

Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Los contenidos de esta Unidad son:

- 1 Introducción
- 2 Anatomía del sistema nervioso
- 3 Sistema endocrino
- 4 Fisiología del sistema neuroendocrino
- 5 Patología neuroendocrina más frecuente
- 6 Anatomía y fisiología de los órganos de los sentidos
- 7 Patología más frecuente de los órganos de los sentidos



1. Introducción



El organismo humano dispone, para el funcionamiento de todos y cada uno de sus órganos, de unos mecanismos de integración regidos por el sistema neuroendocrino.

Además hay una serie de factores psicológicos que influyen directamente en cada una de las funciones del organismo, y que pueden ser la causa desencadenante de cualquier tipo de cuadro orgánico o su consecuencia.

El **sistema nervioso central** transmite información a todo el organismo, por medio de señales

eléctricas, a través de una red de comunicación. En este proceso colabora el **sistema endocrino** con la secreción de una serie de hormonas que actúan como mensajeros químicos.

Ambos sistemas controlan y coordinan cada una de las actividades que se realizan en el interior del organismo, por lo que se consideran los **sistemas de regulación interna**.

Además, el **sistema nervioso**, a través de los órganos de los sentidos, posibilita, y facilita, la relación del organismo con el exterior, por lo que se considera como el **sistema de relación externa**.

2. Anatomía del sistema nervioso

El sistema nervioso puede dividirse teniendo en cuenta sus características anatómicas y funcionales.

Según sus características anatómicas se divide en:

Sistema nervioso central (SNC)	Sistema nervioso periférico (SNP)
Encéfalo: <ul style="list-style-type: none"> • Telencéfalo (cerebro): <ul style="list-style-type: none"> - Hemisferio derecho - Hemisferio izquierdo • Tronco encefálico: <ul style="list-style-type: none"> - Diencefalo: <ul style="list-style-type: none"> - Tálamo - Hipotálamo - Hipófisis - Mesencéfalo - Protuberancia - Bulbo raquídeo • Cerebelo 	Nervios craneales: <ul style="list-style-type: none"> • Origen en el encéfalo • Pares craneales (XII)
Médula espinal: <ul style="list-style-type: none"> • Sustancia gris • Sustancia blanca 	Nervios espinales: <ul style="list-style-type: none"> • Origen en médula espinal • 31 pares

Según sus características funcionales se divide en:

Sistema nervioso somático o voluntario (SNS)	Sistema nervioso autónomo (SNA)
Nervios que inervan a los músculos esqueléticos	<ul style="list-style-type: none"> • Simpático o toracolumbar • Parasimpático o craneosacro

Sin embargo, ambas divisiones se superponen de tal forma que los centros que controlan el SNA se localizan en el SNC (encéfalo), pero sus fibras nerviosas (simpáticas y parasimpáticas) pertenecen al SNP.

A Sistema nervioso central (SNC)

Está formado por neuronas o células nerviosas, células gliales, vasos sanguíneos y tejido conjuntivo. Está recubierto por las meninges y bañado por el líquido cefalorraquídeo. Las neuronas presentan un gran número de prolongaciones, caracterizadas por su gran irritabilidad y conductibilidad. Las células gliales tienen prolongaciones cortas que se relacio-



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Anatomía del sistema nervioso

nan con las neuronas, vasos sanguíneos y tejido conjuntivo.

El SNC está formado por encéfalo y médula espinal.



El encéfalo

Representa aproximadamente el 2 % del peso corporal.

Puede dividirse en: telencéfalo, tronco encefálico y cerebelo.

• El telencéfalo-cerebro

Se localiza en la parte superior de la masa encefálica y representa aproximadamente el 80% de ésta. Está dividido parcialmente en dos hemisferios cerebrales (derecho e izquierdo), separados por una cisura longitudinal y unidos por un conjunto de fibras o **cuerpo calloso** (Fig. 13.1).

Cada hemisferio presenta en su interior una cavidad o ventrículo lateral, que se comunica a través de un orificio con el tercer ventrículo del tálamo. Están subdivididos en cinco lóbulos: frontal, parietal, temporal, occipital e insular, separados entre sí por las cisuras de Rolando (central), de Silvio (lateral) y parietooccipital.

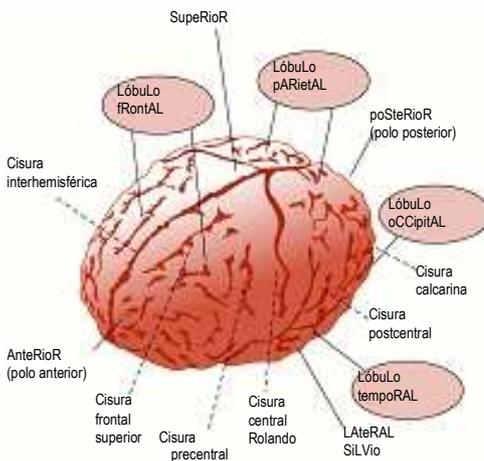


Fig.. 1. Vista superolateral de los hemisferios cerebrales.

La corteza cerebral que envuelve el cerebro está formada por dos capas: una superficial, constituida por cuerpos neuronales que forman la **sustancia gris**, en la que hay una serie de pliegues, o circunvoluciones separadas entre sí por surcos; y una profunda, constituida por las prolongaciones de las células neuronales, que constituyen la **sustancia blanca**.

Su función principal es controlar prácticamente todas las actividades sensoriales, motoras, instintivas y emocionales del ser humano.

Lóbulo	Funciones
Frontal	Control de los movimientos voluntarios, procesos intelectuales y comunicación verbal
Temporal	Interpretación de sensaciones auditivas, memoria visual y auditiva
Parietal	<ul style="list-style-type: none"> Interpretación de sensaciones cutáneas y musculares Comprensión del lenguaje
Occipital	Interpretación de estímulos visuales
Insular	Memoria

Tabla 1. Funciones específicas de los lóbulos cerebrales.



El polígono arterial de Willis se localiza en la base del cerebro y es el responsable de la irrigación cerebral. Recibe sangre a través de las arterias vertebrales y de la carótida interna.

• Tronco encefálico

Está conformado por las siguientes estructuras: el diencefalo (tálamo, hipotálamo e hipófisis), el mesencéfalo (tubérculos cuadrigéminos y pedúnculos cerebrales), la protuberancia y el bulbo raquídeo (Fig. 13.2 y Tabla 13.2).

• El cerebelo



Se localiza en la parte posteroinferior del cerebro y queda cubierto por él parcialmente, y separado por una cisura transversal y por la tienda del cerebelo.

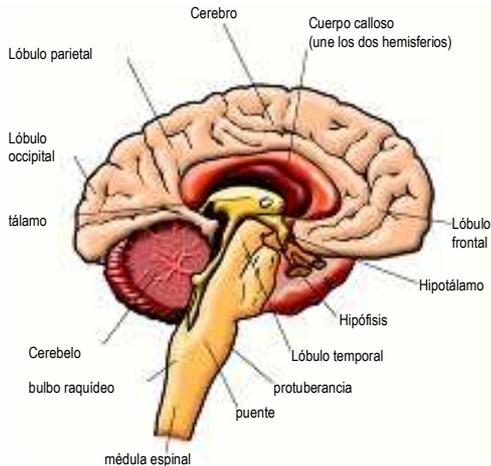


Fig. 2. Esquema anatómico del encéfalo. Corte sagital.

Consta de dos hemisferios laterales divididos por una porción media o **vermis** y envueltos por la corteza cerebelosa, que se pliega formando multitud de circunvoluciones separadas por cisuras. Tiene sustancia gris en su parte externa y sustancia blanca y fibras nerviosas en su parte interna.

Está conectado al tronco encefálico mediante tres prolongaciones o pedúnculos cerebelosos.

Actúa controlando los movimientos de los músculos agonistas y antagonistas, los músculos esqueléticos, los movimientos del cuerpo y el equilibrio.

La médula espinal

Forma parte del SNC y se extiende desde el encéfalo hasta la primera vértebra lumbar por el interior del conducto de la columna vertebral.

Su longitud es de unos 45 cm y presenta dos abultamientos, uno cervical y otro lumbar, que se corresponden con las zonas de inervación de los miembros superiores e inferiores, respectivamente.

De la porción terminal o **cono medular** salen los nervios que forman la **cola de caballo** que se continúan con un cordón fibroso de piamadre o **filum terminal**.

Diencefalo

Está rodeado en su parte dorsal y lateral por los hemisferios cerebrales, y se prolonga caudalmente hasta el mesencéfalo.

- **Tálamo.** Es el órgano localizado inmediatamente debajo de los hemisferios cerebrales. Está compuesto por dos masas de sustancia gris, que limitan el tercer ventrículo. Actúa integrando y procesando los estímulos sensitivos que van al cerebro.
- **Hipotálamo.** Está situado frente al tercer ventrículo y compuesto fundamentalmente por sustancia gris que contiene núcleos conectados entre sí y con otros centros vitales del encéfalo. Actúa regulando las actividades viscerales, emocionales e instintivas.
- **Hipófisis.** Está situada en la cara inferior del diencefalo, al que se une mediante el infundíbulo, y rodeada por un conjunto de vasos sanguíneos o círculo de Willis.

Mesencéfalo

Situado entre el diencefalo y la protuberancia, está atravesado por un conducto que comunica el tercer ventrículo con el cuarto.

- **Tubérculos cuadrigéminos.** Son unas prominencias redondeadas que tienen relación directa con los reflejos visuales (los superiores) y con los auditivos (los inferiores).
- **Pedúnculos cerebrales.** Están formados por haces de fibras y núcleos especializados que colaboran en el control de la postura y el movimiento.

Protuberancia

Es el centro de comunicación entre cerebro, diencefalo, cerebelo y bulbo raquídeo.

Se localiza por encima del bulbo.

Está compuesta por sustancia blanca y núcleos que dan origen a parte de los nervios craneales y los centros aprnéustico y neumotáxico, que cooperan con el bulbo raquídeo en el control de la respiración.

Bulbo raquídeo

Se sitúa entre la protuberancia y la médula espinal, con la que se comunica a través del agujero occipital. En su parte superior forma el cuarto ventrículo. Está constituido por sustancia gris y por haces ascendentes/descendentes de sustancia blanca, que comunican la médula espinal con el resto del encéfalo. Contiene núcleos de los centros autónomos, cardiacos, vasomotores y respiratorios.

Tabla 2. Descripción de las estructuras que componen el encéfalo.

En un corte transversal de la médula espinal observamos:

- La **sustancia gris** (profunda): en forma de H con cuatro astas: dos posteriores que reciben axones de las fibras sensitivas que entran en la médula, y dos anteriores que contienen las neuronas motoras que salen de ella (Fig. 3).
- La **sustancia blanca** (superficial): constituida por fibras de mielina, forma haces separados entre sí por las astas de sustancia gris y está dividida en cuatro regiones: cordón posterior, cordón anterior y cordones laterales.



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Anatomía del sistema nervioso

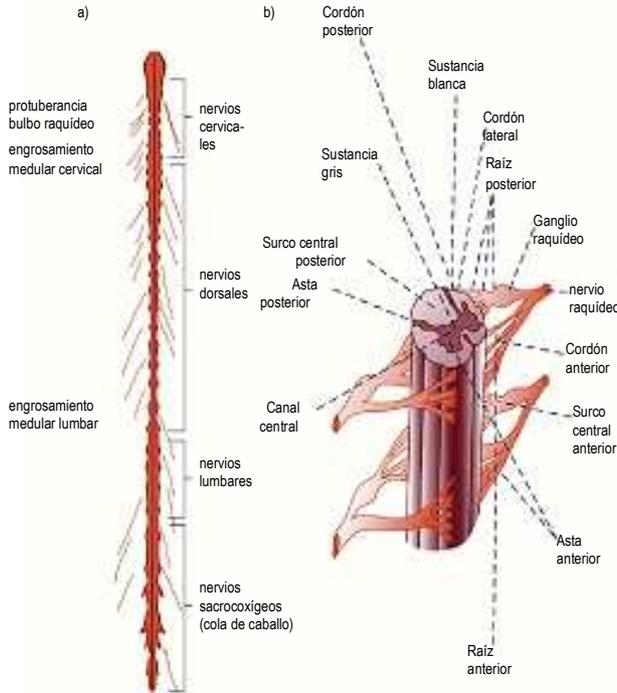


Fig. 3. a) Vista esquemática; b) corte transversal de la médula espinal.

Las meninges y el líquido cefalorraquídeo (LCR)

El encéfalo y la médula espinal están bañados por el LCR y protegidos por dos revestimientos:

- Uno externo, formado por *tejido óseo* (huesos craneales y vértebras).
- Otro interno, formado por *tejido nervioso*, que se dispone en capas superpuestas o membranas, denominadas *meninges*.

Las meninges

Se disponen de fuera hacia dentro en tres capas: la *duramadre*, la *aracnoides* y la *piamadre* (Tabla 3).

Líquido cefalorraquídeo (LCR)



Es un líquido cristalino e incoloro, compuesto por H_2O , gases en solución (O_2 y CO_2), sodio, potasio, cloro, glucosa, proteínas y linfocitos.

Duramadre

Capa externa, formada por tejido fibroso que envuelve el encéfalo y la médula espinal. Consta de dos hojas, una externa o perióstio, en contacto con el hueso, y otra interna o menígea.

Aracnoides

Capa media, separada de la duramadre por el espacio subdural. Penetra en la cisura interhemisférica y presenta una serie de vellosidades o prolongaciones que sirven de conductos para la absorción del LCR hacia el sistema venoso.

Piamadre

Capa interna adherida a la superficie del encéfalo y de la médula espinal. Penetra en los surcos y circunvoluciones del encéfalo constituyendo la capa vascular que nutre al tejido nervioso a través de los plexos coroideos. Está separada de la aracnoides por el espacio subaracnoideo, que contiene el LCR.

Tabla 3. Descripción de las capas de las meninges.

Se produce en los plexos coroideos de la piamadre y pasa, mediante un proceso de ósmosis, desde los ventrículos laterales hacia el tercer y cuarto ventrículo, dirigiéndose a partir de aquí al espacio subaracnoideo, que lo reabsorbe a través de sus vellosidades.

Su función principal es la de proteger el encéfalo y la médula espinal, actuando como amortiguador y compensando los cambios del volumen sanguíneo intracraneal.

B Sistema nervioso periférico (SNP)

Está formado por las estructuras nerviosas no incluidas en el SNC, es decir, por los nervios craneales (pares craneales) y los nervios raquídeos o espinales.

Nervios craneales

Son doce pares de nervios originados en la cara inferior del encéfalo y conectados con estructuras de la cabeza, cuello y tronco a través de los agujeros del cráneo. Están formados por fibras de tres tipos: sensitivas, motoras y mixtas.

Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Anatomía del sistema nervioso



Sus nombres se refieren a las funciones primarias que desarrollan o a su distribución general, y los números romanos con los que se les designa indican su nivel de aparición, de delante hacia atrás (Tabla 4).

Nervios espinales o raquídeos



Son 31 pares de nervios que se originan en la médula espinal y que, con excepción del primer nervio cervical, salen por los orificios intervertebrales, distribuyéndose en la piel, las mucosas y los músculos esqueléticos de todo el cuerpo.

Se agrupan de la siguiente forma:

- 8 pares cervicales C1 a C8.
- 12 pares dorsales o torácicos D1 a D12.
- 5 pares lumbares L1 a L5.
- 5 pares sacros S1 a S5.
- 1 par coccígeo Cx.

Los nervios cervicales emergen a nivel de la séptima vértebra cervical y primera dorsal. Por debajo de este nivel, cada nervio espinal emerge entre la vértebra correspondiente en número y la inmediata inferior.

Cada nervio espinal está formado por:

- **Una raíz posterior, o dorsal**, de tipo aferente (sensitiva), que tiene un ensanchamiento que forma el ganglio espinal, o raquídeo, que contiene las neuronas que dan origen a las fibras encargadas de transmitir los impulsos nerviosos hacia el SNC.
- **Una raíz anterior, o ventral**, de tipo eferente (motor), donde se originan las fibras que van desde la médula espinal hacia el músculo esquelético.

Ambas raíces se unen formando el **nervio espinal**, que emerge por el agujero intervertebral y que se divide, a su vez, en dos ramas primarias:

- **Anteriores o ventrales**, se entremezclan entre sí formando unas redes o plexos de los que nacen los nervios periféricos (con excepción de los nervios torácicos). Hay cuatro plexos: cervical, braquial, lumbar y sacro.
- **Posteriores o dorsales**, divididas en varias ramas que inervan la musculatura axial del dorso y la piel adyacente.

Nervio	Funciones	Tipo
I. Olfatorio	• Olfato	• Sensorial
II. Óptico	• Visión	• Sensorial, rodilla, codo
III. Motor ocular común	• Movimientos oculares • Miosis • Acomodación	• Motor • Propioceptivo
IV. Patético	• Movimientos oculares	• Motor
V. Trigémino	• Movimiento del maxilar inferior • Sensibilidad de la cabeza y cara	Propioceptivo • Mixto
VI. Motor ocular externo	• Movimientos oculares	• Motor • Propioceptivo
VII. Facial	• Expresión facial • Secreción lagrimal y salival • Gusto	• Mixto
VIII. Auditivo	• Audición • Equilibrio • Postura	• Sensorial
IX. Glossofaríngeo	• Deglución • Secreción salival • Gusto	• Mixto
X. Vago	• Movimiento de los músculos viscerales • Sensibilidad visceral	• Mixto
XI. Espinal	• Deglución • Movimientos de abeja y hombros • Sensibilidad muscular	• Motor • Propioceptivo
XII. Hipogloso	• Movimiento de lengua • Deglución • Sensibilidad muscular	• Motor • Propioceptivo

Tabla 4. Clasificación y funciones de los nervios craneales.

Cada nervio raquídeo se distribuye en una zona del cuerpo llamada segmento o **dermatoma**, que es la zona de la piel inervada por fibras sensitivas de una raíz posterior.



El nervio vago o neumogástrico (X par craneal), nace en el bulbo raquídeo e inerva los siguientes órganos: la faringe, el esófago, la laringe, la tráquea, los bronquios, el corazón, el estómago y el hígado.



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Anatomía del sistema nervioso

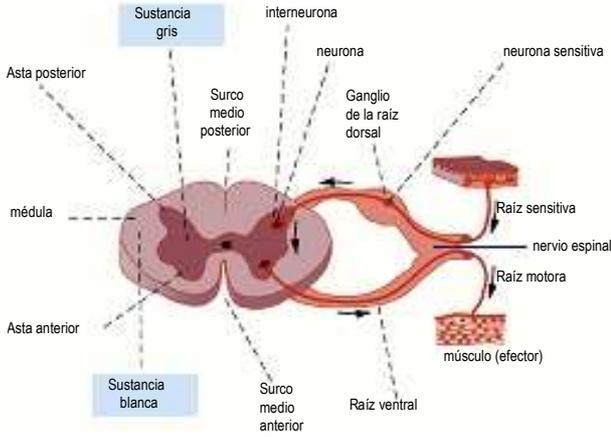


Fig. 4. Esquema de la estructura anatómica de un nervio espinal.

Sistema nervioso autónomo (SNA)

En sentido estricto, cuando hablamos de SNA nos referimos a las partes del sistema nervioso que regulan la actividad del músculo cardíaco, del músculo liso y de las glándulas.



Podemos considerarlo como una serie de niveles con funciones distintas, de forma que cuanto más alto es el nivel (corteza cerebral), más amplias y generales son sus funciones, y cuanto más bajo, más limitadas y específicas.

La corteza cerebral envía fibras al hipotálamo y éste, a través de la hipófisis, actúa sobre las glándulas endocrinas. El hipotálamo envía fibras a los centros nerviosos de localización inferior. Estos centros, gracias a sus conexiones, actúan con otros más inferiores (tronco encefálico y médula espinal), cuyos axones forman parte de algunos de los nervios craneales y raquídeos (espinales).

Los axones conectan con neuronas situadas fuera del SNC y se reúnen formando ganglios, que integran el nivel más inferior.

Las fibras preganglionares son los axones que van desde el SNC a las células ganglionares.

Las fibras postganglionares son los axones de las células ganglionares que inervan un órgano o una región específica del cuerpo.

El sistema nervioso autónomo se subdivide en simpático y parasimpático. La acción global de estos sistemas es antagónica (de uno respecto al otro).

Sistema nervioso simpático

Es el sistema nervioso de alerta, de generación o de gasto de energía que comprende las fibras preganglionares que parten de los segmentos dorsales y lumbares superiores de la médula espinal, por lo que se llama **sistema dorsolumbar**.

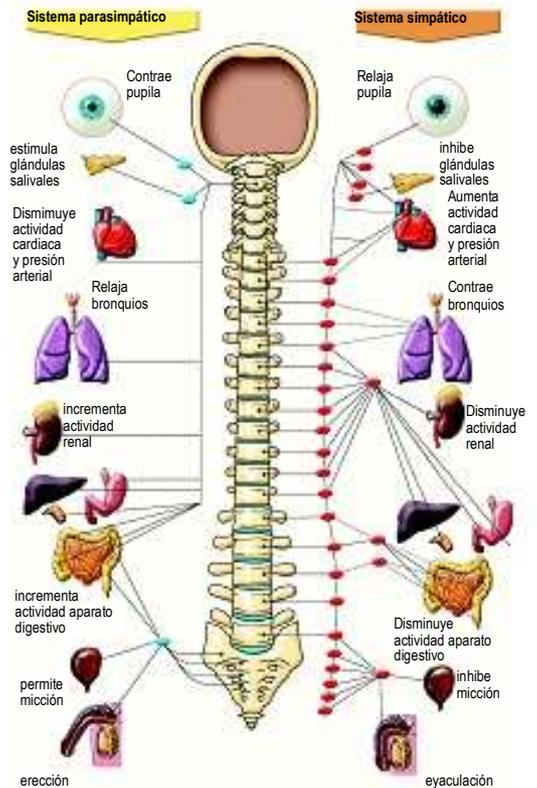


Fig. 5. Disposición y efectos del sistema nervioso parasimpático y simpático.



Estas fibras alcanzan los nervios raquídeos a través de las raíces anteriores y, después de abandonarlos, llegan a los ganglios adyacentes, que forman parte de los ganglios paravertebrales, localizados a cada lado de la columna vertebral, y desde aquí van a los órganos que inervan: musculatura lisa, vasos sanguíneos, miocardio y glándulas.

Es el encargado de estimular las actividades necesarias en los estados de emergencia y desgaste intenso, es decir, de «**reacción de lucha y huida**» (Fig. 5).



Sistema nervioso parasimpático

Es el sistema nervioso ahorrador de energía, comprende las fibras preganglionares que parten del tronco encefálico (nervios craneales III, VII, IX, X

y XI) y de los segmentos sacros de la médula espinal, por lo que se denomina **sistema craneosacro**.

Estas fibras establecen sinapsis con las células preganglionares situadas dentro de los órganos que inervan, o muy cercanos a ellos. La parte craneal inerva el corazón, los bronquios, el estómago, el intestino, etcétera.

La parte sacra inerva la vejiga, el recto y los órganos genitales. Actúan estimulando las actividades asociadas a la conservación y restauración de las reservas energéticas del organismo (Fig. 5).



Se entiende por «**órgano diana**» aquél sobre el que actúa una hormona específica, como la corteza suprarrenal sobre la que actúa la corticotropina.

3. Sistema endocrino

Las principales glándulas de secreción interna que constituyen el sistema endocrino son: *hipófisis, tiroides, paratiroides, suprarrenales, páncreas, gónadas o glándulas sexuales (ovarios, testículos) y epífisis*.

Éstas vierten los productos de secreción (**las hormonas**) directamente a la sangre para ser transportadas a diferentes partes del organismo donde ejercen su acción.

Está irrigada por ramas de la arteria carótida e inervada por los sistemas nerviosos simpático y parasimpático.

Hipófisis	Adenohipófisis	<ul style="list-style-type: none"> • Lóbulo anterior • Lóbulo intermedio • Lóbulo tuberal 	Tallo hipofisario
	Neurohipófisis	<ul style="list-style-type: none"> • Eminencia media • Tallo infundibular • Lóbulo posterior 	

Tabla 5. Estructura de la hipófisis.

A Hipófisis

También llamada glándula pituitaria, es un órgano pequeño (1 cm) situado en la base del cráneo (en la silla turca) por debajo del hipotálamo y que está constituida por dos partes:

- **Adenohipófisis** o parte anterior.
- **Neurohipófisis** o parte posterior, que se une al **hipotálamo** por el tallo pituitario.



Adenohipófisis

Está formada por:

- **Lóbulo anterior:** constituido por células glandulares que sintetizan distintos tipos de hormonas.
- **Lóbulo intermedio:** es una zona de menor tamaño, que contiene pequeños quistes.
- **Lóbulo tuberal:** tiene un tamaño muy reducido.



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Sistema endocrino

• Funciones fisiológicas de las hormonas sintetizadas en la adenohipófisis

La adenohipófisis produce una serie de hormonas que estimulan a distintos órganos.

Hormonas de la adenohipófisis	Funciones fisiológicas
TSH (tirotropina)	Estimulación del tiroides
ACTH (corticotropina)	Estimulación de la corteza suprarrenal
FSH (foliculoestimulina)	Estimulación del foliculo ovárico y de la espermatogénesis
LH (luteína)	Crecimiento del foliculo ovárico. Ovulación
STH (somatotropina)	Metabolismo de proteínas, hidratos de carbono y grasas. Estimulación del crecimiento
MSH (melanotropina)	Estimulación de melanocitos y producción de melanina
Prolactina	Desarrollo de la mama y secreción láctea

La TSH, la ACTH, la FSH y la LH actúan estimulando a otras glándulas (órganos diana) e inducen la síntesis y secreción de hormonas.

La STH actúa sobre todos los tejidos corporales.

• Regulación de las secreciones adenohipofisarias por el hipotálamo



En el hipotálamo se coordinan el sistema nervioso y el sistema endocrino. Las neuronas del hipotálamo segregan diversos factores hormonales, que son transportados por una serie de sistemas y redes vasculares hasta la adenohipófisis, donde regulan su secreción hormonal.

Estos factores pueden ser de carácter liberador o inhibitor y son los siguientes:

- CRF o factor liberador de la corticotropina.
- TRF o factor liberador de tirotropina.
- SRF o factor liberador de la somatotropina.
- FSH-RF o factor liberador de la hormona foliculoestimulante.
- LH-RF o factor liberador de la hormona luteinizante.
- PIF o factor inhibitor de la prolactina.
- MIF o factor inhibitor de la melanotropina.

Neurohipófisis

Es el reservorio de las hormonas sintetizadas en el hipotálamo. Está formada por la eminencia media, el tallo infundibular y el lóbulo posterior.

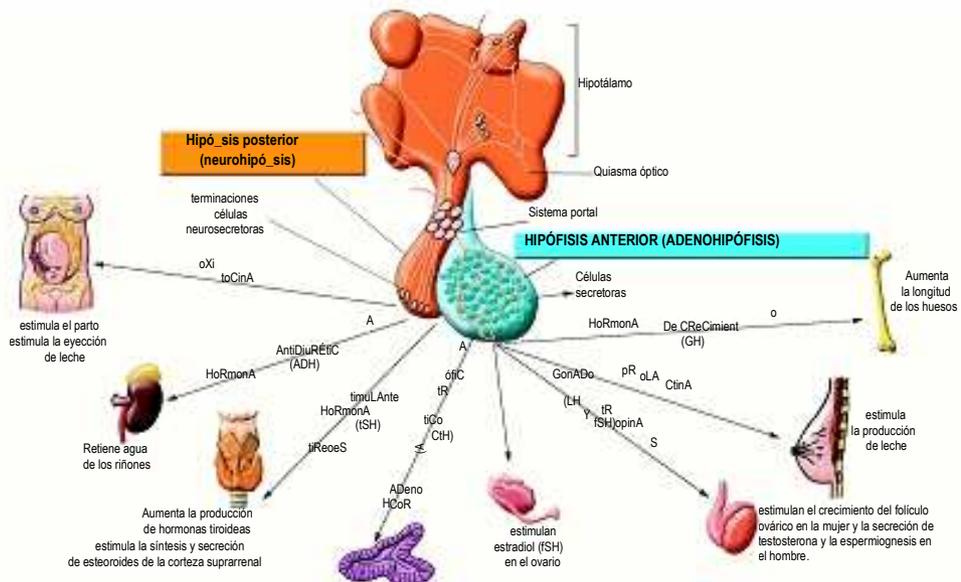


Fig. 6. Localización de la hipófisis, estructura y hormonas que produce con sus acciones.



Las hormonas producidas en la neurohipófisis son:

- **Hormona antidiurética, vasopresina o ADH:** actúa sobre la nefrona favoreciendo la reabsorción de sodio y agua. También produce vasoconstricción dando lugar a una elevación de la presión arterial.
- **Oxitocina:** actúa durante el parto estimulando la contracción del miometrio. Estimula la liberación de leche durante la lactancia.

B Tiroides

Está situada en la cara anterior de cuello, por debajo de la laringe y por delante y a ambos lados de la tráquea. Está formada por dos lóbulos laterales unidos en su parte central por el istmo (Fig. 7). Está irrigada por las arterias tiroideas (ramas de la carótida) e innervada por el sistema nervioso simpático (SNP).

Secreta tres hormonas que tienen efectos fundamentales en el metabolismo: **la tiroxina (T4)** y **la triyodotironina (T3)** y **la tirocalcitonina**.

El yodo forma parte de las hormonas tiroideas y es captado por la glándula tiroides con gran avidez, ya que es esencial para la síntesis de dichas hormonas.

Estas hormonas producen los siguientes efectos:

- Aumento generalizado del metabolismo.
- Estimulación del crecimiento en los niños.
- Aumento de la frecuencia respiratoria y cardíaca.

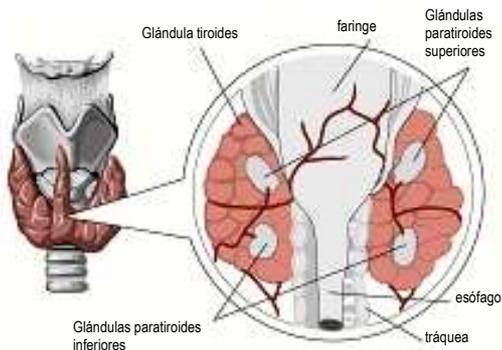


Fig. 7. Glándulas tiroides y paratiroides.

C Paratiroides

Son cuatro pequeñas glándulas situadas en la cara posterior de la glándula tiroidea. Está irrigada por las arterias paratiroides, ramas de las arterias tiroideas e innervadas por el sistema nervioso simpático (SNP) (Fig. 7).

Sintetizan la **parathormona**. Su función está relacionada con el metabolismo del calcio y del fósforo:

- Aumenta el nivel de calcio en la sangre (calcemia).
- Favorece la absorción de calcio por el intestino.
- Aumenta la excreción por el riñón.
- Incrementa la liberación de calcio desde los huesos (Unidad 5).

D Suprarrenales

Son dos pequeñas glándulas situadas en el abdomen, a los lados de la columna vertebral y en la parte superior de ambos riñones. La innervación se debe al sistema nervioso simpático. Desde el punto de vista microscópico, cada una de ellas está compuesta por dos partes:

- Una interna o **médula suprarrenal**: segrega la **adrenalina** y la **noradrenalina**, relacionadas desde el punto de vista funcional con el sistema nervioso simpático y parasimpático respectivamente. Actúan ante cualquier situación de estrés, favoreciendo el estado de alerta y vigilia.
- Otra externa o **corteza suprarrenal**: formada a su vez por tres capas o zonas que, desde el exterior al interior, son: la zona glomerular, la zona fascicular y la zona reticular. Secreta un grupo de hormonas llamadas **corticosteroides** (Fig. 8).



La adrenalina estimula los movimientos o procesos involuntarios del organismo, tales como: la respiración, actividad cardíaca, parpadeo, procesos digestivos y de otros órganos. **La noradrenalina** actúa como reguladora de la noradrenalina y tiene un efecto o acción antagonista.



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Sistema endocrino

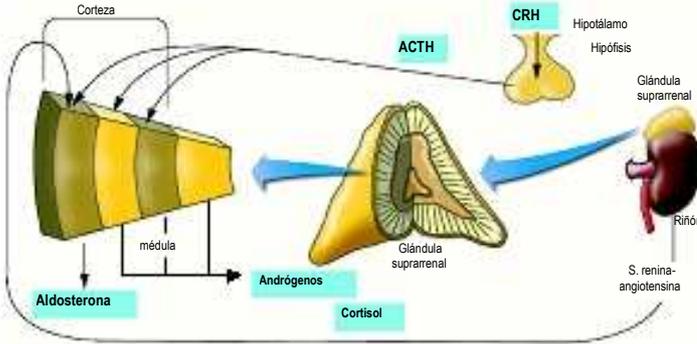


Fig. 8. Eje hipotálamo-hipofisis suprarrenal. Estructura de la corteza y médula suprarrenal.

• Insulina

- Determina la captación rápida, el almacenamiento y el uso de la glucosa por casi todos los tejidos del organismo.
- Almacena la glucosa en el hígado en forma de glucógeno y tiene un efecto hipoglucemiante.
- Favorece el almacenamiento de las proteínas.
- Su déficit produce un aumento en sangre de los niveles de grasas.

La regulación de la secreción de insulina depende de los niveles en sangre de:

- Glucosa: el aumento de la glucemia estimula la liberación de insulina.
- Aminoácidos: casi todos potencian el efecto de la glucosa.

Hormonas de la corteza suprarrenal	Funciones fisiológicas
Glucocorticoides (cortisol)	<ul style="list-style-type: none"> • Metabolismo de los hidratos de carbono • Aumento de la glucogénesis hepática y de la glucemia • Metabolismo de las proteínas. Disminución de su contenido y aumento de aminoácidos en sangre • Metabolismo de las grasas. Aumenta la movilización de ácidos grasos • Otros efectos: aumento del cortisol en estados de alarma o estrés; bloqueo de la respuesta inflamatoria a reacciones alérgicas
Mineralocorticoides (aldosterona)	<ul style="list-style-type: none"> • Favorece la reabsorción de sodio y la excreción de potasio en los túbulos renales
Andrógenos (testosterona)	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto masculinizante

Tabla 7. Hormonas sintetizadas por la corteza suprarrenal. Funciones fisiológicas.

E Páncreas

Es una glándula situada en la parte superior del abdomen, por detrás y por debajo del estómago (Fig. 9). Está constituida por dos tipos de tejido glandular, uno de carácter exocrino y otro de carácter endocrino, formado por células alfa (α) y beta (β) de los islotes de Langerhans, que segregan glucagón e insulina, respectivamente (Unidad 11).

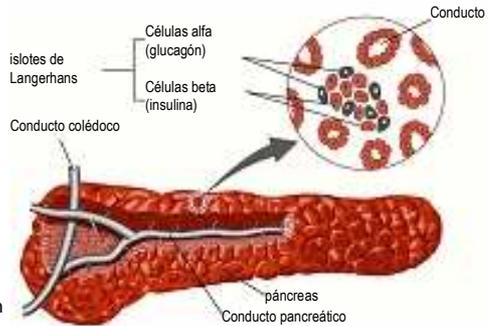


Fig. 9. Páncreas y células de los islotes de Langerhans.

• Glucagón

Sus funciones son opuestas a las de la insulina, ya que aumenta la concentración sanguínea de glucosa. Este efecto se produce al aumentar:

- La glucogenólisis o desdoblamiento del glucógeno hepático en glucosa.
- La neoglucogénesis en el hígado.

La regulación de la secreción de glucagón se lleva a cabo por el mismo mecanismo que en el caso de la insulina, pero en sentido inverso, es decir, la disminución de la glucemia estimula la secreción de glucagón.



F Gónadas o glándulas sexuales

En este apartado sólo hablaremos de las hormonas segregadas en las gónadas y de sus funciones (Unidad 15).

• Funciones fisiológicas de las hormonas sexuales masculinas



Llamamos andrógenos a cualquier tipo de hormona esteroidea que tenga efectos masculinizantes. El principal andrógeno es la testosterona, que se sintetiza en los testículos por las células intersticiales de Leydig.

• Funciones fisiológicas de las hormonas sexuales femeninas

Tipos de hormonas	Funciones fisiológicas
FSH (folículoestimulante)	<ul style="list-style-type: none"> Estimula el crecimiento y maduración del folículo ovárico
LH (luteinizante)	<ul style="list-style-type: none"> Estimula el crecimiento del folículo ovárico necesario para la ovulación Producción de estrógenos
Estrógenos	<ul style="list-style-type: none"> Estimulan el crecimiento y desarrollo de los órganos sexuales femeninos Desarrollo de las mamas y de los caracteres sexuales femeninos, en la pubertad
Progesterona	<ul style="list-style-type: none"> Colabora en el proceso de gestación Desarrollo de las mamas Elevación de la temperatura basal
Andrógenos (testosterona)	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo del vello pubiano y axilar Estimulación de la libido femenina

Tabla 8. Tipos de hormonas sexuales femeninas y funciones fisiológicas.

Tipos de hormonas	Funciones fisiológicas
FSH (folículoestimulante)	<ul style="list-style-type: none"> Estimula la espermatogénesis (formación de espermatozoides)
LH (luteinizante)	<ul style="list-style-type: none"> Estimula la secreción de testosterona
Testosterona	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo del aparato sexual masculino y de los caracteres sexuales secundarios (crecimiento del vello pubiano, tono de voz, etc.) Desarrollo de la masa muscular y ósea

Tabla 9. Tipos de hormonas sexuales masculinas y funciones fisiológicas.

G Glándula pineal o epífisis

Esta glándula es un vestigio en la escala de la evolución. En animales inferiores tiene una función importante para el control de la reproducción y la vida sexual, gracias a la secreción de una hormona, la **melatonina**. En el hombre esta hormona puede inhibir la secreción de gonadotropinas hipofisarias.



Científicos de la Universidad de Granada han realizado una serie de estudios con ratones y sostienen que la hormona **melatonina** puede ser la clave para retrasar el envejecimiento debido a sus efectos antioxidantes. El problema es que en los seres humanos deja de producirse a los 30 años aproximadamente.

4. Fisiología del sistema neuroendocrino

En este apartado se describen la fisiología de la transmisión del impulso nervioso y la regulación de la secreción y las acciones de las hormonas. En el proceso fisiológico de la transmisión del impulso nervioso intervienen tres elementos básicos:

- Las neuronas.
- Las células intersticiales: células de neuroglía y del neurolema (Schwann).
- Los elementos del tejido conjuntivo (fibroblastos, vasos sanguíneos y líquido extracelular).



A Estructura de las células nerviosas

Las células nerviosas más importantes son las neuronas y las neuroglías (células gliales).

La neurona

Está formada por:

- **Un cuerpo celular o soma:** que contiene en su interior un núcleo y el resto de orgánulos citoplasmáticos. Está envuelto por una membrana plasmática que recubre las prolongaciones.
- **Prolongaciones** de dos tipos:
 - **Dendritas:** múltiples y cortas, que parten del cuerpo celular, lo rodean y se dirigen hacia la periferia. Reciben e inducen los impulsos nerviosos hacia el soma. No tienen mielina.
 - **Axón:** generalmente único y alargado, parte del soma y es el encargado de conducir el impulso nervioso hacia otras neuronas. Está envuelto en una vaina de mielina producida por las células de **Schwann**, si son fibras de nervios periféricos y por oligodendroglías, si son fibras de nervios centrales (médula o encéfalo).
- **Tipos de neuronas**
 - **Sensitivas (aférentes):** transmiten el impulso nervioso hacia el encéfalo y la médula espinal.
 - **Motoras (eferentes):** transmiten el impulso nervioso desde el SNC a la periferia.
 - **Interneuronas:** conducen el impulso nervioso entre neuronas sensitivas y motoras

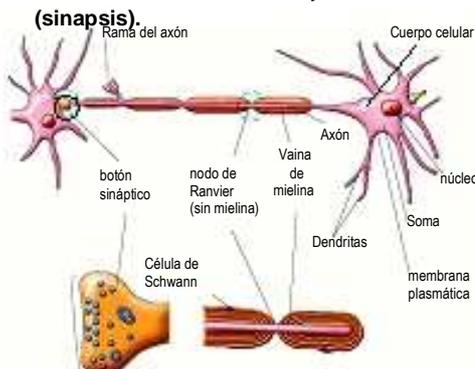


Fig. 10. Estructura de una neurona. Principales componentes.

Neuroglías. Células gliales

Constituyen el soporte metabólico del SNC y ayudan al SNP a realizar sus funciones. Forman las envolturas de mielina y aumentan la velocidad de conducción del impulso nervioso (Unidad 3).

Tipos de células gliales

- **Astroglías o astrocitos:** tienen forma estrellada con gran número de ramificaciones, son las más numerosas y constituyen la estructura de sostén entre los capilares y las neuronas del SNC.
- **Oligodendroglías:** tienen también forma estrellada, pero sus prolongaciones son más cortas y menos numerosas que las de las astrocglías. Forman la mielina del SNC.
- **Microglías:** células pequeñas y de prolongaciones cortas que producen fagocitosis en el SNC cuando existen lesiones en el tejido nervioso.
- **Células ependimarias:** tienen forma cilíndrica, con cilios. Son consideradas como el tejido especializado de las neuroglías y recubren los conductos encefálicos y el conducto central de la médula espinal.

B Conducción del impulso nervioso

La capacidad para reaccionar ante los estímulos es una propiedad fundamental de todos los organismos vivos. El sistema nervioso, junto con el endocrino, se encarga de movilizar y coordinar todos los recursos de respuesta del organismo ante estímulos externos o internos.

Estructura de las sinapsis



Las **sinapsis** son las zonas de contacto especializado entre dos neuronas (presináptica y postsináptica). Tienen como fin la transmisión del impulso nervioso.

- **Botones sinápticos:** son distensiones de los terminales axónicos de las neuronas presinápticas, que contienen vesículas cargadas de neurotransmisores.



- **Surco sináptico:** es el espacio microscópico entre un botón sináptico y una dendrita, o cuerpo celular de una neurona postsináptica.
- **Membrana celular postsináptica:** es el lugar donde se localizan los receptores de los neurotransmisores.

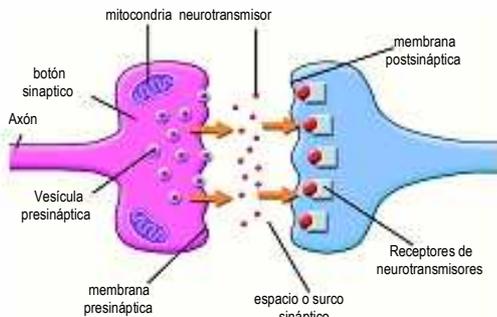


Fig. 11. Mecanismo de transmisión del impulso nervioso a través de la sinapsis.

Al llegar un potencial de acción a las terminaciones del axón, los botones sinápticos liberan neurotransmisores (acetilcolina, dopamina, serotonina, noradrenalina) hacia el surco sináptico. Estas moléculas se difunden con gran rapidez a través del surco y se unen a los receptores específicos de la membrana postsináptica, excitándola y produciendo un potencial de acción excitatorio postsináptico, es decir, se inicia la transmisión del impulso nervioso.

Una vez iniciada la transmisión del impulso nervioso por las neuronas postsinápticas, los neurotransmisores se metabolizan o vuelven de nuevo hacia los nódulos sinápticos.

Los neurotransmisores pueden ser excitatorios o inhibitorios en función de su mecanismo de acción.

C Características de las hormonas

Las hormonas son sustancias químicas transportadas a través de la sangre, que actúan regulando diversas funciones metabólicas de crecimiento y de diferenciación sexual del organismo.

Clasificación

Las hormonas pueden clasificarse teniendo en cuenta su procedencia y su naturaleza química.

• Según su procedencia

- **Glandulares:** son elaboradas por las glándulas endocrinas y vertidas directamente a la sangre, que las distribuye a todos los órganos en los que ejercen su acción.
- **Tisulares o hísticas:** se elaboran en distintos órganos y ejercen su acción en zonas próximas a ellos.

• Según su naturaleza química

- **Naturaleza proteica:** son verdaderas proteínas o aminoácidos. A este grupo pertenecen las hormonas hipofisarias, tiroideas, paratiroideas y pancreáticas.
- **Naturaleza esteroidea:** a este grupo pertenecen las hormonas corticosuprarrenales y sexuales.
- **Aminas:** son segregadas por las glándulas endocrinas de origen nervioso (neurohipófisis, médula suprarrenal y epífisis).

Regulación de la secreción hormonal

La síntesis o secreción hormonal se regula mediante dos tipos de mecanismos (Fig. 12):

- **Nerviosos:** actúan sobre las glándulas endocrinas, excitándolas.
- **Feedback o retroalimentación:** la glándula endocrina segrega una hormona que actúa sobre el órgano efector o diana, que aumenta gradualmente su función. Cuando la secreción hormonal aumenta en exceso, se produce un mecanismo de retroalimentación que hace disminuir la secreción de dicha hormona. Como consecuencia, disminuye la función del órgano efector, hasta que se activa la glándula endocrina para, de nuevo, repetir el proceso.

D Acción fisiológica de las hormonas

Las hormonas interactúan específicamente con su órgano efector, de tal forma que sólo responden a

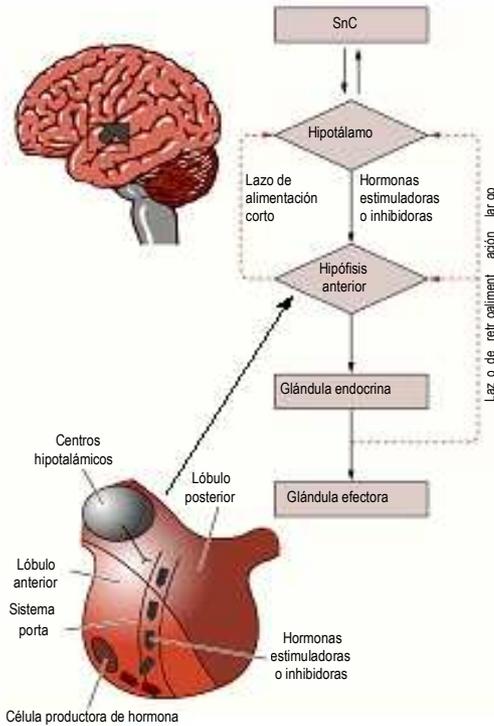


Fig. 12. Conexiones entre hipófisis anterior e hipotálamo. Sistema de retroalimentación de secreción hormonal.

estímulos especializados relacionados con dicho órgano, en donde existen unos receptores específicos para cada hormona.

Las hormonas actúan como primer mensajero y se adaptan al receptor específico situado en la membrana celular. Estimulan el sistema adenilciclasa,

que favorece la formación del AMP cíclico (adenosín monofosfato), que actúa como segundo mensajero, a partir del ATP (adenosín trifosfato), provocando los efectos específicos de la hormona.

Por este mecanismo actúan sobre todas las hormonas proteicas. Después de ejercer su acción específica, son eliminadas del organismo.

Las hormonas pueden tener una gran variedad de acciones:

- **Morforreguladoras:** regulan el desarrollo armónico del cuerpo.
- **Regulación de procesos bioquímicos:** ejercen una acción que favorece los procesos metabólicos (anabolismo y catabolismo).
- **Neurorreguladoras:** actúan equilibrando el estado de excitabilidad del sistema nervioso vegetativo.
- **Regulación del equilibrio psíquico.**
- **Regulación de los distintos fenómenos vitales.**

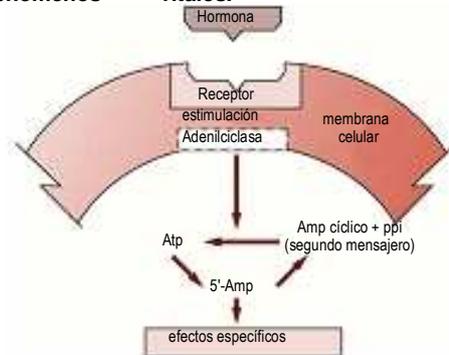


Fig. 13. Mecanismos de acción de las hormonas.

5. Patología neuroendocrina más frecuente

A Sistema nervioso central

Síndrome hemipléjico

Es la imposibilidad para la realización de movimientos voluntarios en una mitad del cuerpo, debido a una alteración funcional, por un fallo en la transmisión

de un determinado impulso nervioso que no llega a alcanzar por igual a todos los músculos.

El cuadro clínico puede desencadenarse por un estado de coma profundo de tipo espástico, una hemorragia o una oclusión vascular y tumores o hemorragias que afectan al cerebro y a la protuberancia.

Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Patología neuroendocrina más frecuente



Síndrome meníngeo

Es el conjunto de síntomas reactivos debidos a una afectación de las meninges que puede llegar a producir alteraciones *funcionales, físicas y humorales*.

- **Funcionales:** se caracterizan por la aparición de cefaleas frontales u occipitales que aumentan con el ruido, la luz y el movimiento. De forma paralela se presentan vómitos, constipación intestinal y, a veces, alteraciones del pulso y de la tensión arterial.
- **Físicas:** se caracterizan por la posición del paciente en gatillo de fusil: vista vuelta hacia el lado contrario de la luz, cabeza hacia atrás, tronco flexionado y piernas en semiflexión, rigidez de nuca con hiperextensión o **signo de Kerning** (si se intenta mantener sentado al paciente, flexiona las rodillas).
- **Humorales:** existe una alteración en el aspecto macroscópico del LCR.

Epilepsia

Es una afección encefálica caracterizada por la aparición repetida de accesos con pérdida del conocimiento, que suelen acompañarse de convulsiones tónico-clónicas y descargas neuronales que pueden registrarse en electroencefalograma. Las formas más comunes son:

- **Gran mal:** se caracteriza por la aparición de convulsiones generalizadas de evolución típica:
 - «**Aura**» de tipo sensitivo o motriz, que cursa con parestesias, percepciones visuales o auditivas, sensación de opresión, etc.
 - «**Acceso**», puede iniciarse con un grito que se continúa con convulsiones tónico-clónicas, aparición de grandes sacudidas de los músculos del tronco y extremidades, pupilas dilatadas, aumento de la salivación, incontinencia urinaria, etc.
 - Posteriormente, el paciente presenta un estado de somnolencia, amnesia retrógrada, laxitud y agotamiento.
- **Pequeño mal:** se caracteriza por cursar con pérdida de conciencia, sin que haya convulsiones. Suele ser de causa desconocida. El síntoma más frecuente es la aparición de ausencias, durante

las cuales los pacientes interrumpen su actividad y aparecen como distraídos, con expresión de extrañeza e inmovilidad ocular. Reanudan la actividad a los pocos segundos, adquiriendo de nuevo un aspecto normal.

Cefaleas

El dolor de cabeza, o cefalea, es una de las dolencias más extendidas y que más afecta a la población urbana actual.

Pueden clasificarse en:

- **Migrañas o cefaleas hemicraneales (jaqueca):** son cefaleas vasculares de carácter hereditario, son más frecuentes en la pubertad y se caracterizan por la aparición de dolor paroxístico o hemicraneal de carácter pulsátil, que aumentan con la luz (fotofobia) y el ruido. Cursan con irritabilidad, cambios de humor, inquietud, depresión, fatiga, palidez y, a veces, náuseas y vómitos.
- **No migrañosas:** generalmente son consideradas como síntoma de otra enfermedad como la fatiga nerviosa, intoxicaciones, crisis febriles, encefalopatías, arteriosclerosis, hipertensión, etcétera.



Algunas medidas que pueden aliviar la **jaqueca** son:

- Mantenerse en reposo, sin ruido y en un lugar oscuro.
- Ponerse compresas de agua fría y caliente (alternando) en la frente y en la base del cuello.
- Darse un baño de agua tibia y/o masajes en el cuello y la nuca.
- Puede tratarse con paracetamol (si está indicado).

Enfermedad de Alzheimer



Es una alteración genética producida por la destrucción y desaparición de las neuronas de la corteza cerebral, que desencadena una demencia de carácter progresivo e irreversible. Generalmente aparece en personas mayores, aunque no es exclusiva de ellas.

Cursa en sus inicios con pérdida de memoria de los acontecimientos recientes, ansiedad y desorientación espacial. Con el paso del tiempo se acentúan la demencia y los trastornos afásicos, apráxicos y agnósticos. La enfermedad evoluciona de forma lenta y progresiva durante, al menos, de 5 a 10 años.



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Patología neuroendocrina más frecuente

Enfermedad de Parkinson

Es una afección crónica de carácter neurológico que produce alteraciones de la postura y la talla, temblor y movimientos involuntarios. Es un trastorno que aparece en edades medias y avanzadas de la vida.

La clínica puede iniciarse con rigidez muscular general, visible sobre todo en la cara (**cara de máscara**), temblor de manos, alteraciones del lenguaje, escasez de movimientos automáticos, sialorrea y lentitud de pensamiento.

B Sistema nervioso periférico

Neuralgia

Es un proceso de excitación e irritación dolorosa de los nervios sensitivos, sin existencia de lesiones anatómicas.

Cursa con dolor que se presenta en crisis o accesos de carácter pulsátil, urente y siguiendo la trayectoria de un nervio periférico.

La piel de la zona afectada suele estar hiperestésica y enrojecida, e incluso puede producirse sudor, lagrimeo y sacudidas musculares.

Parálisis

Es la supresión de la motilidad voluntaria de un músculo, o grupo muscular, producida por una lesión que afecta al centro nervioso o a un nervio periférico. Se clasifica como una enfermedad neuromuscular.

Cursa con procesos degenerativos que producen atrofas musculares. Las parálisis son de carácter flácido, con descenso del tono muscular y abolición de los reflejos tendinosos. Es decir, son atróficas, flácidas y arrefléxicas.

El tipo de síntomas desencadenados es diferente según el lugar en que se localice la lesión. Pueden afectar a pares craneales, plexos nerviosos y nervios raquídeos.

C Enfermedades que afectan a la hipófisis

Acromegalia

Es el crecimiento anormal del cuerpo, debido a un aumento en la secreción de la hormona de crecimiento. Se caracteriza por el crecimiento de las extremidades de los huesos largos, cambio de los rasgos faciales por agrandamiento de la mandíbula y engrosamiento de las partes blandas. Se acompaña de alteraciones que afectan a los órganos genitales y sus funciones.

Síndrome de Cushing

Es una alteración en la secreción del cortisol, debido a hipersecreción de la ACTH, que produce un tipo especial de obesidad, en la que la grasa se acumula en la cara («**cara de luna llena**») y en el dorso. Se asocia a intolerancia a los hidratos de carbono, desgaste muscular y osteoporosis.

D Enfermedades que afectan al tiroides

Hipertiroidismo

También llamado **tirotoxicosis**. Dentro de la variedad de causas por las que puede producirse, la más frecuente es la enfermedad de Graves Basedow, causada por un trastorno autoinmunitario. Los síntomas más frecuentes son nerviosismo, intolerancia al calor, agrandamiento del tiroides, exoftalmos, piel lisa, brillante, sedosa y caliente, cabello fino e inestabilidad emocional.

Hipotiroidismo

Es una enfermedad debida a una disminución en la concentración de hormona tiroidea. Existen varios tipos:

- *Congénito o cretinismo*: produce alteraciones del desarrollo del sistema nervioso y esquelético, generalmente por una falta de yodo en la ingesta.
- *Adquirido*: cursa con cansancio, letargia, intolerancia al frío, mialgias y artralgias, aumento de peso, piel seca y escamosa, alteraciones de la memoria y estreñimiento.



E Enfermedades que afectan al páncreas

Diabetes mellitus



Es una enfermedad metabólica, de carácter crónico y hereditario, producida por una disminución, total o parcial, de la secreción de insulina.

Cursa con poliuria, polidipsia, polifagia, cetonuria y pérdida de peso. Se acompaña de un aumento de la glucemia.

La diabetes se clasifica en:

- **Tipo I o dependiente de la insulina:** aparece en personas jóvenes. Los enfermos tienen un peso normal o pueden estar delgados y responden al tratamiento con insulina exógena.
- **Tipo II o no dependiente de la insulina:** más frecuente que la anterior, suele aparecer a partir de los 40 años, los pacientes presentan un aumento de peso y no responden al tratamiento con insulina.

En general, la diabetes puede complicarse dando lugar a alteraciones microvasculares (retinopatías o nefropatías), alteraciones macrovasculares (enfermedades cerebrovasculares y coronariopatías) y neuropatías.

Hipoglucemia

Es una alteración producida por una disminución de los niveles de glucosa en sangre, debido a tumores pancreáticos o extrapancreáticos y a una serie de alteraciones hormonales.

Los síntomas suelen ser: sudoración, hambre, temblor, debilidad, ansiedad y taquicardia, e incluso se puede producir un coma y la muerte, si no se aplica un tratamiento adecuado.



El exoftalmos es la protusión anormal de uno o los dos globos oculares (ojos) debida a problemas orbitarios, inflamatorios, endocrinos (hipertiroidismo), tumorales o vasculares.

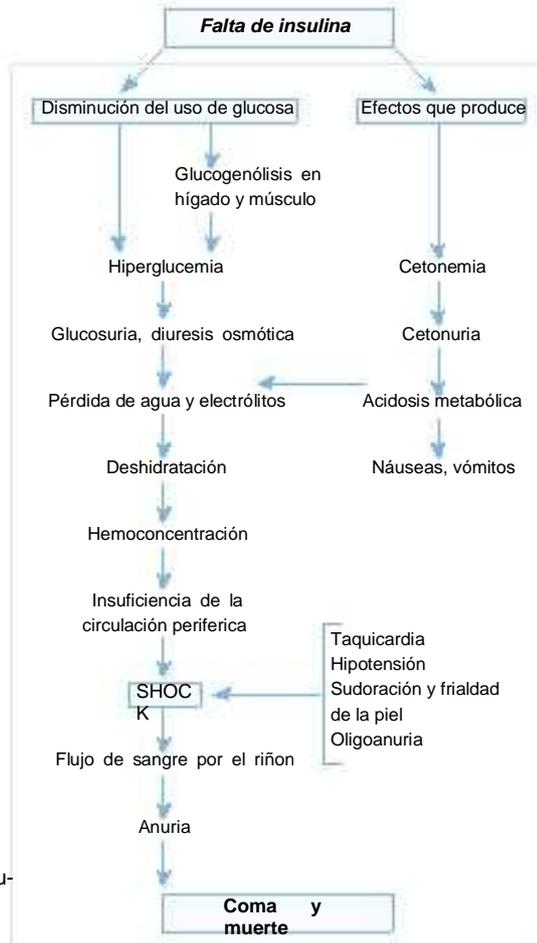


Tabla 10. Los efectos de la falta de insulina.





6. Anatomía y fisiología de los órganos de los sentidos

A Anatomía

El cuerpo humano se relaciona con el mundo exterior a través de los órganos de los sentidos (vista, oído, olfato, gusto y tacto). Éstos perciben sensaciones o estímulos que, a través de las vías nerviosas, son transmitidos hasta el cerebro, donde se elaboran y emiten las respuestas correspondientes para cada situación o tipo de estímulo.

La vista

El sentido de la vista reside en el **ojo**, o **globo ocular**, localizado dentro de las cavidades orbitarias que lo protegen con su estructura ósea.

• Estructura anatómica del ojo

El ojo está compuesto por tres **capas o tunicas**, que, de fuera hacia adentro, son: **túnica fibrosa** (externa), **túnica vascular** (media) y **túnica interna** o **retina** (Fig. 14).

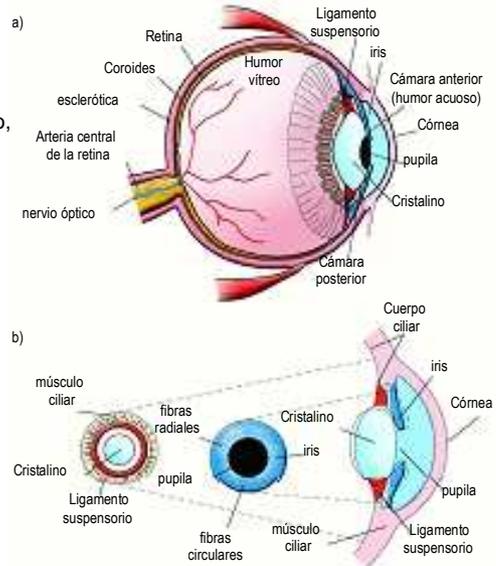


Fig. 14. a) Estructura anatómica del ojo; b) esquema de la córnea, iris, pupila y cristalino con sus estructuras anejas.

Capas o tunicas	Partes que comprende	Funciones
Túnica fibrosa (externa)	<ul style="list-style-type: none"> • La córnea. Es la parte anterior del globo ocular, formada por tejido conectivo vascular. Es transparente y convexa. • La esclerótica. Es la parte posterior de la capa externa. Está formada por fibras elásticas y colágenas densas, que sostienen y protegen el ojo. Es opaca y visible en su parte anterior a través de la conjuntiva. En ella se insertan los nervios oculares. 	Protección del ojo
Túnica vascular (media o úvea)	<ul style="list-style-type: none"> • La coroides. Es una capa delgada de tejido conectivo pigmentado y muy vascularizado. Absorbe la luz evitando que se refleje a través de la retina. • Cuerpo ciliar. Engrosamiento localizado en la parte anterior del ojo, une la coroides con el iris y contiene el músculo ciliar y los procesos ciliares que sostienen el cristalino a través del ligamento suspensorio o zónula. • El iris. Es la parte más anterior. Está formado por fibras musculares lisas, dispuestas de forma circular y radiada que delimitan la pupila. Divide el espacio existente entre córnea y cristalino en cámara anterior y posterior del ojo. 	Irrigación del ojo
Túnica interna (retina)	<ul style="list-style-type: none"> • La retina está formada por un estrato externo pigmentado y adherido a la coroides, y un estrato interno, o cerebral transparente, compuesto por nueve capas de epitelio sensitivo, que incluyen los conos (visión diurna), que contienen pigmentos de color (rojo, verde y azul), y los bastones (visión nocturna), o células fotorreceptoras. • La papila óptica o punto ciego. Es la zona que carece de fotorreceptores. La mácula o mancha amarilla es la zona pigmentada situada en el lado temporal de la papila, que presenta una depresión o fovea. 	Recepción de los estímulos visuales (visión)

Tabla 11. Estructura anatómica del ojo.

Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Anatomía y fisiología de los órganos de los sentidos



- **Cámara anterior y cámara posterior:** espacios que se comunican a través de la pupila y que están llenos de líquido (humor acuoso) formado en los procesos ciliares. La cámara anterior se localiza entre la parte posterior de la córnea y la anterior del iris. La cámara posterior está situada entre la parte posterior del iris y la anterior del *cris-talino*.
- **Cristalino:** es una lente biconvexa transparente, formada por proteínas. Se localiza entre la cámara posterior y la *cavidad vítrea* y se sostiene por el ligamento suspensorio, o zónula del cuerpo ciliar.
- **Cavidad vítrea:** es una cavidad comprendida entre la parte posterior del cristalino y la anterior de la retina. Contiene una sustancia transparente gelatinosa (humor vítreo).
- **Estructuras accesorias:** son las cejas, las pestañas, los párpados, la conjuntiva, el aparato lacrimal y los músculos oculares, encargados de proteger el ojo (órgano de la visión).

El oído

Es el órgano receptor del sonido (Fig. 15). Se divide en oído *externo*, *medio* e *interno*.

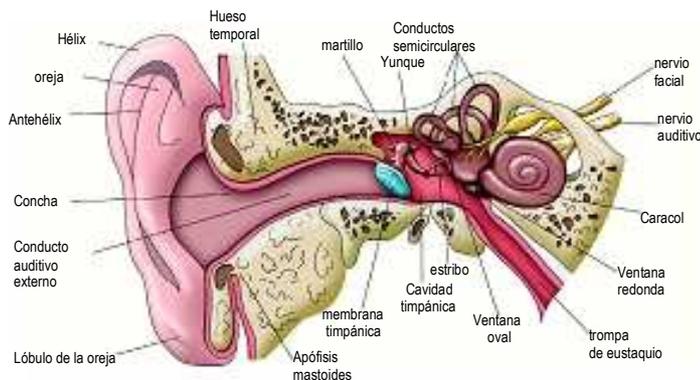


Fig. 15. Estructura anatómica del oído.

El olfato y el gusto

Los receptores del sentido del olfato

Se localizan, dentro de cada fosa nasal, en la mucosa de los cornetes superiores que está cubierta por epitelio olfativo ciliado, y en las zonas adyacentes del tabique nasal. Las células de este epitelio son neuronas olfatorias que pasan a través del hueso etmoides, llevan el impulso sensorial hasta el bulbo olfatorio situado por encima de cada fosa nasal, y desde aquí hasta la corteza cerebral a través del nervio olfatorio.

Oído externo

Consta de dos partes:

- **La oreja o pabellón auricular.** Es un amazón cartilaginoso cubierto por la piel y unido a los huesos subyacentes mediante ligamentos.
- **Conducto auditivo externo.** Se extiende desde el pabellón auricular hasta la membrana timpánica. Está tapizado por piel, pelos, glándulas sebáceas y cerumen.

Oído medio

Es una cavidad excavada en el hueso temporal y revestida por una membrana mucosa. A través del conducto timpánico se comunica con las celdillas mastoides del hueso temporal y mediante la trompa de Eustaquio con la nasofaringe.

En su interior encierra una cadena de huesecillos (**martillo**, **yunque** y **estribo**) que conectan la membrana timpánica del oído externo (martillo) con la membrana oval del oído interno (estribo) transmitiendo el sonido.

Oído interno

Se sitúa en la porción petrosa del hueso temporal y contiene los órganos de la audición y del equilibrio. Se compone de dos partes (Fig. 16):

- **Laberinto óseo**, constituido por varias cavidades:
 - Los conductos semicirculares (superior, posterior y externo) que presentan un ensanchamiento o ampolla.
 - El vestíbulo o porción central, localizado inmediatamente por dentro de la cavidad timpánica.
 - El caracol o conducto helicoidal contiene la perilinfa y está formado por tres cámaras: la rampa timpánica, la rampa vestibular y el conducto coclear.
- **Laberinto membranoso.** Es un sistema de conductos comunicados entre sí, que se localiza por dentro del laberinto óseo. Formado por:
 - Los conductos semicirculares (dentro de los óseos).
 - El utrículo y el sáculo (dentro del vestíbulo).
 - El conducto coclear (dentro del caracol). En su interior se encuentran la endolinfa y el órgano de Corti (sentido de la audición).

Tabla 12. El oído: estructura anatómica.



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Anatomía y fisiología de los órganos de los sentidos

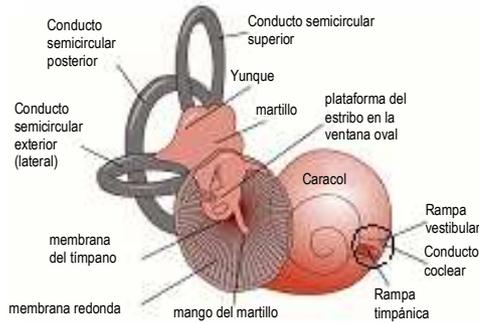


Fig. 16. Componentes del oído interno: laberinto óseo y laberinto membranoso.

• Los receptores del sentido del gusto

Están localizados en los botones gustativos de la lengua, paladar duro y blando, epiglotis y faringe. Cada botón gustativo (papila) contiene células inervadas por una neurona aferente. Teniendo en cuenta la ubicación de los receptores de la lengua se pueden distinguir cuatro sensaciones gustativas primarias (sabores primarios): lo dulce en el extremo (punta), lo salado en el extremo y los laterales, lo ácido en los laterales y lo amargo en la parte posterior (Fig. 20).

El tacto

Los receptores del sentido del tacto se reparten en toda la superficie del tejido epitelial (Unidad 4).



Existen varios tipos de receptores del tacto: unos identifican la presión que ejerce un objeto sobre la piel, otros la forma del objeto y otros la pérdida o ganancia de calor. Los receptores del dolor pueden estar solos o asociados a los del tacto.

B Fisiología

Fisiología de la visión



Para que exista visión es necesario que se produzca un proceso consistente en la formación en la retina de una **imagen virtual**, por medio del estímulo de los receptores localizados en los conos y los bastones, y la conducción de los impulsos nerviosos resultantes a las áreas visuales de la corteza cerebral.

En la formación de la imagen en la retina intervienen varios procesos (Fig. 17):

- **El fenómeno de refracción:** por el que los rayos luminosos cambian de dirección, al pasar de una zona del ojo a otra con características ópticas diferentes, y convergen en la retina, donde se forma una imagen invertida.
- **La acomodación o abombamiento del cristalino:** que facilita la refracción y la formación de la imagen en la retina, alterando su grado de curvatura.
- **La contracción y dilatación de los músculos del iris:** en función de la luminosidad existente, lo que provoca una disminución o un aumento de la pupila para conseguir la formación de imágenes nítidas.
- **La convergencia de ambos ojos** sobre el objeto visualizado, ajustándose a la distancia en que se encuentra.

• Estimulación de la retina

Cuando los estímulos luminosos llegan a la retina, los productos químicos de los conos y los bastones se descomponen, dando lugar a una excitación de las fibras del nervio óptico. El componente químico de los bastones es la rodopsina, mientras que los conos tienen tres pigmentos diferentes.

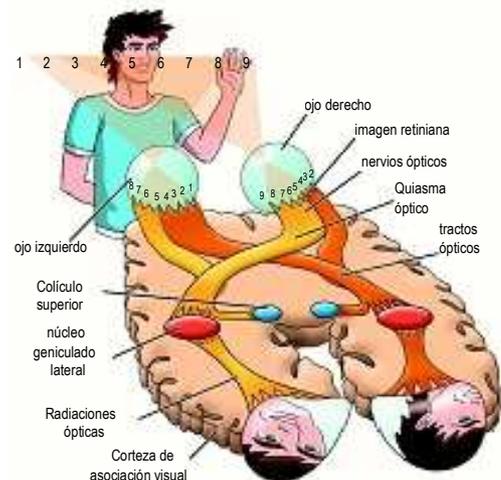


Fig. 17. Proceso de formación de las imágenes en la retina.

Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Anatomía y fisiología de los órganos de los sentidos



• Conducción de los estímulos nerviosos

Cuando los estímulos luminosos llegan a los conos y los bastones de la retina, se transforman en impulsos nerviosos, que son transmitidos por el nervio óptico de cada ojo y llegan al *área visual cerebral (lóbulo occipital)*.

Los nervios ópticos se unen a través del quiasma óptico y forman las cintillas ópticas, de tal forma que las fibras de la retina nasal de cada ojo se entrecruzan, mientras las fibras de la retina temporal permanecen en su lado correspondiente formando las cintillas ópticas (Fig. 17).

- *Cintilla derecha*: contiene fibras de la zona temporal de la retina derecha y fibras de zona nasal de la retina izquierda.
- *Cintilla izquierda*: contiene fibras de la zona temporal de la retina izquierda y fibras de la zona nasal de la retina derecha.

Cuando los rayos luminosos llegan a los bastones, la rodopsina se transforma en luminorrodopsina y metarrodopsina. La metarrodopsina es muy inestable

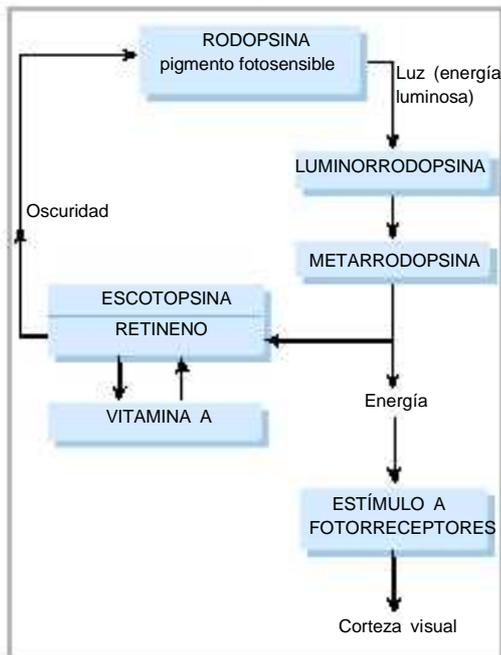


Tabla 13. Ciclo de rodopsina.

convirtiéndose, a su vez, en escotopsina y retineno, el cual se transforma en vitamina A, y viceversa.

La escotopsina y el retineno en la oscuridad dan lugar a la rodopsina, que de nuevo está lista para repetir el ciclo. Los conos actúan de la misma manera que los bastones, pero en su ciclo la rodopsina se sustituye por la yodopsina y la escotopsina por fopsina (Tabla 13).

• Fisiología de la audición y el equilibrio

El oído colabora de forma directa en los procesos de la audición (Fig. 18) y del equilibrio.

- **Audición**: las ondas sonoras que llegan al pabellón auricular son conducidas, a través del conducto auditivo externo, hasta la membrana del tímpano, con la que chocan, haciéndola vibrar. Estas vibraciones producen un movimiento que se transmite por toda la cadena de huesecillos hasta la ventana oval, que protruye hacia el oído interno, y altera la perilinfa de la rampa vestibular del caracol.

A través de la perilinfa, el estímulo sonoro se transmite a la endolinfa, y de ésta al órgano de Corti y a la membrana basilar. De este modo se excitan las terminaciones nerviosas de las células ciliadas, que conducen el impulso a través del nervio acústico hasta el área auditiva en el lóbulo temporal del cerebro.

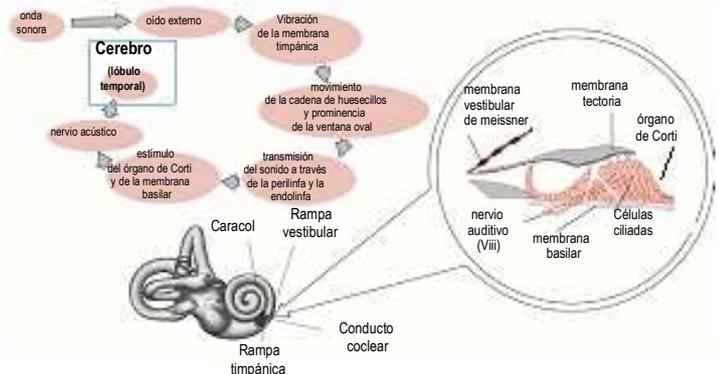


Fig. 18. Esquema del proceso de la audición.



Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Patología más frecuente de los órganos de los sentidos

- **Equilibrio:** cuando movemos la cabeza en una dirección determinada, se estimulan los receptores nerviosos localizados en las células ciliadas del utrículo, del sáculo y de los conductos semicirculares. Pero la endolinfa del sistema vestibular tiende a conservar su posición original en el espacio, por lo que ejerce una presión en dirección opuesta sobre las células ciliadas, estimulándolas. Estos estímulos se dirigen a través de los nervios vestibulares hasta el SNC.



Fisiología del gusto

Los receptores del gusto residen en los pliegues de las membranas de las células gustativas, que, estimuladas por el contacto con sustancias en disolución, provocan alteraciones de dichas membranas. De este modo se produce un cambio en el potencial eléctrico y se generan impulsos que se transmiten a través de las fibras nerviosas del gusto hasta el cerebro y de esta forma se indentifica cada sabor.



Fisiología de la olfacción

Para que las células olfatorias se estimulen, las sustancias que penetran a través de las fosas nasales deben ser:

- Volátiles para que entren fácilmente por la ventana nasal.
- Ligeramente solubles en agua para que atraviesen el moco hacia las células olfatorias.
- Solubles en lípidos para que atraviesen los pelos olfatorios y las células lipídicas.

El estímulo olfatorio sólo se produce si el aire penetra en las fosas nasales y hace reaccionar a las células olfatorias que inician y transmiten el impulso nervioso a través del nervio olfatorio hasta el cerebro, encargado de elaborar la respuesta adecuada.

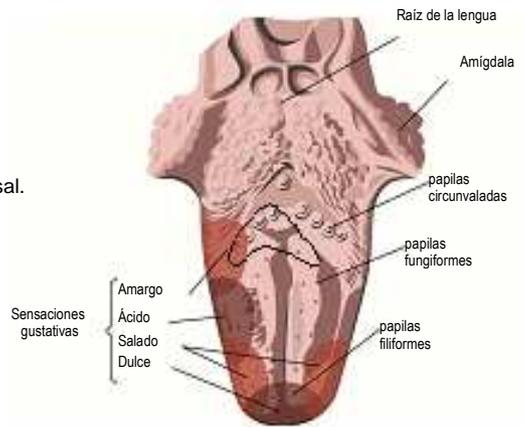


Fig. 19. Distribución en la lengua de las papilas y sensaciones gustativas.

7. Patología más frecuente de los órganos de los sentidos

A Ojos

Catarata

Es la opacidad del cristalino, que puede deberse a multitud de causas, aunque las más frecuentes son las de carácter senil. El cristalino presenta edema, alteración de las proteínas y necrosis. Cursa con alteraciones de la visión, síntoma que, a medida que evoluciona la enfermedad, va haciéndose más perceptible, hasta llegar, incluso, a la ceguera. Presenta una evolución a largo plazo y sólo se corrige con cirugía.



Fig. 20. Ojo con una catarata.

Sistema neuroendocrino y órganos de los sentidos

Patología más frecuente de los órganos de los sentidos



Desprendimiento de retina

Es una alteración del sistema de fijación de la retina producida principalmente por:

- La existencia de agujeros retinianos.
- El paso de líquido de la cavidad vítrea a través del orificio retiniano.
- Traumatismos o fuerzas capaces de romper la unión entre la retina y el epitelio pigmentario, permitiendo así el paso de líquido a la parte posterior de la retina y provocando su desprendimiento.

Cursa con alteración de la visión, percepción de destellos luminosos u objetos flotantes, oscurecimiento parcial del campo visual, visión borrosa y disminución de la agudeza visual, sin existencia de dolor. Los síntomas aumentan o disminuyen en función del grado de desprendimiento.

Conjuntivitis

Es una inflamación de la conjuntiva ocular producida por infecciones, traumatismos o problemas alérgicos. Generalmente cursa con irritación bilateral, enrojecimiento, dolor, edema palpebral y, a veces, secreción purulenta.

Glaucoma

Es el aumento de la presión intraocular, debido a una serie de patologías que producen degeneración de la papila óptica y defectos en el campo visual de carácter bilateral. Suele aparecer en personas mayores y cursa con dolor intenso (que se inicia en un ojo y se irradia a la cabeza), alteraciones visuales (desde visión borrosa hasta ceguera total), edema corneal, pupila moderadamente dilatada y, en ocasiones, se acompaña de náuseas y vómitos.

B Oído

Sordera

Es una alteración de la audición que puede deberse a una gran diversidad de patologías. En función del lugar donde se produce la lesión, pueden diferenciarse tres grandes grupos:

- **Sordera de transmisión:** cuando la lesión afecta al oído externo, medio y ventanas laberínticas.

- **Sordera de percepción:** si la lesión afecta al oído interno y vías nerviosas.
- **Sorderas mixtas:** si la lesión afecta al oído de forma general, como ocurre con las otitis, alteraciones vasculotensionales, neuritis, alteraciones emocionales, etcétera.

Otitis

Es la inflamación localizada en el oído medio, se debe a una falta de adaptación del sistema de defensa de las mucosas respiratorias, del cual depende el oído medio. Es más frecuente en niños y cursa con dolor de tipo pulsátil que se irradia a la cabeza, inflamación de carácter exudativo que a veces produce perforación del tímpano, fiebre y sordera de transmisión.

Síndrome de Ménière

Es una alteración del laberinto, debida a causas vasculotensionales, que produce sordera, acúfenos y vértigos. El cuadro clínico difiere de unos enfermos a otros. En algunos casos cursa con zumbidos ligeros y permanentes, cierto grado de sordera y vértigos paroxísticos; en otros, los vértigos son tan intensos que el paciente no puede mantener la verticalidad, y además hay vómitos, diarrea, palidez, bradicardia y nistagmo. Pasado el acceso, queda cierta inseguridad postural, con vacilación en la marcha y en los cambios de posición.



Los **trastornos** en la percepción de estímulos nerviosos, que afectan a los órganos sensitivos de **gusto, olfato y tacto**, se deben, generalmente, a alteraciones en:

- Los receptores sensitivos.
- La transmisión de los impulsos nerviosos, debidos a trastornos del SNP.
- La recepción del estímulo, por trastornos del SNC.

