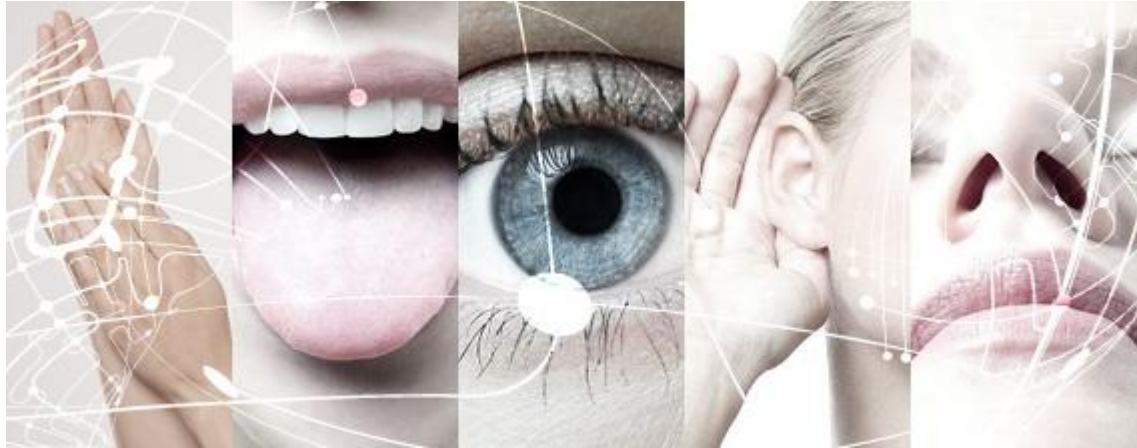


TEMA 7: RECEPTORES SENSORIALES



ÍNDICE

1	<i>Introducción</i>	2
2	<i>Anatomía y Fisiología de los sentidos en el ser humano</i>	2
3	<i>Sentido del tacto</i>	3
3.1	Receptores somatosensoriales	3
4	<i>Sentido del gusto</i>	4
4.1	Anatomía	4
4.2	Fisiología	5
5	<i>Sentido del olfato</i>	6
5.1	Anatomía	6
5.2	Fisiología	7
6	<i>Sentido de la vista</i>	7
6.1	Anatomía del globo ocular	8
6.2	Fisiología de la visión	10
7	<i>Sentido del oído</i>	12
7.1	Anatomía	12
7.2	Fisiología de la audición	15

1 INTRODUCCIÓN

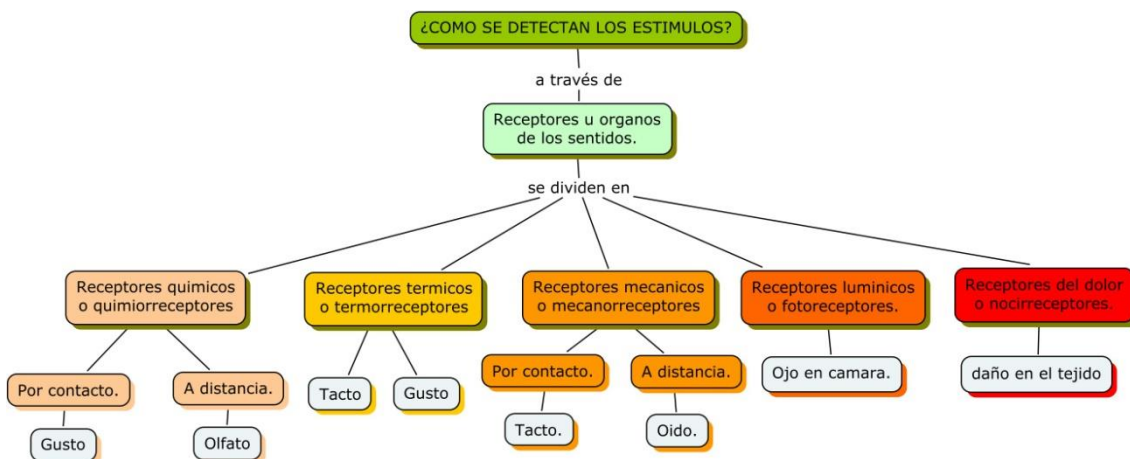
Los receptores sensoriales son los encargados de captar los estímulos externos (distintas formas de energía) e internos. A través de los nervios, la información, recibida por los distintos y específicos receptores sensoriales es enviada al sistema nervioso central (SNC), el cual elabora una respuesta que es llevada a cabo por los efectores, esto es, músculos y glándulas endocrinas y exocrinas. De esta forma se produce en el ser humano una de las tres funciones vitales: la función de relación con el medio que lo rodea.

Cada uno de los tipos de sensaciones que se pueden experimentar (dolor, tacto, visión, etc.) recibe el nombre de modalidad sensorial. Sin embargo, a pesar de que se experimentan estas diferentes modalidades de sensación, las fibras nerviosas sólo transmiten impulsos.

2 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LOS SENTIDOS EN EL SER HUMANO

Los **receptores sensoriales** son células que se adaptaron a captar información externa e información interna. Estas células deben captar el estímulo, «codificarlo» al lenguaje de impulsos nerviosos y enviarlos al SNC para que pueda ser procesado y ser útil para el organismo. Los receptores pueden ser o bien neuronas modificadas (células sensoriales primarias), o bien células no nerviosas (células sensoriales secundarias), que se comunican con neuronas. Las células sensoriales secundarias se concentran frecuentemente en los órganos sensoriales.

Los receptores se pueden clasificar, de acuerdo con la naturaleza del estímulo, en: **mecanorreceptores**, **quimiorreceptores**, **termorreceptores**, **fotorreceptores** y **nociceptores**.



Otra forma de clasificarlos es según la posición que ocupen: los **interoceptores** (hambre, sed o dolor visceral) están ubicados en los vasos sanguíneos y en las vísceras; los **propioceptores** reciben información del interior del cuerpo (posición), como el oído interno o los músculos; los **exteroceptores** reciben información del exterior del organismo, lo ponen en contacto con el medio que lo rodea.

Los órganos de los sentidos son estructuras más o menos complejas en donde se agrupan los receptores correspondientes. Tradicionalmente se consideran cinco sentidos, que son: tacto, olfato, gusto, oído y vista. Los receptores sensitivos que forman los órganos de los sentidos son sensibles a diferentes tipos de estímulos.

3 SENTIDO DEL TACTO

Este sentido figura dentro del sistema somáticosensorial y agrupa nociceptores, mecanorreceptores y termorreceptores, distribuidos en toda la piel. La piel es un sistema que percibe los estímulos del tacto, dolor y placer, regula la temperatura corporal, y representa una barrera protectora frente a determinadas sustancias que puedan entrar en el organismo, así como a los efectos perjudiciales del sol.

Cada estrato de la piel cumple con una tarea específica. Es principalmente en la dermis donde se localizan los receptores táctiles y del dolor, cuyas ramificaciones llegan hasta la superficie de la piel y a diversas glándulas funcionales de la misma, como las glándulas sudoríparas, las glándulas sebáceas, y los folículos pilosos. También, en el interior de la dermis, se encuentran vasos sanguíneos que proporcionan nutrientes y calor a la piel, así como nervios que se ramifican entre las diferentes capas de la misma.

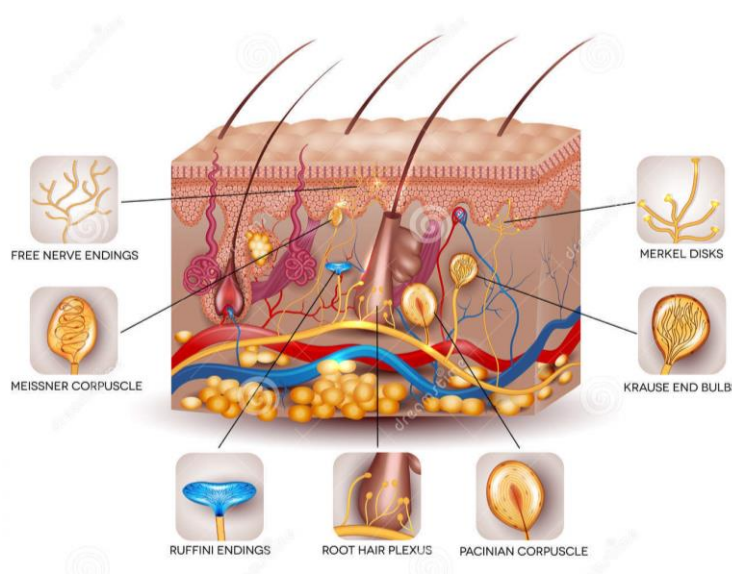
3.1 Receptores somatosensoriales

Procesan información referente a la posición, tacto, temperatura y dolor. Recogen información sensorial del cuerpo, que transmiten a través del eje somático-sensorial hacia el SNC.

Se conocen varios tipos de receptores; los más estudiados los siguientes:

- **Terminaciones nerviosas libres:** se encuentran en cualquier lugar de la piel, y en otros tejidos. Responden al dolor. El dolor está mediado por **nociceptores** innervados por determinadas terminaciones nerviosas que detectan daño tisular físico o químico. Son de tipo polimodal, pues se activan por estímulos mecánicos, químicos, o calor muy intenso.
- **Corpúsculo de Meissner:** es una terminación nerviosa encapsulada que excita una fibra nerviosa sensorial grande mielínica. Estos receptores son especialmente abundantes en la punta de los dedos, los labios y otras zonas de la piel donde la capacidad para recoger las sensaciones del tacto es excepcionalmente alta. Se encargan del tacto ligero y son capaces de discriminar entre dos puntos.
- **Receptores de Merkel y discos táctiles:** tienen forma de copa con los extremos ensanchados. Se encuentran en las yemas de los dedos y en otras regiones ricas en corpúsculos de Meissner. Identifican el hundimiento vertical de la piel, y se propagan sus impulsos por fibras mielínicas. Se diferencian de los corpúsculos de Meissner en que transmiten la sensación durante mucho tiempo. Los discos táctiles se encuentran en zonas vellosas de la piel.
- **Órgano piloso:** terminal constituido por un pelo y su fibra nerviosa basal. El movimiento ligero de cualquier pelo estimula la fibra nerviosa que rodea su base, lo que permite detectar la dirección del movimiento a través de la piel.
- **Corpúsculos de Vater-Paccini:** se encuentran debajo de la piel y también en regiones profundas. Detectan la presión, la vibración y movimientos rápidos en los tejidos.
- **Corpúsculo de Krause:** con forma encapsulada, es un receptor de temperatura que presenta una especial sensibilidad al frío. A temperaturas demasiado bajas se inactivan y se activan los receptores del dolor.
- **Órganos terminales de Ruffini:** formados por terminaciones encapsuladas ramificadas, que reconocen estados continuos de deformación de los tejidos

profundos, se estimulan ante el calor. Se inactivan a temperaturas superiores a 45 °C, momento en el que se activan los receptores del dolor. Se encuentran en las capas profundas de la piel y en tejidos subyacentes.



4 SENTIDO DEL GUSTO

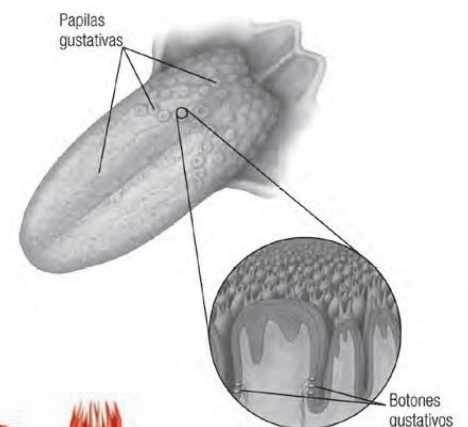
El sentido del gusto y del olfato están muy relacionados, porque se encargan de detectar sustancias químicas disueltas en el aire (olfato) o en líquidos (gusto), por lo que se dice que son sentidos mediados por quimiorreceptores.

4.1 Anatomía

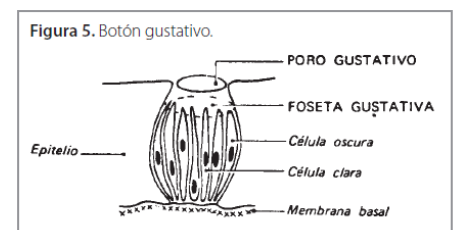
El sentido del gusto está localizado en los **botones gustativos**, situados en diferentes lugares de la boca: los bordes y en el dorso de la lengua, pero también se encuentran en la epiglotis, paladar blando y faringe. En ellos están los receptores encargados de la percepción de los sabores. En la lengua, los botones gustativos se encuentran localizados en las papilas gustativas.

Existen tres tipos de papilas:

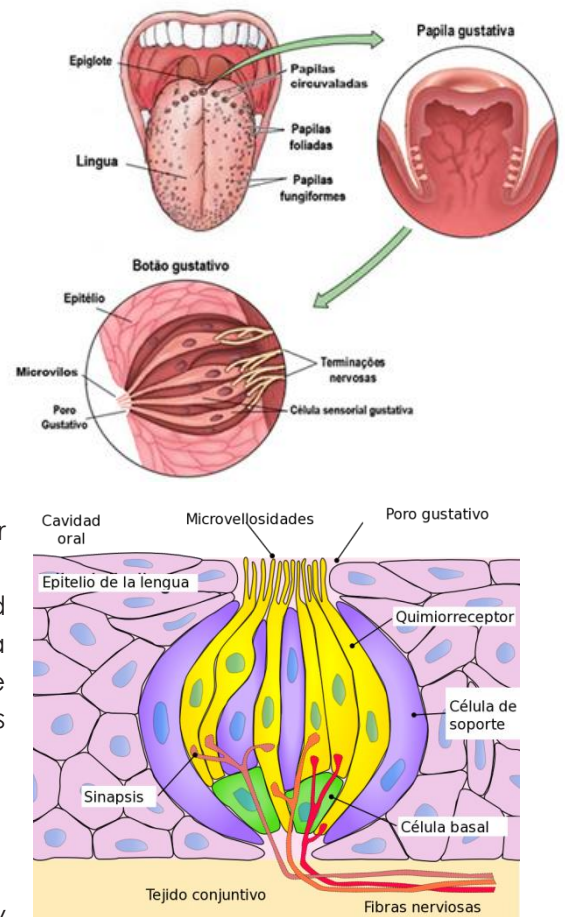
- Papilas fungiformes.
- Papilas caliciformes.
- Papilas filiformes o foliadas.



Los botones gustativos son formaciones compuestas por una veintena de células alargadas, fusiformes, dispuestas en duela de tonel (Figura 5). El extremo superior aflora en la superficie del epitelio y consta de una fosesta gustativa que se abre al exterior por un poro gustativo. Los botones gustativos constan de tres tipos de células:



- **Las células de sostén o tipo I**, de aspecto pálido, núcleo redondeado, fusiformes y dispuestas en la periferia como “en gajos de naranja”.
- **Las células gustativas o tipo II**, más oscuras y delgadas, encargadas de la recepción sensorial de estímulos químicos. Presentan en su extremo apical, largas microvellosidades, llamadas pelos gustatorios, que se prolongan hasta el poro gustatorio, donde logran contactar con los alimentos y la saliva.
- **Las células basales**, ubicadas en la profundidad del botón gustativo. Estas células no llegan a la superficie del epitelio y son las encargadas de dar origen a los otros dos tipos celulares presentes.



4.2 Fisiología

Existen cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo. El gusto resulta de la combinación básica de cuatro sabores elementales, independientemente de la influencia que pueden tener sobre el sabor el olfato, las sensaciones táctiles y las sensaciones térmicas.

- El sabor **ácido** está causado por ácidos, y la intensidad de la sensación gustativa es proporcional a la concentración de los iones hidrógeno; es decir, cuanto más fuerte es el ácido, mayor es la sensación producida.
- El sabor **salado** depende de las sales ionizadas; la calidad del gusto varía de una sal a otra; los cationes de las sales son los principales responsables del gusto salado, aunque los aniones también contribuyen en pequeña medida.
- El sabor **dulce** no depende de ninguna clase aislada de productos químicos; puede ser causado por azúcares, glicoles, alcoholes, aldehídos, cetonas, amidas, etc. Estas sustancias no entran en las células gustativas, sino que se unen a una proteína de membrana, la **proteína G**, que a través de segundos mensajeros provoca una despolarización e inicia la transmisión nerviosa.
- El sabor **amargo**, al igual que el sabor dulce, no depende de un solo tipo de producto químico; las sustancias que dan sabor amargo son todas de carácter orgánico; entre ellas se encuentran las sustancias orgánicas de cadena muy larga (cafeína y nicotina). Estas sustancias también actúan sobre la proteína G; en esta ocasión los segundos mensajeros producen una liberación de iones calcio desde el retículo endoplasmático, que se acumula en el citoplasma y produce la despolarización de la célula gustativa. El sabor amargo no es un sabor agradable; las papilas del sabor amargo tienen función protectora, lo que produce rechazo, por ejemplo: sustancias en mal estado, tóxicos, etc.

Actualmente se discute la teoría de los cuatro sabores básicos, propuesta por investigadores de finales del siglo XIX. Se están introduciendo nuevas categorías como el sabor metálico, el de regaliz y, principalmente, el umami, variedad gustativa

relacionada con el glutamato monosódico utilizado como potenciador del sabor, que actúa también mediado por la proteína G (Smith & Margolskee, 2001). También se está abandonando la idea del tradicional «mapa del gusto». Tiende a pensarse, que todas las papilas gustativas de la lengua y el paladar tienen la misma sensibilidad a todos los sabores y, por tanto, no existiría una localización específica de las papilas en distintas zonas de la lengua para los diferentes sabores.

Las vías de transmisión del gusto se estructuran en tres ámbitos: el de los órganos sensoriales periféricos o botones gustativos, las vías nerviosas periféricas representadas por los pares craneales VII, IX y X, que se integran finalmente en el tálamo, y proyecciones superiores (córtex gustativo parietal).

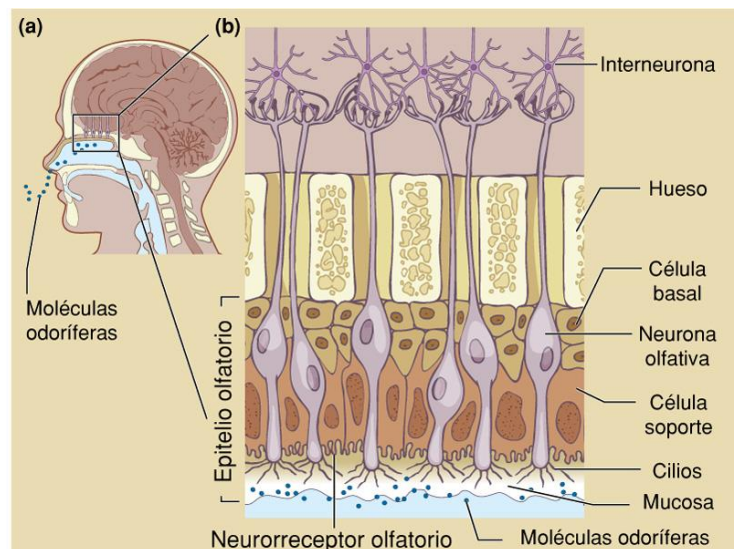
5 SENTIDO DEL OLFATO

5.1 Anatomía

Está localizado en las **fosas nasales**. Las fosas nasales son dos cavidades separadas por un delgado tabique sagital situado por encima de la cavidad bucal, por debajo de la cavidad craneal y por dentro de las cavidades orbitarias.

La **mucosa olfatoria** está constituida por un epitelio prismático estratificado formado por tres tipos de células

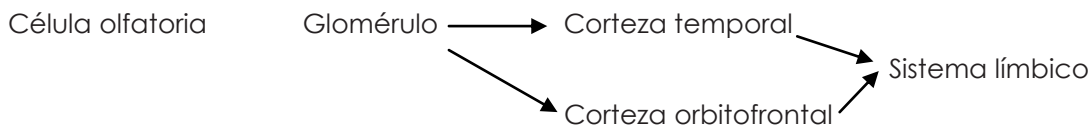
- **Células basales:** son triangulares y están dispuestas irregularmente en la parte profunda del epitelio, reposando sobre una membrana basal. Aunque su función no es conocida, se piensa que pueden dar origen a las células de sostén.
- **Células de sostén:** son de forma cilíndrica, algo más anchas en la zona superficial, donde presenta numerosas microvellosidades alargadas que facilitan el movimiento de las sustancias odoríferas. Sus caras laterales están unidas a las prolongaciones dendríticas de las células neurosensoriales; su citoplasma contiene, además de los orgánulos habituales de todas las células, granos de pigmento amarillo.
- **Células neurosensoriales olfatorias:** están situadas en la capa media del epitelio, entre las células de sostén. Del cuerpo celular fusiforme salen dos prolongaciones. Una de ellas se extiende hacia el exterior del epitelio entre las células de sostén y acaba en una vesícula olfativa cubierta de cilios. Del extremo opuesto sale la otra prolongación, que llega a las células basales y tras franquear la membrana basal se reúne con otras prolongaciones del mismo tipo para formar, con las células de Schwann que las rodean, los nervios olfatorios que alcanzan el bulbo olfatorio.



5.2 Fisiología

El sentido del olfato está mediado por quimiorreceptores. Las sustancias que causan la estimulación olfativa deben ser **volátiles**, para que puedan penetrar en las fosas nasales; **ligeramente solubles en agua**, para que puedan atravesar el mucus hacia las células olfatorias, y **también solubles en lípidos**, ya que los extremos externos de las células olfatorias están formados por materiales lipídicos.

La vía de transmisión nerviosa del olfato se estructura de la siguiente forma: el epitelio olfatorio, que ocupa un segmento limitado del techo de las fosas nasales y está formado por cinco millones de neuronas olfatorias, detecta las moléculas odoríferas inhaladas y envía mensajes directamente al bulbo olfatorio, donde se produciría una primera integración del mensaje en unas regiones denominadas glomérulos que recogen la información de muchas células receptoras. Desde el bulbo olfatorio la señal olorosa se envía al córtex cerebral, responsable del reconocimiento de la misma, que se sitúa en la corteza temporal (área medial y área lateral) y corteza órbito-frontal, junto a las señales enviadas al sistema límbico, responsable de las reacciones emocionales que esta señal olorosa puede generar.



En un principio, se intentó realizar un listado de sensaciones olfatorias primarias con base psicológica, que se clasificaron en: alcanforáceos, almizclado, floral, menta, éter, punzante, pútrido. En estudios genéticos posteriores y de defectos olfativos, se ha comprobado que la lista es mucho más amplia, llegando a tener entre 50 y 1000 sensaciones olfatorias primarias diferentes.

El descubrimiento reciente de neuronas con capacidad auditiva, olfativa y visual en la corteza orbitofrontal de algunos animales hace pensar en la existencia de canales de multisensibilidad. Asimismo, los olores aprendidos se han forjado en un patrón también visual y gustativo.

6 SENTIDO DE LA VISTA

Este sentido se encuentra localizado en los **ojos**, que son órganos complejos, fotosensibles, que alcanzan un alto grado de evolución, lo que permite un análisis minucioso en cuanto a la forma de los objetos, su color e intensidad de la luz reflejada.

Desde el punto de vista morfológico, el ojo humano consta de:

- El globo ocular.
- Las estructuras anejas al globo ocular: párpados, conjuntiva, aparato lacrimal y músculos extrínsecos del ojo.

6.1 Anatomía del globo ocular

El globo ocular es irregularmente esférico; su consistencia dura es debida a la presión que ejercen sobre la pared del globo ocular los líquidos que éste contiene.

El globo ocular consta de:

- **Capa o túnica fibrosa externa**

Formada por la esclerótica y la córnea:

- La **esclerótica** cumple una función protectora y constituye la parte posterior opaca del globo ocular. Está formada por una lámina de tejido conjuntivo denso, opaco y vascularizado, con muchos haces de fibras de colágeno orientadas en diferentes direcciones, pero en planos paralelos a la superficie. La cara externa de la esclerótica, sobre la que insertan los tensores de los músculos oculomotores, está rodeada por una zona de tejido conjuntivo muy laxo. La cara interna de la esclerótica está unida a la coroides por una capa fina de tejido conjuntivo laxo pigmentado.
- En la parte anterior del ojo la esclerótica se continúa en la **córnea**, que es transparente. Constituye una lámina de tejido conjuntivo denso no vascularizado.

- **Capa o túnica media**

Se encuentra pegada en casi toda su extensión a la cara profunda de la esclerótica, excepto por delante, donde se separa de esta membrana, para dirigirse perpendicularmente hacia el eje del ojo. En la capa media se distinguen tres segmentos, que de atrás hacia delante son: coroides, zona ciliar y el iris.

- La **coroides** es una capa de tejido conjuntivo laxo que contiene numerosos vasos sanguíneos y nervios.
- La **zona ciliar** aparece como un abultamiento anular de la capa media. Está formada por músculo liso del cual parten los ligamentos suspensores del cristalino; es responsable de los movimientos de acomodación del cristalino.
- El **iris** tiene forma de corona circular aplastada; constituye un diafragma ajustable cuyo orificio central es la **pupila**. Las fibras musculares dilatadoras de la pupila están dispuestas radialmente, e inervadas por el simpático. El constrictor del iris está formado por fibras musculares dispuestas circularmente, e inervadas por el parasimpático.

- **Capa o túnica interna**

Recibe el nombre de **retina** y es la estructura fotosensible del ojo. La retina contiene las células fotorreceptoras y posee dos capas fundamentales:

- La capa pigmentada externa, formada por células epiteliales en contacto con la coroides.
- La capa más interna es sensorial, formada por varios tipos de células ordenadas a su vez en otras capas.

La capa pigmentada contiene al menos las enzimas necesarias para sintetizar la **rodopsina**, previene la reflexión de la luz dentro del ojo y posee melanina, responsable del color del iris de los ojos.

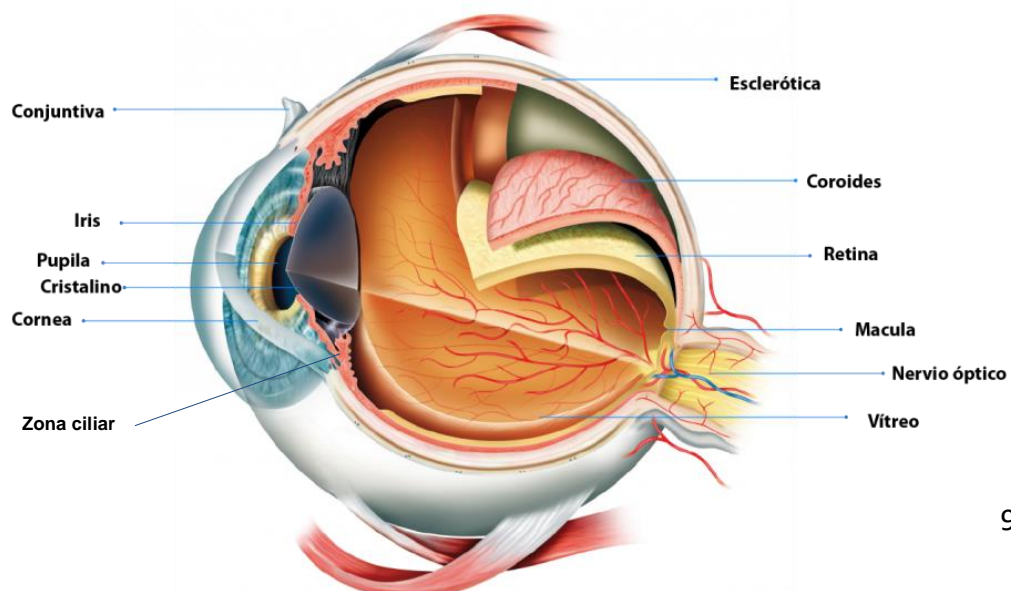
La subcapa adyacente a la capa pigmentada está formada por células fotorreceptoras, llamadas por su forma **conos y bastones**. Los bastones son largos y

delgados, y están relacionados con la visión en blanco y negro o crepuscular, mientras que los conos son cortos y gruesos y están relacionados con la visión del color con alta luminosidad. Ambos poseen un segmento externo, un segmento interno y un cuerpo celular. Los bastones y los conos son receptores sensitivos altamente diferenciados para el estímulo visual luminoso. En el segmento externo de los conos y bastones se encuentran unas laminillas membranosas donde se acumula la rodopsina, es la zona sensible de la luz; mientras que el segmento interno actúa como una célula nerviosa cualquiera. Las otras subcapas de la capa interna sensorial de la retina se sitúan entre los bastones y conos y el centro del globo ocular. Están formadas por células nerviosas horizontales y bipolares, así como de células ganglionares retinianas, cuyos axones convergen justamente antes de abandonar el ojo para constituir el nervio óptico, que transmite los impulsos al área sensitiva de la corteza cerebral. Cerca del centro de la superficie retiniana existe una pequeña mancha amarillenta llamada **mácula**, que contiene una depresión diminuta llamada **fóvea**, que es la región de mayor agudeza visual y ayuda a la percepción aguda de color y detalles. En la fóvea, las capas retinianas, excepto las capas pigmentadas y la de conos y bastones, se encuentran muy delgadas o no existen. El área de convergencia de los procesos de la retina, antes de penetrar al fondo del ojo como nervio óptico, recibe el nombre de **punto ciego**. Se encuentra sobre la superficie de la retina y es insensible a la luz por carecer de conos y bastones. Por el punto ciego penetran una arteria y una vena, las cuales se ramifican en la retina.

- **Contenido interno del globo ocular**

Está formado por el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo.

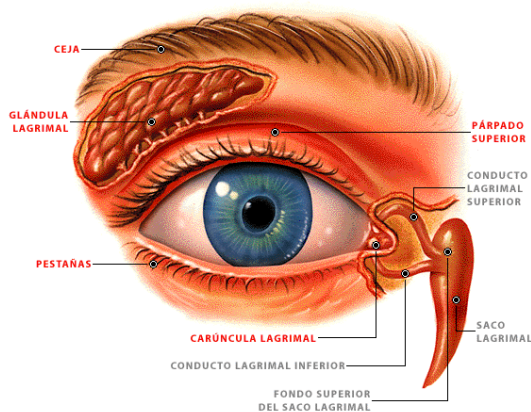
- El **humor acuoso** es un líquido de composición muy parecida a la del plasma sanguíneo, segregado por los procesos ciliares. Circula por la cámara anterior del ojo. Es reabsorbido luego por el canal de Schlemm, que desemboca en las venas coroides.
- El **cristalino** se encuentra detrás de la pupila. Posee una estructura biconvexa transparente, elástica, de color amarillo pálido. Actúa como lente de enfoque y como filtro de luz. Los cambios de curvatura del cristalino y el grado de enfoque son determinados por el grado de contracción del músculo ciliar. El cristalino se aplana para enfocar objetos lejanos y adopta forma esférica para enfocar objetos cercanos.
- El **humor vítreo** es un líquido transparente viscoso, que llena toda la porción de la cavidad ocular por detrás del cristalino.



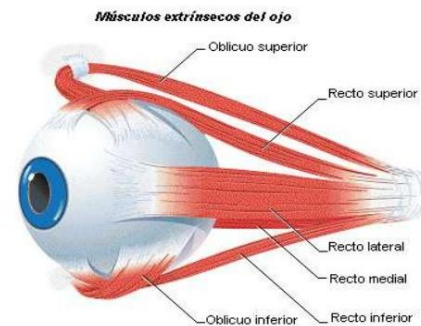
Estructuras anejas al globo ocular

Las estructuras anejas al globo ocular son: párpados, conjuntiva, aparato lacrimal y músculos extrínsecos al ojo

- Los **párpados** son repliegues cutáneos. En el borde libre de los párpados se insertan las pestañas, a las que se anejan glándulas sebáceas. Son estructuras protectoras del globo ocular
- La **conjuntiva** es una capa mucosa que recubre el blanco del ojo. Está formada por epitelio prismático estratificado que contiene células mucosas.
- El **aparato lacrimal** está formado por las glándulas lacrimales y un sistema de conductos. Las porciones secretoras de estas glándulas producen un líquido con función defensiva y protectora llamado lágrimas. El sistema de los conductos lacrimales lleva las lágrimas a las fosas nasales mediante el canal lacrimal.
- Los movimientos de los globos oculares se realizan gracias a la acción conjunta de los seis **músculos extrínsecos** que están insertos en cada ojo. Estos músculos son de fibras estriadas y se encuentran inervados por nervios craneales. Los ojos se desplazan a la vez por ser un movimiento coordinado por la corteza cerebral.



MÚSCULOS DEL OJO



6.2 Fisiología de la visión

• **Formación de la imagen**

La imagen de un objeto que se forma en la retina es una imagen **invertida**. El cristalino actúa como una lente, y para construir la imagen es preciso trazar dos líneas desde los extremos del objeto. Una línea es el rayo que pasa a través del centro de la lente y que no se desvía. La otra línea es el rayo que pasa por el foco y, por tanto, al llegar a la lente se desvía y sale paralelo al eje principal. La imagen se formará detrás de la lente, en el punto donde se crucen los dos rayos.

Durante la visión ocurren los tres fenómenos siguientes: acomodación, convergencia y disminución del diámetro pupilar.

- **Acomodación:** proceso por el cual aumenta la curvatura del cristalino al acercarse un objeto. En el ojo la distancia entre el cristalino y la retina no varía, y para mantener la imagen en el foco, a medida que el objeto se acerca es necesario variar el poder de refracción, lo que se consigue aumentando su

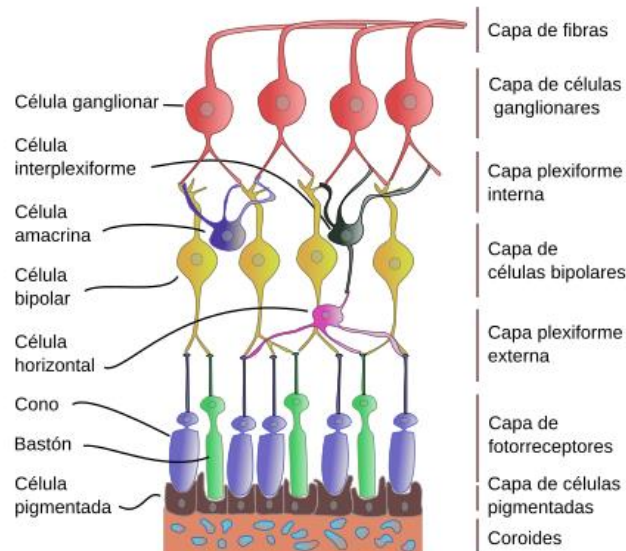
curvatura. El intervalo de acomodación depende de la capacidad del cristalino en hacerse más esférico. En un ojo normal dicho intervalo es de 10 dioptrías. Se llama **punto próximo** la distancia mínima a la que debe de situarse un objeto para obligar al cristalino a forzar al máximo su poder de refracción; en un ojo normal esta distancia es de 10 cm. El mecanismo por el cual el cristalino se ajusta hasta que la imagen formada en la retina es nítida se lleva a cabo por el músculo ciliar, que está inervado por fibras parasimpáticas.

- **Convergencia:** es un fenómeno que consiste en que, las imágenes formadas en puntos correspondientes de ambas retinas, se perciban como una sola. Los movimientos de convergencia se realizan gracias a los músculos extrínsecos del ojo.
- **Variación del diámetro de la pupila,** que se debe a la actividad del iris y determina la cantidad de luz que entra en el ojo. Al variar el diámetro pupilar no sólo se regula la cantidad de luz admitida, sino también la profundidad del foco, que es el margen de distancias en el que todos los objetos quedan enfocados. La profundidad de foco aumenta al cerrar la pupila. Los músculos lisos que forman el iris están inervados por fibras del simpático y del parasimpático. La actividad simpática aumenta el diámetro pupilar, mientras que el parasimpático la disminuye.

Analizaremos otros dos parámetros relacionados con la formación de la imagen:

- **Agudeza visual (AV):** es la capacidad que tiene el ojo para percibir los detalles de un objeto. Tendremos una mejor agudeza visual cuanto mejor veamos los detalles de lo que estemos observando. Estos detalles se perciben habitualmente en la parte central de la retina (fóvea). Esta medición se realiza utilizando unas láminas (optotipos) en las que se encuentran una serie de letras, números o signos de tamaño decreciente y que la persona debe identificar a una distancia determinada.
- **El campo visual (CV):** es todo el espacio que el ojo puede percibir simultáneamente sin realizar ningún movimiento, ni de ojos ni del resto del cuerpo.

Las vías de transmisión del impulso nervioso se inician con la excitación en conos y bastones, que se transmite por células horizontales hacia células bipolares, amacrinas y ganglionares de las capas retinianas, para salir del globo ocular mediante el nervio óptico hacia el encéfalo. El nervio óptico llega hasta el quiasma óptico, donde las señales cruzan hacia el lado opuesto, continúa por el fascículo óptico, que atraviesa diferentes estructuras cerebrales hasta llegar a la corteza visual situada en el lóbulo occipital.



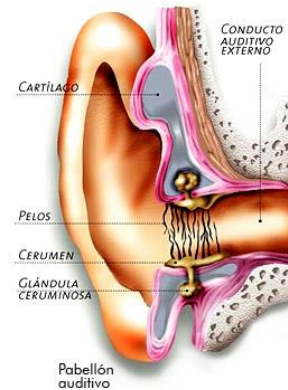
7 SENTIDO DEL OÍDO

7.1 Anatomía

El oído humano se encuentra localizado en la región petrosa del hueso temporal, encargado de la audición y el equilibrio. En el oído se diferencian tres partes: oído externo, medio e interno.

- **El oído externo.** El oído externo comprende: el pabellón auricular, el conducto auditivo y la membrana del tímpano.

- El **pabellón auricular** (oreja), es un gran repliegue cutáneo de superficie característicamente plegada, sostenido por una lámina cartilaginosa que da rigidez y elasticidad. Con triple papel de localización de los sonidos, protección del conducto auditivo externo y recogida de las ondas sonoras tiene una importancia mucho menor de la que tiene en algunos animales.
- El **conducto auditivo externo** es el conducto comprendido entre el pabellón de la oreja y el tímpano. Revestido interiormente por la piel, que posee unas glándulas sebáceas muy desarrolladas (segregan el cerumen), encargado de aprisionar las partículas de polvo que penetran en el oído. El conducto auditivo tiene como misión dirigir las vibraciones sonoras hacia el tímpano.
- La **membrana del tímpano**, situada al final del conducto auditivo, puede ser considerada como una lámina muy fina (aproximadamente 0,1 mm de grosor) de tejido conjuntivo; su forma es más o menos ovalada. El tímpano es el encargado de transmitir las vibraciones sonoras a la cadena de huesecillos del oído medio.

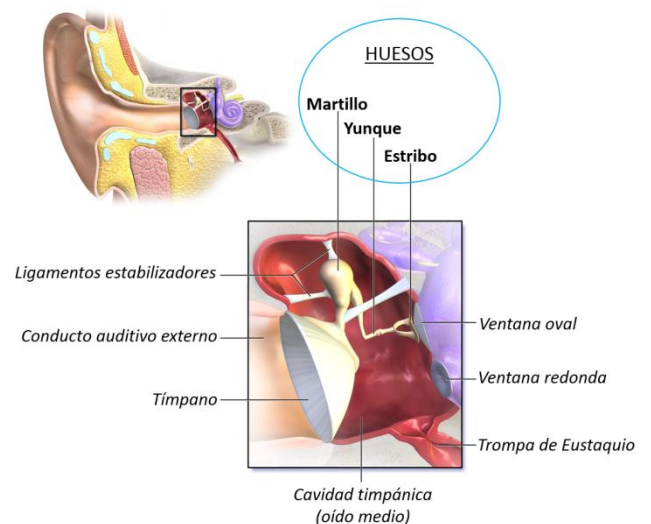


- **El oído medio.** El oído medio comprende la caja timpánica, situada en el interior del hueso temporal. Contiene la cadena de huesecillos interconectados con sus ligamentos y dos músculos, las cavidades mastoideas y la trompa de Eustaquio.

Las paredes óseas de la **caja timpánica** y de las **cavidades mastoideas**, así como los **huesecillos (martillo, yunque y estribo)**, están revestidas por una fina capa de tejido conjuntivo sobre la que reposa el epitelio del oído medio.

La **trompa de Eustaquio** comunica la caja timpánica con la cavidad bucofaringea. Consta de un armazón óseo en su porción interna y cartílago fibroso en su porción externa.

El oído medio está adosado al oído interno, con el que se comunica por dos aberturas llamadas **ventana oval** y **ventana redonda**, si bien se encuentran obturadas por sendas



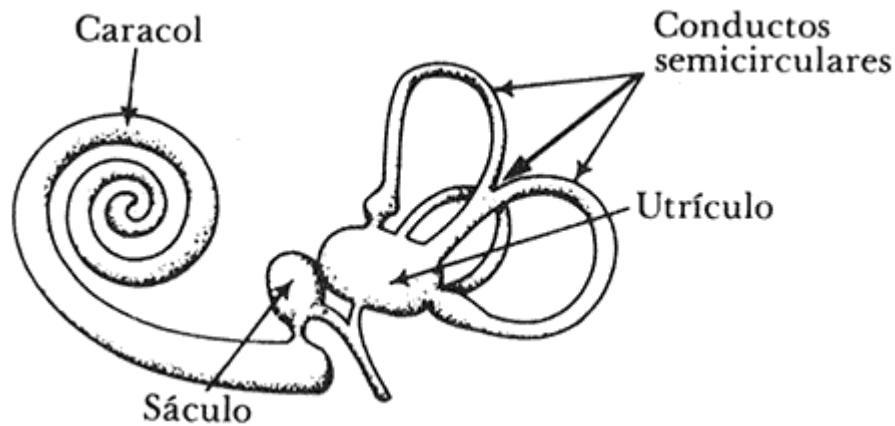
membranas semejantes a la membrana del tímpano. Las vibraciones sonoras recibidas por el tímpano son transmitidas por la cadena de huesecillos y por medio de la ventana oval al líquido perilinfático del oído interno. La elasticidad de la membrana que ocluye la ventana redonda compensa la no compresibilidad del líquido perilinfático.

La abertura de la trompa de Eustaquio durante la deglución permite equilibrar la presión del aire contenido en la caja timpánica con la presión del aire exterior.

- **El oído interno**

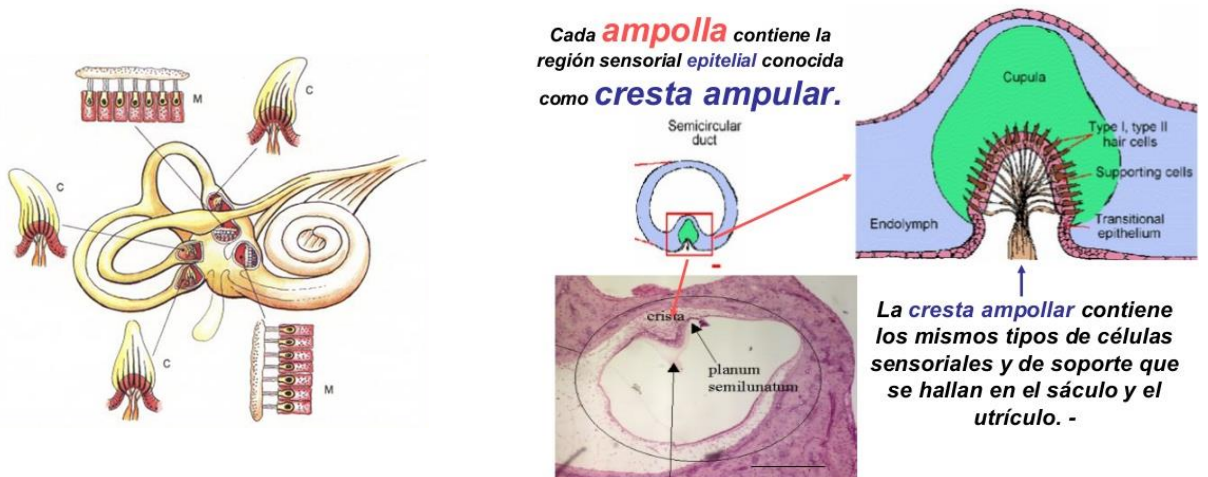
El oído interno, llamado también **laberinto**, está formado por una serie de sacos y tubos llenos de líquido. Consta de un **laberinto óseo** y un **laberinto membranoso**. El laberinto óseo o cápsula óptica es una cáscara de hueso compacto que contiene al laberinto membranoso y está separado por los espacios perilinfáticos.

Los órganos que se diferencian dentro del oído interno son: el órgano vestibular y la cóclea o caracol, en cuyo interior se encuentra el órgano de Corti.

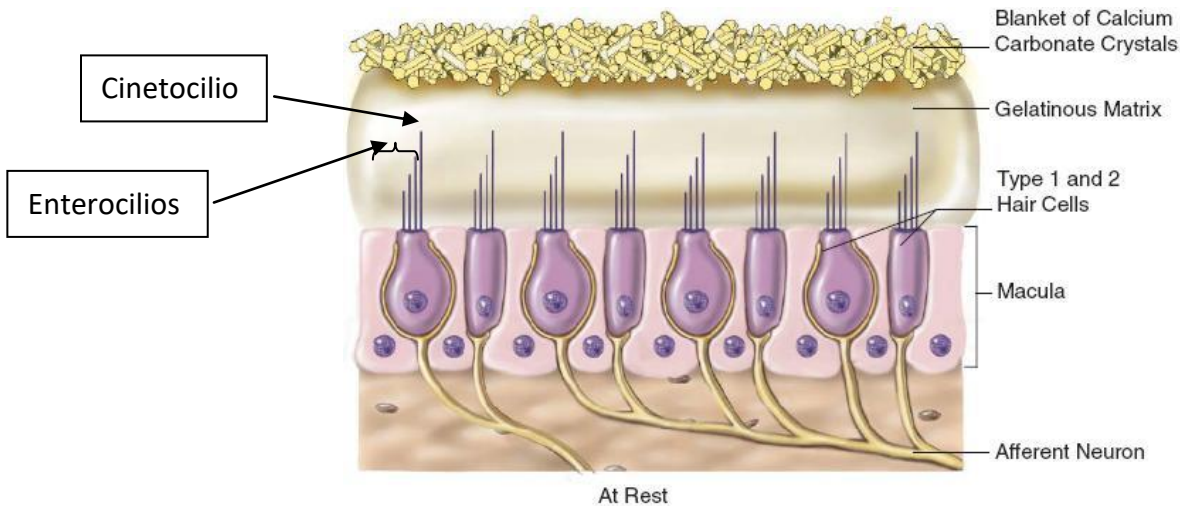


- **Órgano vestibular.** Es el encargado de mantener el equilibrio, al identificar la aceleración angular y lineal de la cabeza. Consta de un laberinto membranoso dentro del laberinto óseo y está formado por tres **canales semicirculares** perpendiculares entre sí (superior, posterior y lateral), conectados a dos bolsas, denominadas **utrículo** y **sáculo**. Tanto los canales semicirculares como el utrículo y sáculo están llenos de una sustancia llamada endolinfa y rodeados de otra denominada perilinfa.

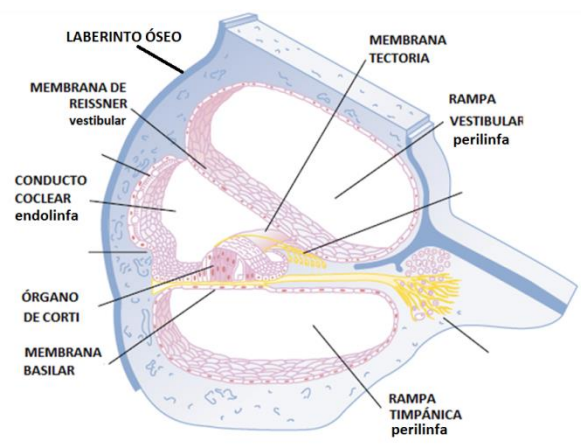
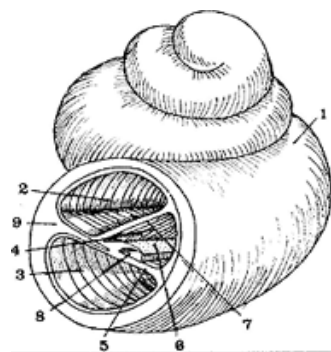
Los canales semicirculares poseen una extremidad abultada llamada **ampolla**, donde hay una pequeña zona sensorial formada por células sensoriales vestibulares encargadas de detectar la aceleración angular de la cabeza.



Tanto el utrículo como el sáculo tienen en sus paredes zonas sensoriales diferenciadas, llamadas **máculas**. Las máculas están formadas por células sensoriales vestibulares y células de sostén, recubiertas por una **membrana otolítica** que contiene otolitos, que son pequeñas masas compuestas de carbonato cálcico. Su función es determinar la aceleración lineal.

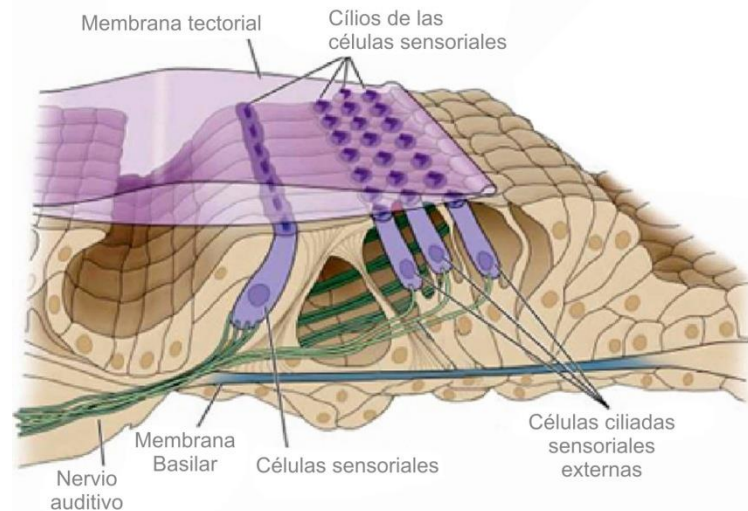


- La **cóclea** o **caracol**. Es un divertículo altamente especializado del sáculo, formado por un tubo de forma espiral. En el caracol se encuentra el órgano auditivo que convierte las ondas sonoras que se transmiten por presión a través de oído medio en energía eléctrica, y por tanto en estímulos nerviosos. El interior del caracol consiste en tres canales llenos de líquido y separados por membranas. Los canales vestibular o superior y timpánico o inferior se conectan entre sí por el extremo distal de la espiral y están llenos de perilinfa. El canal vestibular está separado por la membrana de Reissner del canal medio o central. La membrana basilar separa este último del canal inferior. En el extremo proximal de los canales vestibular y timpánico se encuentran la membrana de la ventana oval y la membrana de la ventana redonda respectivamente.



- En el canal central se encuentra el **órgano de Corti** y contiene endolinfa. El órgano de Corti descansa sobre la membrana basilar y se extiende sobre los dos giros y medio de espiral de la cóclea. Está constituido por diversos tipos de células de sostén y por dos tipos de células sensoriales auditivas:

las células pilosas internas y las células pilosas externas, según la localización en el órgano. Las pilosas externas son más abundantes que las internas y se disponen en varias filas. Tanto unas como otras conectan en su zona basal con la membrana basilar, mientras que en su otro extremo poseen cilios que contactan con la membrana tectorial que recubre la parte superior de todo el órgano de Corti.



7.2 Fisiología de la audición

Las ondas sonoras penetran por el conducto auditivo externo, llegan a la membrana timpánica y la hacen vibrar armónicamente con su frecuencia. El tímpano responde a todo tipo de frecuencias y deja de vibrar casi instantáneamente cuando cesa el sonido.

Las vibraciones del tímpano son transmitidas a los huesecillos del oído medio, dispuestos de tal forma que reducen la amplitud de las vibraciones, pero aumenta su intensidad.

El estribo comunica las vibraciones a la ventana oval, que a su vez se transmiten al líquido perilinfático de la rama vestibular. Este movimiento ondulatorio se transmite a lo largo del caracol y pasa de la rama vestibular a la rama timpánica a través del orificio que los comunica (helicotrema), y hasta la ventana redonda, a la que hace vibrar armónicamente.

El movimiento ondulatorio del líquido de la rama vestibular afecta también a la membrana basilar, que se mueve armónicamente y activa los receptores auditivos del órgano de Corti.

El mecanismo que hace posible la identificación de los diferentes tonos es muy complejo, y en él interviene de manera decisiva la anatomía de la membrana basilar. El grosor de la membrana basilar va aumentando progresivamente desde la ventana oval hasta el helicotrema. Además, va perdiendo progresivamente elasticidad, pues las fibras más elásticas se encuentran próximas a la ventana oval.

La frecuencia de vibración en cualquier sistema es directamente proporcional a la inercia. Según esto, las fibras de la membrana basilar (delgada y elástica) más

próximas a la ventana oval responderán a las ondas de mayor frecuencia, mientras que las del extremo apical de la membrana (más gruesa y rígida) serán más sensibles a las de baja frecuencia. Actualmente, en lugar de considerar cada área de la membrana basilar específicamente sensible a una determinada frecuencia, se considera que existe una onda de desplazamiento que aumenta de amplitud a medida que se va de la ventana oval hasta el helicotrema y que alcanza un valor máximo en el punto de la membrana que resuena con la frecuencia de la onda. Éste es el punto de resonancia, que varía con la frecuencia: cuanto más baja es ésta, más apicalmente se alcanza. Por tanto, la discriminación de tonos vendrá dada por la distancia a la que se encuentra la porción de la membrana basilar activada por la máxima amplitud de cada onda.

La **intensidad** del sonido viene determinada por el número de impulsos que alcanza la corteza cerebral, y por un alto umbral de excitación.

La variación del **timbre sonoro** depende del número y de los tipos de tonos complementarios o armónicos que la acompañan, los cuales estimulan las diferentes células ciliadas, además de las comunes, que interpretan el sonido principal. De este modo la diferencia de calidad se reconoce por la disposición espacial de las células estimuladas.

Respecto a las vías de transmisión del estímulo sonoro hacia el SNC, tendremos que se inicia en las células pilosas que reúnen sus impulsos hacia el ganglio espiral de Corti, desde donde sale el nervio auditivo. Éste lleva la información hasta el bulbo raquídeo externo (cuya función es producir movimientos reflejos para la localización del sonido) y finalmente llega a la corteza auditiva, localizada en los lóbulos temporales de ambos hemisferios, donde se encuentran las áreas de asociación auditiva o de Wernicke, encargadas de la interpretación de los sonidos.