

Atlas de Histología Vegetal y Animal

Órganos animales

SENTIDOS

Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Abril 2025)

Este documento es una edición en pdf del sitio
<http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software \LaTeX
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

Contenidos

1	Introducción	1
2	Vista	2
3	Oído	6
4	Gusto	11
5	Olfato	13
6	Sentidos cutáneos	15
7	Presión sanguínea	17
8	Imagen; Córnea	18
9	Bibliografía	19

1 Introducción

En esta página vamos a tratar las estructuras y sistemas encargados de captar información tanto del medio externo como del interno de los animales. A estos sistemas se les denomina comúnmente sentidos. Aunque estas células y estructuras se encuentran en diferentes partes del cuerpo, y también se tratan como parte de otros órganos, vamos aquí a tratarlos de manera conjunta. Distinguiremos en primer lugar a los sentidos que captan información externa: vista, oído, olfato, gusto y tacto. Posteriormente otros con información interna como la percepción del dolor, de la temperatura, sentido del equilibrio, posición, etcétera.

2 Vista

El órgano sensorial que se encarga de captar la luz en los vertebrados es el ojo. Es una estructura ovoide formada por varios tipos de tejidos dispuestos de tal manera que permiten la proyección y enfoque de la luz sobre una capa de células nerviosas que forman la retina, las cuales convertirán dichos rayos de luz en impulsos nerviosos que viajarán por el nervio óptico (par nervioso II) fundamentalmente hasta el núcleo geniculado del tálamo y desde ahí llegará la información a la corteza cerebral visual, localizada en la parte posterior del encéfalo (Figura 1).

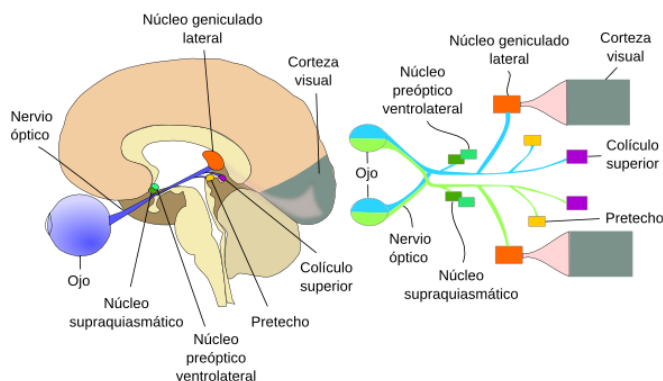


Figura 1: Esquema de la vía visual de mamíferos. Los dos colores de los ojos y de los nervios ópticos en la imagen de la derecha indican ambos campos visuales y su cruce en el quiasma óptico.

El ojo

El ojo es la estructura que capta la luz reflejada por los objetos, la procesa y envía la información en forma de impulsos eléctricos al cerebro para su interpretación. Es una estructura redondeada y polarizada, es decir, tiene distinta organización según la zona. Desde la parte anterior hasta la posterior nos encontramos con la córnea, cámara anterior, iris, músculos ciliares y cristalino, cuerpo vítreo, retina, coroides, esclerótica y nervio óptico. Estas estructuras se reparten en tres túnicas concéntricas (excepto el cristalino): túnica fibrosa, túnica vascular y túnica nerviosa (Figura 2).

La córnea es la parte más externa del ojo, está en contacto con el aire (Figura 3). Es una estructura transparente que tiene como misión enfocar la luz que

le llega al ojo y proteger la superficie ocular. Sus propiedades ópticas dependen del tipo y disposición de las fibras de colágeno. Es una estructura avascular, por ello es fácil el trasplante quirúrgico.

La córnea es una lámina de tejido formado por cinco capas: epitelio corneal, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet y endotelio (Figura 3). El epitelio corneal es la capa más externa, es epitelio plano estratificado, contiene numerosas fibras nerviosas, es muy sensible, y tiene una gran capacidad de regeneración. El epitelio corneal se continúa lateralmente con el epitelio de la conjuntiva. Bajo el epitelio corneal nos encontramos con la membrana de Bowman. Esta membrana no está presente en todos los mamíferos y es una capa que contiene fibras de colágeno, pero no posee fibras elásticas. Bajo la membrana de Bowman está el estroma de la córnea. Esta capa es la más ancha y puede representar hasta el 90 % del espesor de la córnea. Es tejido conectivo con láminas de fibras de colágeno, fundamentalmente colágeno tipo I y IV, organizadas en capas y con orientación diferente en cada capa. También destacan proteoglicanos como el condroitín sulfato y queratán sulfato. Contiene fibroblastos y linfocitos errantes. En la parte inferior de la córnea tenemos la membrana de Descemet, que es la lámina basal del endotelio que viene a continuación, el cual está en contacto directo con la cámara anterior. La córnea se continúa lateralmente con la esclerótica en una región de transición denominada limbo.

El cuerpo ciliar se localiza detrás del iris y tiene dos misiones fundamentales: secretar humor vítreo y cambiar la forma del cristalino para enfocar las imágenes sobre la retina. Une la ora serrata de la coroides con la raíz del iris y está conectado al cristalino por un ligamento. Tridimensionalmente tiene forma de anillo y en cortes transversales tiene forma triangular (Figura 4). Se puede dividir en dos partes: pars plicata y pars plana. La primera se dispone próxima al cristalino y se organiza en forma de crestas denominadas procesos ciliares, mientras que la segunda tiene una superficie plana. En el cuerpo ciliar se encuentra el músculo liso de acomodación o músculo ciliar, el cual cambia la forma del cristalino para enfocar una imagen sobre la retina. La zona interna del cuerpo ciliar está formada por tejido conjuntivo denso con muchas

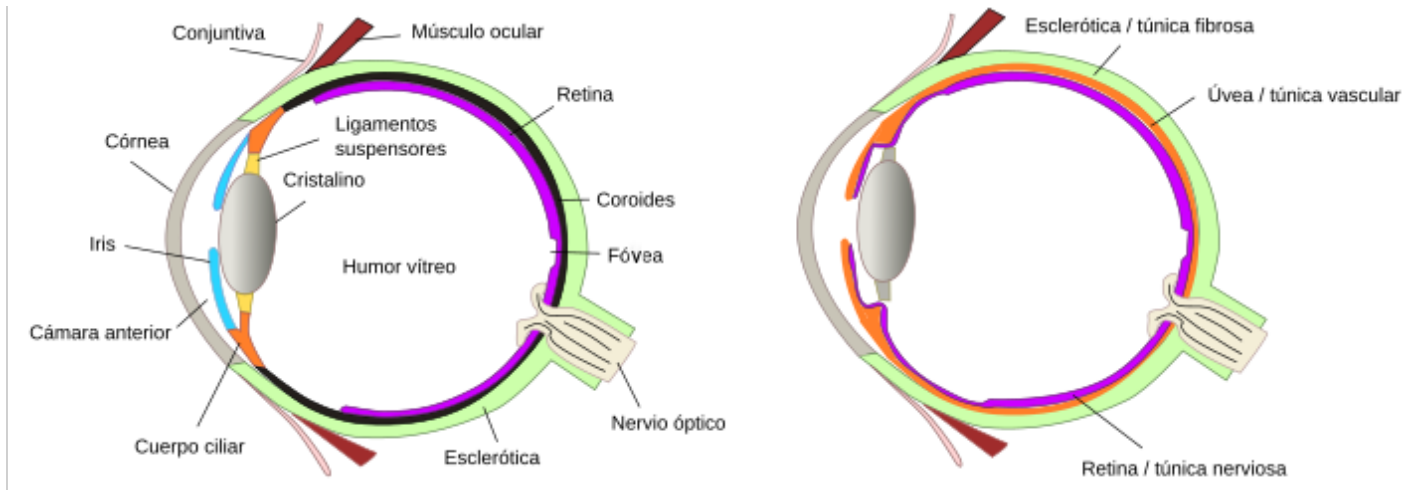


Figura 2: Principales estructuras del ojo de mamíferos.

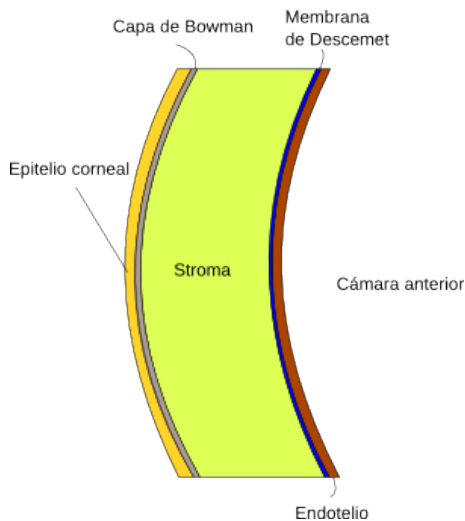


Figura 3: Capas de la córnea.

fibras elásticas y vasos sanguíneos. También tenemos el epitelio ciliar que está formado por dos capas, la más interna pigmentada, y su función es segregar humor acuoso. El cuerpo ciliar, junto con el iris y la coroides, forma la estructura llamada úvea o túnica vascular.

El iris (Figura 5) es la estructura ocular que separa la cámara anterior de la posterior y está unido en su parte periférica al cuerpo ciliar. En la zona central de iris hay una abertura denominada pupila, por la que entra la luz hacia el cristalino. La zona del iris próxima a la pupila se denomina pupilar y la

más periférica se denomina ciliar. El iris es principalmente tejido conectivo laxo altamente vascularizado. Aquí los vasos tienen la misma estructura independientemente de su diámetro, no poseen capa muscular. La superficie posterior o más interna del iris es un epitelio de doble capa fuertemente pigmentado, lo que da el color a los ojos, que suele depender de la cantidad y disposición del pigmento. El iris actúa a modo de diafragma ajustable gracias a la presencia de dos músculos. El esfínter de la pupila se encarga de reducir el diámetro de la pupila. Es músculo liso inervado por fibras parasimpáticas del ganglio ciliar y tiene una disposición circular. El músculo dilatador aumenta el diámetro de la pupila. Está formado por células mioepiteliales organizadas radialmente y está inervado por neuronas simpáticas del ganglio cervical superior.

El cristalino se sitúa por detrás de la pupila y es una estructura con forma bicóncava y transparente. Envolviendo al cristalino hay una capa externa muy gruesa denominada cápsula del cristalino que tiene la misma composición que las láminas basales. Justo debajo de la cápsula y en la parte anterior del cristalino hay una capa de epitelio de células cuboidales que desaparece en zonas más alejadas. Así, la práctica totalidad del cristalino está formada por unas células denominadas fibras del cristalino, sobre cuya superficie se sitúa la cápsula. Se llaman fibras porque tienen una forma alargada de hasta 10 mm, pero sólo unas pocas micras de grosor. Estas células tienen un alto

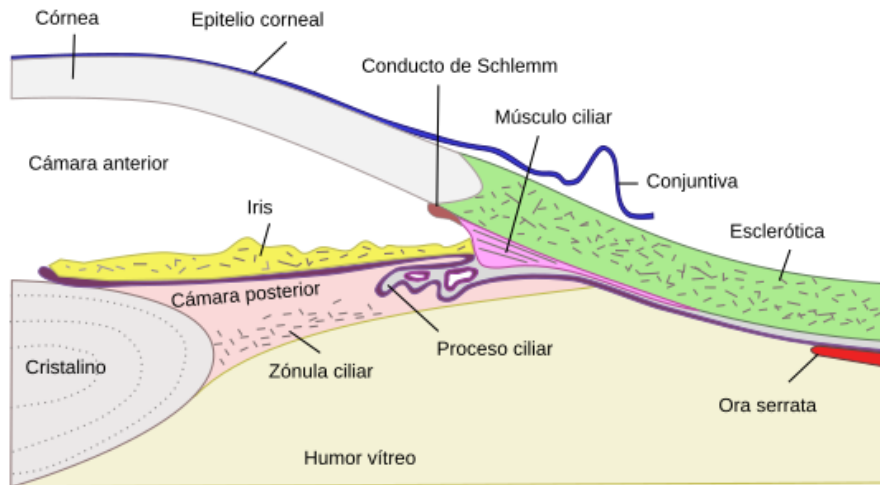


Figura 4: Esquema del cuerpo ciliar.

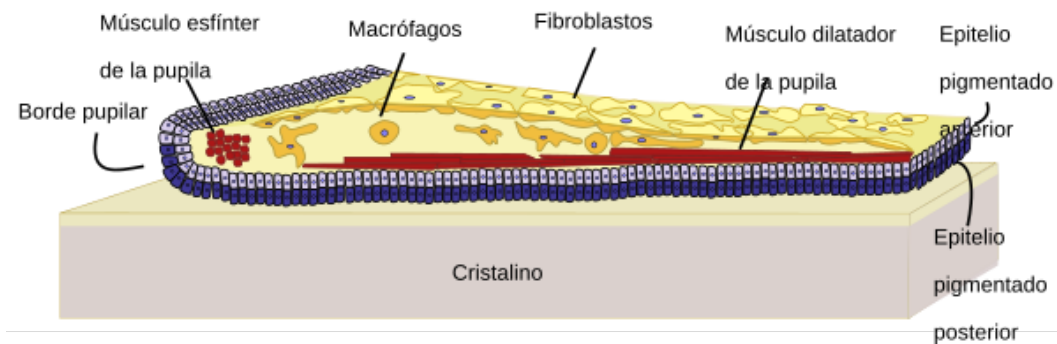


Figura 5: Componentes del iris.

contenido proteico, destacando una proteína propia llamada cristalina que representan hasta el 90 % del total de proteínas del cristalino. Son ellas las principales responsables de las propiedades ópticas del cristalino. El cristalino coopera con la córnea en el enfoque de la luz. Su posición dependen de fibras que forman la zona ciliar y el cambio de curvatura que permite enfocar objetos sobre la retina se produce por contracciones del músculo ciliar.

El cuerpo vítreo llena la cavidad que hay entre el cristalino y la retina. Es una masa gelatinosa con una transparencia similar al cristal formado por una solución acuosa en la que abundan el colágeno tipo II y XI y el hialuronato. Posee algunas células dispersas denominadas hialocitos.

La retina es la estructura receptora de la luz y es

la más interna de las túnica ocular. Es resultado de una evaginación del sistema nervioso central producida durante el desarrollo embrionario. Esta evaginación se pliega en forma de copa de manera que tiene dos capas, una externa o pigmentada y otra interna o neuronal, que es la retina propiamente dicha. La retina neuronal está formada por neuronas fotorreceptoras que captan la luz y por otras neuronas que procesan la información para enviarla a través del nervio óptico al encéfalo. Posee hasta 10 capas de neuronas, siendo la más externa la de los fotorreceptores, los cuales se dividen en dos tipos según su forma: los conos y los bastones. Los conos son los responsables de la visión de los colores, mientras que los bastones captan intensidad de luz (Figura 6). Los conos están distribuidos por toda la retina, pero son muy abundantes en la fóvea, un lugar de la retina

donde el ojo enfoca la luz. Mover el ojo para ver un objeto supone mover la fovea para que reciba la luz del objeto en el que estamos interesados. Los axones que forman el nervio óptico salen de la capa más interna de la retina por lo que deberán atravesar la retina en un punto para dirigirse al encéfalo. Este punto carece de fotorreceptores y es, por tanto, un punto ciego de la retina. No somos conscientes de este punto negro en nuestro campo de visión porque el cerebro se encarga de "ocultarlo". La capa pigmentaria es la capa más externa resultante de la evaginación encefálica que da lugar a la retina, pero no contiene neuronas sino células pigmentadas. Estos pigmentos impiden la dispersión de la luz, con lo que la visión es más nítida. También está implicada en la homeostasis de la capa de fotorreceptores, con la que está en contacto.

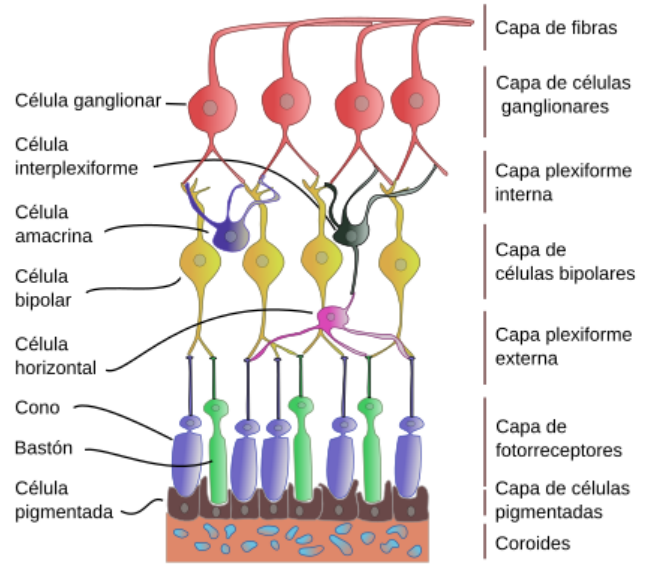


Figura 6: Esquema de las principales capas y tipos celulares de la retina.

3 Oído

Lo que se conoce comúnmente como sistema auditivo o simplemente oído está formado por dos sistemas: auditivo y vestibular. El primero nos permite oír, es decir, captar sonidos, mientras que el segundo es responsable del equilibrio. El sistema auditivo se divide en tres compartimentos: oído externo, oído medio y oído interno (Figura 7).

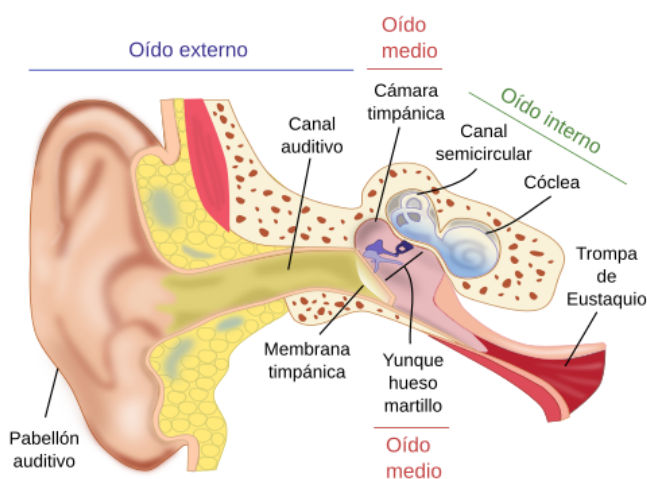


Figura 7: Partes del oído.

Oído externo

El oído externo está formado por el pabellón auricular u oreja y por el conducto auditivo externo, el cual comunica el medio externo con la membrana timpánica. El pabellón auricular es externo, de forma ovalada y formado principalmente por cartílago elástico y tegumento. Está recubierto por una epidermis fina y con numerosos folículos pilosos, aunque depende de la especie. El conducto auditivo externo tiene forma de tubo que empieza en el pabellón auricular y termina en la membrana timpánica. Posee una parte más externa que se continúa con el pabellón auricular y otra más interna encastrada en el cráneo. La parte externa posee numerosas glándulas denominadas ceruminosas. Estas glándulas liberan sustancias cerosas que se mezclan con las secreciones de las glándulas sebáceas y en conjunto forman la cera del oído o cerumen. A medida que el conducto es más interno ambos tipos de glándulas van disminuyendo en número.

Oído medio

Se encuentra a continuación del conducto auditivo externo y es una cavidad, denominada cavidad timpánica, enclavada en el hueso temporal del cráneo. Está separada del conducto auditivo por la membrana timpánica. En la cavidad timpánica se encuentran tres huesos denominados martillo, yunque y estribo, además de los músculos responsables de su movimiento (Figura 8). Al oído medio también pertenece la trompa de Eustaquio, la cual conecta la cavidad timpánica con la faringe, y permite equilibrar la presión del aire de la cavidad oral (atmosférica) con la del oído medio. Medialmente está separada del siguiente elemento del sistema auditivo por el hueso del oído interno.

La función del oído medio es la conversión de las ondas del aire, que llevan la información sonora, en un movimiento mecánico de los huesos que se transmitirá al oído interno. El proceso comienza en la membrana timpánica o tímpano, que vibra junto con las vibraciones del aire que se transmiten desde el exterior por el conducto auditivo externo. Estas vibraciones de la membrana se transmiten directamente al hueso martillo, éste mueve al yunque y éste al estribo. El estribo está en contacto con el laberinto del oído interno (ver más abajo), donde se transforma ese movimiento en corrientes de fluido líquido. Esta comunicación entre estribo y el laberinto se hace a través de unos espacios del hueso denominados ventanas: ventana vestibular (oval) y ventana coclear (redonda). En la cavidad timpánica hay dos músculos, uno conectado al martillo y otro al estribo. El primero se encarga de tensar la membrana timpánica y el segundo de compensar el movimiento del yunque. Ambos son importantes para atenuar las vibraciones en un mecanismo de protección frente sonidos (vibraciones) muy fuertes.

Oído interno

El oído interno está formado por el denominado laberinto (Figura 9). Hay un laberinto óseo y un laberinto membranoso. El laberinto óseo está contenido en el hueso temporal del cráneo y está formado por los conductos semicirculares, el vestíbulo y la cóclea. En el centro del laberinto óseo está el vestíbulo, desde el que parten los canales semicirculares, los cuales son conductos dentro del hueso

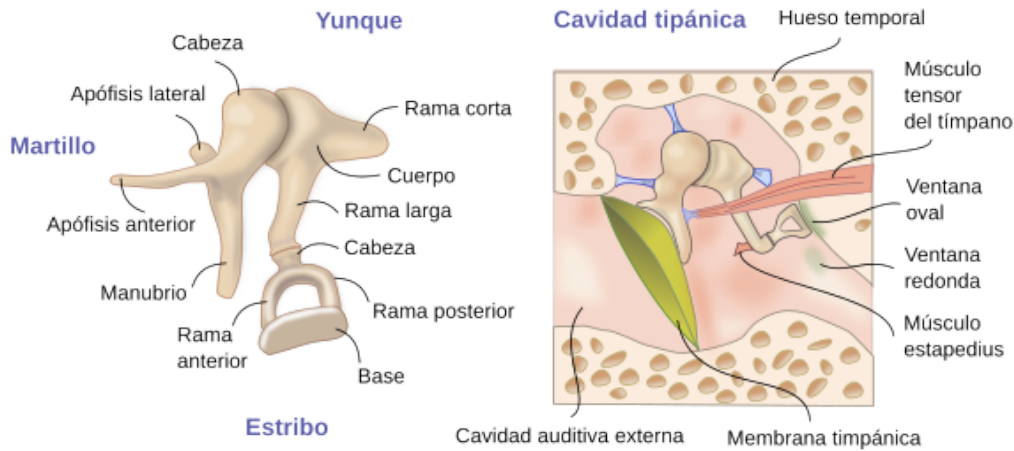


Figura 8: Esquema donde se representan los huesos del oído medio (izquierda) y su relación con la membrana timpánica y la cóclea a través de la ventana oval (derecha).

con forma semicircular. Hay tres: superior, posterior y lateral o externo. Las cavidades interiores de los canales semicirculares están conectadas con la del vestíbulo. Al otro lado de los canales semicirculares se encuentra la cóclea, también conectada con el vestíbulo. La cóclea o caracol es un conducto enrollado en espiral.

En el interior de estas cavidades óseas que forman el laberinto óseo se encuentra el laberinto membranoso. En el vestíbulo se encuentran el sáculo y el utrículo. La cavidad del utrículo está conectada con las cavidades del laberinto membranoso que recubren internamente a las cavidades de los canales semicirculares. Utrículo más conductos semicirculares membranosos forman el laberinto vestibular. Por otra parte la cavidad del sáculo está conectada con el conducto coclear que se extiende por el interior de la cóclea. Sáculo más conducto coclear forman el laberinto coclear. Todas estas cavidades contienen un líquido denominado endolinfa en su interior. La perilinfa, por otra parte, rellena los canales, o rampas, timpánicas y vestibular.

Existen regiones del laberinto membranoso con células receptoras responsables de responder al movimiento de aceleración, posición y, en el caso del órgano de Corti, al sonido (mediado por los huesos del oído interno) (Figura 10). Estas células transforman el movimiento del líquido en el que se en-

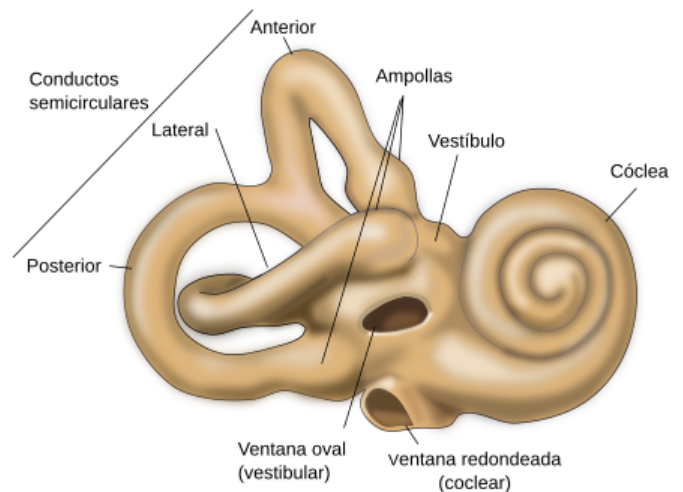


Figura 9: Partes del oído interno.

cuentran en señales eléctricas, lo que se hace gracias a prolongaciones apicales a modo de cilios denominados estereocilios, que en realidad son microvellosidades modificadas, y un cilio verdadero denominado quinocilio. En las crestas ampulares, localizadas entre los conductos semicirculares y el utrículo, estas células receptoras captan movimientos angulares de la cabeza gracias a la flexión de sus estereocilios ante movimientos de la endolinfa, lo que se convierte en señales eléctricas. En el epitelio del sáculo y utrículo también hay áreas con receptores que captan

la gravedad (posición erecta o tumbada) y la aceleración lineal del cuerpo.

El órgano de Corti se localiza en el conducto coclear, más concretamente en la rampa intermedia (Figura 11). Es una capa epitelial que contiene células ciliadas. Las vibraciones de los huesecillos del oído interno se transforman en ondas de la endolinfa que se transmite a la superficie de las células receptoras moviendo los estereocilios y convirtiendo ese movimiento en respuestas eléctricas que llevan información de los sonidos.

El oído interno está inervado por el nervio vestibulococlear (par VIII). Este nervio se divide en una rama vestibular, que inerva a los receptores del laberinto y vestíbulo, y una rama coclear que inerva a los receptores auditivos. Las neuronas que forman este nervio forman ganglios denominados vestibulares (son dos) para el caso del nervio vestibular, localizados fuera del laberinto, y el ganglio de Corti (también llamado espiral o coclear) que se encuentra en la propia espiral de la cóclea.

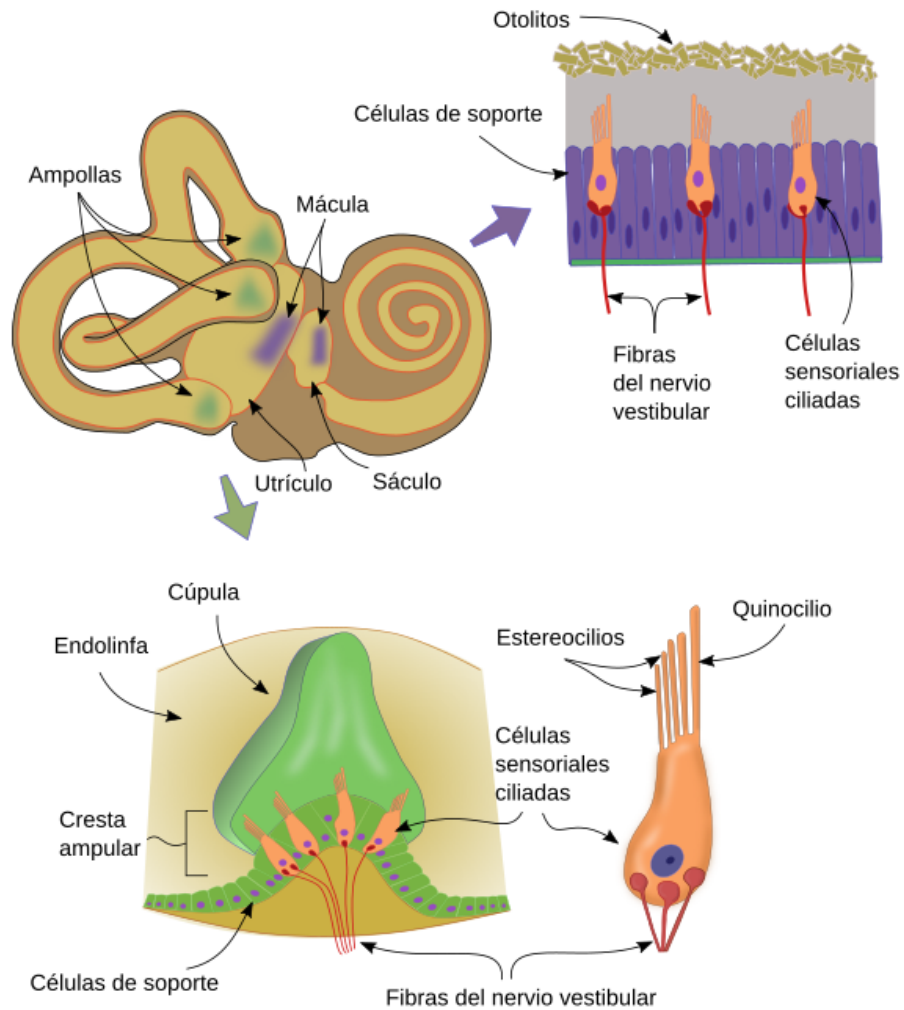


Figura 10: El equilibrio depende del movimiento de la endolinfa de los canales semicirculares cuando se mueve la cabeza. En las ampollas, el movimiento de la endolinfa mueve los quinocilios y estereocilios de las células sensoriales al mover la cúpula, mientras en las máculas es la gravedad la que mueve los otolitos, y éstos a los estereocilios y quinocilios. Estos movimientos se transforman en información eléctrica que se transmite a las terminaciones nerviosas sensoriales del nervio vestibular.

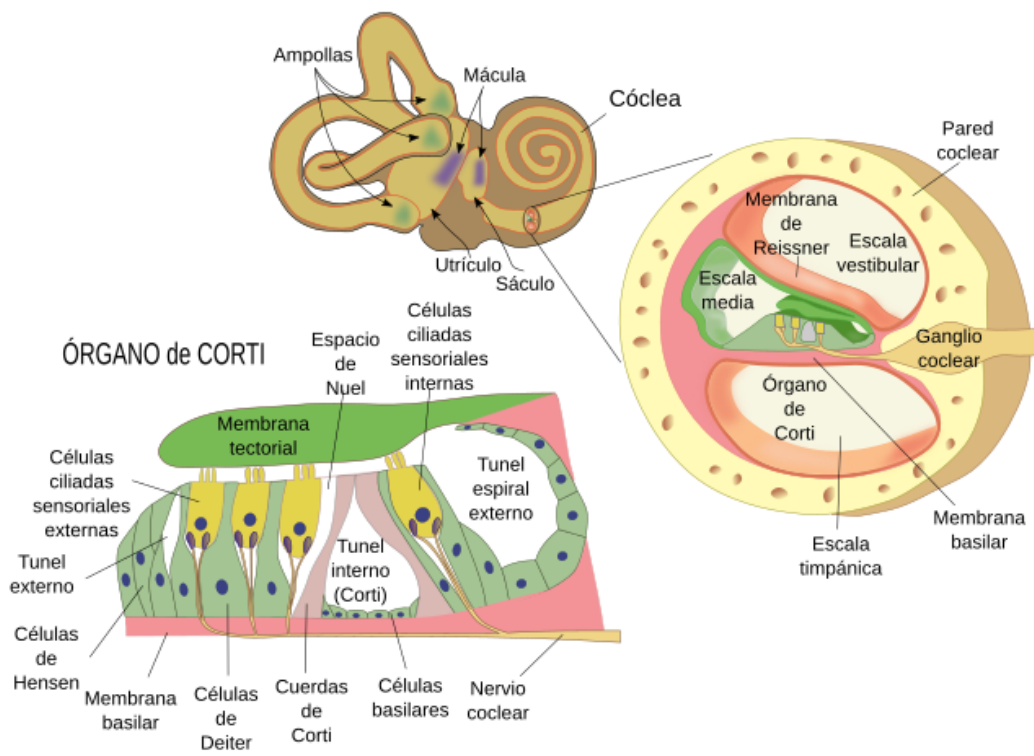


Figura 11: Partes de la cóclea y del órgano de Corti.

4 Gusto

El sentido del gusto es el encargado de percibir sabores de sustancias, sobre todo posibles alimentos, que entran en la boca. Sin embargo, el sabor se percibe sobre todo por el olor, es decir, por el sentido del olfato. Las estructuras sensoriales encargadas de detectar el gusto se denominan botones gustativos y se localizan sobre todo en las papilas de la lengua. Las papilas son protuberancias de la superficie de la lengua, que pueden ser de tipo filiforme, foliadas, fungiformes y caliciformes. Los botones gustativos se suelen disponer en el ápice de las papilas fungiformes y en las partes laterales y profundas de las caliciformes.

Los receptores que se encuentran en los botones gustativos hacen contacto sináptico con axones sensoriales primarios. Estos axones entrarán al encéfalo por dos nervios: VII y IX, que inervarán el núcleo del tracto solitario, éste al núcleo del tálamo y desde ahí la información llegará hasta la corteza gustativa.

Lengua

La lengua es el órgano donde se encuentran las papilas con los botones gustativos. Básicamente, la lengua es un músculo esquelético estriado encargado de mover la comida y, en algunos animales, de ayudar a la emisión de sonidos.

Los botones gustativos son las estructuras que contienen a las células encargadas de reconocer a las moléculas causantes de los sabores. Los botones gustativos se encuentran en las papilas de la lengua, pero también en otras partes de la cavidad oral como el paladar y la epiglotis. Tienen una forma como de cebolla (sin hojas) con la parte más apical en contacto con el espacio exterior (Figura 12). En ellos hay tres tipos de células. En la periferia se encuentran las de sostén o subtentaculares. Más internamente están las células neuroepiteliales gustativas, de las que suele haber de 10 a 14 por botón gustativo. Éstas son quimiorreceptores que reconocen a las moléculas gustativas y transducen la unión en señales que transmiten a las terminaciones nerviosas que las abrazan. Un tercer tipo celular son las células basales, localizadas periféricamente cerca de la lámina basal, propuestas como las células madre encargadas de ir

reponiendo las células del botón gustativo que van muriendo.

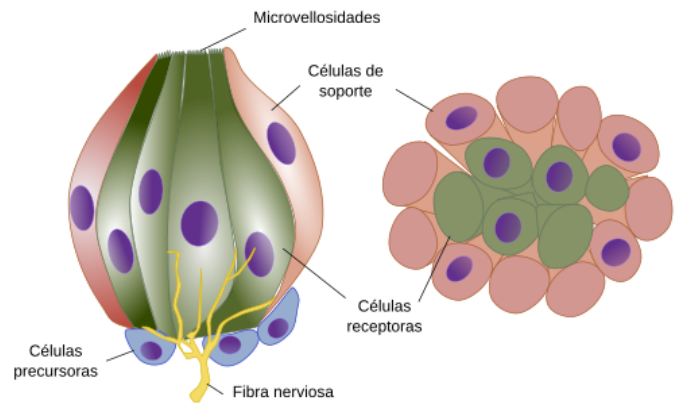


Figura 12: Esquema de los tipos celulares de un botón gustativo.

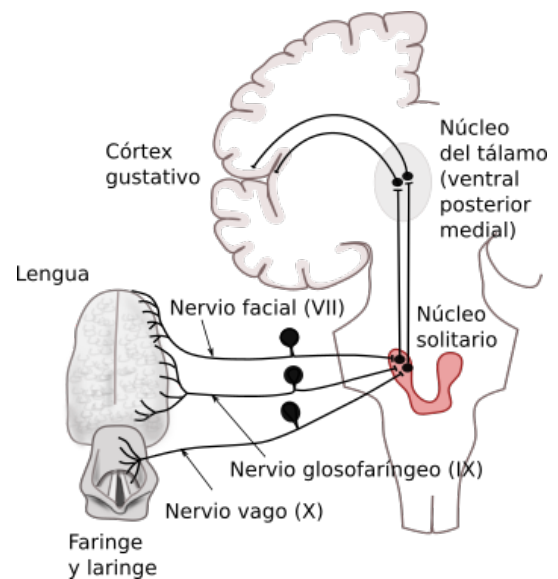


Figura 13: Nervios y vías principales que transportan la información gustativa.

La información que generan las células receptoras de los botones gustativos tras el estímulo de una molécula de sabor es recogida por diferentes nervios según la zona de la lengua donde se localicen dichos botones (Figura 13). Los situados anterior y medialmente están inervados por el nervio VII (facial), mientras que los más posteriores y los situados en la faringe lo están por el nervio IX (glossofaríngeo), los localizados en la laringe y epiglotis por el nervio X (vago). Estos nervios entran al rombencéfalo (cerebro poste-

rior) a distinta altura, pero la información converge en el núcleo del tracto solitario del rombencéfalo, desde donde se manda la información a centros del tálamo, y desde ahí llega hasta la corteza gustativa. Hay otras vías laterales y también conexiones desde la corteza gustativa que asocian esta información con el resto de información relevante para el organismo, como por ejemplo la olfativa durante la comida, puesto que el sabor final de los alimentos es una mezcla de la información de los botones gustativos y de los olorosos, sobre todo de estos últimos.

5 Olfato

El olfato es probablemente el más antiguo de los sentidos. Afecta a la alimentación, relaciones sociales, comportamiento predador, orientación espacial, maternidad, improntas parentales, etcétera. La importancia es clara puesto que cuando este sistema se lesiona (en roedores) se producen deficiencias en los patrones de sueño, sexuales, de agresividad, cuidado maternal y produce comportamientos similares a los estados de ansiedad. Los componentes básicos de la olfacción se han mantenido constantes durante millones de años. Es interesante observar que la organización del sistema olfativo en insectos es similar al de vertebrados, al menos en los elementos iniciales, y molecularmente es donde hay más semejanzas.

La olfacción comienza en el epitelio olfativo, que se encuentra en una zona de la cavidad nasal próxima al cráneo (Figura 14). El epitelio olfativo está formado por neuronas que poseen receptores que son estimuladas por las moléculas olorosas y que agrupan sus axones en el nervio olfativo (nervio I). Este nervio cruza el cráneo por la denominada placa cribosa y sus axones llegan al bulbo olfativo, parte rostral del encéfalo. Aquí, los axones de este nervio se dividen en grupos y terminan formando unas estructuras denominadas glomérulos olfativos, donde se transmite la información olfativa primaria a otras neuronas, sobre todo a las células mitrales. Desde el bulbo olfativo se envía la información olfativa a otras estructuras encefálicas más profundas donde se interpreta y se confronta con el estado de información del individuo. Por ejemplo, el olor a comida no tiene el mismo efecto si se tiene hambre que si se está saciado.

Las neuronas encargadas de captar las moléculas olorosas localizadas en la cavidad olfativa se dividen en varios grupos. La mayoría de ellas están en el denominado epitelio olfativo principal, el que está próximo a la placa cribosa. Sin embargo, la olfacción también se produce en el denominado órgano vomeronasal, situado en humanos en una foseta ósea del septo de la cavidad nasal, aunque los peces carecen de esta estructura. En vertebrados existen otras estructuras olfativas primarias como son el órgano septal de Masera y el ganglio de Grueneberg (Figura 15).

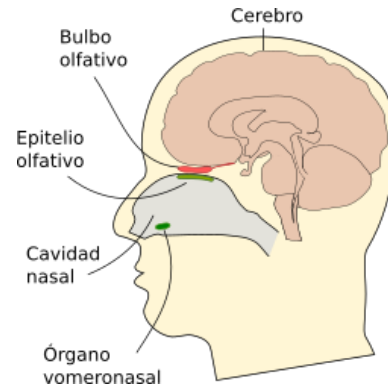


Figura 14: Esquema de los elementos que participan en la olfacción de humanos.

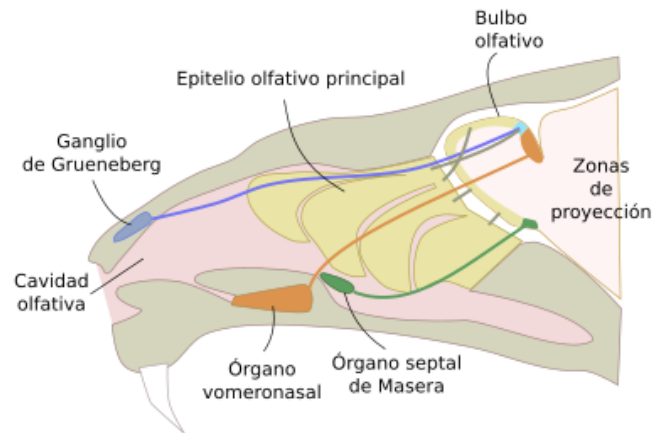


Figura 15: Estructuras olfativas y sus zonas de proyección al bulbo olfativo en una rata (modificado de Salazar y Sánchez-Quinteiro, 2009).

Se cree que cada estructura lleva información olfativa diferente, aunque no está claro.

Epitelio olfativo principal

El epitelio olfativo principal es un epitelio pseudoestratificado formado por diferentes tipos celulares que en humanos abarca 1 cm² aproximadamente. El principal tipo celular son las neuronas receptoras, las cuales son las responsables de reconocer a las moléculas olorosas, y excitarse produciendo una respuesta eléctrica. Son células bipolares que en su superficie libre (apical) contienen cilios o microvellosidades donde se localizan los receptores que reconocen a las moléculas olorosas. Cada neurona receptora expresa un solo tipo de receptor en sus membranas y

en todo el epitelio puede haber miles de receptores olfativos diferentes. En el epitelio olfativo hay, por tanto, miles de poblaciones de neuronas sensibles a una señal olorosa. En su parte basal, las neuronas receptoras emiten un axón que abandona el epitelio olfativo y se une a otros axones para cruzar la placa cribosa camino del bulbo olfativo. Localizadas entre las neuronas receptoras están las células acompañantes, cuya principal misión es dar soporte a las neuronas y probablemente para aislarlas eléctricamente también. Hay además otras células que forman las denominadas glándulas de Bowman, las cuales mantienen al epitelio recubierto por una capa mucosa. Por último están las células progenitoras localizadas en la base del epitelio cuya principal misión es dividirse y renovar con nuevas células el epitelio olfativo. Ésta es otra característica del epitelio olfativo, su constante renovación, donde las células mueren y son sustituidas por otras nuevas.

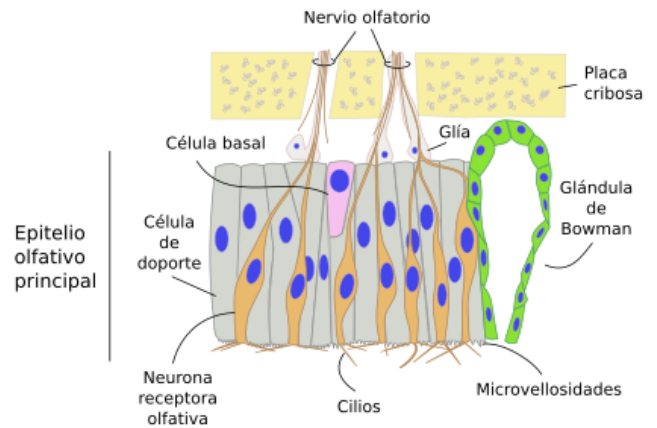


Figura 16: Tipos celulares y organización del epitelio olfativo principal. El nervio olfativo en la parte superior ingresa en el bulbo olfativo (no representado).

6 Sentidos cutáneos

En la piel, el órgano sensorial más grande que tenemos, hay una serie de receptores que permiten obtener información del medio externo: estímulos mecánicos (tacto, presión, vibración), térmicos y dolorosos (daños mecánicos y químicos). Al contrario que en otros sentidos donde los receptores están concentrados en un órgano, estos tipos de información son captados por prolongaciones nerviosas terminales, libres o encapsuladas, que se distribuyen por toda la piel del cuerpo con diferente densidad según la zona. El mecanismo funcional es similar en todos ellos, un estímulo provoca deformación o cambios en la membrana del nervio que desencadena un cambio en la potencial de membrana que genera un potencial de acción que se transmite hasta el soma de la neurona, y desde ahí al sistema nervioso central.

Estos receptores se pueden clasificar según diferentes criterios, como localización, tipo de estímulo al que son sensibles o según la organización de la terminación nerviosa.

Terminaciones libres. Corresponden a las partes terminales de los axones y no están rodeadas de ninguna estructura, la mielinización del axón acaba antes de la parte terminal. Pueden ser receptores de tacto (mecanorreceptores), dolor (nociceptores) y temperatura (termorreceptores). Se encuentran dispersos tanto en la epidermis como en la dermis.

Hay una variedad de terminaciones libres que están asociadas a determinados tipos de células (Figura 17). Por ejemplo, los discos de Merkel son terminaciones libres que adoptan una forma de copa para envolver a las células de Merkel de la epidermis. Los discos de Merkel son mecanorreceptores muy sensibles y de adaptación lenta, por lo que informan sobre estímulos prolongados. Son abundantes en la yema de los dedos y en los labios, aunque se localizan en toda la piel. También hay terminaciones libres que envuelven a los folículos pilosos denominadas terminaciones libres peritricuiales, que también son mecanorreceptoras. Estas terminaciones suelen ser de adaptación rápida, es decir, sólo detectan cambios mecánicos, incluso muy leves.

Los receptores que transmiten dolor son de calibre muy pequeño y son estimulados por moléculas liberadas desde las zonas dañadas. Los analgésicos actúan evitando esta activación a diferentes niveles según el fármaco.

Receptores encapsulados. Son aquellos en los que el terminal nervioso se rodea de capas formadas por otras células, sobre todo del conectivo, a modo de hojas de cebolla. Normalmente actúan como mecanorreceptores, pero hay algunos termorreceptores, y se suelen localizar en la dermis.

Corpúsculos de Meissner. Son receptores encapsulados que se encuentran en la dermis, normalmente en las papilas dérmicas de zonas que no poseen folículos pilosos. Su cápsula está formada por diferentes capas de células de tejido conectivo, donde las terminaciones nerviosas se disponen entre ellas. La aplicación de una fuerza provoca que las capas de células se separen unas de otras y esto conlleva a una alteración de la membrana del axón. Son de adaptación rápida por lo que si la presión continúa, la transmisión de información se detiene. Sin embargo, son muy útiles para discernir el movimiento de los objetos. Son muy sensibles y permiten detectar el componente espacial del estímulo, así como la textura. Son abundantes en las zonas que requieren una gran discriminación como en la yema de los dedos y en los labios. El axón tiene forma de espiral. Aquellos que se encuentran en el tegumento de los genitales y pezones se denominan corpúsculos genitales.

Corpúsculos de Pacini. Son receptores encapsulados que se encuentran en la dermis profunda, pleura, pezones, páncreas, tendones, pene y clítoris, y en zonas más profundas como la vejiga urinaria y las articulaciones. Se estimulan con movimientos rápidos como las vibraciones e intensas presiones. Su tamaño y morfología es muy variable. Por ejemplo, parece que cuanto más profundos más grandes son. A veces aparecen estructuras similares a los corpúsculos de Pacini, pero más simples, que algunos autores llaman corpúsculos de Golgi-Mazzoni, localizados sobre todo en la yema de los dedos.

Corpúsculos de Ruffini. Son receptores encapsulados que se localizan profundamente y son de adaptación lenta. Recogen estímulos continua-

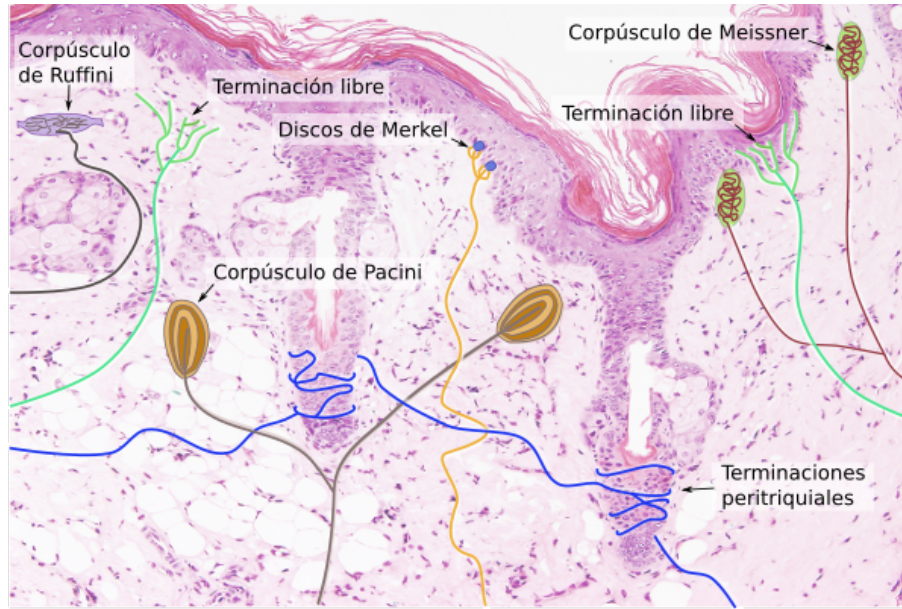


Figura 17: Tipos de receptores y distribución en el tegumento. Nótese que los receptores no están a escala.

dos. Estos receptores también se encuentran en las cápsulas articulares recibiendo información de la rotación articular. Son termorreceptores, mecanorreceptores y sensibles al dolor.

Corpúsculos de Krause. Son receptores encapsulados que se encuentran en la dermis y en la cavidad oral, donde detectan presión y temperatura. Son de adaptación rápida.

7 Presión sanguínea

La regulación de la presión de sanguínea se lleva a cabo por el llamado reflejo barorreceptor. Este reflejo es muy potente y mantiene la presión sanguínea en un rango muy estrecho de valores. El reflejo barorreceptor está formado por un elemento aferente que lleva información de la presión sanguínea al sistema nervioso central, por elementos del sistema nervioso central que procesan esa información y por el elemento eferente que controla los mecanismos para alterar la presión sanguínea.

El elemento aferente está formado por unas terminaciones nerviosas denominadas barorreceptores. Éstos son mecanorreceptores que se encuentran en las paredes de los vasos sanguíneos y del corazón, y que se estimulan cuando dichas paredes se estiran. Hay barorreceptores denominados de alta presión y otros de baja presión. Los de alta presión se encuentran en

las paredes del seno carotídeo y en los arcos aórticos. Los de baja presión se encuentran en el atrio, ventrículos del corazón y en las venas pulmonares.

Los nervios que recogen la información sobre la presión sanguínea de los arcos aórticos y del seno carotídeo entran a través de los nervios Vago (X) y glossofaríngeo (IX), respectivamente. La información termina en el núcleo del tracto solitario rombencefálico. Tras procesar la información se envía información por el componente eferente (sistema nervioso autónomo), que modifica la contracción muscular de los vasos sanguíneos y el ritmo cardiaco.

La actividad de los barorreceptores también provoca otros cambios, como la liberación de vasopresina (hormona antidiurética) por el hipotálamo y un incremento de la sensación de sed, o como la liberación de renina en el riñón, la cual modula a través de la angiotensina II procesos como la vasoconstricción, reabsorción de sodio, etc.

8 Imagen; Córnea

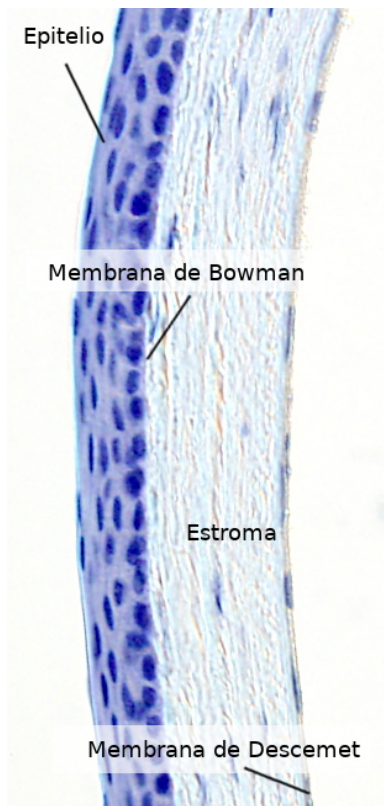


Figura 18: Estructura: ojo, córnea. Especie: ratón. (*Mus musculus*). Técnica: secciones teñidas con hematoxilina - eosina. Inclusión en parafina.

La córnea (Figura 18) es una lámina de tejido formado por cinco capas: epitelio corneal, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet y endotelio. El epitelio corneal es la capa más externa, es epitelio plano estratificado, contiene numerosas fibras nerviosas, es muy sensible, y tiene una gran capacidad de regeneración. El epitelio corneal se continúa lateralmente con el epitelio de la conjuntiva. Bajo el epitelio corneal nos encontramos con la membrana de Bowman. Esta membrana no está presente en todos los mamíferos y es una capa que contiene fibras de colágeno, pero no posee fibras elásticas. Bajo la membrana de Bowman está el estroma de la córnea. Esta capa es la más ancha y puede representar hasta el 90 % del espesor de la córnea. Es tejido conectivo con láminas de colágeno, fundamentalmente colágeno tipo I y IV, organizadas en capas y con orientación diferente en cada capa. También destacan proteoglicanos como el condroitín sulfato y queratán sulfato. Contiene fibroblastos y linfocitos errantes. En la parte inferior de la córnea tenemos la membrana de Descemet, que es la lámina basal del endotelio que viene a continuación, el cual está en contacto directo con la cámara anterior. La córnea se continúa lateralmente con la esclerótica en una región de transición denominada limbo.

9 Bibliografía

Salazar I, Sánchez Quinteiro P. (2019). The risk of extrapolation in neuroanatomy: the case of the mammalian vomeronasal system. *Frontiers in neuroanatomy*. 3: 22.