas sensitivas se agrupan para formar el nervio óptico, el cual sale del globo ocular. Este punto, sin conos ni bastoncitos, se llama "punto ciego" porque las imágenes proyectadas allí no se perciben.

En el centro de la retina, directamente en la misma línea que coincide con el centro de la córnea y el del cristalino, se encuentra la región de más agudeza visual, zona algo deprimida llamada *fóvea*. En esta fosa se concentran los conos, más sensibles a la luz brillante, a la percepción de los más finos detalles, y a la luz de color.

En condiciones normales los ojos están constantemente en movimiento; se producen ligeros movimientos involuntarios, incluso si estamos mirando un objeto fijo. La consecuencia es que la imagen en la retina está asimismo en constante movimiento, con salida fuera de la *fóvea* y reingreso a ella. Superpuesto a estos movimientos hay un rapidísimo temblor de los ojos. Si, con algún dispositivo, se logra que la imagen se proyecte invariablemente en la retina, se borra al poco tiempo, para aparecer luego enteramente o en parte. Estos experimentos por Donald Hebb y sus colaboradores han demostrado que lo "visto" por un sujeto está por lo menos parcialmente, determinado por el sentido de la imagen, interpretado por los centros superiores.

Los otros elementos fotosensibles, los bastoncitos, son más numerosos en la porción periférica de la retina, alejada de la *fóvea*. Son receptores de la luz difusa, sin sensibilidad para el color, no solemos darnos cuenta de que el color solo puede ser apreciado por los objetos situados frente a los ojos, pero el fenómeno puede demostrarse mediante un sencillo experimento: basta cerrar un ojo y dirigir el otro hacia algún punto directamente delante. Si un objeto coloreado se va