



Cuarto Semestre

Anatomía y fisiología

Unidad 3

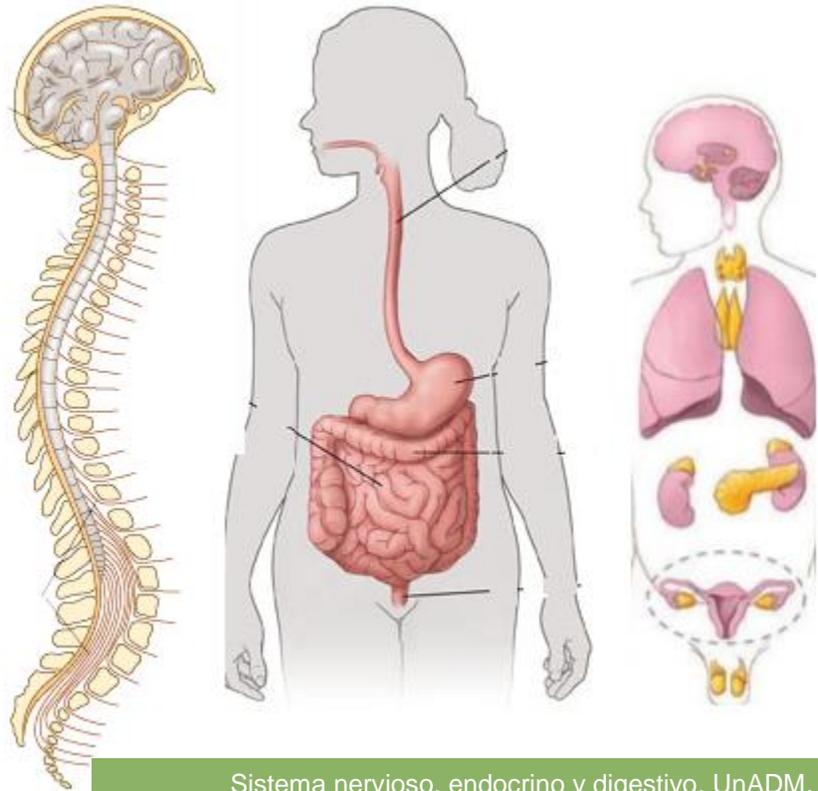
Anatomía y fisiología de
sistemas complejos

Programa desarrollado





Anatomía y fisiología de sistemas complejos





Índice

Introducción.....	3
Competencia específica	6
Logros	6
3.1 Sistema endocrino.....	8
3.1.1 Glándulas de secreción interna (endocrinas) y de secreción externa (exocrinas)	9
3.1.2 Anatomía y fisiología de las glándulas de secreción interna	16
3.2 Sistema nervioso.....	40
3.2.1 Sistema nervioso central	41
3.2.2 Sistema nervioso periférico	62
3.2.3 Fisiología del sistema nervioso	87
3.3 Sistema digestivo	95
3.3.1 Tubo digestivo alto	99
3.3.2 Tubo digestivo bajo	108
3.3.3 Órganos anexos	117
3.3.4 Etapas del proceso digestivo	127
Cierre de la unidad	131
Para saber más	133
Fuentes de consulta	134



Introducción

La *Unidad 3. Anatomía y fisiología de sistemas complejos* se compone de tres grandes tópicos que se centran en el sistema endócrino, el sistema nervioso y el sistema digestivo.

El organismo, ante la necesidad de tener una comunicación entre sus diferentes conjuntos celulares, se vale de diferentes medios para comunicarse.

Por un lado, el **sistema nervioso** a través de las uniones intercelulares comunicantes y los nervios con la liberación de neurotransmisores, mantienen una comunicación constante a nivel celular; por otro lado, **el sistema endocrino** se suma a esta tarea a través de dos acciones principales:

- 1) Secreción paracrina de las células que lo compone, que difunden a los tejidos cercanos ocasionando su estimulación.
- 2) Hormonas que son los mensajeros químicos que por medio de su transporte en el torrente sanguíneo se difunden al resto del organismo.

Por su parte, el **sistema endocrino se relaciona estrechamente con el sistema nervioso**, por lo general complementando sus acciones sin duplicar funciones. Se puede decir que el sistema que da una respuesta a corto plazo es asumido por el sistema nervioso, mientras que el sistema endocrino toma un rol de estimulación a largo plazo.

Los órganos endocrinos son glándulas que producen hormonas, esta secreción se denomina secreción interna (endocrina) y es opuesta a la secreción de las glándulas exocrinas cuyo producto se vierte en conductos excretores que lo conducen a superficies externas o a cavidades que se comunican con el exterior.

Si se regionaliza en el organismo la localización de cada una de las principales glándulas que integran este sistema se puede hablar de (Latarjet, 2011):

- Cabeza: hipófisis y glándula pineal.
- Cuello: tiroides y paratiroides.
- Abdomen: páncreas.
- Lumbar: suprarrenales.
- Genitales: testículos y ovarios.

A lo largo de esta unidad se hará una revisión sobre la anatomía de cada una de las glándulas que lo integran para posteriormente desglosar la fisiología que compete a cada una. Aspectos relevantes por las alteraciones que, por su mal funcionamiento en determinadas situaciones por afectaciones nutricias, condicionan patologías a este nivel.



También estudiarás las generalidades del tejido glandular que es el tejido que conforma a todas las glándulas.

En un segundo tema de la unidad se abordará al **sistema nervioso**, el cual posee gran complejidad dentro del organismo. Este sistema se considera como la base de la personalidad, experiencia consciente y comportamiento humano dado que permite responder a los estímulos externos por medio de los sentidos.

El sistema nervioso es uno de los sistemas encargados de mantener la coordinación interna y con ello la homeostasis a través de impulsos eléctricos y químicos transmitiendo mensajes con rapidez de una célula a otra.

Tomando en consideración lo anterior, en esta unidad se revisará el sistema nervioso que por su complejidad se ha dividido para su estudio en la anatomía y fisiología del sistema nervioso central (SNC) y del sistema nervioso periférico (SNP) y los órganos de los sentidos (visión, tacto, oído, olfato y gusto), así como el centro que regula el hambre, la saciedad y el papel de los neurotransmisores.

Por otro lado, para que el ser humano cumpla sus funciones vitales es necesario aprovechar todos los nutrientes que los alimentos brindan, por lo tanto se debe conocer el sistema digestivo compuesto por el tracto digestivo que funciona como una serie de órganos huecos como si fuera una tubería.

Es por ello que cuando ingieres un alimento comienzan el proceso de masticación, mientras que la lengua y la saliva lo van convirtiendo en un bolo para tragarlo; el sistema digestivo que se encarga de descomponerlo y clasificarlo de acuerdo a su composición (proteínas, carbohidratos, grasa, vitaminas y minerales), que en trabajo conjunto con diversos órganos transforman los nutrientes de los alimentos en sustancias más sencillas para que puedan ser absorbidas y llegar a todas las células del organismo.

Los órganos que conforman el sistema digestivo son cavidad bucal, faringe, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso que por su ubicación y para su posterior estudio se dividirá en tubo digestivo alto y bajo.

Participan también los conocidos como órganos anexos y glándulas accesorias. Entre los órganos anexos se encuentran: lengua, piezas dentarias, vesícula biliar y apéndice vermiforme. Mientras que las glándulas accesorias se dividen en salivales, hígado y páncreas.

Conocerás más sobre el sistema digestivo a lo largo de la unidad.



La unidad 3 está estructurada de la siguiente manera:

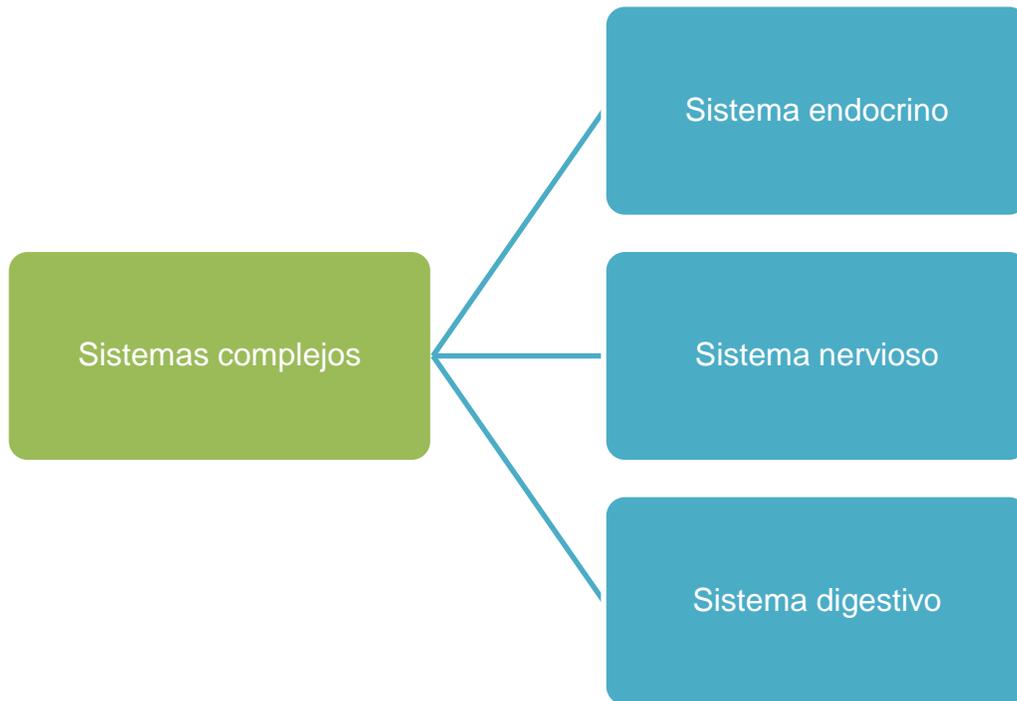


Figura 1. Estructura de la unidad 3.



Competencia específica



Describe la anatomía y fisiología del sistema endocrino, nervioso y digestivo para reconocer sus características y funciones en condiciones de normalidad mediante representaciones y modelos anatómicos.

Logros

- 1** **Identifica** el proceso de digestión de los alimentos.
- 2** **Revisa** los tipos de tejido glandular.
- 3** **Distingue** las glándulas de secreción interna y externa.
- 4** **Reconoce** los órganos y las hormonas del sistema endócrino.
- 5** **Identifica** las estructuras y funciones del sistema nervioso.
- 6** **Describe** los órganos sensoriales.



7 **Analiza** la influencia de los neurotransmisores en la alimentación.

8 **Asocia** el hipotálamo y el control del hambre y saciedad.

9 **Reconoce** las estructuras que forman parte del tubo digestivo alto y bajo.

10 **Describe** las funciones de cada órgano del sistema digestivo.



3.1 Sistema endocrino

Para comprender mejor este sistema, se recuerda que en la Unidad 1. *Generalidades de la anatomía y fisiología* se estudió la organización por niveles, en donde revisaste las células que se requieren para formar tejidos, mismos que formarán órganos y estos a su vez aparatos y sistemas para finalmente conformar al cuerpo humano. En el estudio del sistema endocrino es preciso hablar del tipo de células que conforman a una glándula, por lo que a continuación se describe el **tejido glandular**.

El tejido glandular se conforma de células epiteliales especializadas (epitelio glandular) con la particularidad de sintetizar y secretar productos específicos como son hormonas, lágrimas, saliva, moco, etc. Tomando en consideración la forma en que sus productos son secretados o distribuidos en el organismo, se puede clasificar a las glándulas en:

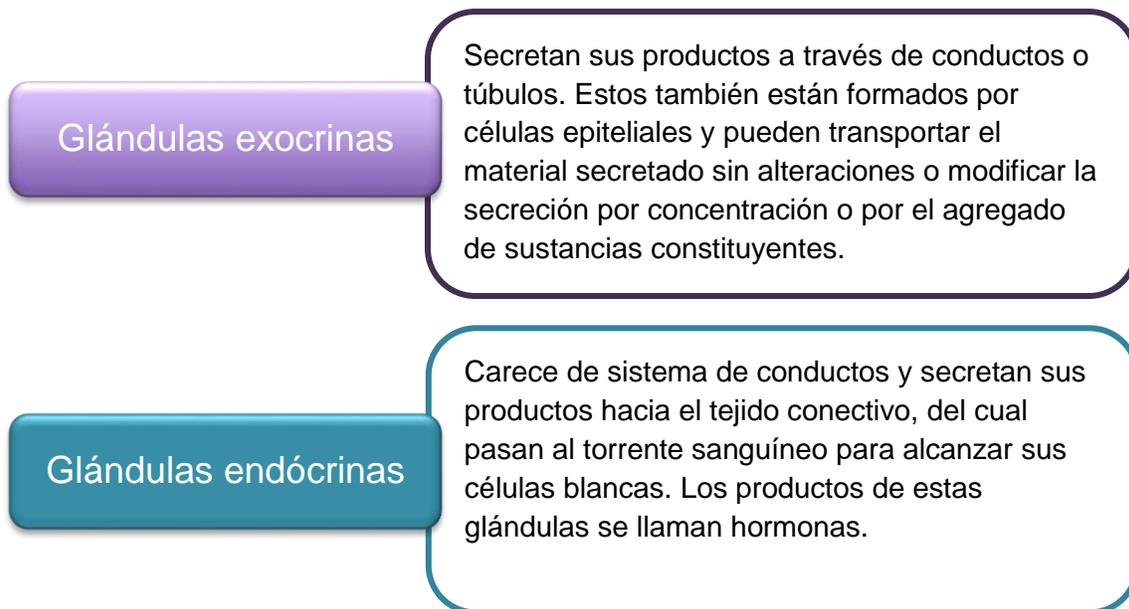


Figura 2. Glándulas exocrinas y endocrinas

Es preciso comentar que algunas células individuales de ciertos epitelios secretan una sustancia que no llega hasta el torrente sanguíneo, pero tiene efecto sobre otras células del mismo epitelio. Esta actividad secretora se denomina **secreción paracrina** (Ross, 2007).

Existen diversos criterios para clasificar a las glándulas en general: (Montalvo, 2010):

- Dependiendo hacia dónde vierten su producto de secreción.
- Por el número de células que constituyen la unidad secretora.



- c) Por la forma de las unidades secretoras.
- d) Por el número de las unidades glandulares.
- e) Por el número de conductos y de unidades secretoras.
- f) Por la naturaleza o calidad del producto sintetizado y secretado.
- g) De acuerdo a la manera como se vierte el producto de secreción fuera de la célula.

Los productos que secreta cada glándula son tan diversos como diversas son las funciones del cuerpo humano. A continuación, se presentan las glándulas de secreción interna (endócrinas) y de secreción externa (exocrinas).

3.1.1 Glándulas de secreción interna (endocrinas) y de secreción externa (exocrinas)

Glándulas endocrinas

Las glándulas endocrinas se diferencian de las de secreción externa o exocrinas por dos características estructurales básicas comunes entre todas ellas:

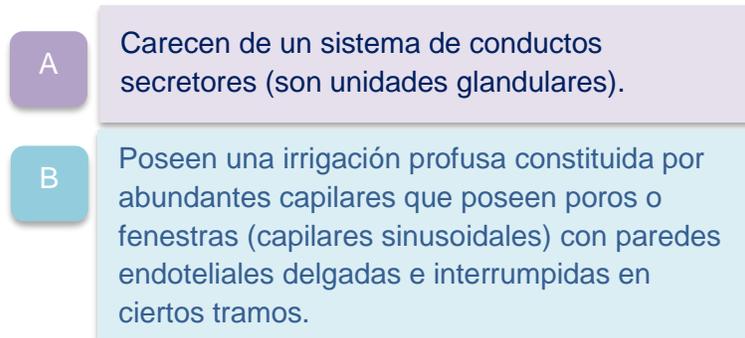


Figura 2. Diferencias de las glándulas de secreción endocrina y exocrina.

Las **hormonas** son los productos que secretan las glándulas endócrinas. A diferencia de las glándulas exocrinas, las hormonas se sintetizan en pequeñas cantidades; actúan como moléculas de señal o mensajeros con la finalidad de influir (estimular o inhibir), de manera específica, sobre la actividad de otras células del organismo. Conforme a su estructura química pueden clasificarse en cuatro clases:

- *Aminas*. Derivadas de aminoácidos como tirosina y triptófano (suprarrenales, tiroides, glándula pineal).
- *Polipéptidos*. Derivas de proteínas, el gen de la hormona se transcribe al RNAm y en los ribosomas se ensambla el orden de los aminoácidos. Sus primeras cadenas sirven de señal para su almacén en el aparato de Golgi en forma de prohormona;



para su liberación en hormona se pierde esta cadena señal para liberar la hormona en su forma completa. Ejemplos de estas son la hormona antidiurética e insulina.

- *Glucoproteínas*. Constituidas por la unión de proteína con carbohidrato como la hormona latinizante.
- *Esteroides*. Formadas a partir de la síntesis del colesterol como la testosterona y progesterona.

Transportes hormonales y receptores

Las células que son influenciadas en su comportamiento funcional por las hormonas se denominan **células blanco o células diana**.

Para viajar a través del torrente sanguíneo es indispensable la solubilidad en el agua que la compone. De esta forma las aminas y péptidos no tiene problema, sin embargo las hormonas esteroideas al no ser hidrofóbicas requieren unirse a proteínas de transporte para alcanzar a estas células diana. Las principales proteínas son la albumina y globulinas. Bajo este concepto una hormona no unida a estas proteínas se llama hormona libre, mientras que la que requiere de este transporte se denomina hormona fijada. Una ventaja de esta unión es que son protegidas de la influencia de enzimas y demás proteínas de la sangre, lo que puede prolongar su vida media en días y semanas, mientras que en las hormonas libres su duración es de algunos minutos.

Para estimular a las células dianas, las hormonas se unen a una serie de estructuras proteicas o glicoproteínas localizadas en la membrana celular, citoplasma o núcleo, denominados receptores. A manera de interruptor su unión condiciona habilitar o deshabilitar diversas vías metabólicas. Estos receptores cumplen el principio de especificidad, es decir solo se une a un tipo de hormona y de saturación, la unión de una sola hormona no incrementa su acción por la adición de una nueva molécula de esta.

Las hormonas esteroideas tienen la particularidad (hidrofóbicas) de ingresar a la célula y activar los receptores del núcleo o citoplasmas o en ocasiones actuar sobre cierto gen específico, esto es debido a su capacidad de difundir a través de los fosfolípidos de la membrana celular. Por su parte, los péptidos y aminas no pueden traspasar la membrana celular por ser hidrofílicas por lo que requieren de mensajeros que se unen al receptor y llevan la información al núcleo de la célula. Los segundos mensajeros son moléculas que actúan como intermediarios entre la actividad de la sustancia hormonal y los constituyentes del núcleo (DNA) para intervenir en la producción de una respuesta.

Existen varios segundos mensajeros, uno de los más conocidos es el AMP cíclico (adenosinamonofosfato). En este caso la hormona que se liga al receptor específico penetra al citoplasma y activa una enzima, la adenilciclase, encargada de catabolizar al ATP para formar AMP cíclico. El incremento del AMP cíclico en el interior de la célula



desencadena una serie de reacciones químicas que constituyen la respuesta de la célula, al estímulo hormonal.

En otros casos el ligando se fija al receptor, cambiando su conformación química, lo que provoca, a su vez, la activación de una proteína membranal interna denominada **proteína G**. Esta proteína estimula la actividad catabólica de la adenilciclase, se genera AMP cíclico y se elabora la respuesta. La respuesta al estímulo hormonal se transcribe en determinadas regiones de las cadenas de DNA que generan RNA mensajero, los cuales traducen la orden en el citoplasma y consecuentemente la síntesis y producción de proteínas funcionales de la célula (Montalvo, 2010).

Amplificación y modulación hormonal

El fenómeno de amplificación hormonal se refiere al hecho de que pequeñas cantidades de hormona producen una gran respuesta en los receptores y en consecuencia en la célula blanda. El ejemplo sería que una sola molécula de determinada hormona puede condicionar la producción de 1000 moléculas de AMP cíclico. Con esto, un estímulo pequeño genera una respuesta importante en la célula blanco.

La modulación hormonal hace hincapié en la posibilidad que tiene la célula blanco de disminuir su sensibilidad a un efecto hormonal con el simple hecho de disminuir su número de receptores. Esto resulta en ocasiones ante la exposición por tiempo prolongado a un tipo de hormona en específicos.

Glándulas exocrinas

En las glándulas de secreción externa o exocrinas (glándulas lagrimales, salivales, sebáceas, sudoríparas, etc.) se reconocen dos secciones: la **unidad secretora** o **adenómero** que es el lugar en donde se elabora el producto de secreción (puede haber una sola unidad secretora o varias) y el **conducto excretor**, cuya función consiste en el transporte del producto de secreción elaborado en la(s) unidad(es) secretora(s), hacia la superficie en donde ha de ser liberada para cumplir una función dada.

La ubicación de las glándulas exocrinas es diversa, pues las encuentras en muchos órganos y sistemas del cuerpo humano, por ejemplo en el sistema tegumentario (glándulas sebáceas, sudoríparas), sistema ocular (glándula lagrimal) sistema respiratorio (células caliciformes), sistema digestivo (estómago, intestino, páncreas en su porción exocrina), sistema urogenital (glándulas bulbouretrales, próstata y mamas), por citar algunas.

Las glándulas exocrinas son órganos que elaboran una buena cantidad de su producto de secreción al día. Estas glándulas se clasifican teniendo en cuenta diferentes aspectos: ramificaciones del conducto excretor, forma de las unidades secretoras, tipo de producto secretado y la manera cómo libera su secreción.



Las glándulas exocrinas se clasifican de acuerdo con las **ramificaciones del conducto excretor** en compuestas o simples.

Compuestas	Tienen el conducto excretor muy ramificado, ejemplos: glándulas salivares mayores, parótida, submaxilares y sublinguales.
Simples	El conducto excretor no se encuentra ramificado, ejemplos: glándulas sudoríparas o las glándulas parauretrales.

Figura 3. Clasificación de las glándulas exocrinas.

Según la **forma de las unidades secretoras**, las glándulas exocrinas pueden ser tubulares y acinosas.

Tubulares	<ul style="list-style-type: none"> Tienen unidades secretoras en forma de tubo o cilindro. Ejemplo: glándulas intestinales o criptas de Lieberkühn.
Acinosas	<ul style="list-style-type: none"> Hacen referencia a una forma redondeada de sus unidades secretoras. Ejemplos: porción exocrina del páncreas o las diferentes glándulas salivales.

Figura 4. Tipos de glándulas exocrinas (tubulares y acinosas).

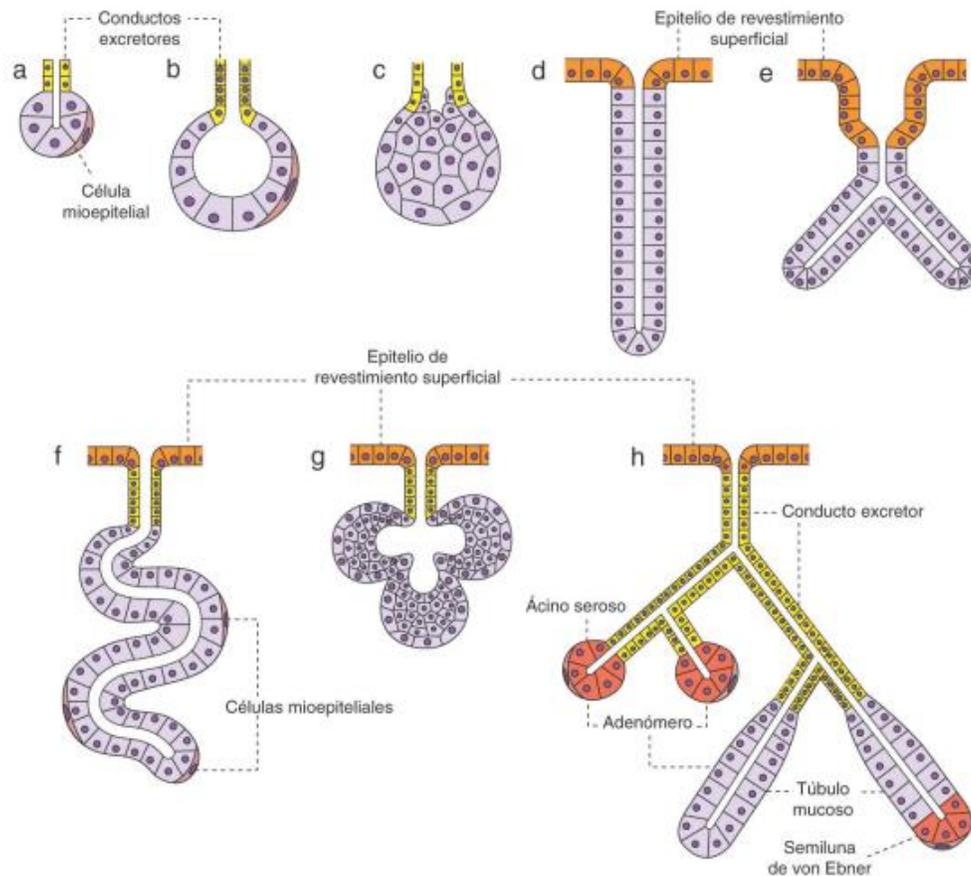
Se han planteado otras categorías dentro de esta clasificación de las glándulas exocrinas, como son la disposición alveolar y la disposición sacular; esta clasificación se puede complementar si la unidad secretora se encuentra recta, enrollada, ramificada o no ramificada (Cediel, 2009).

En el siguiente esquema se observan las glándulas tubulares y acinosas en el siguiente orden:

- **(a-c)** Tipos de adenómeros (adenómeros en violeta, conductos secretores en amarillo). a) Ácino, b) Alvéolo, c) Alvéolo cuya luz está llena de células epiteliales glandulares (glándula sebácea).
- **(d-h)** Tipos de glándulas exocrinas. d) Glándula tubular simple sin conducto excretor propio (criptas del colon), e) Glándula tubular ramificada sin conducto



excretor propio (glándulas pilóricas), f) Glándula tubular simple con conducto excretor propio (glándula sudorípara ecrina), g) Glándula alveolar ramificada con conducto excretor propio (glándula sebácea), h) Glándula tubuloacinoso mixta compuesta, conducto excretor ramificado; izquierda: porción glandular con ácidos; derecha: porción glandular con túbulos; en el extremo del túbulo de la derecha hay una semiluna de von Ebner (ácino modificado).



© Editorial Médica Panamericana
Todos los derechos reservados

Figura 5. Glándulas exocrinas.



Los ácinos son serosos mientras que los túbulos son mucosos.

Cuando se considera la **naturaleza del producto secretado**, las glándulas exocrinas pueden ser serosas, mucosas y mixtas.

Serosas	Elaboran un producto muy fluido con una densidad similar a la del agua, por ejemplo el páncreas exocrino y la glándula parótida.
Mucosas	Producen una secreción densa, por la presencia de gran cantidad de glicoproteínas, por ejemplo la célula caliciforme que es un tipo de glándula unicelular.
Mixtas	Fabrican un producto de secreción que es una mezcla serosa y mucosa, por ejemplo las glándulas salivares submaxilares y sublinguales.

Figura 6. Glándula exocrina puede ser serosas, mucosas y mixtas.

Finalmente, las **glándulas exocrinas** pueden ser merocrinas, apocrinas u holocrinas de acuerdo a **cómo es secretado el producto de la glándula** (Cediel, 2009):

Merocrinas	Liberan el producto de secreción sin pérdida del citoplasma en la misma, por ejemplo el páncreas exocrino.
Apocrinas	Liberan su producto de secreción con pérdida pequeña de citoplasma; dentro de ellas se encuentran las glándulas mamarias, la próstata, las glándulas ceruminosas y algunas glándulas sudoríparas.
Holocrinas	Para liberar el producto de secreción, deben perder totalmente la célula con todo el producto dentro de ella, ejemplo; glándula sebácea.

Figura 7. Glándulas exocrinas pueden ser merocrinas, apocrinas u holocrinas.

A continuación, en el siguiente esquema se observan los tipos de secreción:

- a) Merócrina ecrina (casi todas las glándulas endocrinas y exocrinas)
- b) Apocrina (glándula mamaria)
- c) Holocrina (glándulas sebáceas)

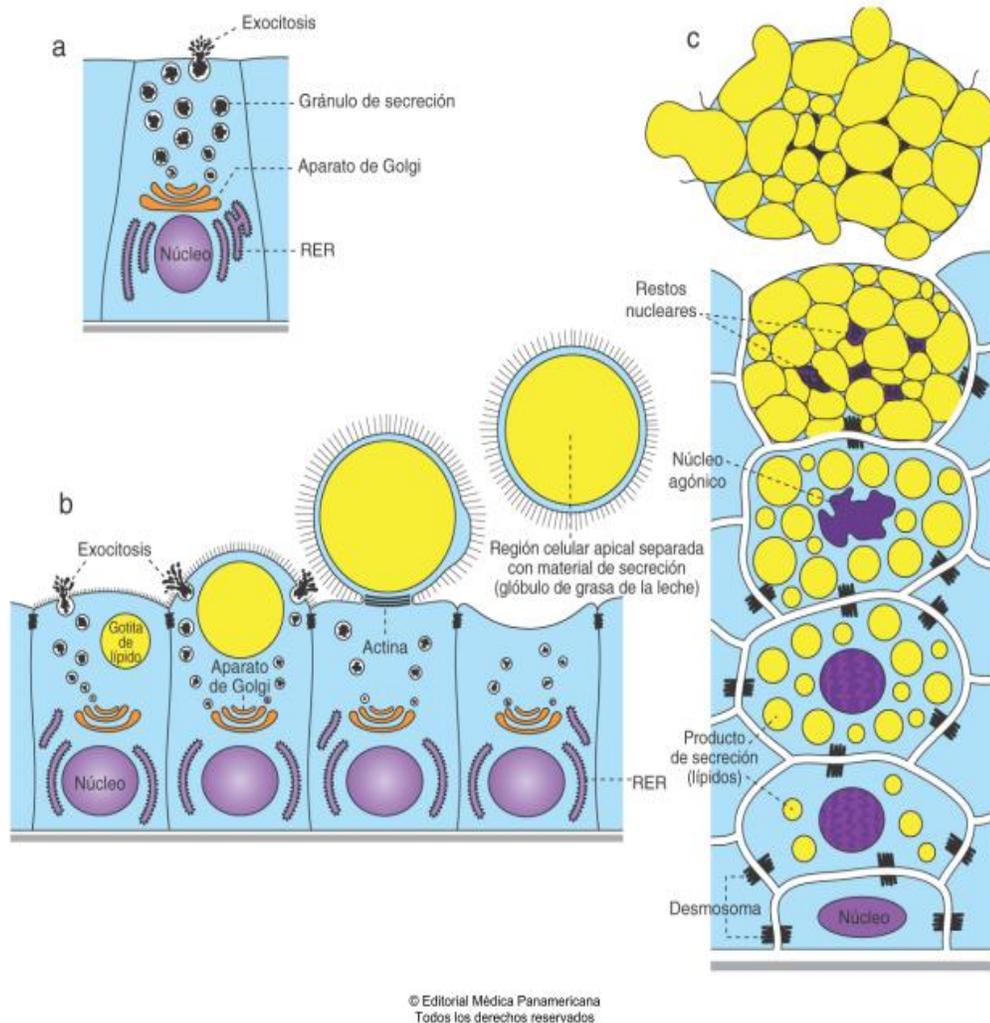


Figura 8. Tipos de secreción. Ira Forx, (2011).

El **mecanismo de secreción de las glándulas exocrinas** se realiza mediante estímulos nerviosos y endocrinos. El control nervioso de la secreción es involuntario, los impulsos nerviosos efectores se generan a través del sistema nervioso autónomo. Esto significa que la secreción salival, la sudoración o la producción de los jugos gástricos, intestinales o pancreáticos no están regidos por la voluntad.

Determinadas glándulas sintetizan y secretan sustancias por la influencia de hormonas, por ejemplo, las glándulas uterinas liberan sustancias por el estímulo de la hormona progesterona, sintetizada por el cuerpo amarillo del ovario o las unidades secretoras mamarias producen y eyectan la leche bajo la influencia hormonal de la prolactina y la oxitocina, hormonas que producidas por la hipófisis.



Existen mecanismos inhibidores de la secreción que en cierto momento deben evitar la liberación continua o indefinida del producto elaborado. Esto se obtiene mediante mecanismos de retroalimentación negativa o por la disminución o cese del estímulo externo o interno que provocó el efecto secretor.

Para reforzar y complementar lo estudiado anteriormente, observa el siguiente video:



Solorzano P. (2016). Epitelio glandular histología [Video]. Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=NMRGn4ylrTA>

Se ha concluido con la revisión de los aspectos generales en cuanto al tejido glandular y su fisiología principal. Es momento de adentrarte en cada una de las glándulas que en específicos integran al sistema endocrino.

3.1.2 Anatomía y fisiología de las glándulas de secreción interna

Como revisaste previamente, las **principales glándulas endócrinas** que integran al sistema endocrino son (Welsch, 2010):



Figura 9. Principales glándulas endócrinas.

En orden descendente acorde a su localización corporal, se revisará la anatomía y fisiología de cada una de ellas.



Hipotálamo – hipófisis

Anatomía

Es una glándula endocrina conectada a la base del cráneo por el infundíbulo. Mide de 12 a 15 mm transversal, 8mm de atrás hacia delante y 6mm manera vertical. Pesa 55 gramos, se sitúa detrás del quiasma óptico debajo del diencéfalo y del piso del tercer ventrículo, alojándose en la fosa hipofisaria de la silla turca.

Está compuesta de dos lóbulos separados entre sí por la porción intermedia de la adenohipófisis y unidos al cerebro por el infundíbulo de la neurohipófisis.

I. Neurohipófisis

De forma convexa y color gris-amarillento, comprende dos porciones:

- **Infundíbulo:** vertical y oblicua, se une al piso del tercer ventrículo y es continuación de la eminencia media del tuber cinereum. Con forma de embudo aloja al receso infundibular y se rodea de la porción tuberal de la adenohipófisis. Se continúa con el lóbulo nervioso.
- **Lóbulo nervioso:** contigua al infundíbulo es la porción nerviosa de la neurohipófisis, es aquí donde se almacena las hormonas transportadas por el tracto hipotálamo hipofisario.

II. Adenohipófisis

Parte más voluminosa y que rodea casi en su totalidad a la neurohipófisis, es de color amarillo-rojizo, compuesta de tres porciones.

- **Porción intermedia.** Delgada hoja epitelial en la parte posterior de la adenohipófisis.
- **Porción distal.** Localizada en la región anterior, de forma abultada, ricamente vascularizada, contiene células productoras de hormonas.
- **Porción tuberal.** Prolongación superior, rodea al infundíbulo y a la eminencia media, tiene una vascularidad media.

En cuanto a su vascularidad e inervación, la hipófisis recibe irrigación de ramas de la arteria carótida:



- Arteria hipofisaria superior: se dirige hacia el infundíbulo por la celda hipofisaria. Conformar una red de capilares llamada plexo primario que desciende hacia la adenohipófisis formando las capilares sinusoides del plexo secundario.
- Arteria hipofisaria inferior: procedente de la porción cavernosa de la carótida interna, perfora por el seno cavernoso y llega a la pared infrolateral de la neurohipófisis, irrigando a esta y la porción intermedia.

La irrigación venosa es por los vasos perihipofisarios eferentes que llegan al seno cavernoso y senos intercavernosos.

Observa en la siguiente figura que el lóbulo anterior está compuesto de tejido glandular y el lóbulo posterior está compuesto en su mayoría de células nerviosas y neuroglia.

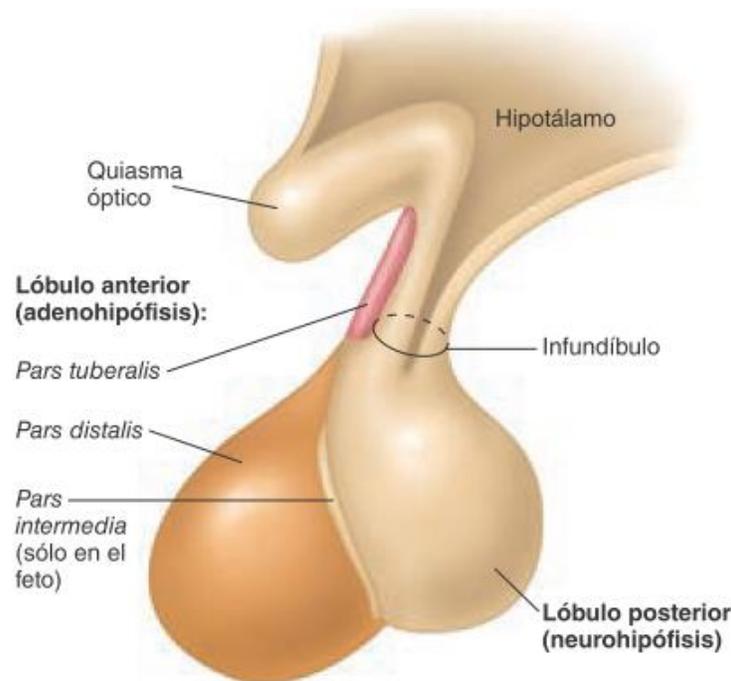


Figura 10. Estructura anatómica de la glándula hipofisaria. Ira Forx, (2011).



Fisiología

Debido a la estrecha relación con el hipotálamo, es importante conocer las hormonas que se producen en este y que serán reguladas en la hipófisis. De esta forma, se producen ocho hormonas, seis de las cuales estimulan a la adenohipófisis, mientras que dos son almacenadas en la neurohipófisis, para liberarse cuando sean requeridas. Con esto, las primeras seis son la tiroliberina, corticoliberina, gonadoliberina, somatoliberina, dopamina y somatostatina, mientras que las dos últimas son la oxitocina y vasopresina.

Hormonas de la adenohipófisis

En el lóbulo anterior de la adenohipófisis, son seis las principales hormonas secretadas:

- **Folitropina o estimulante de folículo (FSH)** se forma en las células gonadotropos, estimula en el ovario la secreción de hormonas sexuales y el desarrollo del folículo ovárico. En el hombre la formación de espermatozoides en los testículos.
- **Lutropina (LH)** en las mismas células, estimulan la ovulación en la mujer con la formación del cuerpo lúteo a partir del folículo y pueda secretar progesterona. En el hombre la secreción de testosterona.
- **Tirotropina (TSH)** hormona estimulante de la tiroides, formada en las células tirotropos, estimula el crecimiento de la glándula tiroides y la secreción de hormona tiroidea con efectos en el metabolismo corporal.
- **Corticotropina:** (ACTH) hormona adrenocorticotrópica, producida en las células corticotropos estimulan la corteza de la glándula suprarrenal para producir glucocorticoides encargada del metabolismo de la glucosa, proteínas y grasa.
- **Prolactina (PRL)** secretada por las células lactotropos en el embarazo posterior al parto estimula a la glándula mamaria para la producción de leche.
- **Somatotropina (GH)** producida por los somatotropos, estimula la mitosis y la diferenciación celular para el crecimiento del tejido de todo el cuerpo.

La parte intermedia de la adenohipófisis se encarga de la secreción de melanotropina (MSH) estimulante de los melanocitos, dando la pigmentación a la piel y cabello.

En el siguiente esquema ubicarás en color verde neuronas del hipotálamo que secretan hormonas liberadoras hacia los vasos sanguíneos del sistema porta hipotálamo-hipofisario. Estas hormonas estimulan la parte anterior de la hipófisis para que secrete sus hormonas (esferas color rosado) hacia la circulación general.

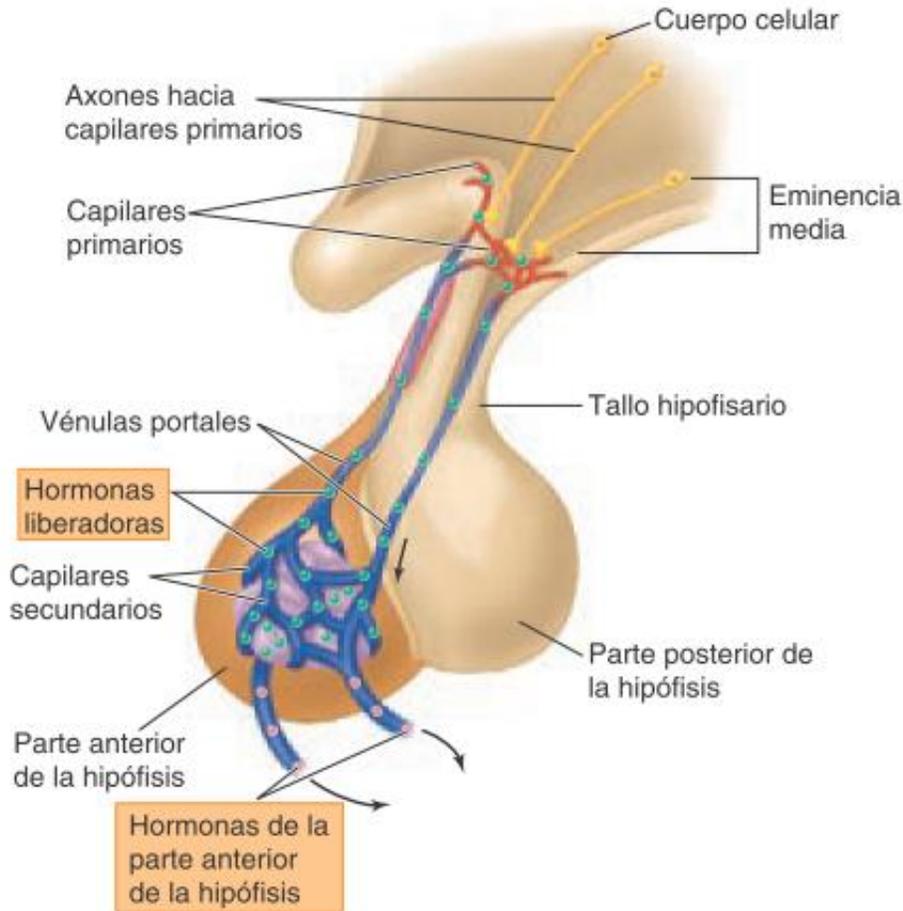


Figura 11. Control hipotalámico de la hipófisis anterior. Ira Fox, (2011).

Hormonas de la neurohipófisis

La neurohipófisis se encarga del reservorio de dos hormonas cuya producción tiene lugar en el hipotálamo, siendo liberadas bajo demanda como son:

- Vasopresina (ADH) encargada de estimular al riñón a retener agua, con la reducción del volumen urinario y con esto prevenir la deshidratación.
- Oxitocina (OT) implicada en la funcionalidad sexual, al estimular a propulsión del semen en el hombre y en la mujer la contracción uterina para el transporte de este hacia el ovulo. Durante el parto estimula las contracciones y en la lactancia favorece el flujo de leche. Finalmente, interviene en la sensación de satisfacción sexual.

En la siguiente figura se observa la parte posterior de la hipófisis, esta parte almacena y libera hormonas (vasopresina y oxitocina) que se producen en neuronas dentro del



hipotálamo. Estas hormonas se transportan hacia la parte posterior de la hipófisis mediante axones en el tracto hipotálamo-hipofisario.

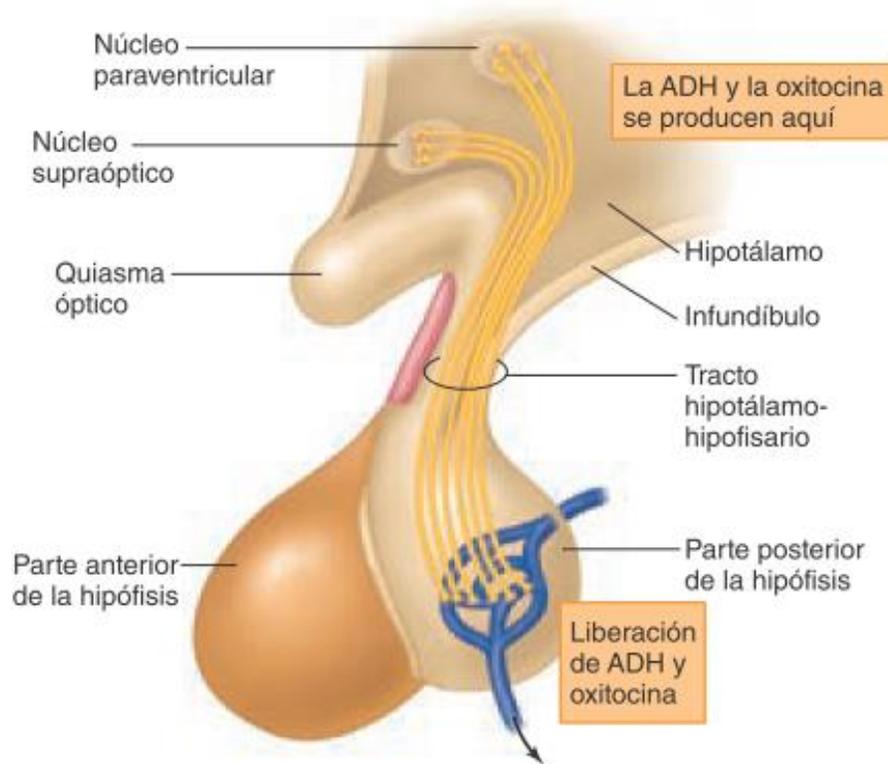


Figura 12. Control hipotalámico de la parte posterior de la hipófisis o neurohipófisis. Ira Fox, (2011).

Ahora bien, toda esta secreción hormonal no es constante, se encuentra regulada por dos momentos que actúan en su regulación:

1. Control hipotálamo cerebral. El encéfalo, por medio del hipotálamo, regula el nivel de secreción de hormonas de la adenohipófisis, esto lo hace según la necesidad del organismo a la exposición del medio ambiente. La neurohipófisis se controla mediante reflejos neuroendocrinos en respuesta a las señales del sistema nervioso; por ejemplo ante una situación de deshidratación, disminuye la osmolaridad que es detectada por los osmoreceptores, lo que activa la liberación de vasopresina.
2. Retroalimentación del órgano blanco. Es una regulación de inhibición negativa, es decir la hipófisis estimula la glándula para liberar su hormona, pero esta hormona secretada retroalimenta a la hipófisis y al hipotálamo para inhibir alguna secreción adicional.

En la siguiente figura se observa la relación del hipotálamo con la glándula hipófisis (pituitaria).

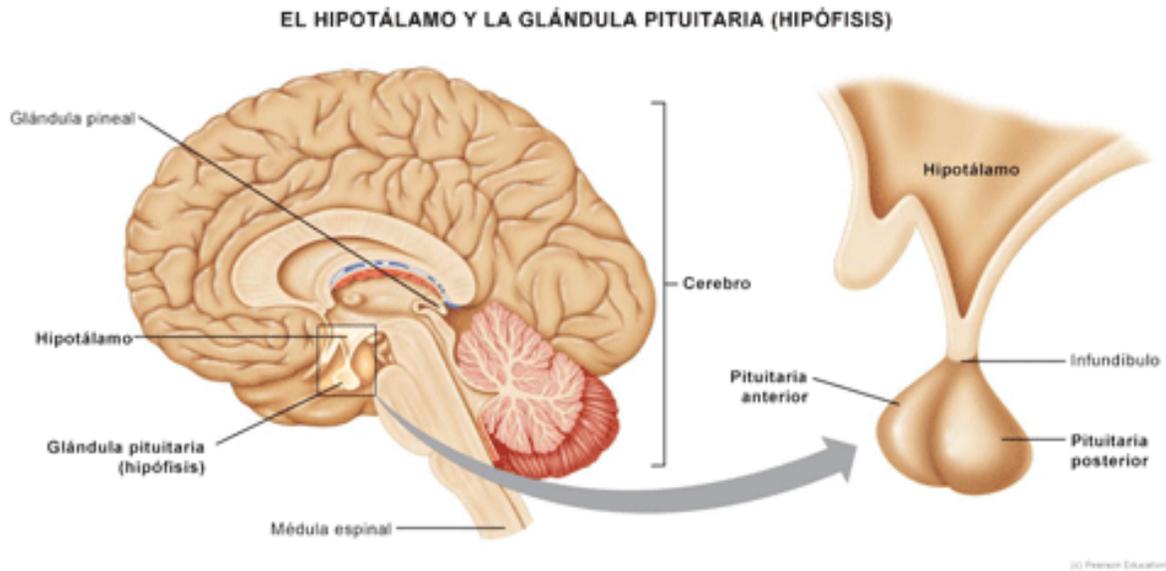


Figura 13. Relación entre hipotálamo e hipófisis. *Instituto Ingenes.*

La siguiente tabla explica de manera simplificada las hormonas que son secretadas por la hipófisis anterior:

Hormona	Tejido blanco	Acciones principales	Regulación de la secreción
ACTH (hormona adrenocorticotrópica)	Corteza suprarrenal	Estimula la secreción de glucocorticoides	Estimulada por la CRH (hormona liberadora de corticotropina); inhibida por glucocorticoides
TSH (hormona estimulante de la tiroides)	Glándula tiroides	Estimula la secreción de hormonas tiroideas	Estimulada por TRH (hormona liberadora de tirotropina); inhibida por hormonas tiroideas
GH (hormona de crecimiento)	Casi todos los tejidos	Promueve la síntesis de proteína y el crecimiento; lipólisis y glucosa aumentada en sangre	Inhibida por somatostatina; estimulada por hormona liberadora de hormona de crecimiento
FSH (hormona estimulante del foliculo)	Gónadas	Promueve la producción de gametos, y estimula la producción de estrógeno en la mujer	Estimulada por GnRH (hormona liberadora de gonadotropina); inhibida por esteroides sexuales e inhibina
PRL (prolactina)	Glándulas mamarias y otros órganos sexuales accesorios	Promueve la producción de leche en mujeres que están lactando; acciones adicionales en otros órganos	Inhibida por PIH (hormona inhibidora de prolactina)
LH (hormona luteinizante)	Gónadas	Estimula la secreción de hormonas sexuales; ovulación y formación del cuerpo amarillo en mujeres; estimula la secreción de testosterona en varones	Estimulada por GnRH; inhibida por esteroides sexuales

Figura 14. Hormonas de la parte anterior de la hipófisis. *Ira Fox, (2011).*

En la siguiente figura se observa la secreción de las hormonas de la hipófisis anterior y los órganos blancos sobre los que actúa:

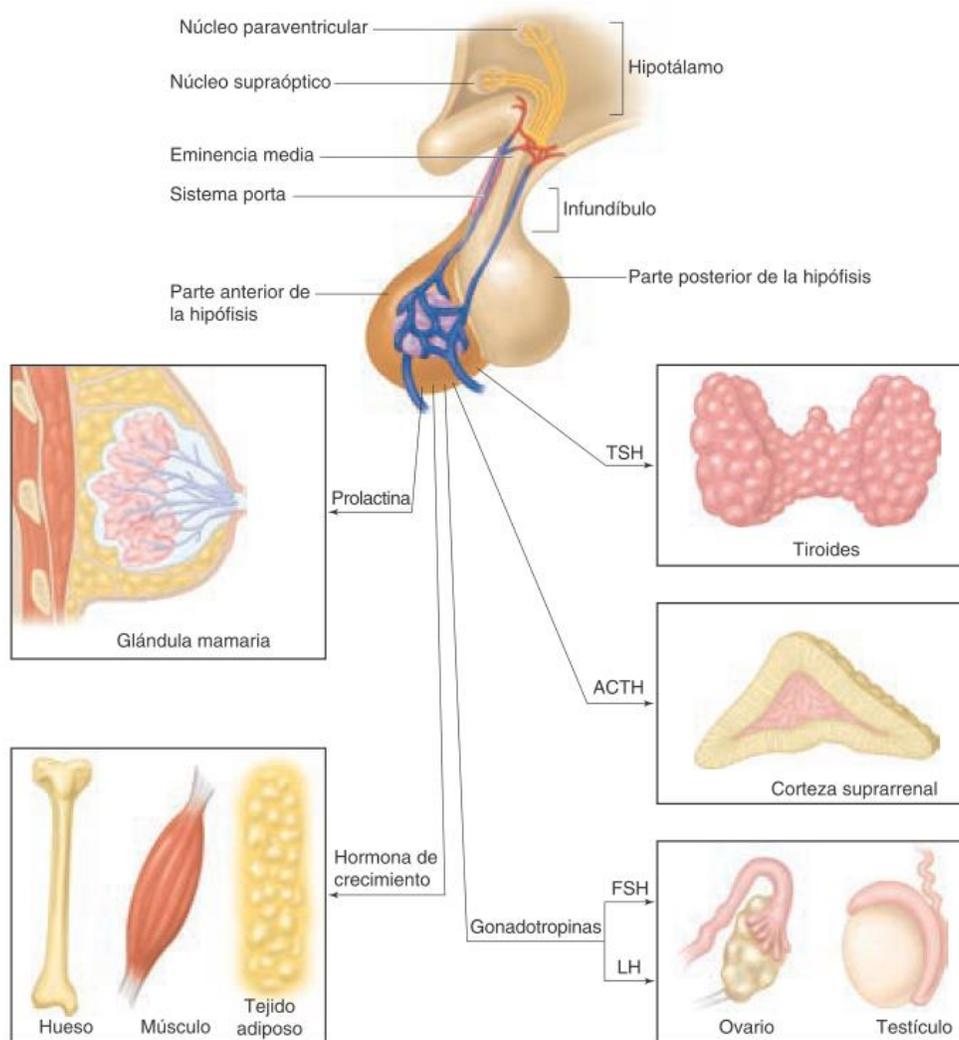


Figura 35. Hormonas secretadas en la parte anterior de la hipófisis y sus órganos blanco. Ira Fox, (2011).

Glándula tiroides

Anatomía

Es una glándula impar localizada en el tercio medio inferior de cuello, en una situación adelante, a ambos lados de la tráquea y la laringe. Se constituye de dos lóbulos unidos por un istmo transversal, dándole una forma de H.

Cada lóbulo derecho e izquierdo tiene una porción inferior más gruesa que la superior, distinguiéndose las siguientes estructuras:



- Caras: anterolateral, convexa, superficial recubierta de musculo. Posteromedial cóncava, adosada a la laringe y tráquea y en una porción baja con la faringe y esófago. Posterior, orientada hacia atrás.
- Polos: inferior o base, convexo en orientación abajo y medialmente, hasta la altura del sexto anillo traqueal. Superior o vértice, orientado hacia arriba y atrás hacia el cartílago tiroides.
- Bordes: anteromedial orientado hacia abajo, adelante y medial. Posteriores medial y lateral, de forma redonda.

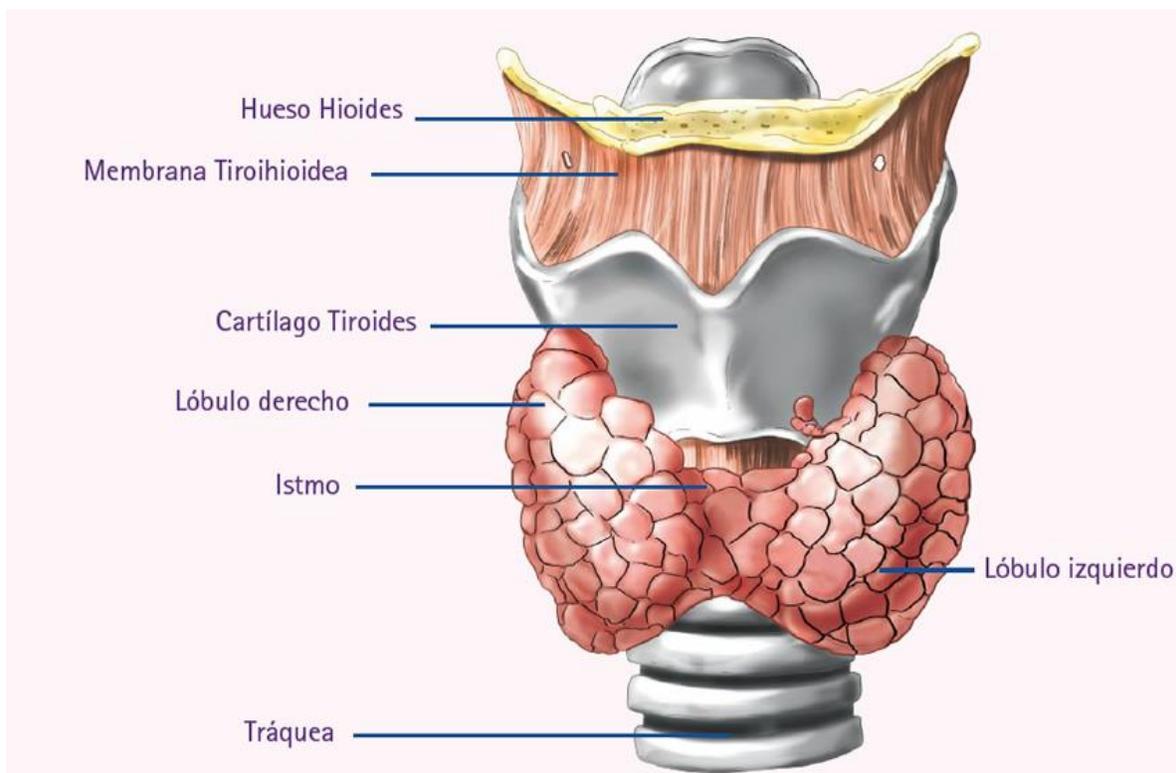


Figura 46. Localización y relaciones anatómicas de la glándula tiroides (vista frontal). SEEN, (s.f.)

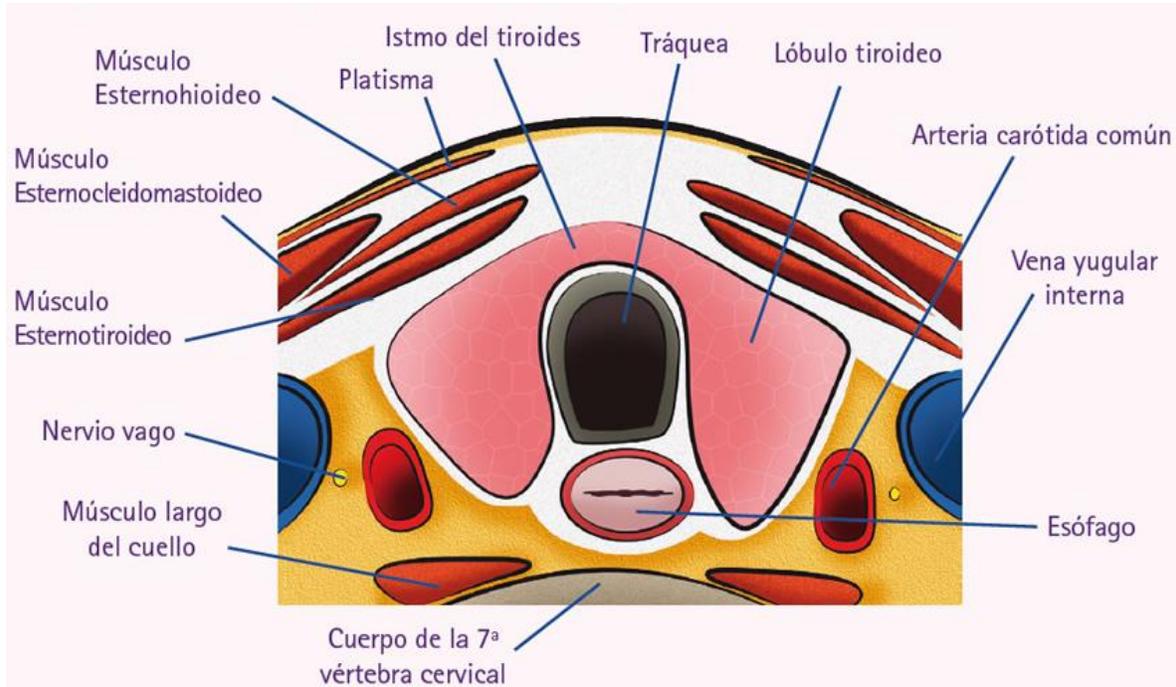


Figura 17. Localización y relaciones anatómicas de la glándula tiroides (corte horizontal). SEEN, (s.f.)

El istmo que se encarga de conjuntar ambos lóbulos, cuenta con una cara anterior convexa, una cara posterior cóncava que se adosa a los primeros cartílagos traqueales. Su borde inferior es cóncavo mientras que el superior de igual convexidad se acerca al cartílago cricoides.

La glándula tiroides tiene una vascularidad e inervación abundante. Cuenta con cuatro arterias, dos a ambos lados. La tiroidea superior, rama de la carótida externa, irrigando a través de ramas colaterales como la infrahiodea, esternocleidomastoidea, laríngea superior y cricotiroidea. La tiroidea inferior rama de la arteria subclavia, constituida por tres segmentos, vertical, trasversal y terminal.

En los espacios interlobulares de la glándula se forman venas subcapsulares que drenan a cuatro sistemas venosos: vena tiroidea superior, vena tiroidea media, vena tiroidea inferior y el plexo tiroideo impar.

La inervación tiene un origen simpático en el ganglio cervical superior, tronco cervical y nervios cardíacos o de origen vagal por el nervio laríngeo superior o el laríngeo recurrente. Se distingue con ello una raíz superior e inferior con integración de fibras simpáticas y parasimpáticas.

En la siguiente figura se aprecia la irrigación de la glándula tiroides por las diferentes arterias que provienen de la arteria carótida y subclavia.

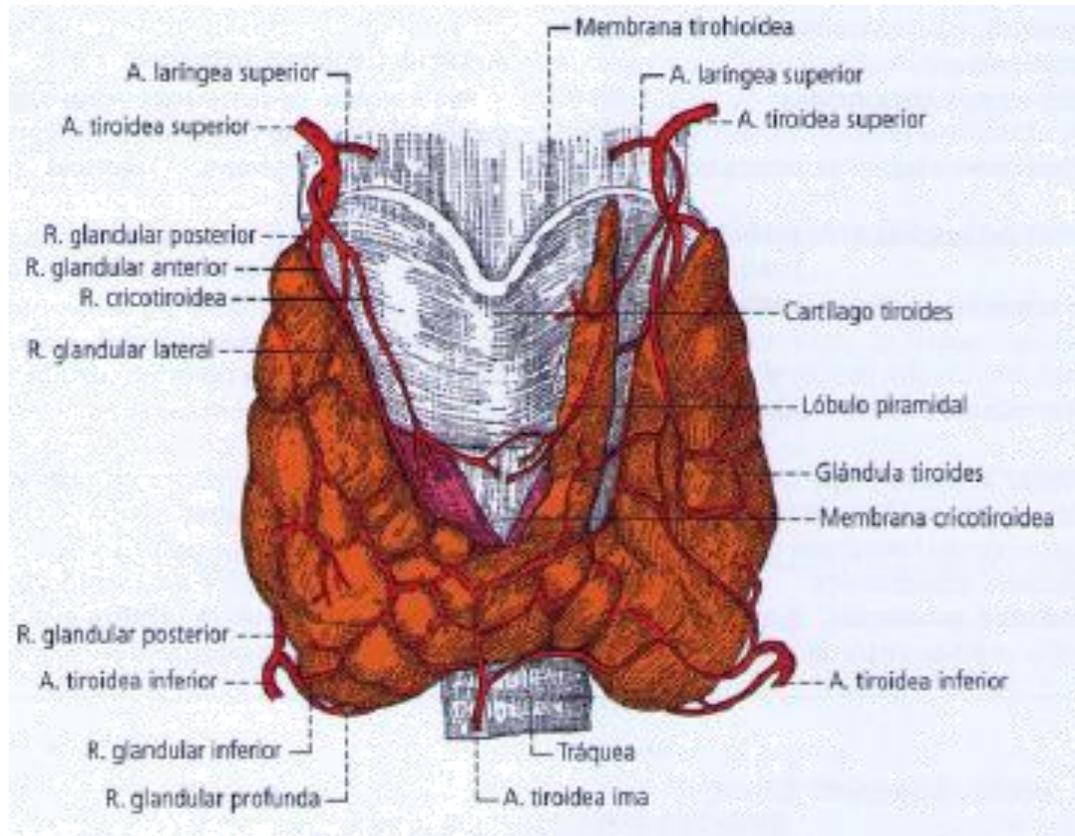


Figura 58. Irrigación de glándula tiroides. Latarjet y Ruíz Liard, (2011).

Fisiología

La glándula tiroides se encarga de secretar las hormonas tiroideas, tiroxina (T_4) y una menor cantidad de triyodotironina (T_3).

La glándula tiroides se compone de sacos huecos esféricos llamados folículos tiroideos. Estos folículos están cubiertos de epitelio cubico, que contiene un líquido rico en proteínas. Los folículos tiroideos acumulan yodo (I^-) proveniente de la sangre, y lo secretan hacia el colide, una vez ahí, es oxidado y fijado a la tirosina (un aminoácido específico) dentro de la cadena polipeptídica de la tiroglobulina. Cuando las células del folículo son estimuladas por TSH, captan un pequeño volumen de colide que separan a la T_3 y la T_4 desde la tiroglobulina, y secretan las hormonas libres hacia la sangre (Ira Fox, 2011).

Las células secretan así la T_4 o tetrayodotironina por contener 4 átomos de yodo y la triyodotironina con 3 átomos, en conjunto conforma la TH u hormona tiroidea que en un 98% es T_4 , con una secreción diaria de 80mcg.

El estímulo principal para la secreción de la TH es la secreción de tirotrópina en la hipófisis. Su principal efecto es aumentar el metabolismo corporal elevando el consumo



de oxígeno y de manera secundaria tener un efecto calorigénico. Se encarga de elevar el ritmo cardíaco y la frecuencia respiratoria, estimula el apetito con incremento en el desdoblamiento de carbohidratos, grasas y proteínas. Promueve el aumento del estado de alerta aumentando la rapidez de los reflejos, eleva la secreción de somatotropina con el crecimiento de huesos, piel, pelo, uñas y dientes.

La glándula tiroides tiene una parte de células llamadas C o claras en la periferia de los folículos, se encargan de producir calcitonina que eleva los niveles de calcio en el torrente sanguíneo, estimulando con ello la actividad de osteoblastos con el depósito de calcio y formación ósea.

A continuación, se observa la activación de las células efectoras por la hormona tiroidea. La tiroxina (T4) y la triyodotironina (T3) se difunden a través de la membrana celular. Gran parte de la T4, pierde yodo y forma T3, que actúa sobre el receptor de hormona tiroidea, uniéndose al receptor para el retinoide del elemento de respuesta a la hormona tiroidea del gel. Ello induce el aumento o la disminución de la transcripción de genes que rigen la formación de proteínas, que es la respuesta de la célula a la hormona tiroidea.

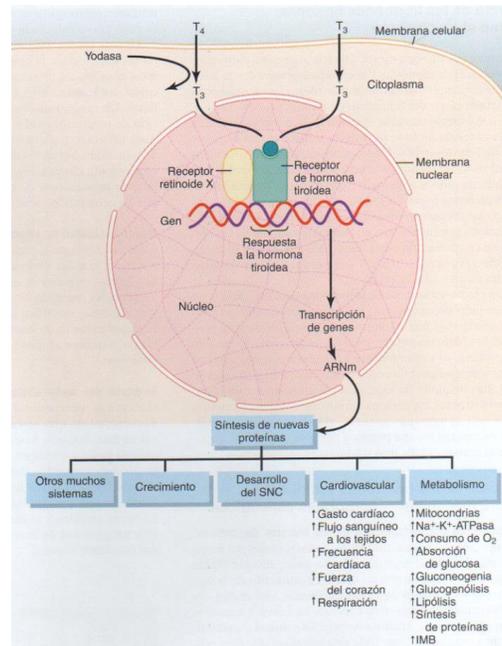


Figura 196. Funciones de las hormonas tiroideas. Guyton, (s.f.).

A continuación se observa el transporte de yodo, la formación de tiroxina y triyodotironina, así como su liberación a la sangre. MIT, monoyodotirosina; DIT, diyodotirosina; T3, triyodotironina; T4, tiroxina; TG, tiroglobulina.

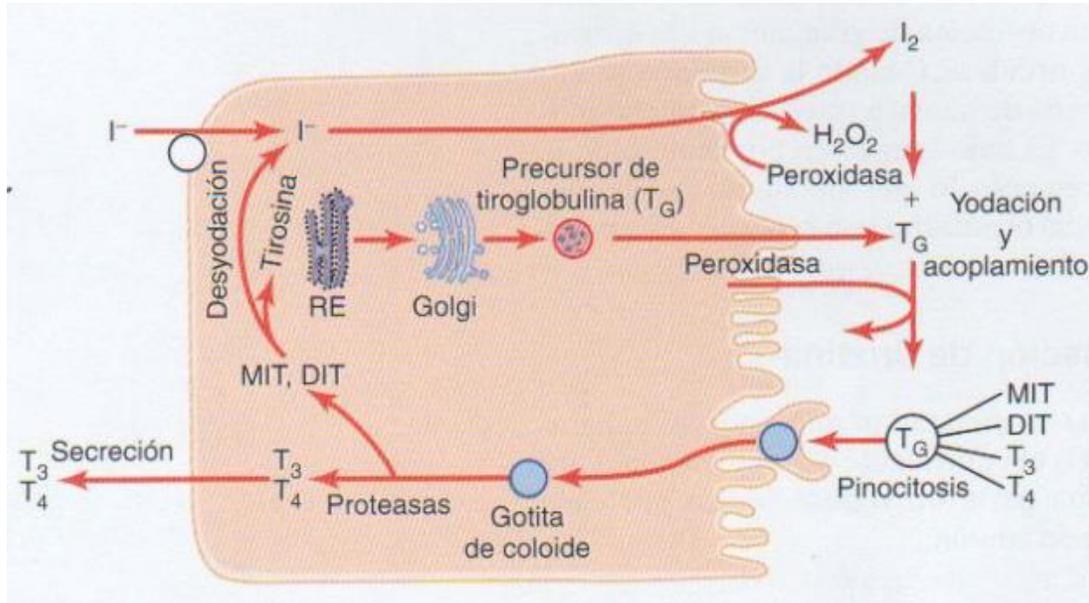


Figura 70. Síntesis de hormonas tiroideas. Guyton, (s.f.).

Para complementar el estudio de la tiroides, revisa el siguiente video.



JJP Chile (2015). *Anatomía básica de la tiroides* [Video]. Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=e_WSxdTed0M

Glándulas paratiroides

Anatomía

Son dos pares de glándulas bilaterales anexas a la glándula tiroides. Se sitúan en la cara posteromedial de los lóbulos tiroideos, laterales a la cápsula fibrosa de la glándula tiroides y mediales a la vaina paratiroidea. Se distribuyen en una superior y otra inferior en cada lóbulo, las superiores son más grandes de forma de lenteja, mientras que las inferiores son pequeñas y ovoideas. Su color es castaño agamuzado, aunque suelen confundirse con el resto del tejido tiroideo.

Su vascularidad está dada por una rama arterial procedente de la arteria tiroidea superior para la paratiroidea superior y una rama de la tiroidea inferior para la paratiroidea inferior.



El sistema venoso drena hacia las venas tiroideas correspondientes y comparten la misma inervación que la glándula tiroides por los nervios adyacentes.

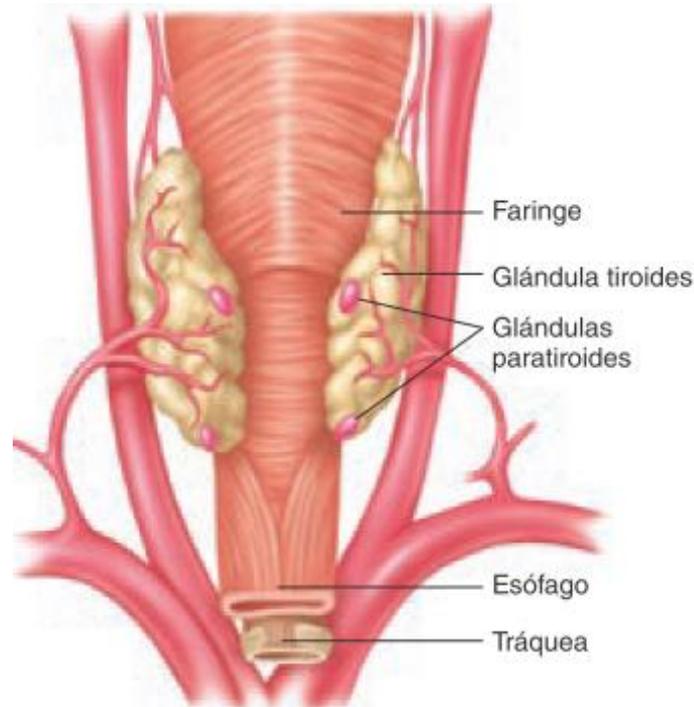


Figura 81. Vista posterior de las glándulas paratiroides. Ira Fox, (2011).

Fisiología

Las glándulas paratiroides secretan una única hormona, la paratiroidea (PTH). Esta hormona se encarga del control de la concentración de calcio en sangre. Promueve un incremento de dicha concentración al actuar sobre los huesos, los riñones y el intestino.

Un aumento de hormona paratiroidea hace que los huesos liberen calcio y que los riñones conserven calcio. Un incremento de calcio en sangre ejerce retroacción negativa sobre la secreción de hormona paratiroidea.

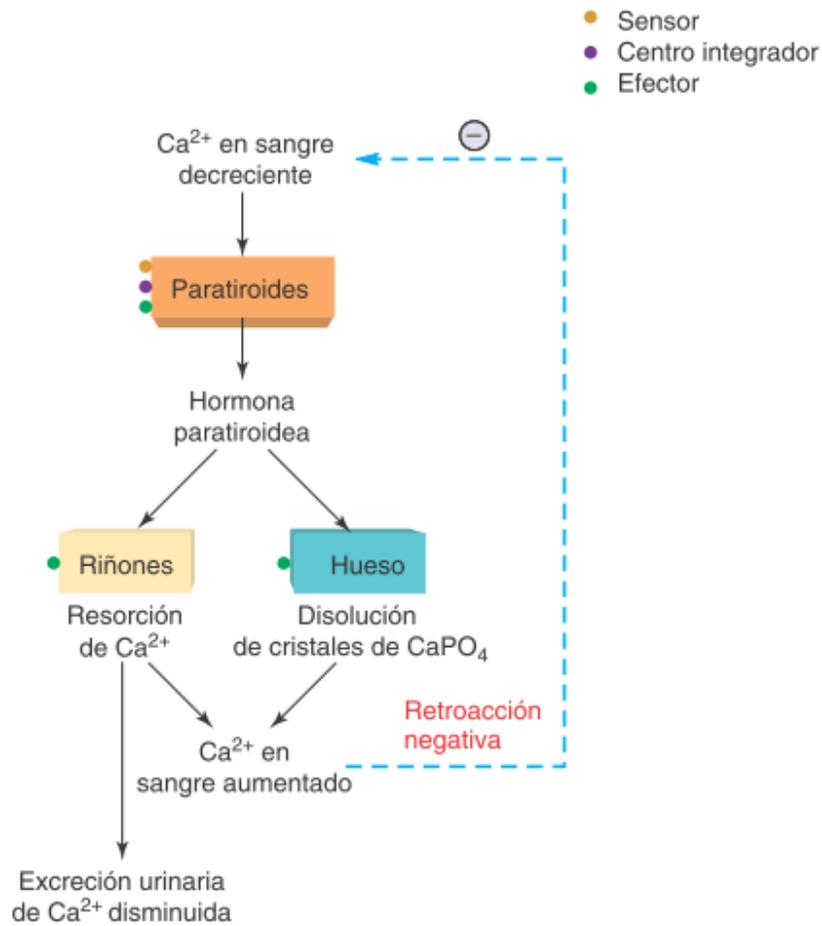


Figura 92. Acciones de la hormona paratiroidea y el control de su secreción. Ira Fox, (2011).

Para complementar el estudio de la tiroides, se te invita a observar el siguiente video.



Fajardo R. (2014). Efectos de la hormona paratiroidea [Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=gnk0ggmrNZC>



Páncreas endocrino

Anatomía

El páncreas es una glándula con forma alargada pero aplastada en sentido anteroposterior situada a nivel de L1-L2, se integra de tres porciones:

- Cabeza. Orientada hacia adelante y derecha, enmarcada en el duodeno a través de una excavación en su borde superior donde se adosa el duodeno.
- Cuello. También llamado istmo, une la cabeza con el cuerpo del páncreas tiene una longitud de 2 cm.
- Cuerpo. Se aparta de la cabeza en una dirección hacia la izquierda y arriba tiene una forma de prisma con tres caras.
- Cola. Orientada hacia la izquierda del resto de la glándula se afina para formar una lámina en dirección del hilio del bazo.

El páncreas se constituye en dos tipos de tejidos:

- Acinos glandulares para la secreción externa donde cada acino tiene un conducto excretor para el jugo pancreático.
- Islotes pancreáticos o de Langerhans, entre cada acino, ricamente vascularizados para poder verter su producción hormonal.

Cuenta con dos conductos principales:

- Conducto pancreático de Wirsung: se origina en la cola del páncreas y recorre la glándula hacia la cabeza en el centro del órgano, donde se une al colédoco cerca de la pared duodenal formando la ampolla hepatopancreática, en su trayecto se conecta con cada acino para recibir su secreción.
- Conducto pancreático de Santorini o accesorio: se separa del conducto pancreático a nivel de la cabeza del páncreas, se dirige hacia la pared posteromedial del duodeno a 2 o 3 cm del conducto pancreático.

La irrigación está dada por ramas del tronco celiaco y la arteria mesentérica superior, donde se observa un sistema derecho formado por los arcos pancreatoduodenales, una arteria en la región media y un sistema arterial izquierdo. El sistema venoso se conforma por un arco pancreatoduodenal anterior y posterior, así como venas pancreáticas izquierdas, que drenan hacia la vena esplénica y sistema portal.

La inervación se conforma por ramas del plexo celiaco y plexo mesentérico superior. Hay una conformación mixta de nervios simpáticos y parasimpáticos con ellos sensitivos y secretores.



En la siguiente figura se observa el páncreas y una aproximación de los islotes pancreáticos. El páncreas también es exocrino, produce jugo pancreático que se transporta mediante el conducto pancreático hacia el duodeno del intestino delgado.

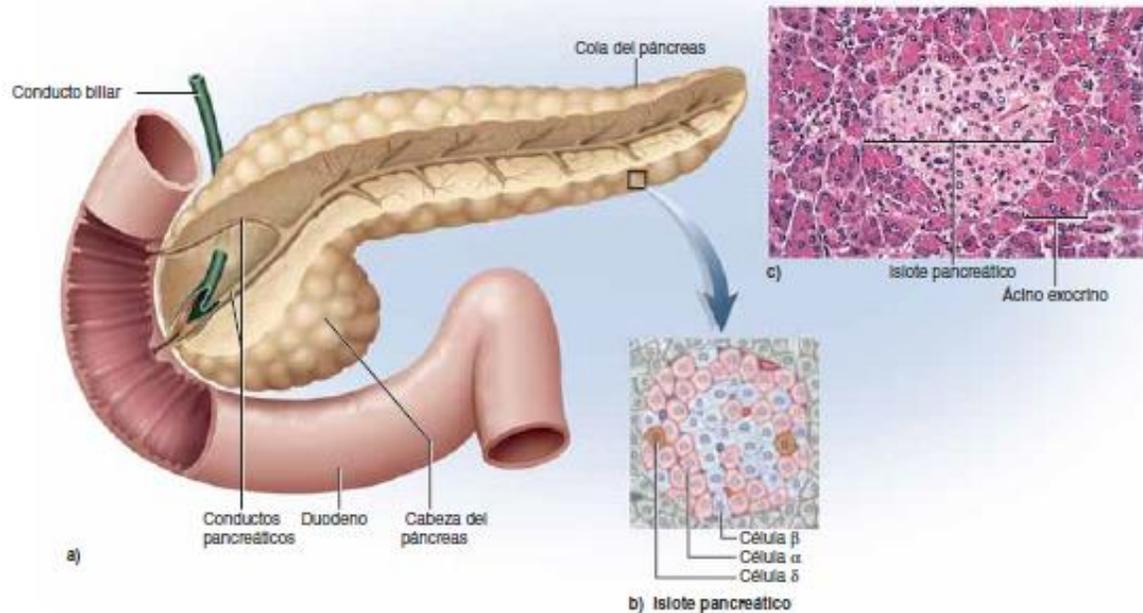


Figura 23. Páncreas e islotes pancreáticos (De Langerhans). Imagen tomada de Kennet Saladin.

Fisiología

Los islotes pancreáticos miden de 72 x 175 μm , contienen cerca de 3000 células, de las cuales 20% son alfa, 70% beta y 5% delta, y un pequeño número de células PP o f y células G, con las siguientes funciones:

- **Células Alfa:** secretan glucagón que estimula la gluconeogénesis, glucogenolisis en el hígado para la liberación de glucosa en la circulación, elevando sus niveles. Estimula el catabolismo de las grasas y la liberación de ácidos grasos libres. Facilita la absorción de aminoácidos para la gluconeogénesis.
- **Células Beta:** secretan la insulina, se libera con el aumento de glucosa en la sangre, estimulando al músculo estriado, hígado y tejido adiposos para que puedan absorberla y metabolizarla. Promueve la síntesis de glucógeno, grasa y proteínas y su almacenamiento para posterior uso. Es antagónica al glucagón.
- **Células Delta:** secretan somatostatina inhibe la secreción de enzimas digestivas y la absorción de nutrientes actuando sobre el mismo páncreas para modular la secreción de glucagón e insulina (Fig. 24).



- *Células PP*: secretan polipéptido pancreático que inhibe las contracciones de la vesícula biliar, los intestinos, además de la secreción de ácido clorhídrico en el estómago.
- *Células G*: secretan gastrina que estimula la secreción de ácido clorhídrico, la movilidad y el vaciamiento gástrico.

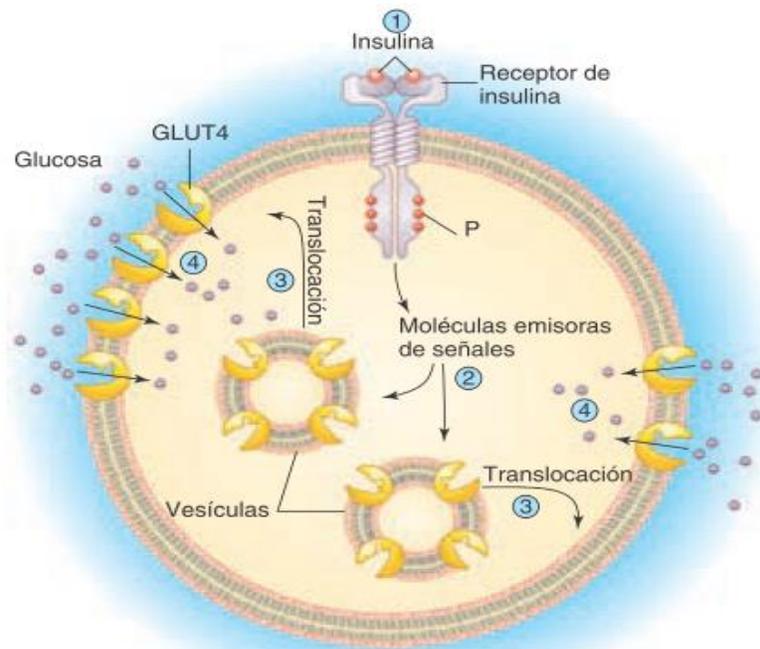


Figura 104. Captación de glucosa sanguínea estimulada por la insulina. Ira Fox, (2011).

Glándulas suprarrenales

Anatomía

Las glándulas suprarrenales se encuentran ubicadas en la parte posterior del abdomen, debajo y delante del diafragma y por arriba de los riñones. Existen dos (derecha e izquierda) en forma de gorro frigio, cada una tiene una superficie cóncava en la base adosándose con ello la parte superior del riñón y miden 30 mm alto por 25 mm ancho y 8 mm espesor, con un peso de 12 g. Son de color castaño amarillento. Su configuración interna está dada por:

- **Cápsula**. rodeando a la glándula con irradiación de tabiques hacia el interior.
- Tejido propio conformado por una **corteza** y una **médula**:



- **Corteza suprarrenal.** Formada por cordones epiteliales hacia la periferia, tiene una porción periférica donde están los glomérulos, una media fasciculada y una profunda reticulada.
- **Médula.** Parecida en estructura a un para ganglio, se conforma de trabéculas epiteliales rodeada de sinusoides sanguíneos. Contiene células cromatofines y neuronas simpáticas aisladas en forma de ganglios.

La irrigación de estas glándulas se da por tres grupos arteriales, las arterias suprarrenales superiores, medias e inferiores, se suman algunas arterias accesorias. Son ramas de arteria frénica inferior, aorta abdominal y arteria renal. El sistema venoso se origina en los vasos corticales y medulares formando venas periféricas y centrales que drena hacia la vena central suprarrenal que termina en la vena cava inferior. La inervación es abundante por el plexo nervioso suprarrenal.

En la siguiente figura se observa a las glándulas suprarrenales, tanto su porción medular como la corteza, en ésta última se secretan los glucocorticoides como se explicará más adelante:

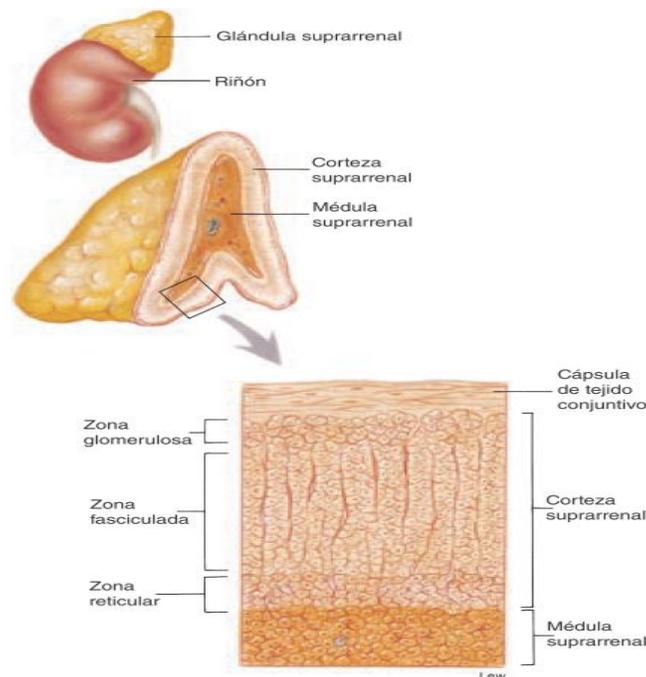


Figura 25. Estructura de la glándula suprarrenal. Ira Fox, (2011).

Fisiología

La glándula suprarrenal adquiere diferentes funciones acordes al tejido involucrado.

1. Médula suprarrenal



Debido a su capacidad dual, actúa como glándula endocrina y ganglio del sistema nervioso central. Se encarga de la secreción de hormonas ante una respuesta recibida por las fibras nerviosas de miedo o tensión. Se libera una mezcla de catecolaminas integrada por tres cuartas partes de adrenalina, una cuarta parte de noradrenalina y cantidades mínimas de dopamina. Su acción es aumentar el estado de alerta, preparando al organismo para una actividad física inminente. Moviliza combustible de alta energía en el lactato, ácidos grasos y glucosa. Estimula la glucogenolisis y gluconeogénesis en el hígado. Disminuyen la sensibilidad a la insulina, logrando que los músculos consuman poca glucosa y se alimenten de ácidos grasos para reservar la glucosa hacia el encéfalo. Eleva, por su estímulo, la frecuencia cardíaca, presión arterial, aumenta el flujo pulmonar y la circulación sanguínea hacia los músculos. Se inhibe temporalmente la digestión y la diuresis.

De esta forma se prepara al organismo para responder ante situaciones de riesgo y peligro.

2. Corteza suprarrenal

Por su parte, la corteza genera cerca de 25 tipos de hormonas agrupadas con el nombre de corticoesteroides o corticoides. Se sintetizan a partir del colesterol, pero solo cinco tienen relevancia en cuanto a su acción fisiológica.

Éstos, a su vez, se agrupan en tres grandes grupos:

- a) **Mineralocorticoides**, encargados del equilibrio hidroelectrolítico.
- b) **Glucocorticoides**, regulan el metabolismo de la glucosa y otros combustibles orgánicos.
- c) **Esteroides sexuales** que interviene en el desarrollo y reproducción.

La corteza presenta tres capas que se encargan de la producción de estos tipos de corticoides:

- **Zona glomerular.** Capa delgada, debajo de la cápsula contiene varios glomérulos, es la principal fuente de mineralocorticoides. Aquí se produce la **aldosterona**, el principal mineralocorticoide, se encarga de estimular al riñón para retener líquidos y excretar potasio, con ello contribuye al volumen sanguíneo y la presión arterial.
- **Zona fasciculada.** Capa media con células en forma de cordones o fascículos, separada por capilares sanguíneos. En esta zona se produce el **cortisol**, el más potente glucocorticoide, se encarga del catabolismo de grasas y proteínas, gluconeogénesis, liberación de ácidos grasos y glucosa en la sangre. Esto permite al organismo adaptarse a la tensión y reparar los daños. También tiene efecto antiinflamatorio. En esta zona se producen, de igual manera, andrógenos, potentes esteroides sexuales, principalmente la **dehidroepiandrosterona**. En ambos sexos



inducen el crecimiento del vello púbico y axilar, estimulan la libido. Se produce de manera secundaria estradiol que estimula el crecimiento óseo.

- **Zona reticular.** Estrecha e interna, cercana a la medula, se encarga también de secretar **glucocorticoides** y **andrógenos**.

En la siguiente figura se observa la parte de la corteza de la glándula suprarrenal en donde se secretan los corticosteroides.

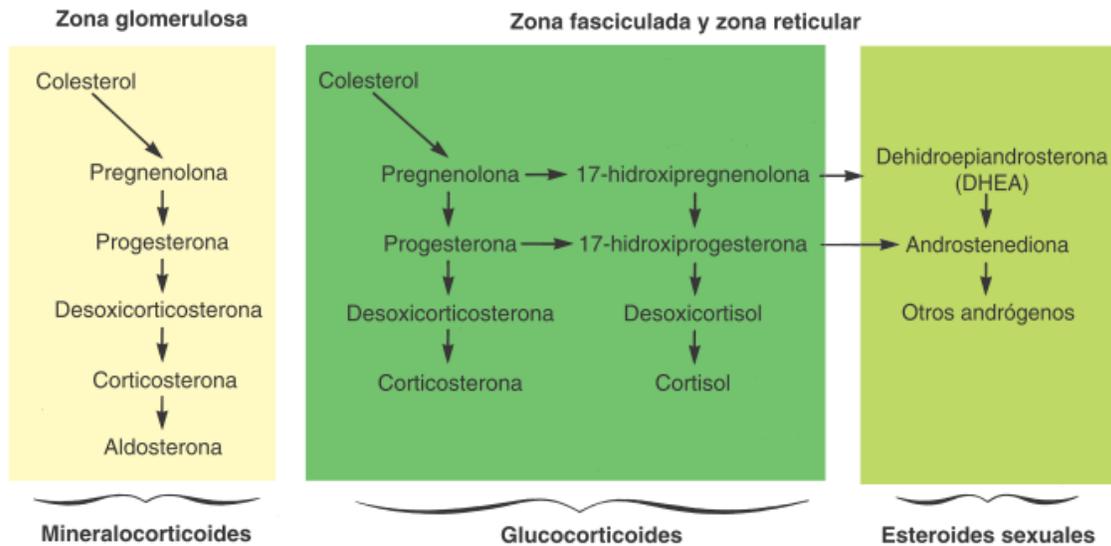


Figura 116. Glándula suprarrenal en donde se secretan los corticosteroides. Ira Fox, (2011).

Para complementar el estudio de las glándulas suprarrenales, se te invita a observar el siguiente video.



Irg, C. (2012). Glándulas suprarrenales [Video]. Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=4uvAQdsYFmQ>



Gónadas

Las gónadas, al igual que el páncreas, pueden ser endocrinas o exocrinas. La función exocrina se da en la producción de células sexuales (óvulos y espermatozoides). Aunque estos temas ya han sido tocados en la unidad 1, en este apartado se dará el enfoque hormonal.

Ovarios. Se encargan de la secreción de **estradiol, progesterona e inhibina**. Al desarrollarse el folículo, sus células granulosas se convierten en estradiol y en cantidades menores de estradiol y estrona. A la mitad del ciclo menstrual y romperse este folículo, sus restos forman el cuerpo lúteo que se encarga de secretar progesterona. Ambas hormonas contribuyen al desarrollo del aparato reproductor femenino, promueven el crecimiento óseo en el adolescente, regulan el ciclo menstrual, apoyan el embarazo y preparan la glándula mamaria para la lactancia. La hormona inhibina, secretada en folículo y cuerpo lúteo, inhibe la retroalimentación negativa de la adenohipófisis.

Testículos. Su producción endocrina se conforma por la **testosterona**, pequeñas cantidades de **andrógenos** e inhibina. La testosterona se encarga de estimular el desarrollo del aparato reproductor masculino, el desarrollo físico en la adolescencia, contribuye a la producción e espermatozoides e impulso sexual. La inhibina regula la velocidad de producción de espermatozoides.

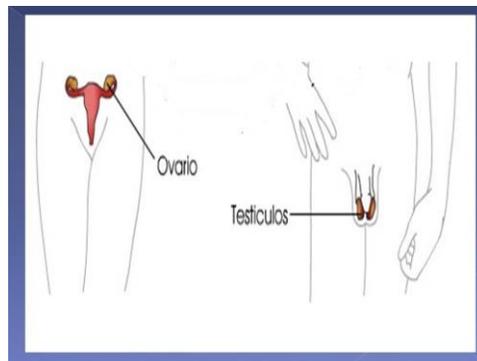


Figura 27. Ovario y testículos.

¿Recuerdas el eje hipotálamo-hipofisis? En las siguientes figuras observa los componentes del eje hipotálamo-hipofisis en los testículos y ovario correspondientemente.

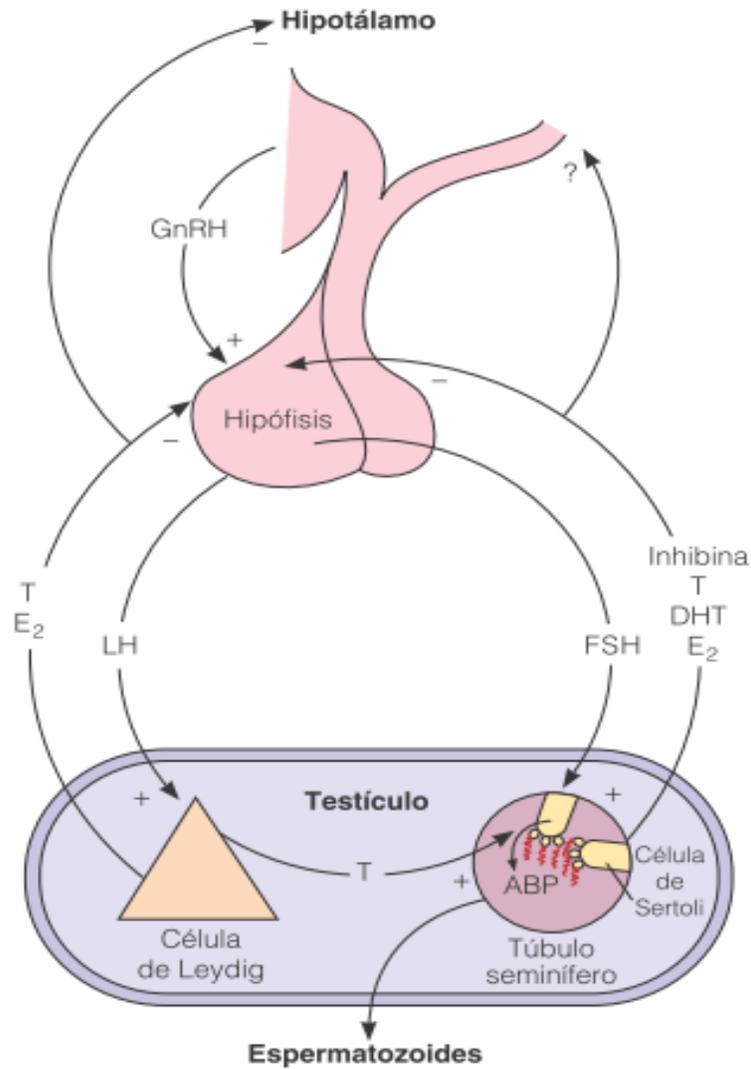


Figura 28. Eje Hipotálamo, hipófisis, testículo. Gardner, D., (2011).

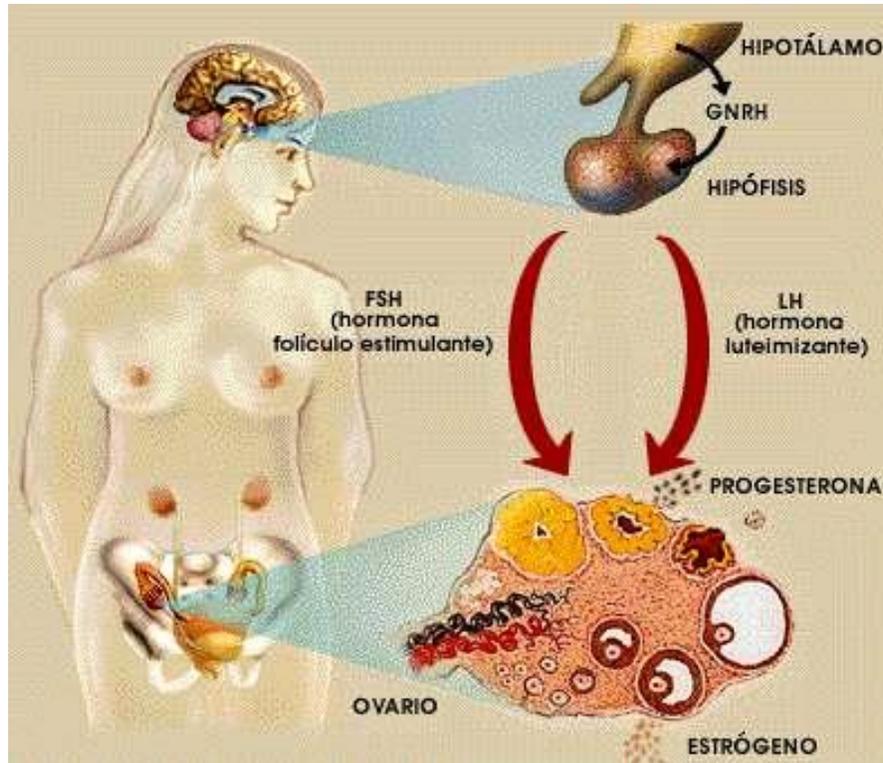


Figura 29. Eje hipotálamo, Hipófisis, Ovario.

Para complementar el estudio de las gónadas en el aparato reproductor masculino y femenino, observa el siguiente video.



Moragrega A. (2013). *Eje hipotálamo-hipofisario-gónadas*. [Video].

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZpvHwtwMuE8>

Has concluido la revisión de la anatomía y fisiología del sistema endocrino, valorando su importancia en la homeostasis del organismo. Ahora continúa con el estudio del sistema nervioso central.



3.2 Sistema nervioso

El sistema nervioso (SN) coordina todas las funciones del cuerpo humano, percibe los estímulos del medio interno y externo para reaccionar en consecuencia, recibe información procedente de los sentidos y la integra para que el cuerpo responda; además, controla funciones como el habla, la memoria y las emociones.

Para su estudio, el SN se divide en sistema nervioso central (SNC) y en sistema nervioso periférico (SNP). El SNC se encarga de las funciones voluntarias y el SNP de las involuntarias.

El SNC se conforma por el encéfalo que está localizado dentro del cráneo y la médula espinal que va dentro de la columna vertebral. El SNP recorre el cuerpo a través de los nervios que salen del encéfalo y la médula recibiendo y transmitiendo los estímulos al sistema nervioso central. Se ocupa de interpretar esos estímulos y responder ante ellos, imparte órdenes a los músculos y a las glándulas para que cumplan con sus funciones de acuerdo a las necesidades del cuerpo.

Por otro lado, las células que componen el sistema nervioso se llaman **neuronas** y son varios miles de millones que se encuentran entrelazadas y complejamente ligadas en forma de núcleos que procesan cierto tipo de información que las hace cada vez más eficiente en una espiral dialéctica interminable.

Estas células son muy delicadas debido a que no pueden reproducirse. Se dice que con el número de neuronas con el que nacimos es el mismo número con el que moriremos, sin embargo ante esta premisa el mismo organismo se ha encargado de prestar seguridad y proveer el beneficio de la protección, en virtud de que están protegidas por el cráneo y la columna vertebral.

La neurona, al igual que todas las células, están conformadas por núcleo (localizado en el cuerpo o soma que tiene una forma parecida a una estrella) dendritas, axón formado por las células de Schwann, las cuales están cubiertas de una sustancia llamada mielina. Las prolongaciones que se encuentran en el cuerpo o soma de las neuronas son las dendritas.

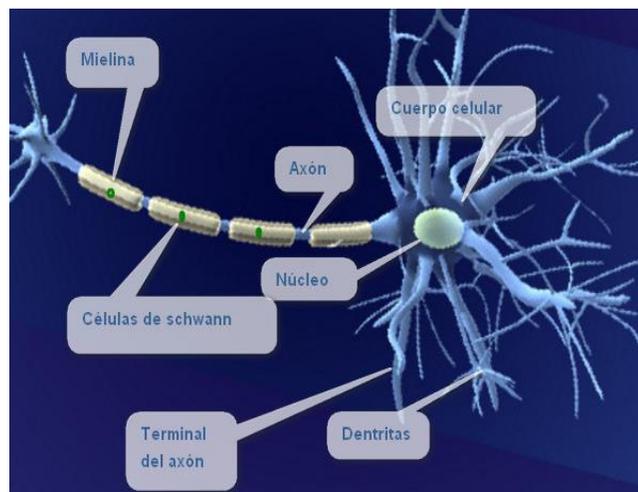
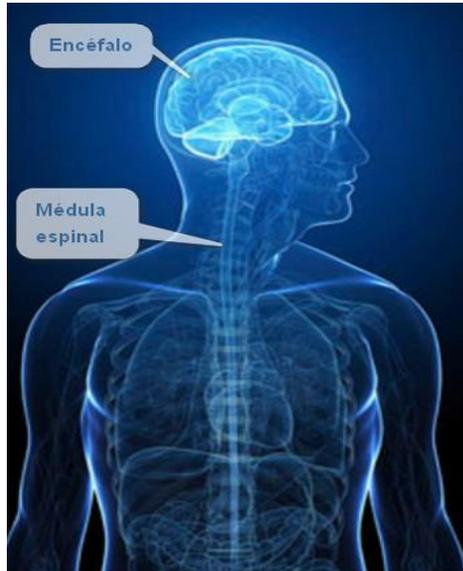


Figura 30. Estructura de la neurona. UnADM.



Ahora revisarás cada uno de los elementos anatómicos que componen el sistema nervioso central para que comprendas su fisiología.

3.2.1 Sistema nervioso central



El sistema nervioso central (SNC) es el responsable de la integración, procesamiento y coordinación de los impulsos sensitivos entrantes y motores salientes. Además de llevar funciones superiores como las emociones, inteligencia, memoria y aprendizaje.

El sistema nervioso central está formado por el **encéfalo** y la **médula espinal** (Fig. 31).

Figura 31. Sistema nervioso central. UnADM.

Meninges

El SNC se encuentra protegido por tres membranas llamadas meninges que son: duramadre, aracnoides y piamadre.

La meninge más externa es la **duramadre** en virtud de su dureza, su función consiste en proteger al tejido nervioso subyacente y a los nervios craneales formando una vaina que cubre a cada uno durante una corta distancia en su paso por los forámenes del cráneo. También protege las raíces nerviosas espinales, consta de dos capas, una perióstica o externa que se adosa a los huesos del cráneo y una interna meníngea.

La **aracnoides** es una membrana más delgada que cubre laxamente al encéfalo. La más interna de las meninges es la **piamadre**, es una membrana vascular que reviste estrechamente al encéfalo y la médula espinal, además de sostenerlos (Fig. 32).

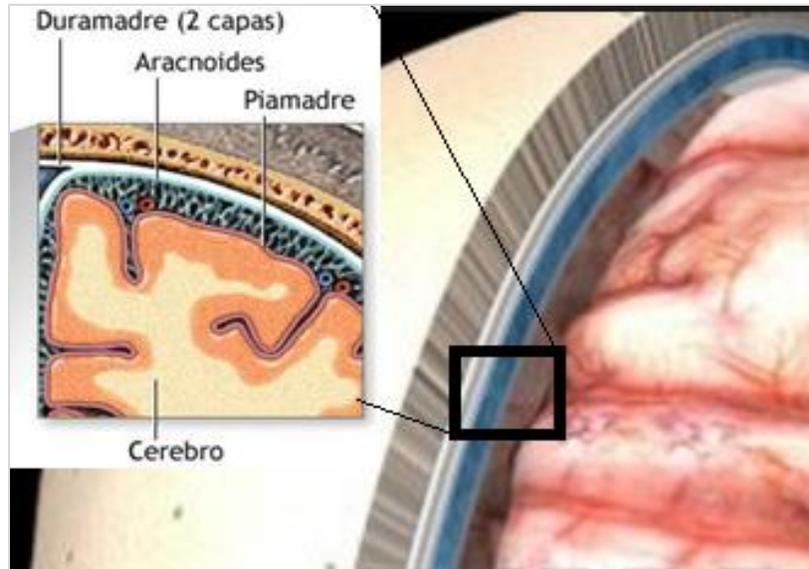


Figura 32. Anatomía de las meninges en el cerebro. UnADM.

El espacio entre la aracnoides y la piamadre es el espacio subaracnoideo, mientras que el espacio entre el aracnoides y la duramadre se denomina espacio subdural ambas contienen líquido cefalorraquídeo. Este líquido también se encuentra en los **ventrículos** del encéfalo, pues se produce en los plexos coroideos y en las células endoteliales que los revisten.

Ventrículos

Anatomía: en el interior del encéfalo existe un sistema de cuatro cavidades conocidas como **ventrículos** por las cuales circula el líquido cefalorraquídeo.

Dos ventrículos laterales, que forman un arco con cada hemisferio cerebral, se comunican a través de los forámenes interventriculares (de Monro) con el tercer ventrículo localizado inferior al cuerpo calloso, mismo que se encuentra conectado con el cuarto ventrículo por el angosto acueducto cerebral (acueducto de Silvio), ubicado entre la protuberancia y el cerebelo. El cuarto ventrículo se continúa a través del bulbo con el estrecho conducto central de la médula espinal y a través de tres forámenes ubicados en su techo con el espacio subaracnoideo (Fig. 33).

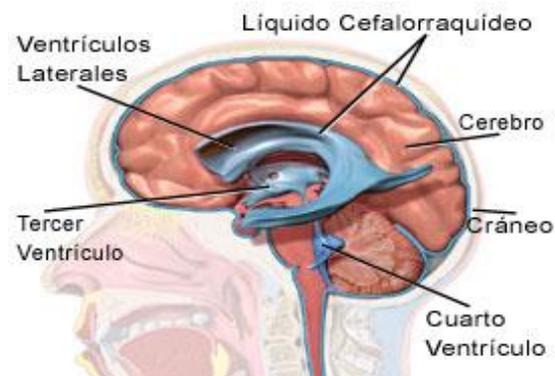


Figura 33. Ventrículos cerebrales. Anatomía, (2015).

Fisiología: los ventrículos cumplen con la función de albergar al líquido cefalorraquídeo. El líquido cefalorraquídeo es un líquido claro e incoloro, n cantidad de 500 ml al día, pero



por su reabsorción se mantiene constante una cantidad de 100 a 160 ml en los ventrículos. Este fluye a través de los ventrículos debido a la presión intracraneal, al movimiento de los cilios endociliares y la pulsación rítmica del encéfalo con cada latido.

El líquido cefalorraquídeo cumple con tres principales funciones:

- a) Livandad. Debido a su densidad similar con el encéfalo, este no se hunde ni flota, lo que lleva a que su peso de 1500 gramos se traduzca en un peso de solo 50 gramos.
- b) Protección. Evita que el encéfalo se golpee contra el cráneo, siempre y cuando el golpe no sea de una gran intensidad.
- c) Estabilidad química. Elimina restos del metabolismo del tejido nervioso, manteniendo la homeostasis.

Continuando con la descripción de la estructura del sistema nervioso central, a continuación revisarás la anatomía y fisiología del encéfalo.

Encéfalo

El encéfalo es una de las dos partes que conforman el sistema nervioso central que está protegido por el cráneo.

El encéfalo es uno de los órganos más grandes del adulto. Está formado por miles de millones de neuronas y muchas más células de la glía o neuroglia. El tentorio permite dividir a este en dos porciones: a) **Infratentorial** que incluye al bulbo raquídeo, protuberancia, cerebelo y pedúnculos cerebelosos y b) **Supratentorial** con los pedúnculos cerebrales y el cerebro.

Tomando en cuenta el origen embriológico, el encéfalo se divide en:

- Romboencéfalo. Corresponde al bulbo raquídeo, protuberancia y cerebelo.
- Mesencéfalo. Incluye los tubérculos cuadrigéminos, pedúnculo cerebral y acueducto del mesencéfalo.
- Prosencéfalo. Incluye al diencefalo (tálamo, hipotálamo, región subtalámica y epítalamo) y telencefalo (corteza cerebral, cuerpo estriado y sustancia blanca).

Está formado por el **cerebro** (diencefalo y hemisferios cerebrales), el **cerebelo** y el **tronco del encéfalo**, éste último también llamado tronco cerebral o tallo encefálico.



Cerebro

Anatomía del cerebro

El **cerebro** tiene forma ovoidea, una cara superior convexa en relación con la bóveda del cráneo y una cara más o menos plana e inferior llamada base del cerebro que descansa en las fosas frontal y esfenoidal por delante, y por atrás descansa sobre la tienda del cerebelo que la separa de este órgano.

El cerebro se aloja en la cavidad craneal. Mide 17 cm en sentido anteroposterior, 14 cm en sentido transversal y 12 cm en sentido vertical, dimensiones que pueden variar en la mujer en aproximadamente medio centímetro. Pesa aproximadamente 1200 g en el hombre y 1100 g en la mujer.

El cerebro, propiamente dicho, se compone de dos hemisferios: el derecho y el izquierdo (Fig. 34).

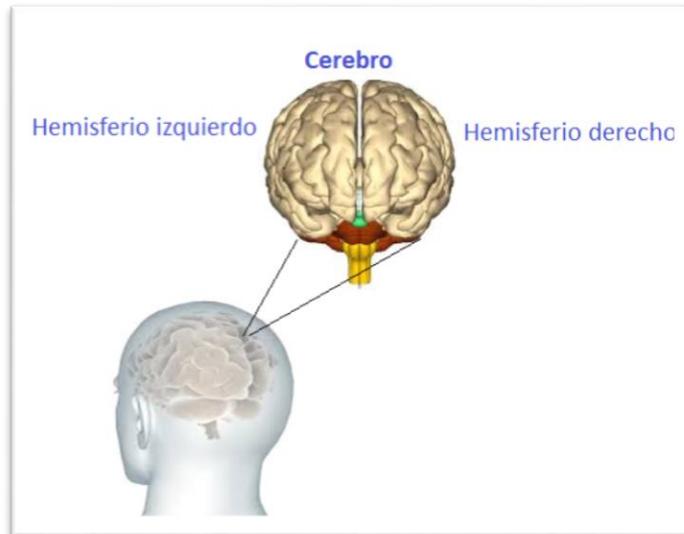


Figura 34. Conformación del cerebro.
UnADM.

Enseguida se describen los hemisferios que lo conforman.

Hemisferios cerebrales

Anatomía

Los dos hemisferios están conectados por haces de fibras nerviosas, siendo el más prominente el cuerpo caloso formado por unos 200 millones de fibras, separados por la fisura longitudinal cerebral hacia la cual se proyecta la hoz del cerebro.

Cada hemisferio cerebral se extiende desde el hueso frontal hasta el hueso occipital, por encima de las fosas craneales anterior y media. Los hemisferios cerebrales coordinan e integran la mayor parte de la información sensorial y son las áreas que determinan los procesos mentales superiores. En cada hemisferio se encuentra la corteza cerebral, que consta de una capa externa de unos 2-4 mm (sustancia gris por contener los cuerpos celulares de las neuronas) debajo de la cual hay fibras (sustancia blanca, por contener las prolongaciones de las neuronas) que conectan varias partes entre sí. La sustancia gris



puede considerarse como los circuitos microprocesadores del cerebro, y la blanca como el cableado.

Para aumentar al máximo el área de la corteza cerebral, la superficie de cada hemisferio, forma pliegues o circunvoluciones, separados entre sí en surcos o fisuras (Fig. 35).

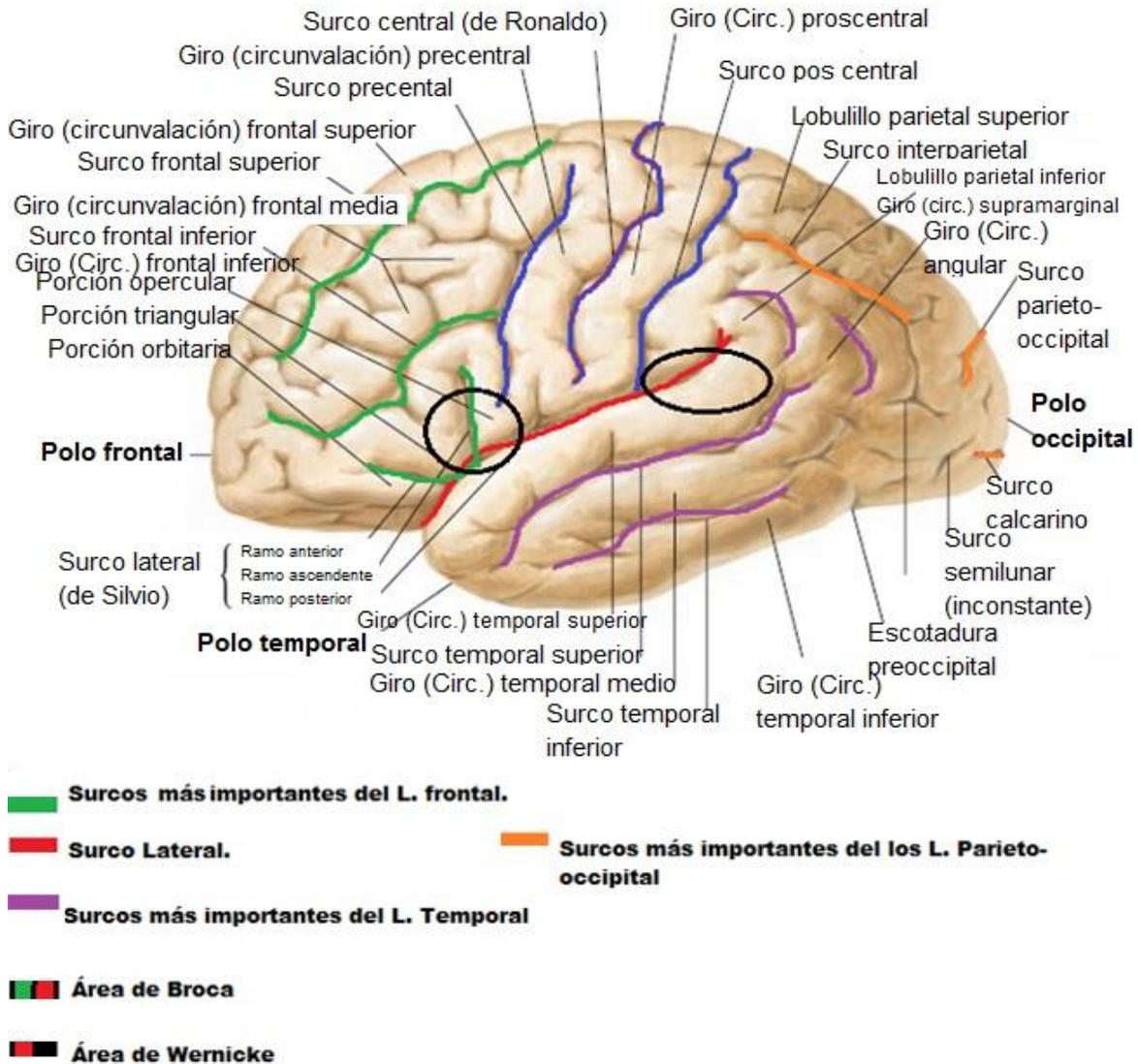


Figura 35. Ubicación de surcos en el cerebro. Frank H. Netter, MD, (2011).



Fisiología

Se pueden enlistar varias funciones que comprende cada hemisferio, entre las más destacadas se encuentran:

Hemisferio izquierdo	Hemisferio derecho
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad lingüística • Capacidad de análisis • Capacidad de hacer razonamientos lógicos, abstracciones • Resolución de problemas numéricos • Aprendizaje de información teórica • Capacidad deductiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Expresión no verbal • Percepción u orientación espacial • Conducta emocional (facultad para expresar y captar emociones) • Intuición • Recuerdos • Creatividad e imaginación

Tabla 1. Funciones de los hemisferios cerebrales. UnADM.

Por otro lado, con la ayuda de dos surcos, el lateral y el central, se puede dividir cada hemisferio (derecho e izquierdo) en cuatro lóbulos (Fig. 36 y Fig. 37).

Los lóbulos llevan los nombres de los huesos del cráneo, debajo de los cuales se ubican y los siguientes:

Lóbulo frontal

- Anatomía. Tiene forma de pirámide triangular con vértice redondeado (polo frontal) cuyos bordes corresponden a la parte anterior de los bordes del hemisferio. Se encuentra anterior al surco central.
- Fisiología. Aquí se encuentra el área que controla el movimiento (corteza somatomotora primaria), relacionada con la iniciación y coordinación de los movimientos complejos (corteza premotora) y la personalidad.

Lóbulo parietal

- Anatomía. Constituye la parte superior y media de cada hemisferio y corresponde casi totalmente a la cara externa. Se encuentra posterior al surco central.
- Fisiología. Se localiza el área que corresponde a las sensaciones de la superficie de la piel (corteza somatosensorial), identificación de objetos, comprensión de relaciones espaciales e interpretación del dolor.



Lóbulo temporal

- Anatomía. Se sitúa en la parte inferior y media de cada hemisferio y presenta dos caras, una externa y otra inferior. Se encuentra por debajo del surco lateral.
- Fisiología. Aquí se halla la audición (corteza auditiva) y la comprensión del lenguaje, memoria, habla y sentido del olfato.

Lóbulo occipital

- Anatomía. Se sitúa en la parte posterior de cada hemisferio. Tiene forma de pirámide triangular con vértice posterior que corresponde al polo occipital. La cara externa es convexa, la inferior es plana (tienda del cerebelo) y la interna, también plana, limita la cisura interhemisférica. La cisura es una línea imaginaria trazada desde el surco parietooccipital hacia abajo que separa al lóbulo parietal del lóbulo occipital.
- Fisiología. En este lóbulo residen las funciones de visión y percepción visual (corteza visual).

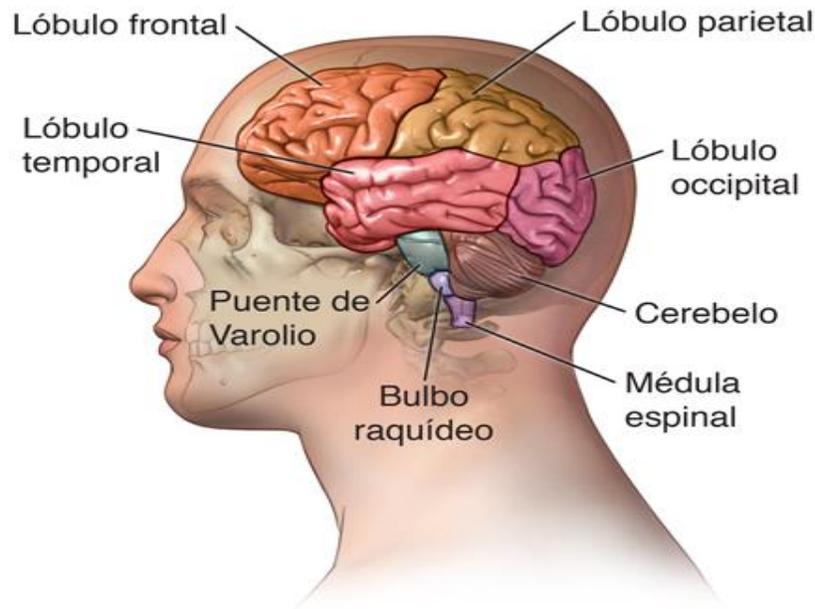


Figura 36. Ubicación de los lóbulos. University Health Care. (2013).

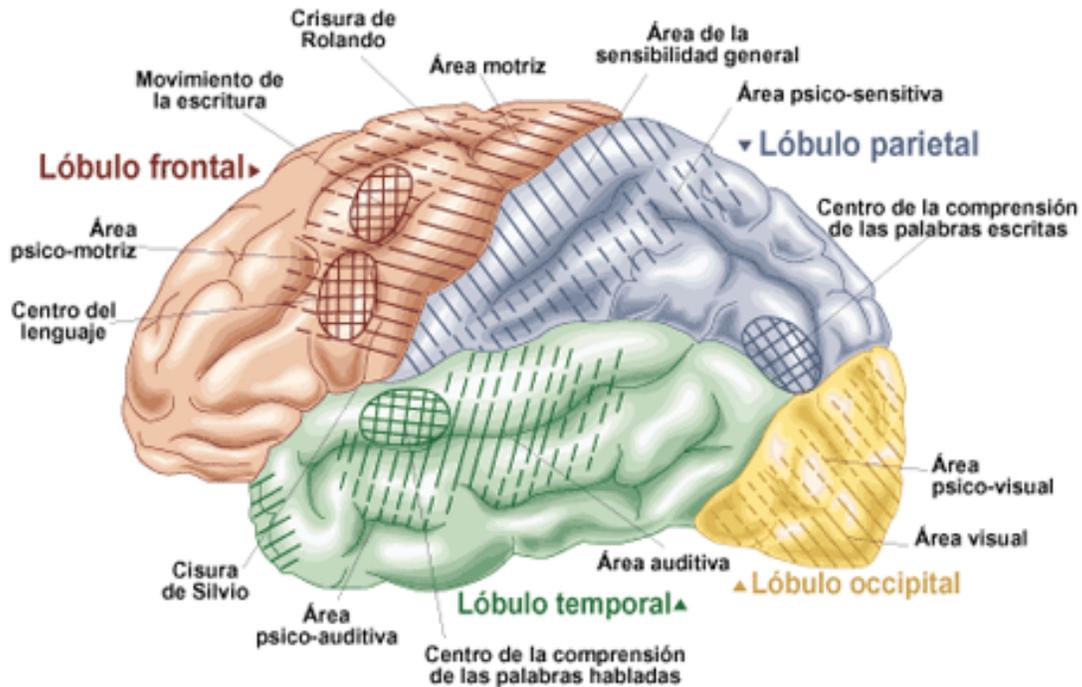


Figura 37. Fisiología de los lóbulos. Anatomía, (2015).

Dentro de cada hemisferio se encuentra un centro de sustancia blanca que contiene varias masas grandes de sustancia gris, los núcleos o ganglios basales, la corona radiada es un conjunto de fibras nerviosas en forma de abanico que atraviesa la sustancia blanca hacia la corteza cerebral y desde esta se dirige hacia el tronco encefálico (Fig. 38). La corona radiada converge sobre los núcleos basales y pasa entre ellos como cápsula interna.

También se encuentra el núcleo caudado y el núcleo con forma de lente de lado lateral de la cápsula interna, este último llamado núcleo lenticular.

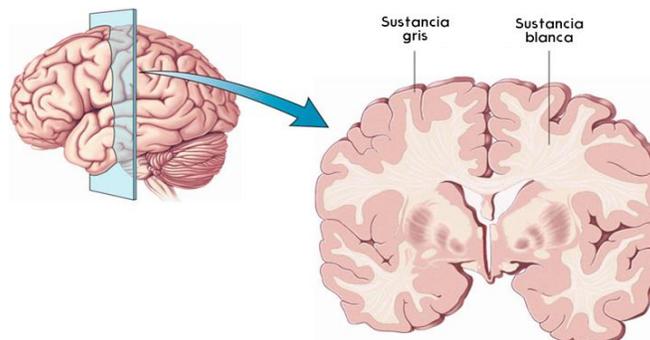


Figura 38. Sustancia gris y blanca. Gerard J. & Tortora, (2013).



Fisiología del cerebro

Las funciones del **cerebro** incluyen: el inicio y la coordinación de los movimientos, la temperatura, el tacto, la vista, el oído, el sentido común, el razonamiento, la resolución de problemas, las emociones y el aprendizaje, pues el cerebro, en conjunto con la médula espinal, son los centros principales donde ocurren la correlación y la integración de la información nerviosa.

Una vez que se estudió la anatomía y fisiología de los hemisferios y lóbulos cerebrales, así como del cerebro a continuación, se revisará la parte más profunda del cerebro anterior que comprende las estructuras del diencefalo.

Diencefalo

Forma la parte central del cerebro anterior, consiste en el tercer ventrículo y las estructuras que forman sus límites. Por atrás, se extiende hasta donde el tercer ventrículo se continúa con el acueducto cerebral y por delante hasta los forámenes interventriculares. El diencefalo es una estructura de la línea media, con mitades derecha e izquierda simétricas. Las subdivisiones del encéfalo se hacen por conveniencia anatómica y fisiológicamente las fibras nerviosas cruzan libremente los límites (Fig. 39).



Figura 39. Diencefalo. Framepool AG, (2016).

El diencefalo está casi completamente rodeado por los hemisferios cerebrales, pues la superficie anterior es la única área expuesta a la superficie del encéfalo intacto. La superficie anterior está formada por las estructuras hipotalámicas, de adelante hacia atrás por el quiasma óptico, el tracto óptico a cada lado, el infundíbulo, el túber cinereum, y los tubérculos mamilares.

La superficie superior del diencefalo está oculta por el fórnix que se une al tubérculo mamilar. La verdadera pared superior del diencefalo está formada por el techo del tercer ventrículo.

La superficie lateral del diencefalo está limitada por la cápsula interna de sustancia blanca que conecta la corteza cerebral con el tronco encefálico y la médula espinal (Fig. 40). La



pared medial está formada por la superficie medial del tálamo y en su parte inferior por el hipotálamo.

El diencefalo está formado por el **tálamo**, el **subtálamo**, el **hipotálamo**, el **epitálamo** y la **hipófisis anterior**, cada uno se describe a continuación.

Tálamo

- Anatomía. Los tálamos son dos masas grises voluminosas de forma ovoidea con la extremidad anterior más estrecha. Se comparan con una nuez por su forma y tamaño. Ambos se aproximan a la línea media, donde quedan separados por un intervalo muy estrecho. El tálamo constituye la mayor parte de las paredes del tercer ventrículo. Consta de 23 núcleos divididos en cinco grupos: anterior, posterior, medial, lateral y ventral.
- Fisiología. Funciona como centro integrador de todas las entradas sensoriales (salvo las olfativas). Los núcleos talámicos procesan la información y retransmiten una parte a la corteza cerebral. También como centro de transmisión de esta información sensorial a los hemisferios cerebrales y participa en la integración de la información motora que va a la médula espinal. Interviene en la memoria y emociones en conjunto con el sistema límbico. En conjunto, los órganos sensoriales, el tálamo y la corteza sensorial forman el **sistema sensorial**.

Subtálamo

- Anatomía. Se encuentra debajo del tálamo, por lo que se sitúa entre el tálamo y el tegmento (el tegmento es una zona del cerebro situada en el tronco cerebral) del mesencéfalo, se relaciona en sentido cráneo medial con el hipotálamo. Aquí se encuentran los núcleos rojos y la sustancia negra. El núcleo subtalámico tiene forma de lente biconvexa.
- Fisiología. Participa en el control de la **actividad muscular**. También contiene tractos importantes que se dirigen desde el tegmento hasta los núcleos talámicos.

Epitálamo

- Anatomía. Comprende las formaciones diencefálicas situadas en la parte posterior-superior del tercer ventrículo: la glándula pineal, la comisura blanca posterior, el pedúnculo o estría habenuar y el trigono de la habénula (retransmisor del sistema límbico al mesencéfalo). La glándula pineal tiene forma cónica, vuelta hacia la cavidad ventricular y cuyo vértice se dirige hacia atrás, descansa en el surco que separa los tubérculos cuadrigéminos anteriores, es de color gris rosado y mide 7 mm de longitud.
- Fisiología. Se cree que el núcleo habenuar es un centro para la integración de las vías aferentes **olfatorias, viscerales y somáticas**. La glándula pineal se reconoce como una glándula endócrina que influye en las actividades de la hipófisis.



También tiene acciones inhibitorias, pues inhiben directamente la **producción de hormonas** o bien indirectamente la secreción de factores liberadores por el hipotálamo. La glándula pineal es más activa en la oscuridad. Libera melatonina que se dirige hacia la hipófisis e inhibe la liberación de la hormona gonadotrófica. La glándula pineal tiene un papel importante en la regulación de la función reproductiva.

Hipotálamo

- Anatomía. Es la región de la base del cerebro que forma el piso del ventrículo medio y que está comprendida entre el quiasma óptico por delante y el borde superior del puente por detrás a los lados por el rombo que forman adelante las cintas ópticas y atrás el borde interno de los pedúnculos cerebrales. Contiene a la hipófisis que se une a este por medio de un tallo o infundíbulo entre el quiasma óptico y los cuerpos mamilares.
- Fisiología. El hipotálamo es un centro integrador formado por un conjunto de núcleos implicados en muchas regulaciones homeostáticas, como por ejemplo el **hambre**.

También es un centro para la neurosecreción, sus células sintetizan hormonas que actúan sobre la hipófisis anterior y otras. Controla la temperatura y la secreción de hormonas para la regulación del crecimiento, reproducción y metabolismo; sueño y ritmos circadianos; memoria; ingesta de comida y agua; comportamiento emocional y respuesta sexual.

Fisiológicamente es difícil que exista alguna actividad corporal que no esté influida por el hipotálamo.

Hipófisis anterior

- Anatomía. Es un cuerpo ovoideo aplanado de arriba abajo, de eje mayor transversal, alojado en la fosa pituitaria. Mide centímetro y medio en el diámetro transversal y tiene 6mm de espesor en el diámetro anteroposterior. Consta de dos lóbulos, uno anterior, grande y con forma de media luna cuya concavidad posterior abarca al lóbulo posterior; el lóbulo posterior es de naturaleza nerviosa y se une por medio del tallo pituitario al hipotálamo mediante un gran número de fibras nerviosas.
- Fisiología. La principal función de la hipófisis es **endócrina**, ya que secreta hormonas que mantienen la homeóstasis.

A continuación, en la Figura 40, se observan las estructuras del diencefalo anteriormente revisadas.

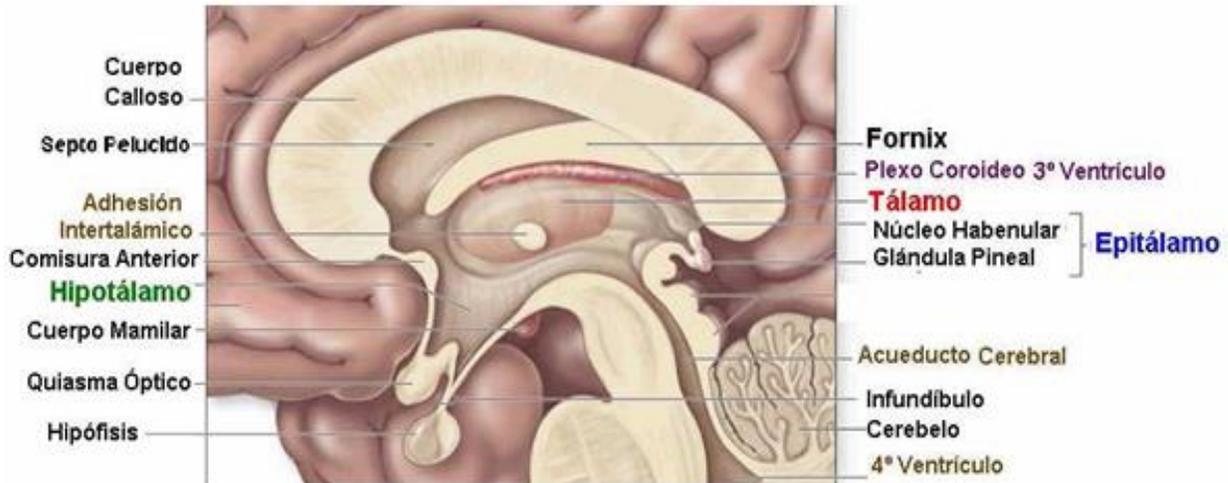


Figura 40. Diencefalo y sus relaciones.

Se han revisado las estructuras que conforman la parte más profunda del **cerebro anterior**. Todas las estructuras nerviosas, fisiológicamente, están relacionadas entre sí, pues el flujo de información viaja a través de las mismas de forma ascendente o descendente.

A continuación se describe la anatomía de otro componente del encéfalo como es el tallo encefálico que se halla entre el diencefalo y la médula espinal.

Anatomía del tallo encefálico

Enseguida se presenta el **tallo encefálico** anatómicamente como otra de las estructuras del encéfalo, está formado por el mesencéfalo, la protuberancia o puente y la médula oblonga o bulbo raquídeo (Fig. 41).

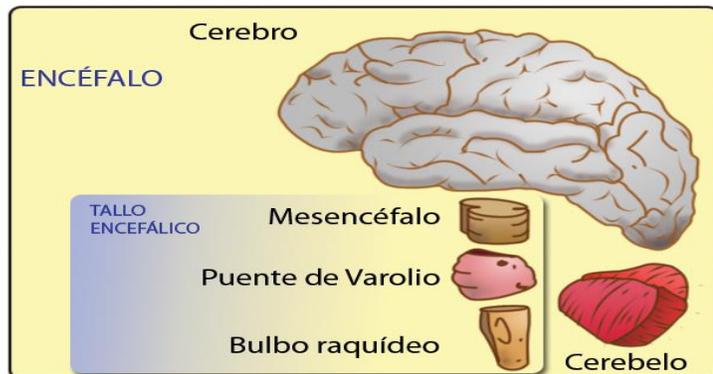


Figura 41. Estructura del tallo encefálico.

Wikimedia Commons, (2016).

Ocupa la fosa craneal posterior del cráneo, tiene forma de tallo y conecta con la médula espinal (Snell, 2007). En relación con la calidad de estructuras y de centros reguladores que se hallan en el tallo encefálico es importante separarlo por niveles, el tallo es la continuación de una gran cantidad de fibras provenientes del encéfalo; sin embargo es un punto de partida para otros mecanismos de control nervioso de diferentes niveles anatómicos y núcleos. Tiene, además, una región llamada formación reticular, que conciencia. También contiene los importantes núcleos de los nervios craneales III a XII.



Las funciones de esta área tienen influencia en el movimiento de los ojos y de la boca, transmisión de los mensajes sensoriales (calor, dolor, ruidos estridentes, entre otros.), el hambre, la respiración, la consciencia, la función cardíaca, temperatura corporal, movimientos musculares involuntarios, estornudos, tos, vómitos y deglución.

Mesencéfalo

Anatomía. El mesencéfalo mide aproximadamente 2 cm de longitud y conecta la protuberancia y el cerebelo con el prosencéfalo. También se llama cerebro medio y lo cruza el acueducto de Silvio. Contiene fascículos de sustancia blanca y núcleos de sustancia gris. Tiene cuatro abultamientos denominados tubérculos cuadrigéminos.

Los pedúnculos cerebrales son dos fascículos de la parte anterior; contienen axones de neuronas cortico espinales, cortico pontinas y cortico bulbares.

Fisiología. En el techo del mesencéfalo se encuentran cuatro prominencias redondeadas llamadas tubérculos cuadrigéminos. Los dos anteriores o superiores regulan movimientos de ojos, cabeza y cuello en respuesta a estímulos visuales; los dos posteriores o inferiores regulan movimientos de la cabeza relacionados a estímulos auditivos.

Entre los núcleos están la sustancia negra derecha e izquierda que regula la actividad muscular subconsciente; los núcleos rojos derecho e izquierdo que coordinan los movimientos musculares. También tiene núcleos relacionados con los pares craneales III (motor ocular común) y IV (patético).

Puente de Varolio o Protuberancia anular

Anatomía. Mide 2.5 cm de longitud y se sitúa directamente arriba del bulbo y por delante del cerebelo. Debe su nombre al aspecto que presenta sobre la superficie anterior, que es el de un puente que conecta los hemisferios cerebelosos derecho e izquierdo. Igual que el bulbo, consta de núcleos de sustancia gris y fascículos de sustancia blanca.

Fisiología. Los núcleos más importantes son:

- Centro neumotáxico y centro apnéusico, que junto con el centro respiratorio del bulbo, participan en el control de la respiración.
- Núcleos relacionados con los pares craneales V (trigémino), VI (motor ocular externo), VII (facial) y VIII (auditivo).

En las siguientes figuras 42 y 43 se muestran las caras anterior y posterior del tallo o tronco encefálico y estructuras que lo componen.

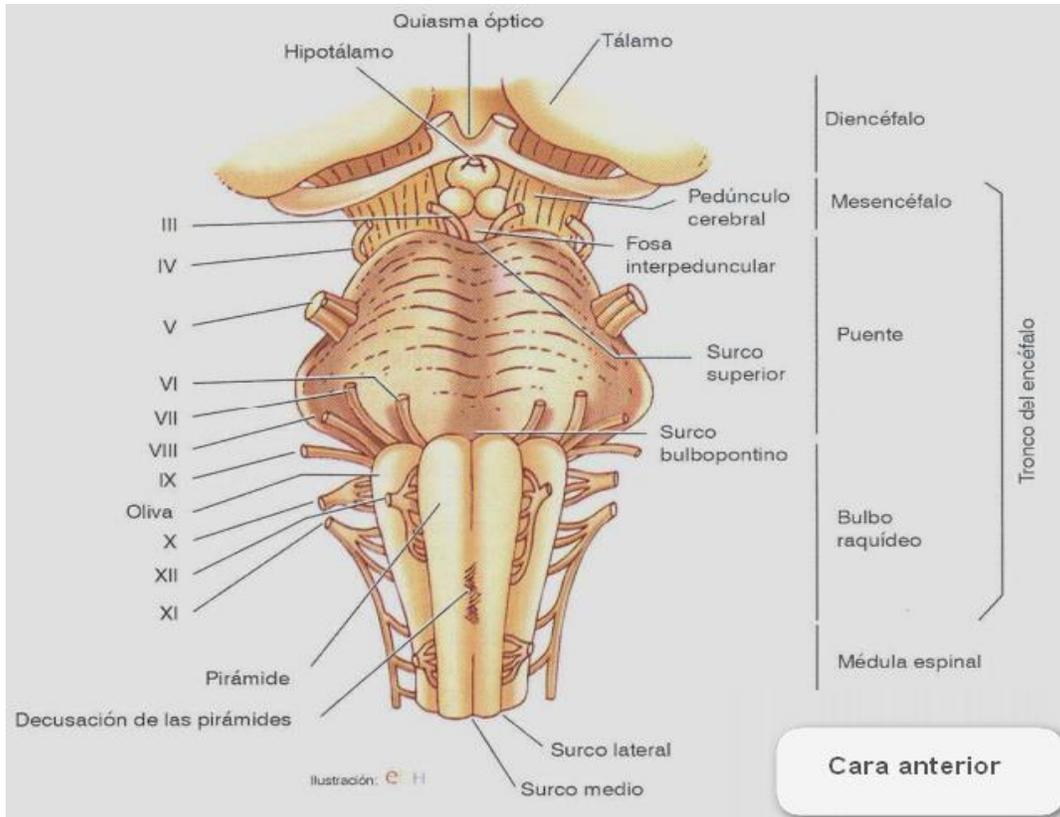


Figura 42. Cara anterior del tallo encefálico. Universidad de Murcia, (s.f.).

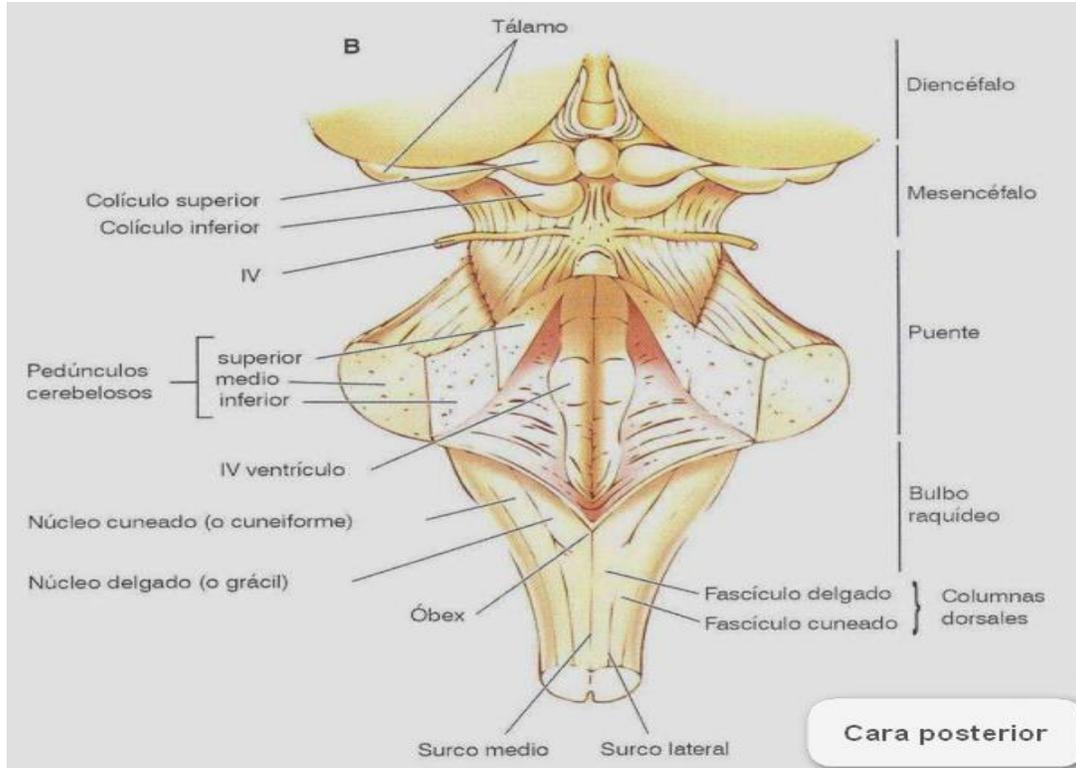


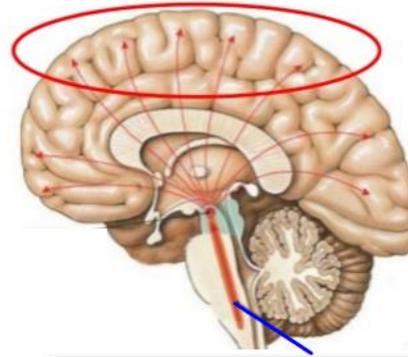
Figura 43. Cara posterior del tallo encefálico. Universidad de Murcia, (s.f.).



Formación reticular

Anatomía. Es una red de materia gris que corre de manera vertical a lo largo del tallo encefálico. Está situada en el segmento por fuera y por detrás del núcleo rojo. Esta formación se extiende también hasta la médula y el diencéfalo (Fig. 44).

Fisiología. Sus funciones son motoras (participa en la regulación del tono muscular) y sensoriales (mantiene la conciencia y el despertar mediante impulsos que llegan de los oídos, ojos y piel). Incluye centros cardíaco y vasomotor del bulbo raquídeo. Es ruta para señales de dolor de la parte inferior del cuerpo. Interviene en los estados de conciencia como lo son la vigilia y el sueño. El sistema de activación reticular interviene en la habitación donde el encéfalo ignora estímulos repetitivos y se sensibiliza a otros de manera específica.



Formación reticular, tiene funciones motoras y sensoriales

Figura 44. Formación reticular. Snell, (2015).

Bulbo raquídeo

Anatomía. Se inicia en el agujero occipital y se extiende hasta el surco horizontal que lo separa del Puente de Varolio. Mide aproximadamente 3 cm. Tiene forma de cono con su extremidad ancha dirigida hacia el lado superior. A cada lado de la fisura media anterior, existe un engrosamiento denominado pirámide.

Fisiología. En el bulbo se localizan los fascículos ascendentes (sensoriales) y descendentes (motores) que comunican la médula espinal con el encéfalo. Tiene numerosos núcleos (masas de sustancia gris consistentes en cuerpos neuronales) que regulan diversas funciones vitales. El bulbo está organizado en varias regiones:

- En la **cara anterior** se encuentran dos prominencias externas que son las pirámides formadas por los fascículos motores que pasan del cerebro a la médula espinal; justo en la unión del bulbo con la médula, la mayoría de los axones de estas pirámides se entrecruzan, lo que se denomina decusación de las pirámides. Por lo tanto, las neuronas de la corteza cerebral del hemisferio izquierdo regulan los músculos de la mitad derecha del cuerpo y viceversa.



- **Lateralmente** a estas pirámides se encuentra una protuberancia oval llamada oliva. Desde aquí se transmiten impulsos al cerebelo relacionados con sensaciones de tacto y vibraciones, esto se debe a los núcleos de Goll derecho e izquierdo y el cuneiforme o también llamado haz de Burdach.
- En el bulbo se encuentran el **centro cardiovascular** que rige la fuerza y frecuencia del latido cardíaco; el **centro respiratorio** que regula el ritmo de la respiración; y los **centros de los reflejos** del vómito, tos y estornudos.
- También tiene núcleos relacionados con los pares craneales VIII (auditivo), IX (glossofaríngeo), X (vago), XI (espinales) y XII (hipogloso).

Por otro lado, el tallo encefálico y el cerebelo están íntimamente relacionados, de hecho, el puente actúa como una conexión entre los hemisferios del **cerebelo**, por lo que a continuación se revisará la anatomía y fisiología de este último.

Cerebelo



Anatomía

El **cerebelo** (infratentorial o la parte posterior del encéfalo) está situado en la parte posterior de la cavidad craneal.

El cerebelo con el puente de Varolio forma en conjunto el metencéfalo. El cerebelo se encuentra en la fosa craneana posterior, por debajo del lóbulo occipital, del cual está separado por la tienda del cerebelo. Su superficie anterior forma el techo del IV ventrículo. (Fig. 45).

Figura 45. Ubicación del cerebelo.

A través de los pedúnculos cerebelosos mantiene una unión con el mesencéfalo, el puente y el bulbo raquídeo. Tiene una forma más o menos ovoide y presenta un estrechamiento en su porción media. Consiste en dos hemisferios cerebelosos unidos por un vermis mediano estrecho.

Fisiología

Su función consiste en coordinar los movimientos musculares voluntarios y en mantener la postura, la estabilidad y el equilibrio.



El cerebelo es un sitio de control propioceptivo (consciencia de la posición en que están situadas las articulaciones sin necesidad de usar la vista) el movimiento y el equilibrio. Recibe entradas sensoriales del oído interno y de los canales semicirculares para la recepción de información de audición y equilibrio; también de la corteza y propioceptivas.

Una vez concluida la revisión del sistema nervioso central a nivel del encéfalo, a continuación se revisa a la **médula espinal** que forma parte del sistema nervioso central, y que se encuentra en el interior de la columna vertebral.

Médula espinal

Anatomía

La médula espinal es la parte del sistema nervioso contenida dentro del canal vertebral. En el ser humano adulto se extiende desde la base del cráneo hasta la segunda vértebra lumbar. Por debajo de esta zona se empieza a reducir hasta formar una especie de cordón llamado *filum terminal, delgado y fibroso* que contiene poca materia nerviosa. Por encima del foramen magnum, en la base del cráneo, continúa hasta el bulbo raquídeo. Igual que el encéfalo, la médula está encerrada en una funda triple de membranas, las meninges: la duramadre, la membrana aracnoides y la piamadre (Fig.46).

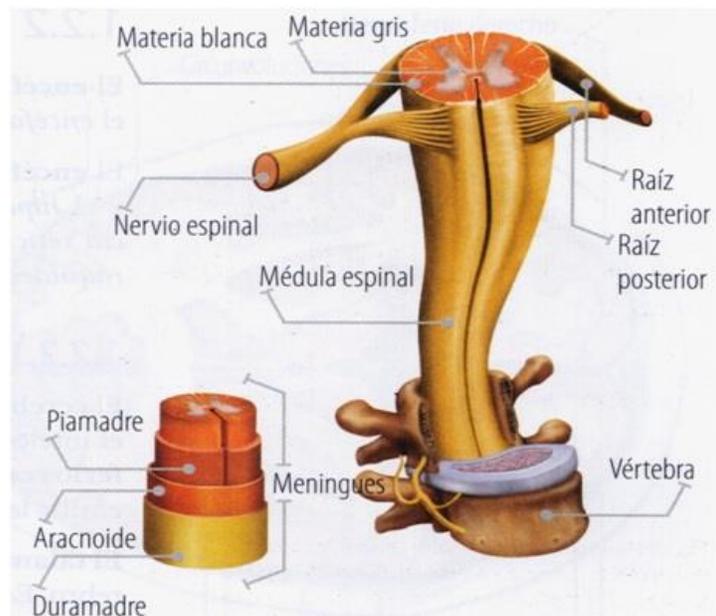


Figura 46. Composición de la médula espinal. Institución Cleaver, (s.f.).

La médula espinal está dividida de forma parcial en dos mitades laterales por un surco medio hacia la parte dorsal y por una hendidura ventral hacia la parte anterior, de cada lado de la médula surgen **31 pares de nervios espinales**, cada uno de los cuales tiene una raíz anterior (motora) y otra posterior (sensitiva).

La siguiente figura 47 sintetiza la división de los nervios espinales:



- Nervios cervicales**
 - Existen 8 pares denominados C1 a C8
- Nervios torácicos**
 - Existen 12 pares denominados T1 a T12
- Nervios lumbares**
 - Existen 5 pares llamados L1 a L5
- Nervios sacros**
 - Existen 5 pares, denominados S1 a S5
- Nervios coccígeos**
 - Existe un par

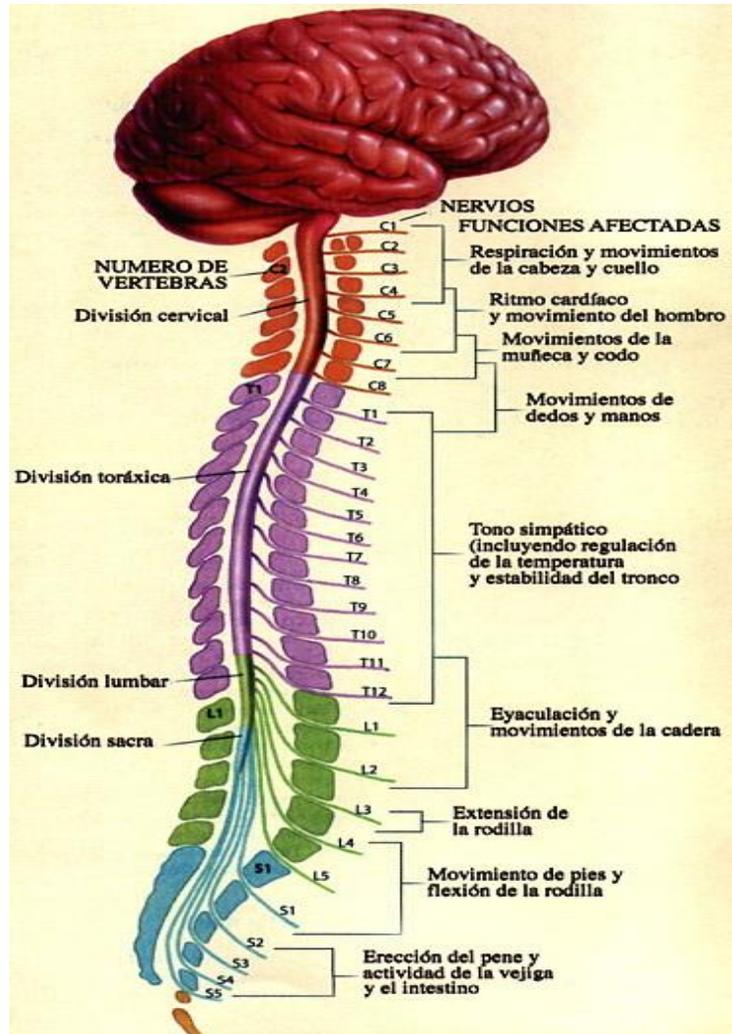


Figura 47. División de nervios espinales, UnADM/Revista Creces, (2000).

La médula espinal es de color blanco, más o menos cilíndrica y tiene una longitud aproximada de 45 cm. Tiene cierta flexibilidad, puede estirarse cuando se flexiona la columna vertebral y está constituida por sustancia gris que, a diferencia del cerebro, se dispone internamente y de sustancia blanca constituida por haces de fibras miélicas de recorrido fundamentalmente longitudinal.

La médula espinal consta tanto de material gris como de materia blanca. La materia gris forma un área con forma de “H” dentro de la materia blanca. La materia gris está formada en su mayor parte de cuerpo de células nerviosas y de axones no mielinizados de neuronas motoras y sensitivas, mismas que forman las vías sensitivas y motoras de la médula espinal. La columna transversal de la “H” está compuesta por la comisura gris. En el centro de la comisura gris se encuentra un pequeño espacio llamado el conducto central o también conocido como **conducto endimario**. Este corre a lo largo de la



médula espinal y es continuo con el cuarto ventrículo del bulbo raquídeo, soportando la cantidad de líquido cefalorraquídeo suficiente para nutrición, lubricación y protección de la mencionada médula. La comisura blanca anterior se localiza anterior a la comisura gris y se conecta con la materia blanca de las porciones izquierda y derecha de la médula.

Las porciones superiores de la H se dividen después en regiones las más cercanas a parte frontal de la médula se llaman astas grises anteriores, mientras las astas grises posteriores son las regiones que están más cerca de la parte posterior de la médula.

Astas grises laterales son las regiones entre las astas grises posteriores y anteriores se encuentran en los segmentos torácicos lumbares superiores y sacros de la médula, por lo que no se encuentran a todo lo largo de la médula espinal.

Observa la siguiente figura 48 que ilustra el segmento de la médula que muestra la materia gris en forma de alas de mariposa o “H” y la zona envolvente de materia blanca que contiene los cuerpos de las células neuronales y también las células gliales (como astrocitos y microglías) al igual que los vasos sanguíneos. La materia blanca también contiene astrocitos y vasos sanguíneos, pero fundamentalmente está constituida por los axones (que llevan las señales nerviosas) que viajan por la médula hacia arriba y hacia abajo. Finalmente, contiene también oligodendrocitos (células que envuelven los axones con la sustancia aislante, mielina). Los ases axonales que ascienden por la médula, como el cordón rojo, convierten los mensajes recibidos de cualquier parte del cuerpo; los ases descendentes, como el cordón azul, lleva las órdenes motoras a los músculos. (Revista Creces, 2000).

Esto último significa que la columna de fibras nerviosas que corren a lo largo de la médula está formada por distintos fascículos de fibras mielinizadas que corren dentro de la médula formando largas vías ascendentes constituidas por axones sensitivos que conducen impulsos que entran en la médula espinal y viajan en sentido superior dirigiéndose hacia arriba hasta el cerebro. Las largas vías descendentes están formadas de axones motores que conducen impulsos desde el cerebro hacia abajo hasta la médula espinal donde hacen sinapsis con otras neuronas cuyos axones salen y pasan a los músculos y glándulas.

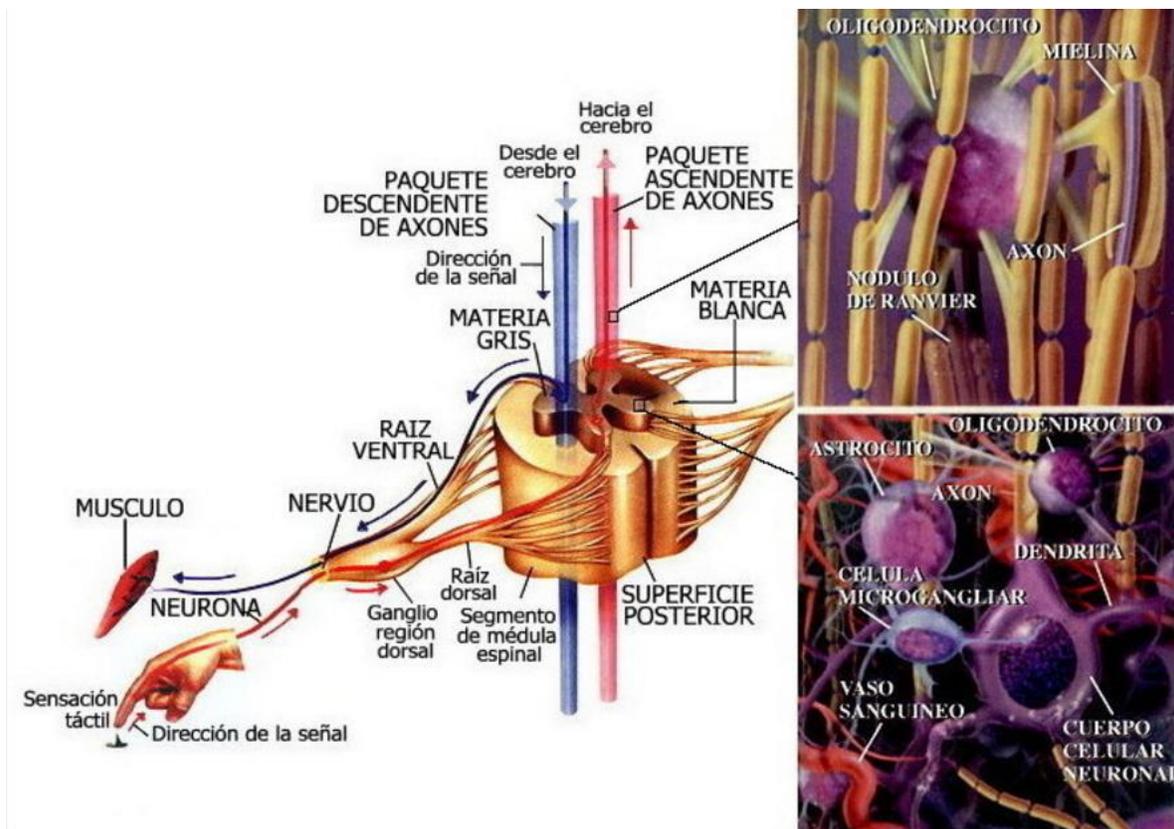


Figura 48. Segmento de la médula espinal. Revista Creces, (2000).

Fisiología

Transmite los impulsos ascendentes hacia el cerebro y los impulsos descendentes desde el cerebro hacia el resto del cuerpo. Transmite la información que le llega desde los nervios periféricos procedentes de distintas regiones corporales hasta los centros superiores. El propio cerebro actúa sobre la médula enviando impulsos hacia los músculos, los vasos sanguíneos y las glándulas a través de los nervios que salen de ella, en respuesta a un estímulo recibido o en respuesta a señales procedentes de centros superiores del sistema nervioso central.

En la figura 49 se ilustra cómo es que la transmisión de la información viaja desde la periferia hacia el sistema nervioso central. Las vías ascendentes llevan información sensitiva y hacen sinapsis con interneuronas que atraviesan la médula ascendiendo hacia la corteza cerebral. La corteza cerebral interpreta la información y a partir de este proceso se envían impulsos de respuesta que bajan por vías descendentes hacia la médula. Allí las interneuronas hacen nuevamente sinapsis con fibras motoras o eferentes que conducen la respuesta hacia los músculos provocando su contracción (Revista Creces, 2000). De esta manera las **vías ascendentes** son sensitivas y las **vías descendentes** son motoras.

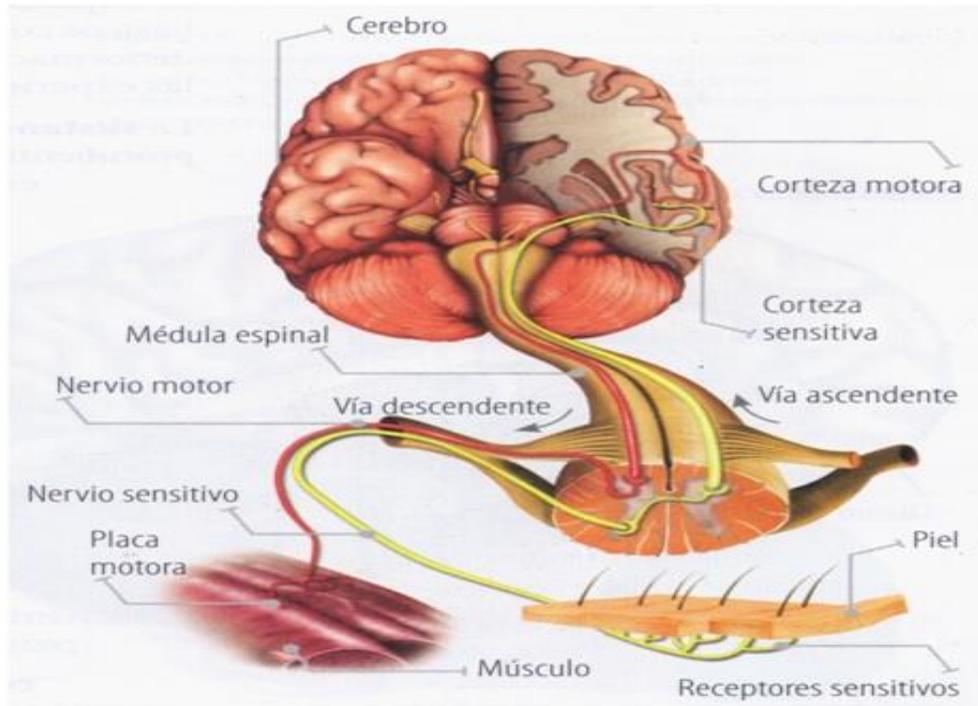


Figura 49. Transmisión de información sensitiva y motora. Institución Cleaver, (s.f.).

La médula espinal cumple cuatro principales funciones:

- **Conducción:** a través de las fibras nerviosas conecta las diferentes secciones de la médula con el encéfalo, llevando información sensitiva al encéfalo y de regreso a la orden motora.
- **Integración neural:** las neuronas medulares integran la información de diversas fuentes, la constituye y produce una respuesta apropiada.
- **Locomoción:** coordina la orden neuronal a los músculos para su contracción repetida y permitir los movimientos alternos en las extremidades.
- **Reflejos:** a través de la integración con los nervios periféricos y el encéfalo como acciones involuntarias ante diferentes estímulos.

En la médula existen tractos ascendentes y descendentes cortos que se originan y terminan dentro de la médula espinal. La función de estas vías es interconectar neuronas de diferentes niveles segmentarios y son importantes en los reflejos espinales intersegmentarios.

Un reflejo es una respuesta involuntaria a un estímulo que depende de la integridad del **arco reflejo**. En su forma más simple, un arco reflejo consiste en un órgano receptor, una neurona aferente, una neurona eefectora y un órgano eefector. Los arcos reflejos son importantes en el mantenimiento del tono muscular que son la base de la postura corporal y también intervienen en las respuestas rápidas durante la exposición a algún peligro.



Ahora que ya conoces la integración del sistema nervioso a nivel espinal y encefálico, revisa a continuación la periferia del sistema nervioso central, su parte eferente en el sistema nervioso periférico, así como la autonomía con la que este puede desempeñarse en el sistema nervioso autónomo.

3.2.2 Sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico se encarga de recibir y regular los estímulos del medioambiente que actúan sobre el organismo. Está formado por todos los nervios del cuerpo (pares craneales y nervios periféricos o raquídeos) y los ganglios.

Los **nervios** están constituidos por fibras nerviosas (prolongaciones de las neuronas) que se encuentran reunidas en haces, rodeados exteriormente por tejido conjuntivo. De acuerdo con las fibras nerviosas que los forman, se clasifican en:

- **Sensitivos:** con fibras aferentes que llevan la información del exterior a los centros nerviosos (médula y encéfalo).
- **Motores:** con fibras eferentes que conducen las respuestas elaboradas en los centros nerviosos hasta los músculos o las glándulas.
- **Mixto:** con fibras aferentes y eferentes formados por fibras sensitivas y motoras. Según el lugar de origen, los nervios se clasifican en craneales y raquídeos.

Los **ganglios** nerviosos son pequeños nódulos formados por neuronas, neuroglia y células nerviosas, localizados en el trayecto de los nervios.

Los **ganglios**, por su ubicación, se clasifican en centrales o periféricos. Los **ganglios centrales** son engrosamientos de cordones nerviosos, de color grisáceo y en forma de huso. Están en comunicación con el sistema nervioso central mediante ramas comunicantes (fibras nerviosas) que salen de ellos.

Los **ganglios periféricos** se encuentran en el trayecto de las fibras nerviosas que se van ramificando que salen de los ganglios centrales y que siguen su trayecto hasta las vísceras, vasos sanguíneos, etc., enlazándose con otras fibras nerviosas para formar los plexos cardiaco, celíaco, lumboaórtico e hipogástrico.

El sistema nervioso periférico se divide para su estudio en:

1. **Sistema nervioso somático.** Es el que se encarga de la inervación sensitiva y motora de todas las regiones del cuerpo, es decir del movimiento corporal voluntario. Está formado por neuronas sensitivas que llevan información que proviene del exterior a través de los sentidos.
2. **Sistema nervioso autónomo o vegetativo.** Es la parte del sistema nervioso que no está sometido por voluntad. Se encarga de regular estados y procesos vitales



como el ritmo cardiaco, la presión arterial, la temperatura, la respiración, la micción y la digestión.

Sistema nervioso autónomo o vegetativo

El sistema nervioso autónomo es el encargado de controlar las glándulas y al músculo liso y cardiaco, por ello se le denomina, a veces, como sistema motor visceral debido a que su principal destino son las vísceras de la cavidad torácica y abdominal, seguido de estructuras de la pared corporal como los vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos piloerectores. Con esto regula el ambiente interno del cuerpo y controla la actividad de los sistemas digestivo, cardiovascular, excretor y endocrino.

A su vez, el **sistema vegetativo (autónomo)** se divide en dos subsistemas (sistema simpático y parasimpático) que, aunque poseen anatomía y función diferente, comparten la innervación al mismo órgano con momentos de cooperación recíproca:

El sistema simpático adapta al cuerpo a situaciones de actividad física en muchas ocasiones por estrés, al aumentar el estado de alerta, el ritmo cardiaco, la presión arterial, la ventilación, la concentración de glucosa en sangre y el flujo sanguíneo hacia la musculatura cardiaca y estriada.

El sistema parasimpático tiene un efecto tranquilizante con reducción en el gasto de energía llevando a un estado de reposo. Está constituido por **dos grupos de células nerviosas paravertebrales** que su trayecto va desde el atlas (primera vértebra cervical) hasta la última vértebra sacra.

Sistema nervioso simpático (toracolumbar)

Anatomía

Se origina a nivel de la primera vértebra torácica (T1) y la segunda vértebra lumbar (L2) por lo que se le conoce como toracolumbar.

Tiene fibras preganglionares en las astas laterales y regiones cercanas a la materia gris de la medula, llegando así a la cadena de ganglios nerviosos paravertebrales. Por lo tanto, en este sistema las fibras preganglionares son cortas, mientras que las posganglionares que contactan con los órganos son largas.



Usa noradrenalina como neurotransmisor principal, aunque existen otros, y lo constituye una cadena de ganglios. Está implicado en actividades que requieren gasto de energía. Es llamado sistema adrenérgico o noradrenérgico.

Fisiología

El simpático es especialmente importante durante situaciones de emergencia y se asocia con la respuesta de emergencia, de lucha o huida, situaciones de estrés, entre otras. Por ejemplo, inhibe el tracto digestivo, pero dilata las pupilas, acelera la frecuencia cardíaca y respiratoria. Los efectos de la estimulación simpática tienen una duración y una distribución mayores que los efectos de la estimulación parasimpática.

El sistema simpático está relacionado con procesos que requieren un gasto de energía. Cuando el organismo está en reposo o en homeostasis este sistema se acciona en medida suficiente para contrarrestar los efectos del sistema parasimpático para que el organismo realice sus funciones normales que requieren energía.

Emociones como el estrés activan al sistema nervioso simpático. Originadas en el cerebro, las proyecciones de este sistema irradian desde la médula espinal y conectan casi todos los órganos, vasos sanguíneos y glándulas sudoríparas del cuerpo. El simpático se activa durante lo que el cerebro considera una emergencia.

Su activación aumenta la vigilancia, la motivación y la activación general. Al movilizar el sistema nervioso simpático, el hipotálamo desencadena la activación de las glándulas suprarrenales, en particular la médula que libera catecolaminas: adrenalina y noradrenalina. Cuando esto sucede, el sistema nervioso parasimpático se inhibe. El simpático media las funciones vegetativas que promueven el crecimiento y almacenamiento de energía.

La respuesta al estrés tiene como componente principal el sistema neuroendócrino, en específico al eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. El evento estresor, ya sea que implique un esfuerzo físico, un desafío psicológico o una combinación de ambos, genera un aumento en la liberación por parte del hipotálamo de factor de liberación de corticotropina y arginina vasopresina (AVP) en el sistema hipotálamo-hipofisiario de circulación. Esto estimula a la hipófisis a que libere corticotrofina a la circulación general. La corticotrofina actúa sobre la corteza de las glándulas suprarrenales induciendo la síntesis y liberación de glucocorticoides, en particular cortisol.

El sistema nervioso simpático es esencial en situaciones de estrés o que ponen en peligro la vida. Estas funciones son antagónicas con las del **sistema nervioso parasimpático**, que es el que permite vivir en estado de relajación. Enseguida se revisará el sistema nervioso parasimpático.



Sistema nervioso parasimpático (cráneo sacro)

Anatomía

El sistema nervioso periférico se origina en los nervios craneales del tallo cerebral y de los segmentos de la segunda a la cuarta vértebras sacras (S2 y S4) por lo que se denomina cráneo sacro.

Tiene largas fibras preganglionares que concluyen en ganglios terminales en el órgano destinatario, mientras que sus fibras posganglionares son cortas y está conformado por los ganglios aislados y usa la acetilcolina. Está encargado de almacenar y conservar la energía. Es llamado también sistema colinérgico. Está formado por pares craneales incluyendo el nervio vago y fibras originadas de niveles sacros de la médula espinal.

Fisiología

El sistema parasimpático está relacionado con todas las respuestas internas asociadas con un estado de relajación, por ejemplo provoca que las pupilas se contraigan, facilita la digestión de los alimentos y disminuye la frecuencia cardiaca, estimula la secreción de glándulas exocrinas, etc.

A continuación, se hace un comparativo entre el sistema parasimpático y simpático (Fig. 50).

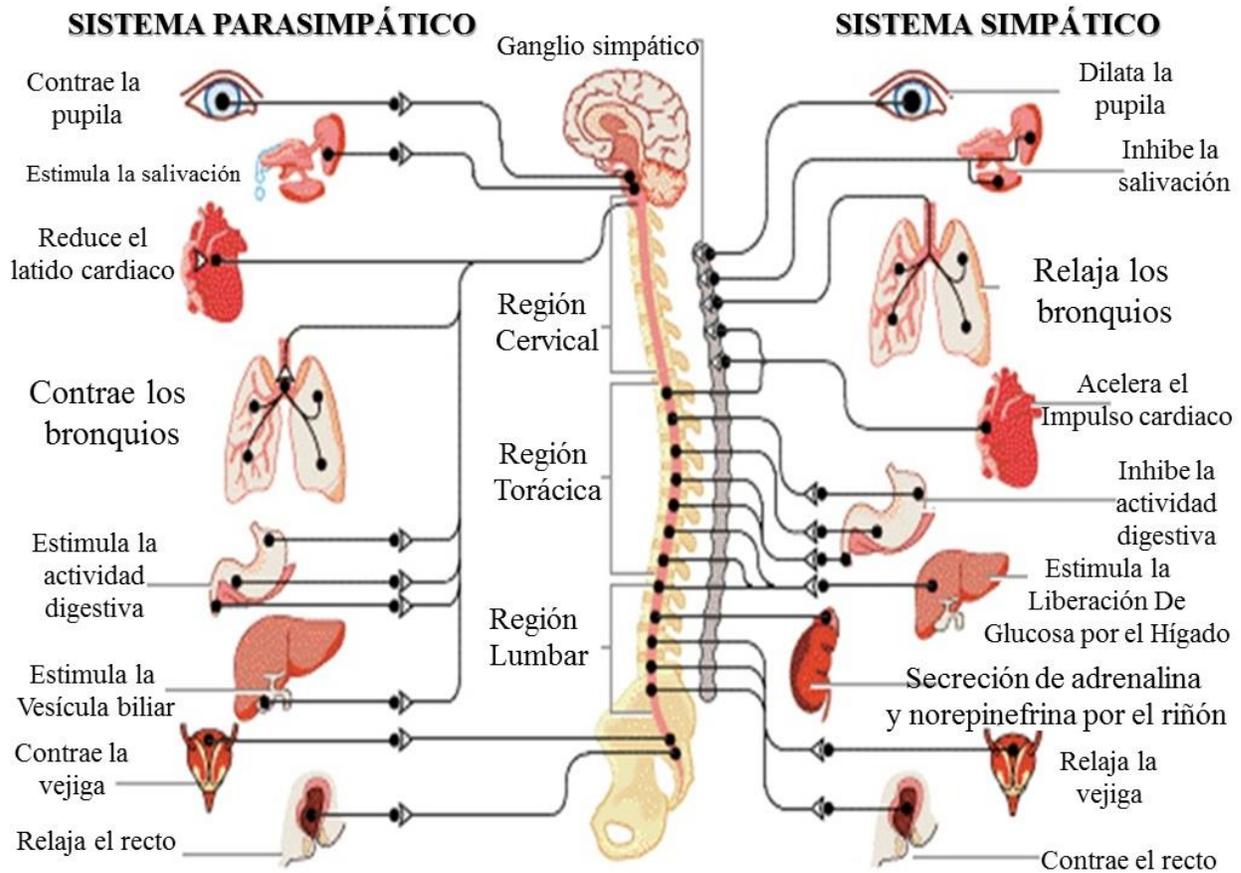


Figura 50. Funciones sistema parasimpático y simpático. Román Y., (2012).

Revisa ahora un apartado especial en cuanto a los pares craneales y su comunicación entre el cuerpo y el encéfalo para situaciones específicas.

Pares craneales

Aunque la mayor parte de la comunicación del encéfalo con el cuerpo baja a través de la medula espinal, los pares craneales, son nervios que están íntimamente en comunicación con el encéfalo.

Los pares craneales ejercen cierto control sobre órganos y sistemas definidos y para salir del sistema nervioso central, atraviesan los orificios de la base del cráneo con la finalidad de inervar a distancia diferentes estructuras, además de la cabeza y el cuello, por ejemplo, si se refiere al nervio gástrico o vago su área de inervación incluye vísceras situadas en el mediastino y en la cavidad abdominal.



De acuerdo a su punto de emergencia en la superficie del encéfalo, se distinguen doce pares de nervios.

Desde el punto de vista fisiológico, los pares craneales pueden ser divididos en tres grandes grupos o categorías (Fig. 51).

- Nervios sensitivos o sensoriales (olfatorio, óptico y auditivo).
- Nervios motores (motor ocular común, patético o troclear, motor ocular externo, espinal e hipogloso mayor).
- Nervios mixtos (trigémino, facial, glossofaríngeo y neumogástrico).

Para cada nervio de esta clasificación se debe considerar un **origen real** y un **origen aparente** al que se define como el sitio de emergencia del nervio en la superficie de la masa encefálica. El origen real o verdadero es el sitio que da origen a las fibras nerviosas que constituyen el nervio propiamente dicho.

En el caso de los **nervios sensitivos** o aferentes, su origen real corresponde a las células nerviosas periféricas que pueden agruparse formando ganglios anexos a los troncos nerviosos o estar situados en los órganos sensitivos, por ejemplo las fosas nasales, ojos u oídos. Los **nervios motores** o eferentes se inician en grupos neuronales situados en el interior del encéfalo que constituyen su núcleo de origen. Los **nervios mixtos** poseen dos raíces una motora y otra sensitiva, cada una de las cuales poseen su propio origen real.

Algunos pares craneales poseen fibras vegetativas pertenecientes al sistema nervioso parasimpático, este es el caso de los nervios oculares comunes, facial, glossofaríngeo y neumogástrico. Estos nervios, además de su origen, sensitivo o motor, poseen un núcleo central donde se originan sus fibras vegetativas.

Enseguida se muestra la anatomía y la función de los pares craneales en el tronco encefálico.

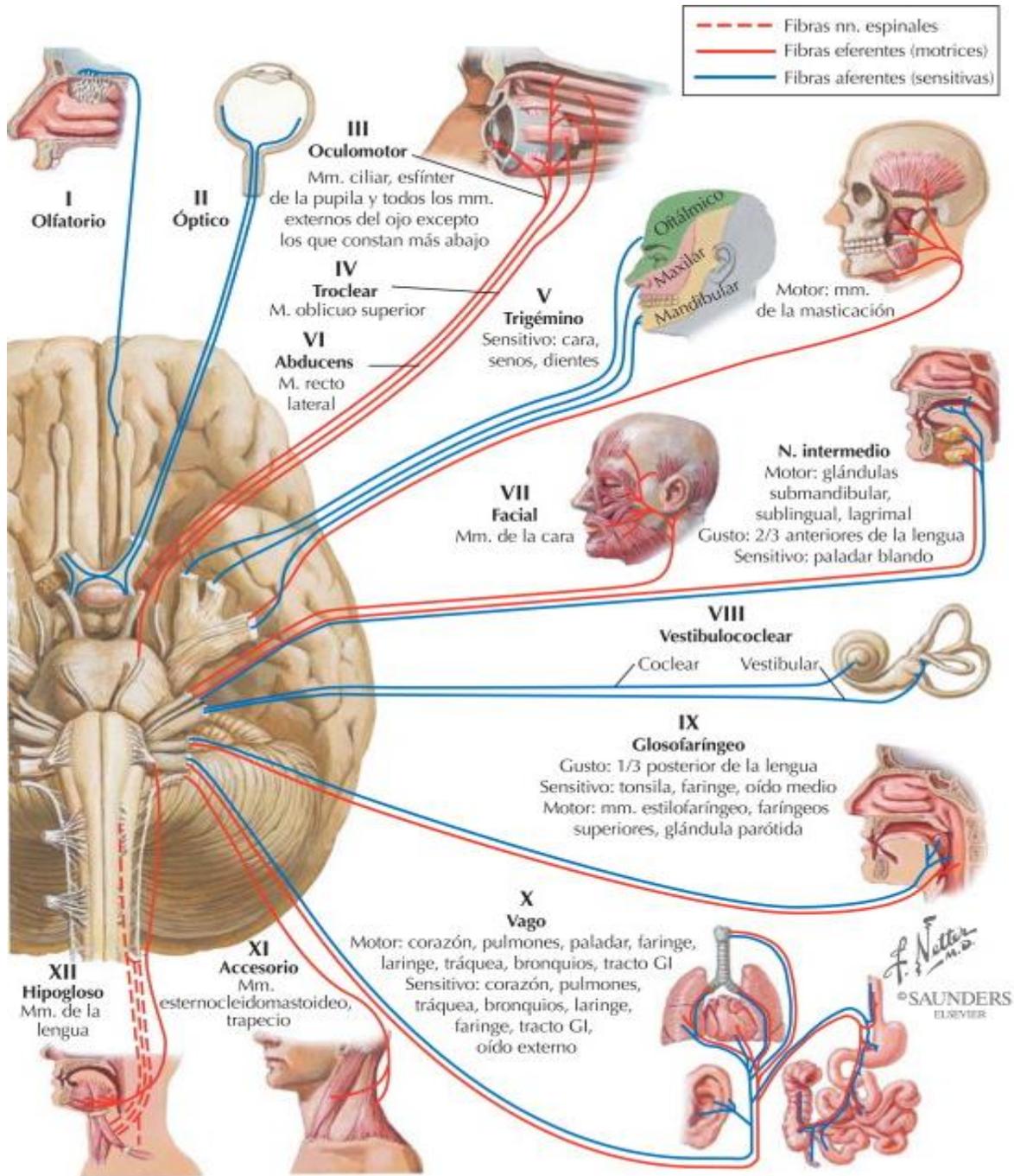


Figura 51. Función de los pares craneales. Logopedia Mercedes Mesa, (2016).

Para ilustrar más este tema de pares craneales, revisa el siguiente video, que relaciona la ubicación de los pares craneales con los órganos de los sentidos (esto último se abordará en temas posteriores de esta unidad).



González, M. (2009). *Trayecto de los 12 Pares Craneales* [Video] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=g8FBYDeLITM>

Hasta aquí has revisado cómo el sistema nervioso periférico por medio de nervios controla las funciones tanto voluntarias como involuntarias, es hora de revisar cómo se reciben los estímulos que provienen del medio externo para ser analizados, integrados e interpretados por el sistema nervioso para así dar una respuesta a los mismos. A continuación se presentan los miotomas y dermatomas.

Dermatomas y miotomas

Un dermatoma es el área de la piel inervada por una raíz o nervio dorsal de la médula espinal. Los nervios cutáneos son los que llegan a la piel, recogiendo la **sensibilidad** de esta.

En la siguiente figura 52 se observan los dermatomas.

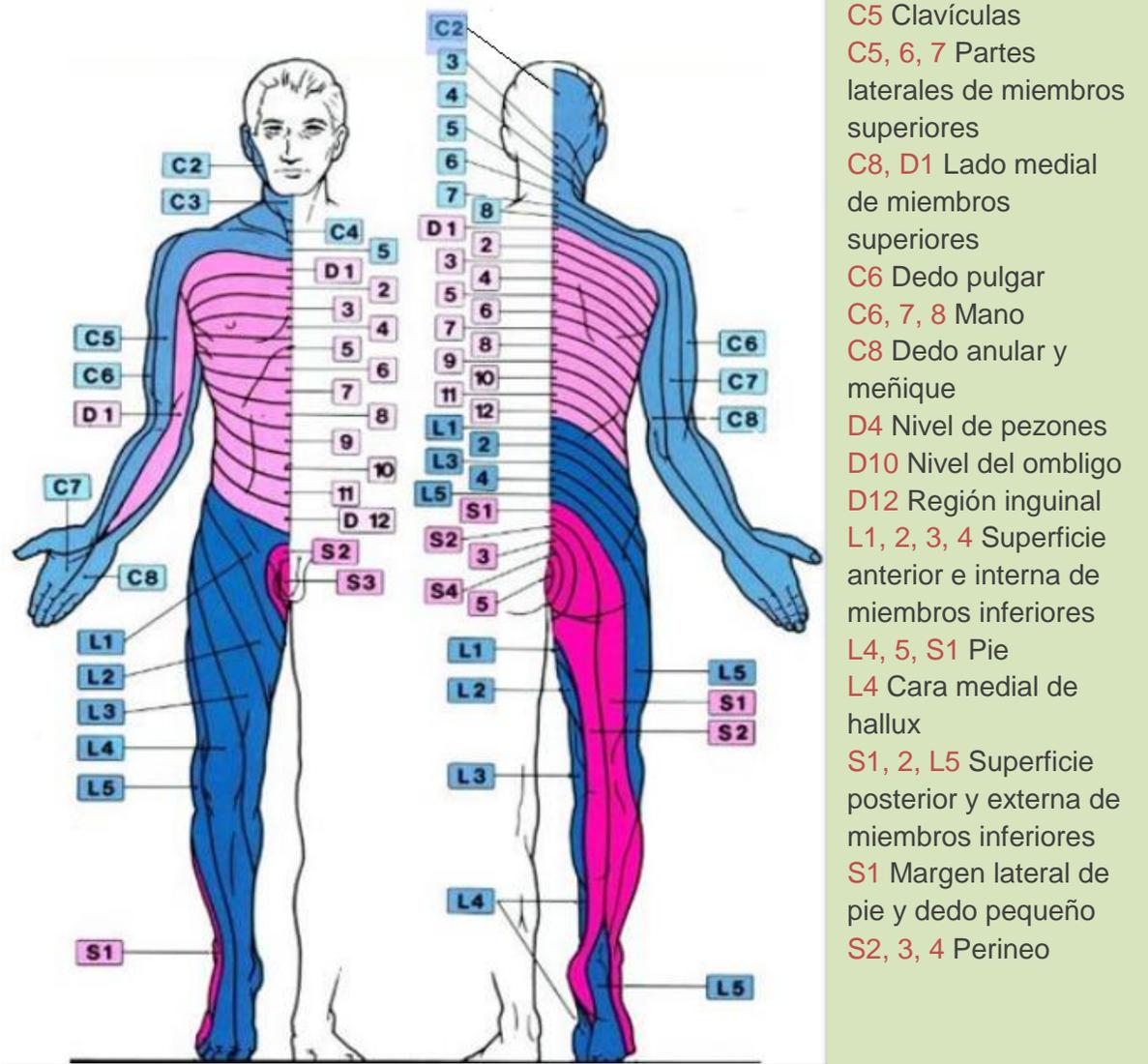


Figura 52. Dermatomas. Hca. es (s.f.).

Mientras que los dermatomas se pueden identificar en la sensación de la piel, los **miotomas** son evaluables separando los movimientos de los distintos grupos musculares, inervados por raíces distintas (Tabla 2).



Segmento	Músculos inervados.
C1- C4	Músculos del cuello
C3- C5	Diafragma
C5- C6	Deltoides, bíceps braquial.
C7- C8	Tríceps braquial, músculos anteriores del brazo.
C8- T1	Flexores largos de dedos y muñeca, intrínsecos de mano
T2- T12	Axiales, intervertebrales, intercostales, abdominales.
L1- L2	Flexores del muslo
L2- L4	Cuádriceps
L4- S1	Extensores del pie y el primer orjejo
L5- S1	Músculos glúteos.
S1- S2	Flexores plantares, intrínsecos del pie.

Tabla 2. Miotomas. Rojas, (2010).

Hasta el momento se ha concluido la revisión de la anatomía y fisiología del sistema nervioso central, no obstante los órganos de los sentidos forman parte de las funciones del sistema nervioso central.

Órganos de los sentidos

Los órganos sensoriales en seres humanos y otros animales son órganos especializados que reciben estímulos del exterior y transmiten el impulso a través de las vías nerviosas hasta el sistema nervioso central donde se procesa y se genera una respuesta.

Los receptores sensoriales son transductores porque funcionan como una especie de “diccionario” traduciendo distintos tipos de energía (fotones, sustancias químicas, estímulos mecánicos) en el lenguaje del sistema nervioso.

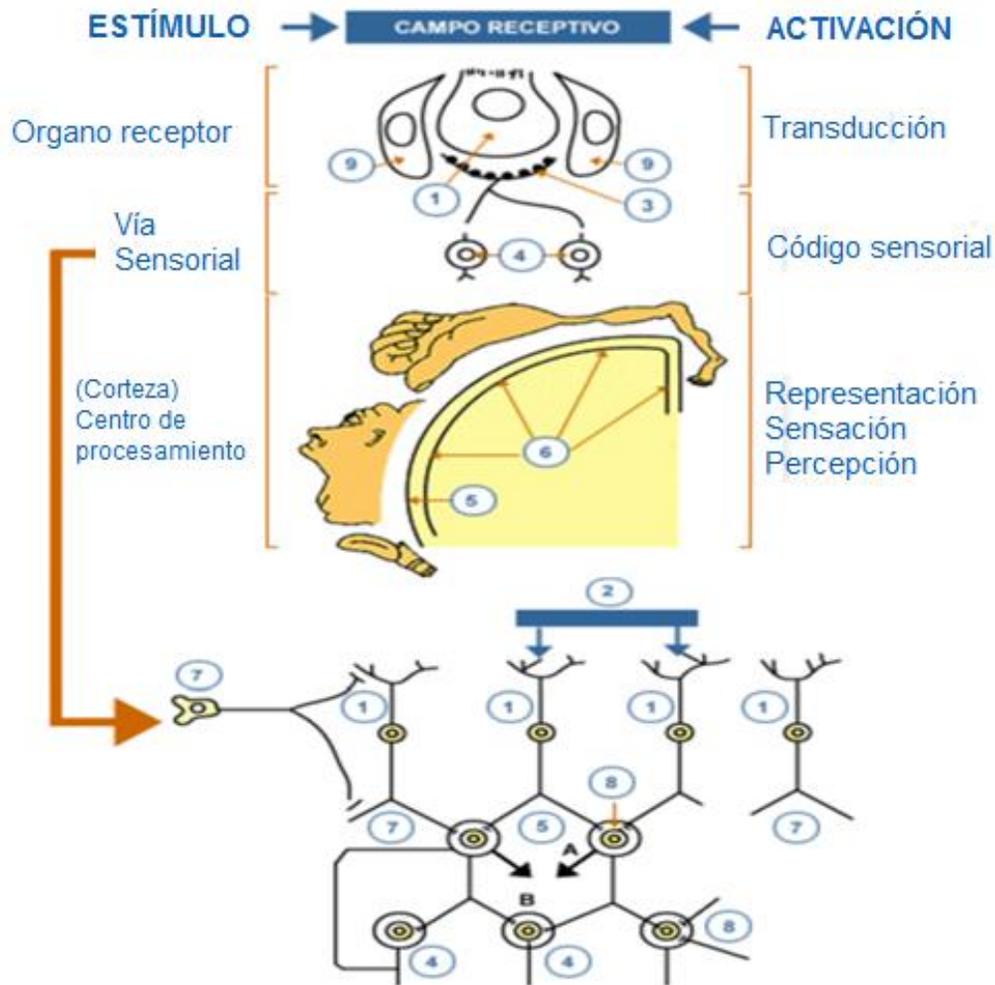
Los receptores se pueden clasificar por el tipo de estímulos ante los cuales muestran un menor umbral (estímulo adecuado). Sobre la base de esta respuesta selectiva ante el estímulo adecuado. Los receptores somáticos se clasifican en:

- **Quimiorreceptores.** Cuando la fuente de información son las sustancias químicas. Ejemplo: gusto y olfato.
- **Mecanorreceptores.** Cuando la fuente de información proviene de tipo mecánico. Ejemplo: contacto, no contacto, vibraciones, texturas. Existen mecanorreceptores especializados, por ejemplo los estatorreceptores que informan sobre la posición del equilibrio y los fonorreceptores que perciben las ondas sonoras.
- **Termorreceptores.** Son los que perciben el frío o el calor.



- **Fotorreceptores.** Se especializan en recibir la energía electromagnética (luz).
- **Propiorreceptores.** Perciben posición y movimiento del cuerpo u sus segmentos, están en músculos y tendones.

En la figura 53 se muestra de manera general el proceso de las células receptoras en los receptores sensoriales.



(1)Neurona sensorial, (2) Campo receptivo, (3) Neuronas de primer orden (4) Neuronas de segundo orden (5), Corteza cerebral (6) Homúnculo somato-sensorial en la corteza cerebral, (7) Divergencia (un axón se ramifica e inerva varias otras neuronas), (8) Convergencia (varios axones de diferente origen inervan la misma neurona), (9) Células accesorias en el órgano receptor.

Figura 53. Receptores sensoriales. Fisiología humana, (2014).

Para profundizar sobre el estudio de los cinco sentidos, a continuación se presenta cada uno.



Visión

Anatomía

El ojo, también llamado globo ocular, es una estructura esférica de aproximadamente 2.5 cm de diámetro. Son dos y se alojan en las órbitas del cráneo. Solo una sexta parte del globo ocular se halla en contacto con el medio externo; la otra parte está protegida en el interior de la órbita.

El **globo ocular** está formado por tres capas: la túnica externa o esclerótica, la túnica media o úvea y la túnica interna o retina.

La **esclerótica** es un tejido fibroso, de color blanquecino, es la cubierta superficial del globo ocular. Hacia delante se limita por la córnea que es una túnica transparente que cubre al iris, estructura que posee pigmento y da color a los ojos. Su curvatura ayuda a enfocar la luz sobre la retina. La esclerótica da forma al globo ocular, lo hace más rígido y protege su interior.

La **capa vascular o úvea** es la capa media. Consta de coroides, cuerpos ciliares e iris. La coroides es muy vascularizada y es la porción posterior de la capa vascular, tapiza la mayor parte de la cara posterior de la esclerótica. Sus vasos sanguíneos irrigan la cara posterior de la retina. La coroides también contiene melanocitos que producen el pigmento melanina. En la porción anterior de la capa vascular, la coroides se continúa con el cuerpo ciliar, desde la ora serrata hasta detrás de la unión de la esclerótica y la córnea. El cuerpo ciliar está constituido por los procesos ciliares y el músculo ciliar.

El **iris** tiene forma de rosquilla aplanada, está suspendido entre la córnea y el cristalino y se adhiere por sus bordes externos a los procesos ciliares. La **pupila** es el orificio que se halla en el centro del iris, es de color negro porque lo que se observa es la parte posterior del ojo.

La **retina** es la tercera y más interna de las capas del globo ocular. Tapiza las tres cuartas partes posteriores del globo ocular y presenta el comienzo de la vía óptica. Se constituye por una capa pigmentaria y una capa nerviosa. La capa pigmentaria posee melanina. La capa nerviosa posee células fotorreceptoras (conos y bastones), células bipolares y células ganglionares, cuyos axones dan origen al nervio óptico y se origina en la papila óptica que da lugar al “punto ciego”, pues es una zona que carece de fotorreceptores.

Los **conos y bastones** son células especializadas que comienzan el proceso de la visión. Cada retina tiene alrededor de seis millones de conos y 120 millones de bastones. Los conos permiten distinguir colores y ver bajo condiciones de luz, mientras que los bastones permiten ver con luz tenue.



La **mácula lútea** se encuentra en el centro de la cara posterior de la retina, en el eje visual del ojo. La **fóvea central** se encuentra en el centro de la mácula. El **crystalino** se encuentra detrás de la pupila y el iris dentro de la cavidad del globo ocular, es transparente y carece de vasos sanguíneos. Está rodeado de una cápsula de tejido conectivo claro y mantiene su posición gracias a las fibras zonulares circulares, que se unen a los procesos ciliares.

El cristalino divide el interior del globo ocular en dos cavidades la cámara anterior y cámara posterior o vítrea. La cámara anterior se encuentra entre la córnea y el iris y posee humor acuoso, un líquido claro que llena su interior. La cámara posterior se encuentra entre el cristalino y la retina, y ahí se ubica el cuerpo vítreo, una sustancia gelatinosa.

En la siguiente figura 54 se puede observar la estructura interna del globo ocular.

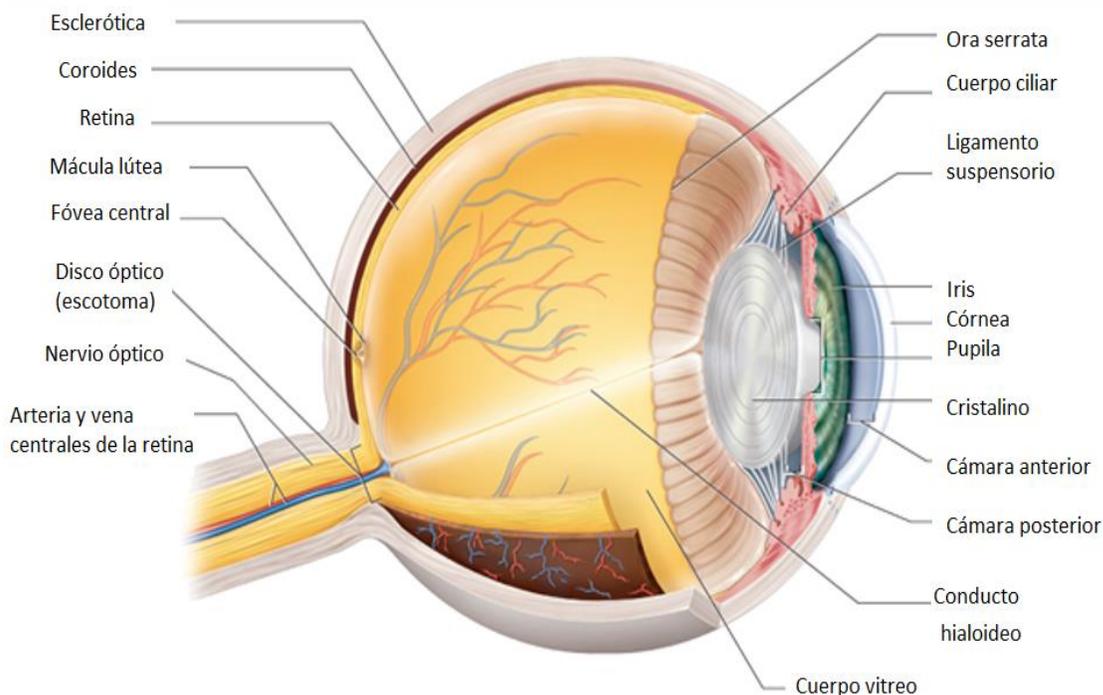


Figura 54. Estructura interna del globo ocular. Kenneth S. (2012).

Como parte de las estructuras de protección del ojo (Fig. 55) se encuentran los **párpados superior e inferior** que ocluyen los ojos durante el sueño y los protegen de la luz excesiva y de cuerpos extraños, además esparcen una secreción lubricante sobre los globos oculares. El párpado superior es más móvil y contiene en su interior al músculo elevador del párpado superior. Las **pestañas** se proyectan desde los bordes de cada párpado y las cejas, se arquean transversalmente sobre los párpados, ayudan a proteger al globo ocular de cuerpos extraños, la transpiración y los rayos directos del sol.



La **conjuntiva** es una delgada membrana mucosa de protección. Se encuentra recubriendo la parte interna de los párpados (conjuntiva palpebral) y desde los párpados hasta la superficie del globo ocular (conjuntiva bulbar), no cubre la córnea.

Las **glándulas lagrimales** tienen forma similar a la de una almendra, secretan lágrimas que drenan a través de 6 a 12 conductillos lagrimales excretores, los cuales vacían el líquido sobre la superficie de la conjuntiva del párpado superior.

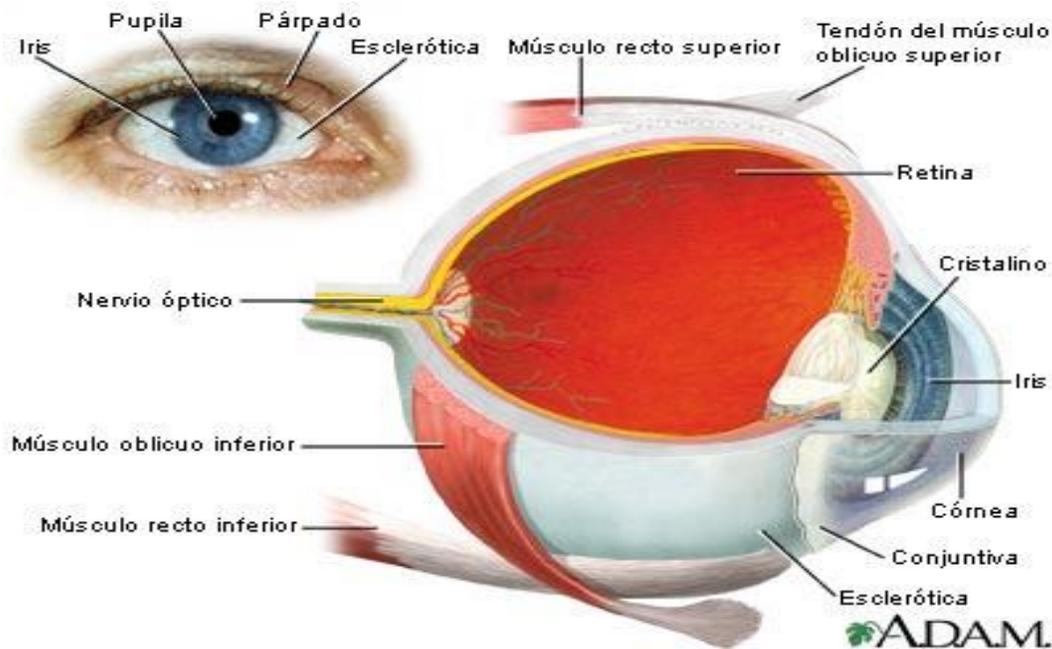


Figura 55. Globo ocular, parte externa. MedlinPlus. (2016).

Fisiología

A medida que los rayos de luz ingresan en el ojo, sufren una refracción en las caras anterior y posterior de la córnea luego en el cristalino de manera que quedan enfocados sobre la retina. Las imágenes enfocadas en la retina son invertidas. Alrededor del 75% del total de la refracción de la luz se produce en la córnea.

La constricción de la pupila (miosis) es el estrechamiento del diámetro del orificio a través del cual la luz entra en el ojo por la contracción de los músculos ciliares del iris. Este reflejo autonómico ocurre simultáneamente con la acomodación (capacidad del cristalino para enfocar objetos cercanos) e impide que los rayos luminosos entren en el ojo a través de la periferia del cristalino. Los rayos de luz que entran por la periferia no podrían ser dirigidos para que se enfocaran en la retina y darían lugar a una visión borrosa. La pupila también se contrae por la luz brillante.

El cristalino aporta el 25% restante del poder de enfoque y también cambia el foco para ver objetos cercanos o distantes. El cristalino debe desviar los rayos paralelos lo justo y



necesario para que queden exactamente enfocados en la fovea central, donde la visión es más aguda.

Una vez que los estímulos luminosos son captados por la retina, son enviadas a través de los nervios ópticos hacia la corteza cerebral del lóbulo occipital donde finalmente son decodificados por el cerebro, obteniendo así la percepción de las imágenes del entorno que los rodea.

Los conos y bastones reciben este nombre por su aspecto y reciben el estímulo luminoso en la retina. La absorción de la luz actúa como iniciador de los fenómenos que llevan a la producción de un potencial receptor. El único tipo de fotorreceptor presente en los bastones es la rodopsina. Existen tres tipos de distintos fotorreceptores de los conos en la retina, uno en cada uno de los tres tipos de conos.

Por otro lado, la visión cromática es resultado de la activación diferencial de distintos fotorreceptores de los conos por los diferentes colores de la luz.

Cuando se sale de un ambiente oscuro hacia la luz del día, se produce una adaptación a la luz. El sistema visual se ajusta en segundos al ambiente más iluminado por la disminución de su sensibilidad. Por otro lado, cuando se ingresa a un ambiente oscuro, el sistema visual experimenta una adaptación a la oscuridad.

Las señales visuales en la retina se procesan en las sinapsis entre varios tipos de neuronas (células horizontales, células bipolares y células amacrinas). Luego, los axones de las células ganglionares de la retina que constituyen el nervio óptico (II par craneal), abandonan el globo ocular y permiten la salida de la información visual desde la retina hacia el cerebro.

Los axones dentro del nervio óptico pasan a través del quiasma óptico, el punto en el que se cruzan los nervios ópticos. Algunos axones pasan al lado opuesto, otros no. Después de atravesar el quiasma óptico, los axones que ahora forman parte del tracto óptico, entran en el cerebro y arriban al cuerpo geniculado lateral del tálamo donde hacen sinapsis con neuronas cuyos axones forman las radiaciones ópticas, las cuales se proyectan a las áreas visuales primarias en los lóbulos occipitales de la corteza cerebral (área 17) (Fig.56).



Tacto

El **tacto** es otro de los cinco sentidos de los seres humanos y de otros animales. A través del tacto el cuerpo percibe el contacto con las distintas sustancias, objetos, etc. Los seres humanos presentan terminaciones nerviosas especializadas en la piel que se llaman receptores del tacto. Estos receptores se encuentran en la epidermis (capa más externa de la piel) y transportan las sensaciones hacia el cerebro a través de las fibras nerviosas. Existen sectores de la piel que poseen mayor sensibilidad debido a que el número de receptores varía en toda la piel.

Anatomía

La **piel** es una parte muy importante del organismo que protege y cubre la superficie del cuerpo. Contiene órganos especiales que suelen agruparse para detectar las distintas sensaciones como la temperatura y dolor.

La piel posee tres capas: la **epidermis** que es la que interviene principalmente en la función del tacto, ya que es la más externa. La **dermis** que es la capa del medio y la **hipodermis** que es la capa más profunda.

Fisiología

Los receptores del tacto están constituidos por los corpúsculos táctiles, que se subdividen en las siguientes:

- **Corpúsculos de Vater-Paccini.** Se ubican en la zona profunda de la piel, sobre todo en los dedos de las manos y de los pies. En general son poco abundantes. Detectan presiones y deformaciones de la piel y sus estímulos duran poco.
- **Terminaciones nerviosas libres.** Están en casi todo el cuerpo y se especializan en sentir el dolor.
- **Terminaciones nerviosas de los pelos: sensibles al tacto.** La mayoría de los pelos son de este tipo.
- **Corpúsculo de Meissner.** Se encuentran en las papilas dérmicas, abundantes en los extremos de los dedos, los labios, la lengua, etc. Se ubican en la zona superficial de la piel y se especializan por el tacto fino.
- **Corpúsculos de Krause.** Presentes en la superficie de la dermis y son sensibles al frío. Se ubican en especial en la lengua y en los órganos sexuales.
- **Corpúsculo de Ruffini.** Son poco numerosos, alargados y profundos, y son sensibles al calor.

Los receptores anteriormente descritos se observan en la siguiente figura 57.

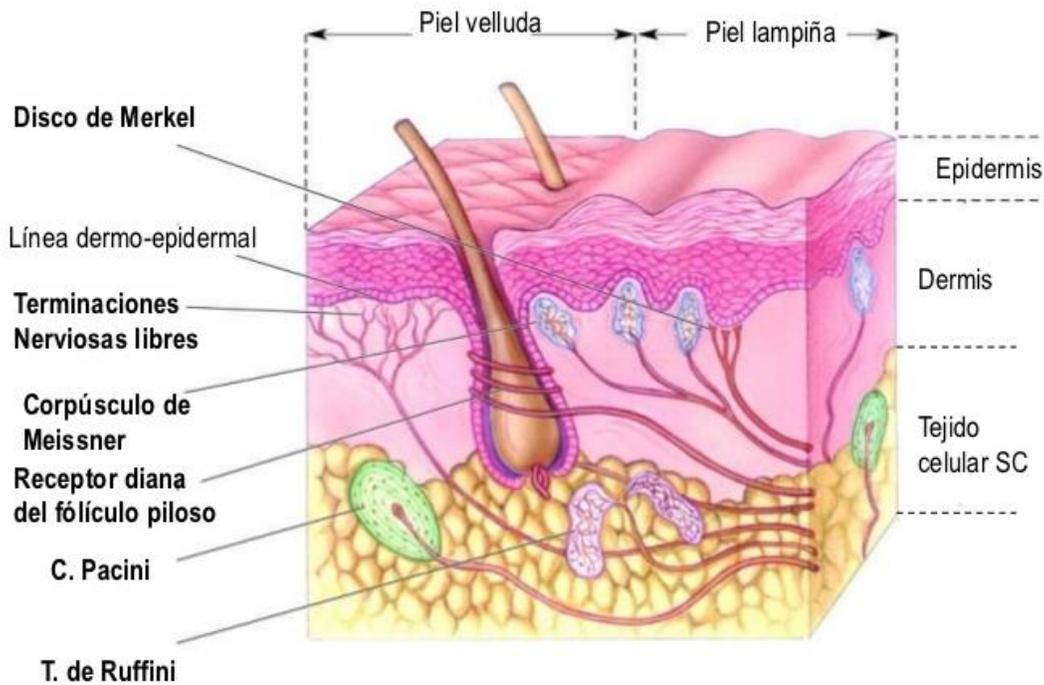


Figura 57. Mecanorreceptores de la piel. Fisiología sensorial, (2009).

Una vez revisado el sentido del tacto, su composición y función, es momento de revisar la audición a través del **oído** cuya función es percibir vibraciones.

Oído

Anatomía

El oído es un órgano par de compleja estructura que permite el registro de las vibraciones del aire que se constituyen en ondas sonoras. Se distinguen tres partes: el oído externo, oído medio y oído interno.

Oído externo. La parte externa está formada por el pabellón de la oreja y la interna por el conducto auditivo externo. El pabellón de la oreja se localiza en las partes laterales de la cabeza. El conducto auditivo externo se extiende desde la concha del pabellón auricular hasta la membrana del tímpano, mide 2.5 cm de longitud y es ligeramente curvo de concavidad anterior. Está cubierto de piel en la que hay pelos y glándulas ceruminosas, que secretan cerumen, material pastoso y amarillento (Fig. 58).

El **oído medio** es una cavidad pequeña situada en el espesor del hueso temporal. Tiene forma de tambor y presenta, por lo tanto, seis paredes:



- a) *Pared externa*, formada por la membrana del tímpano.
- b) *Pared interna*, formada por una lámina ósea llamada promontorio que presenta una pequeña ventana encima, llamada ventana oval y por debajo del promontorio otra ventana llamada ventana redonda.
- c) *Pared superior*, no existe ningún elemento anatómico importante.
- d) *Pared posterior*, aquí se encuentran pequeñas perforaciones que ponen en contacto el oído medio y la apófisis mastoides.
- e) *Pared anterior* donde se abre el orificio de la trompa de Eustaquio, largo conducto musculomembranoso que comunica el oído medio con la rinofaringe; la trompa de Eustaquio mide aproximadamente tres a cuatro centímetros de largo y tres milímetros de diámetro, es ósea, cerca de la caja y cartilaginosa, después.
- f) *Pared inferior*, tampoco tiene elemento anatómico relevante. Hay una cadena de huesecillos que están colocados transversalmente desde la membrana del tímpano hasta la ventana oval: el martillo, el yunque, el lenticular y el estribo.

El **oído interno**, llamado también laberinto, se compone de una serie de cavidades, colocadas en el espesor del peñasco del temporal. Estas cavidades, en conjunto reciben el nombre de laberinto óseo, en cuyo interior se encuentra el laberinto membranoso. El oído interno está conformado por: vestíbulo, caracol y conductos semicirculares.

El vestíbulo es la cavidad central del laberinto óseo. Se localiza entre el caracol y los conductos semicirculares. El caracol o cóclea ocupa la parte anterior del laberinto óseo. Tiene forma de concha de un caracol arrollado en espiral que describe dos vueltas y media alrededor de su eje central llamado modiolo o columnela.

Los conductos semicirculares son tres cavidades tubulares situadas por encima y por detrás del vestíbulo. Son tres, uno superior, otro posterior y otro externo, se abren en el vestíbulo por cinco orificios pues los conductos semicirculares superiores y posteriores, antes de su terminación, se reúnen y así tienen, para los dos, un solo orificio. Cada conducto semicircular posee en su unión con el vestíbulo una dilatación en forma de ampolla, llamada dilatación ampollar.

Las estructuras descritas del oído externo, medio e interno se visualizan en la siguiente figura 58.

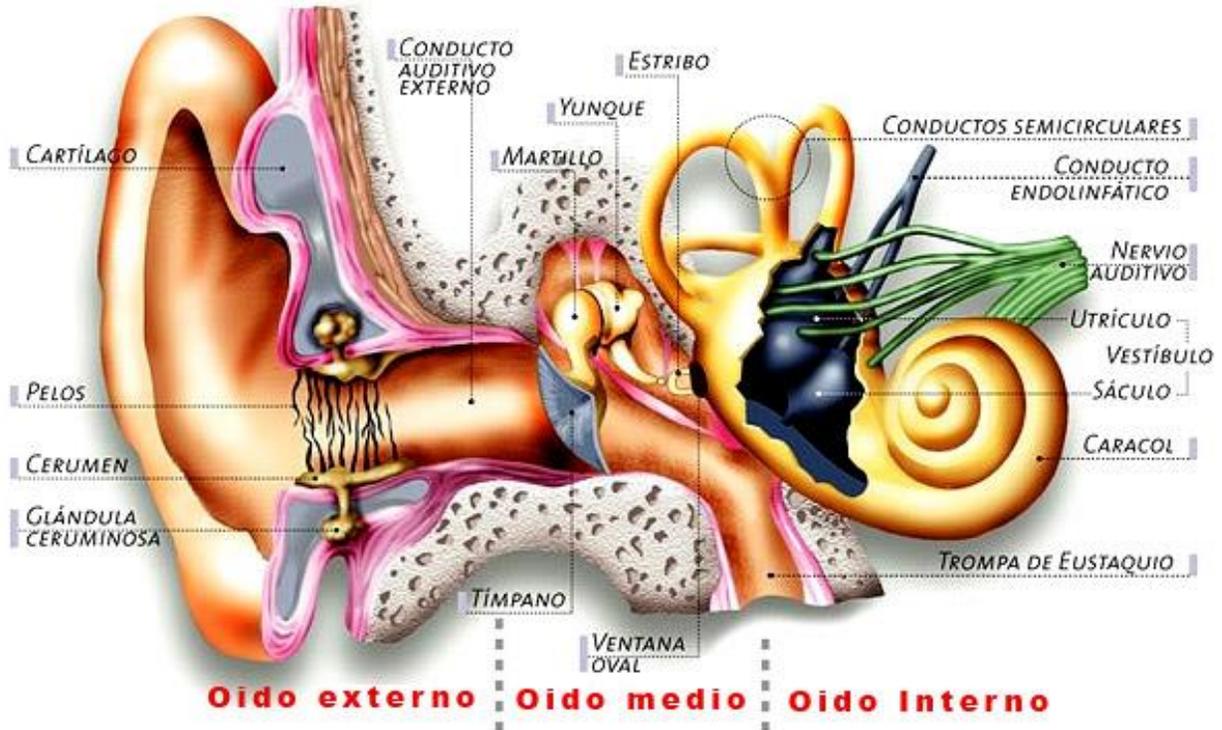


Figura 58. Estructura del oído. Colegio Glenn Doman, (2011).

Fisiología

Al llegar la onda sonora a la membrana del tímpano, este vibra de acuerdo a la intensidad de la onda sonora y en completa armonía y sincronización con el músculo del martillo que tira del mango de este hacia adentro arrastrando a la membrana que hace aumentar su convexidad; por esto el martillo merece ser considerado como el músculo acomodador porque la membrana del tímpano se adapta a los diversos sonidos.

La agudeza auditiva es la capacidad que tiene el sentido del oído de percibir vibraciones que tengan una intensidad, tono y timbre adecuados. La disminución de ella, puede ser apreciada si el ruido audible por la mayoría de las personas no se puede percibir adecuadamente.

La figura 59, muestra el proceso del funcionamiento de la audición natural:



Figura 59. La audición. Baha, (2014).

1. El sonido entra en el conducto auditivo.

Las ondas sonoras se desplazan a través del conducto auditivo y alcanzan el tímpano.

2. El tímpano y los huesos auditivos vibran

Estas ondas sonoras hacen vibrar el tímpano y los tres huesos (huesecillos) del oído medio.

3. El líquido se mueve a través del oído interno

Las vibraciones se transmiten a través del líquido del oído interno en forma de espiral y hacen moverse las minúsculas células ciliadas de la cóclea. Las células ciliadas detectan el movimiento y lo convierten en señales químicas para el nervio auditivo.

4. Los nervios auditivos los comunican al cerebro

El nervio auditivo envía la información al cerebro mediante impulsos eléctricos que son interpretados como sonido.

Los ruidos demasiado agudos o fuertes pueden producir ruptura de la membrana del tímpano o por lo menos, producir sordera momentánea que puede durar unos minutos a horas. La intensidad del ruido se marca en decibeles o décima parte de un bel. Esta unidad de sensación auditiva se ha creado en honor a Bell y se define como la menor intensidad de sonido a que puede oírse un tono de sonido determinado. La escala de mínima a máxima percepción se divide en 130 decibeles.

Las vibraciones son captadas por el oído, cuya función no solo es escuchar sino también lograr el equilibrio postural. Sobre el sentido del equilibrio se puede nombrar el equilibrio estático al que se refiere al mantenimiento de la posición el cuerpo (principalmente la cabeza) en relación con la fuerza de gravedad; y el equilibrio dinámico, que es el mantenimiento de la posición del cuerpo (principalmente la cabeza) en respuesta a movimientos repentinos como girar, acelerar y frenar. El conjunto de órganos receptores del equilibrio se denomina aparato vestibular, constituido por el sáculo, utrículo y los conductos semicirculares. Dado que estas estructuras se encuentran en el oído medio, se pueden padecer enfermedades que lo afecten y cursen con incapacidad de mantenerse de pie, tambalear o caer.

A continuación revisarás el sentido del **olfato**, cuyo órgano receptor es la nariz que capta sustancias químicas.



Olfato

Anatomía

Este sentido es mucho más sensible que el del gusto y las estructuras olfativas suelen deteriorarse con la edad. La nariz está equipada con nervios olfatorios, es el principal órgano del olfato. Los nervios olfatorios son también importantes a la hora de diferenciar el gusto de las sustancias que se encuentran en la boca, es decir, muchas sensaciones que se perciben como sensaciones gustativas tienen su origen, en realidad, en el sentido del olfato.

Las sensaciones olfatorias son difíciles de describir y clasificar. La captación de olores es el primer paso de un proceso que continúa con la transmisión del impulso a través del nervio olfatorio y acaba con la percepción del olor en el cerebro.

El interior de la nariz se puede dividir por el septum nasal en dos cavidades que se extienden desde las narinas en la parte anterior, hasta las coanas en la parte posterior, continuándose allí con la nasofaringe. Cada lado, a su vez, se puede dividir en vestíbulo nasal (anterior) y cavidad nasal propiamente (posterior).

El vestíbulo nasal es la porción más anterior, se limita lateralmente por el ala de la nariz y medialmente por la porción más anterior del septum. Está recubierto por epidermis que contiene pelos (vibrisas) y glándulas sebáceas. La cavidad nasal posee paredes laterales mediales, techo y piso.

La pared medial, formada por el septum, es vertical y la pared lateral se inclina hacia el medial posteriormente. De este modo, el piso de la cavidad nasal es más ancho que el techo. En el techo de la cavidad nasal, el cornete superior y la porción más superior del septum se encuentran las células nerviosas del epitelio olfatorio.

Desde allí las fibras nerviosas pasan a través de la placa cribiforme al bulbo olfatorio. La región olfativa de la nariz es la responsable del sentido del olfato. La membrana mucosa es muy gruesa y de coloración amarilla. Este órgano forma parte del sentido del olfato, del aparato respiratorio y vocal.

Fisiología

Este sentido permite percibir los olores. El aparato olfatorio consta de células receptoras (neuronas bipolares), células de sostén (sustentaculares) y células madre basales. Cada neurona sensorial bipolar tiene una dendrita que se proyecta hacia la cavidad nasal, donde termina en una protuberancia que contiene cilios. Es la membrana plasmática que cubre los cilios la que contiene las proteínas receptoras que se unen a moléculas odorantes.



El procesamiento de la información olfatoria comienza en el bulbo olfatorio, las neuronas bipolares hacen sinapsis con neuronas ubicadas en estructuras esféricas llamadas glomérulos. Las neuronas secundarias conocidas como células con penacho y células mitrales transmiten impulsos desde el bulbo olfatorio hacia la corteza olfatoria en los lóbulos temporales mediales.

El olfato no tiene un esquema de clasificación satisfactorio. Quizás esta dificultad se deba a que no es capaz de abstraer los términos para definir un olor, más bien los olores se refieren a cosas, objetos (afrutado, acaramelado, lavanda) o a la condición que informa (quemado o podrido). En el olfato, la escala básica va desde lo agradable a lo desagradable, que tiene más que ver con el comportamiento de aceptación o de evitación –subjetivo o aprendido- que con una clasificación científica válida.

Los seis olores básicos o primarios son picante, fragante, pútrido, etéreo, resinoso y quemado. Los olores son tan sutiles, subjetivos y de multitud de experiencias aromáticas que son difíciles de clasificar y de describir de una forma ordenada y sistemática que haga honor a una verdad objetiva y científica.

El olfato, al igual que el gusto, son sentidos que son estimulados por sustancias químicas; en este caso, sustancias volátiles, solubles en agua y en lípidos. Los estímulos químicos que activan el olfato son sustancias orgánicas compuestas de elementos químicos, es una cualidad que comparte con el gusto a diferencia del tacto, oído y vista. El sentido del olfato sirve para recibir esa información de las sustancias químicas que transmiten determinados productos químicos a largas o cortas distancias y que a su vez se volatilizan para que sea posible su precepción.

En el nervio olfativo cada axón sensorial transporta información relacionada con solo una de alrededor de 350 proteínas receptoras olfatorias, pero el cerebro puede percibir tantos como los 10 000 olores diferentes estimados y lo hace integrando de algún modo la información que proviene de muchas aferencias de receptores diferentes, y después interpretar el patrón como una huella dactilar característica de un olor particular.

En la siguiente figura 60 se observan las neuronas olfatorias y su unión en los glomérulos con las neuronas secundarias.

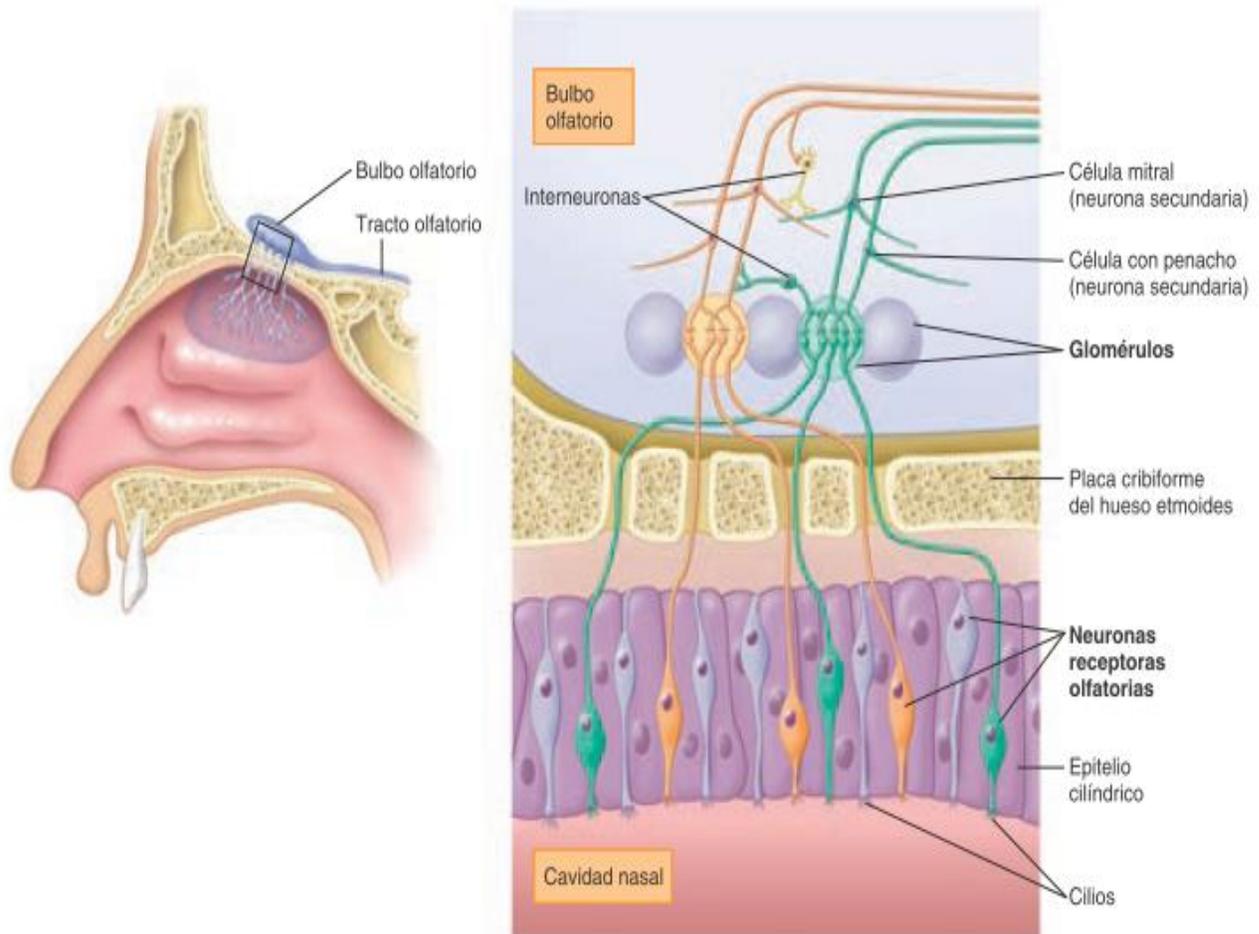


Figura 60. Sentido del olfato. Stuart, (2011).

Hasta este momento, has revisado cómo es que la nariz recibe estímulos químicos y lleva a cabo el sentido del olfato. Como te puedes dar cuenta, este sentido está muy relacionado con el sentido del gusto que a continuación revisarás, pues las mismas sustancias químicas recibidas por la mucosa olfatoria, al ser disueltas en la lengua, dan origen a la percepción de sabores que dan lugar al sentido del **gusto**.

Gusto

Anatomía

La lengua está contenida en la cavidad bucal, a la que llena casi por completo. La lengua está situada por debajo de la región palatina, delante de la faringe, encima de la región hioidea y de la región sub-lingual. Presenta dos porciones, una visible, móvil o lengua propiamente dicha y otra oculta en el espesor del suelo de la boca, porción fija o raíz. Es un órgano musculo membranoso muy móvil. El cuerpo de la lengua se divide en dos



mitades, derecha e izquierda y está cubierta por una mucosa que es continuación de la mucosa que cubre al labio inferior.

La mucosa lingual cubre a la lengua en toda su extensión, excepto en la base. En su cara superior se encuentran abundantes papilas que son prolongaciones del tejido conjuntivo y están provistas de capilares y fibras nerviosas. Las papilas dan a la lengua su aspecto rugoso.

Las papilas son de cuatro clases: a) **fungiformes** o en forma de hongo. Se distribuyen por toda la mucosa lingual; b) **caliciformes**, se encuentran situadas en una cavidad que tienen esa forma. Su número es de doce a dieciséis y se localizan en la base de la lengua, constituyendo al agruparse, la llamada V lingual cuyo vértice está dirigido hacia atrás; c) **coroliformes**, con forma de corola, pequeñas y terminan por varios filamentos, residen en la punta principalmente y bordes de la lengua y c) **filiformes**, son las papilas más pequeñas y terminan por un filamento y al igual que las anteriores también se les localiza en la punta y bordes de la lengua (Fig. 61).

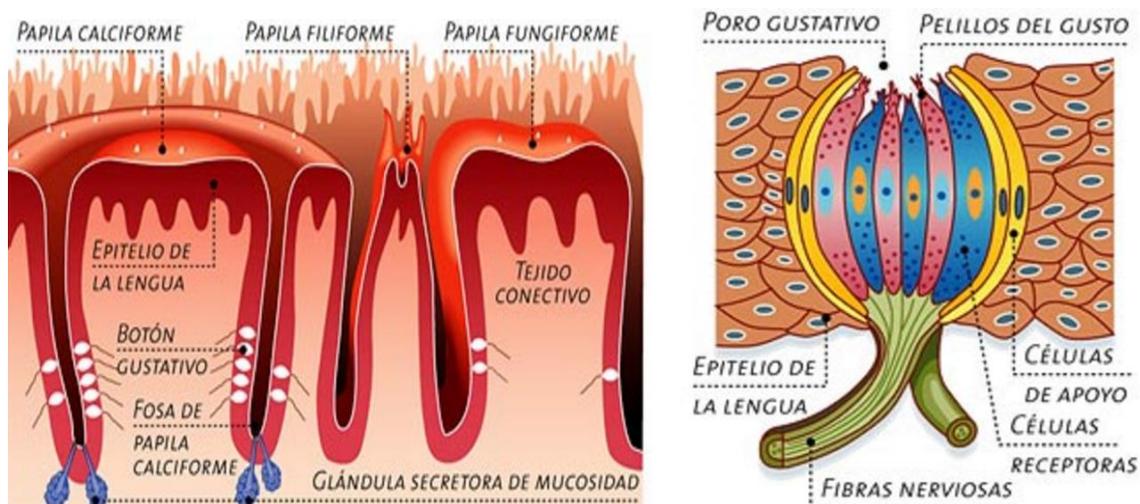


Figura 61. Estructura de la papila gustativa.

Fisiología

La principal función de la lengua es la contención de los receptores gustativos, que permiten degustar los alimentos. Cada papila gustativa consta de 50 a 100 células epiteliales especializadas con microvellosidades largas que se extienden a través de un poro en la papila gustativa, que están bañadas en saliva. La información respecto al gusto se transmite desde las papilas gustativas en las papilas fungiformes por medio de la rama del nervio facial (VII par craneal), cuerda del tímpano y desde las papilas gustativas en las papilas circunvaladas y foliadas mediante el nervio glossofaríngeo (IX).

La lengua es el órgano del gusto. Desempeña, además, un papel importante en la masticación, en la deglución, en la succión y en la articulación de sonidos (Fig. 62).

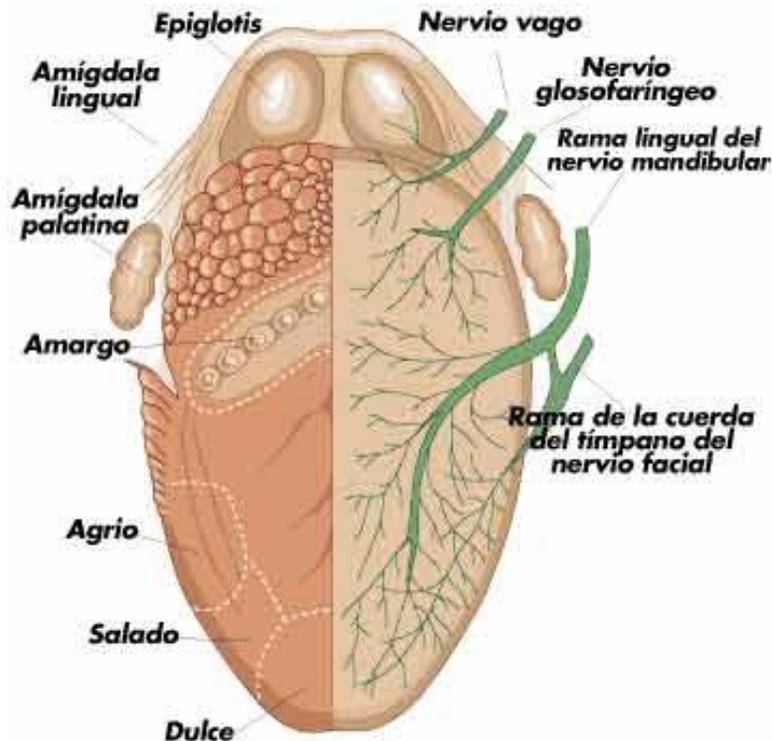


Figura 62. Lengua. Galeon (s.f.)

En resumen, el funcionamiento del sistema nervioso es amplio, por ejemplo se encarga del pensamiento, la memoria, el aprendizaje, el habla, el sueño, movimientos, emociones, hambre, sed, la vista, el tacto, el gusto, el oído, etc.

Ante ello, se puntualizará a continuación la función de la neurona y con ello los neurotransmisores responsables de transferir información e impulsos eléctricos alrededor del cuerpo.

3.2.3 Fisiología del sistema nervioso

Para que estas funciones se lleven a cabo, se requiere de la conducción del impulso nervioso por parte de las neuronas. Cuando la neurona lleva acabo una **sinapsis** que conduce un impulso del cuerpo de una neurona a otra, se realizan por medio de fenómenos químicos y eléctricos (Fig. 63).



Este proceso inicia con una descarga **química o eléctrica** en la membrana de la célula emisora (**presináptica**). Este impulso nervioso atraviesa toda la neurona hasta llegar al extremo del **axón**, la neurona libera una sustancia (neurotransmisor) que llega hasta el espacio sináptico entre esta neurona transmisora y la neurona receptora (**postsináptica**). A su vez, este neurotransmisor es el encargado de excitar a otra neurona.

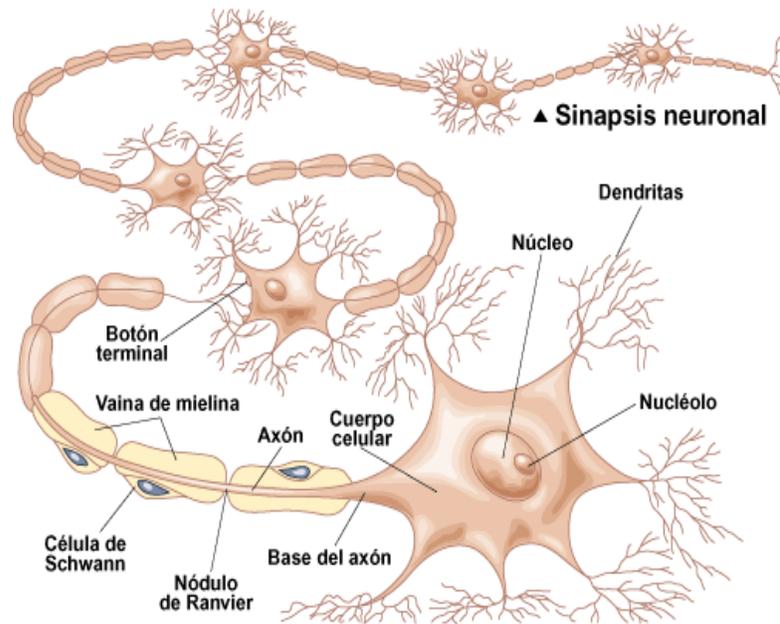


Figura 63. Sinapsis neuronal.

Según el tipo de transmisión del impulso nervioso, la sinapsis puede clasificarse en **eléctrica** o **química**. En la **sinapsis eléctrica**, los procesos pre y postsináptico son continuos debido a la unión citoplasmática por moléculas de proteínas tubulares, que permiten que el estímulo pase de una célula a otra sin la necesidad de una mediación química. De esta forma, la sinapsis eléctrica brinda baja resistencia entre neuronas y un retraso mínimo en la transmisión sináptica ya que no existe un mediador químico.

La **sinapsis química** es la más común. En estos casos, el neurotransmisor se difunde a través del espacio sináptico y se adhiere a los receptores, que son moléculas especiales de proteínas situadas en la membrana postsináptica.

Esta unión de los neurotransmisores y los receptores de la membrana postsináptica produce cambios en la permeabilidad de la membrana, mientras que el tipo del neurotransmisor y de la molécula del receptor determina si el efecto producido es de excitación o inhibición de la neurona postsináptica. Las transmisiones sinápticas pueden ser de tres tipos, que son:

- **Excitación**, cuando aumenta las posibilidades de que se produzca un potencial de acción.
- **Inhibición**, si disminuye dichas posibilidades.
- **Modulación**, en el caso en que modifique la frecuencia o el patrón de las tareas que llevan a cabo las células que participan de la transmisión en cuestión.



Neurotransmisores

El neurotransmisor, es una sustancia química que tiene como función primordial la transmisión del impulso nervioso de una neurona a otra a través del espacio sináptico que separa dos neuronas consecutivas. El impulso que propaga el neurotransmisor también puede llevarse a otras células como las musculares o glandulares; es una sustancia fundamental en la transmisión de los estímulos nerviosos. El neurotransmisor comienza actuar cuando es segregado en el extremo de una neurona, mientras se produce el impulso nervioso, llegando hasta la membrana de la siguiente neurona, fijándose a su receptor. Al llegar los neurotransmisores a estos receptores se abren los canales iónicos ubicados en las membranas de las células lo que permite la entrada de iones (cargas eléctricas).

La comunicación sináptica ha sido definida por la acción de dos mecanismos, la transmisión sináptica eléctrica y la transmisión sináptica química.

Para este último tipo de comunicación actúan los neuromoduladores que son sustancias que son liberadas por neuronas para regular la actividad neuronal a nivel sináptico o endócrino. (Fig. 64)

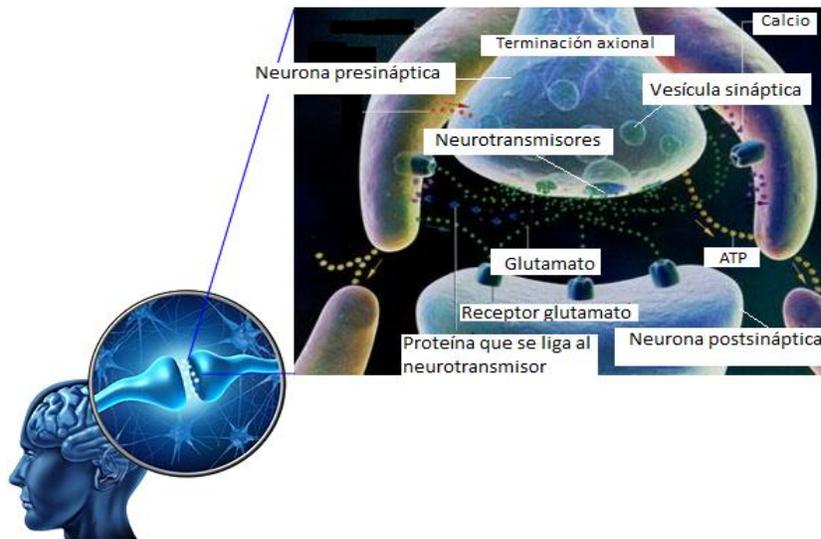


Figura 64. Actividad neuronal. UnADM.

Los neuromoduladores actúan de manera muy similar a los neurotransmisores, aunque se diferenciarán de éstos porque su acción no se encuentra limitada al espacio sináptico, sino que se difunden a través del fluido extraneuronal, interviniendo de manera directa en las consecuencias post sinápticas del proceso de neurotransmisión. Entre estos se destacan: radicales libres, amocidérgicos, peptidérgicos, adrenérgicos y colinérgicos. Asimismo, se encuentra una clasificación de los neurotransmisores de acuerdo a su tamaño, localización y función, como se muestra en las tablas 3 y 4.



Transmisores pequeños		
Neurotransmisor	Localización	Función
Acetilcolina	Sinapsis con músculos y glándulas; muchas partes del sistema nervioso central (SNC)	Excitatorio o inhibitorio Envuelto en la memoria
Aminas Serotonina	Varias regiones del SNC	Mayormente inhibitorio; sueño, envuelto en estados de ánimo y emociones
Histamina	Encéfalo	Mayormente excitatorio; envuelto en emociones, regulación de la temperatura y balance de agua
Dopamina	Encéfalo; sistema nervioso autónomo (SNA)	Mayormente inhibitorio; envuelto en emociones/ánimo; regulación del control motor
Epinefrina	Áreas del SNC y división simpática del SNA	Excitatorio o inhibitorio; hormona cuando es producido por la glándula adrenal
Norepinefrina	Áreas del SNC y división simpática del SNA	Excitatorio o inhibitorio; regula efectores simpáticos; en el encéfalo envuelve respuestas emocionales
Aminoácidos Glutamato	SNC	El neurotransmisor excitatorio más abundante (75%) del SNC
GABA	Encéfalo	El neurotransmisor inhibitorio más abundante del encéfalo
Glicina	Médula espinal	El neurotransmisor inhibitorio más común de la médula espinal

Tabla 3. Transmisores pequeños.

Transmisores grandes		
Neurotransmisor	Localización	Función
Neuropéptidos Péptido vaso-activo intestinal	Encéfalo; algunas fibras del SNA y sensoriales, retina, tracto gastrointestinal	Función en el SN incierta
Colecistoquinina	Encéfalo; retina	Función en el SN incierta
Sustancia P	Encéfalo; médula espinal, rutas sensoriales de dolor, tracto gastrointestinal	Mayormente excitatorio; sensaciones de dolor
Encefalinas	Varias regiones del SNC; retina; tracto intestinal	Mayormente inhibitorias; actúan como opiáceos para bloquear el dolor



Endorfinas	Varias regiones del SNC; retina; tracto intestinal	Mayormente inhibitorias; actúan como opiatos para bloquear el dolor, producen placer
------------	--	--

Tabla 4. Transmisores grandes.

Para complementar este tema revisa el siguiente video:



Herranz, A. (2008). *Neurotransmisores* [Video] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=eJzaBWYRzac>

De acuerdo con Velásquez G. (2006), son varios los factores que intervienen en la nutrición como es el sistema nervioso central, el tracto digestivo y la circulación que interactúan para el comportamiento alimentario. Los estímulos gastrointestinales, los nutrientes circulares, los neurotransmisores y las señales hormonales estimulan el cerebro, especialmente al hipotálamo para regular la ingesta de alimentos. Asimismo, se requiere de un óptimo funcionamiento de los neurotransmisores (como la serotonina, dopamina, acetilcolina) para que impacten en la conducta alimentaria. Revisa el siguiente video para conocer más.



Aaneu, M. (2015). *Nutrientes y neurotransmisores* [Video] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=RwEShs08V2U>

Una vez revisado el sistema nervioso y las estructuras que lo conforman, es momento de relacionar estos conocimientos para explicar a continuación los mecanismos que intervienen en el control del hambre y saciedad.



Centro del control del hambre y saciedad

El hambre, el apetito, la saciedad y el balance energético se regulan en el hipotálamo. En él se alojan los centros del hambre y la saciedad.

El hipotálamo puede responder por medio de estímulos nerviosos y la acción de hormonas a los cambios en las cantidades ingeridas de los alimentos, el tamaño de los depósitos grasos; tratando siempre de mantener cifras “normales” de glucosa en la sangre (mecanismo glucostático), el tamaño de los depósitos hepáticos de glucógeno (mecanismo glucogenostático); o el peso adecuado para la talla (estatura).

Desde que el individuo percibe el alimento hasta que se produce la ingestión del mismo, intervienen toda una serie de señales sensitivas (entre ellas, el olor y sabor, y la textura) información que a través de los pares craneales son transmitidas hasta el sistema nervioso central y que desencadenan la acción de comer, trasladarse por el alimento, olerlo, tocarlo, colocarlo en la boca, la degustación del mismo, y finalmente, la masticación y deglución. Ingerida una cierta cantidad de alimento, el sujeto alcanza la saciedad, y detiene la ingesta de alimentos. Las estructuras anatómicas encargadas de la alimentación son los núcleos laterales del hipotálamo mientras que los núcleos ventromediales sirven como el centro de la saciedad.

En el núcleo arcuato o arqueado convergen numerosas hormonas segregadas desde el tubo digestivo y el tejido adiposo para regular la ingestión de alimentos y el consumo energético. Cuando se perciben las señales nerviosas de llenado gástrico, señales químicas de los nutrientes de la sangre (glucosa, aminoácidos y ácidos grasos) indican la saciedad y señales de las hormonas gastrointestinales de las hormonas liberadas por el tejido adiposo y de la corteza cerebral (visión, olfacción y gusto) que modifican la conducta alimentaria.

Las hormonas que participan en la regulación de la ingesta pueden dividirse en dos grupos: uno que actúa rápidamente e influye en las comidas individuales, y otro que actúa más lentamente para promover el equilibrio a largo plazo de las reservas de grasa del organismo.

Los reguladores de largo plazo incluyen a la leptina y la insulina. La **leptina** llega al torrente sanguíneo en respuesta a la proporción de tejido adiposo que contiene el cuerpo y la insulina, por el páncreas, ambas inciden sobre el apetito estimulando o inhibiendo a las neuronas del hipotálamo.

La hormona **grelina** es secretada por el estómago. Constituye otro tipo de señal de alerta. Sus niveles se elevan abruptamente antes de las comidas con el estómago vacío, indicándole al cerebro que es hora de tener hambre y después caen igual de rápido cuando el estómago está lleno (Fig. 65).



El péptido YY es considerado una hormona antihambre. Es segregada tras ingerir una comida alta en grasas reduciendo la ingesta de alimentos durante 12 horas o más. De igual manera, la colecistocinina se libera en respuesta a la entrada duodenal de grasa y ejerce un efecto directo sobre los centros de alimentación, reduciendo la ingesta posterior.

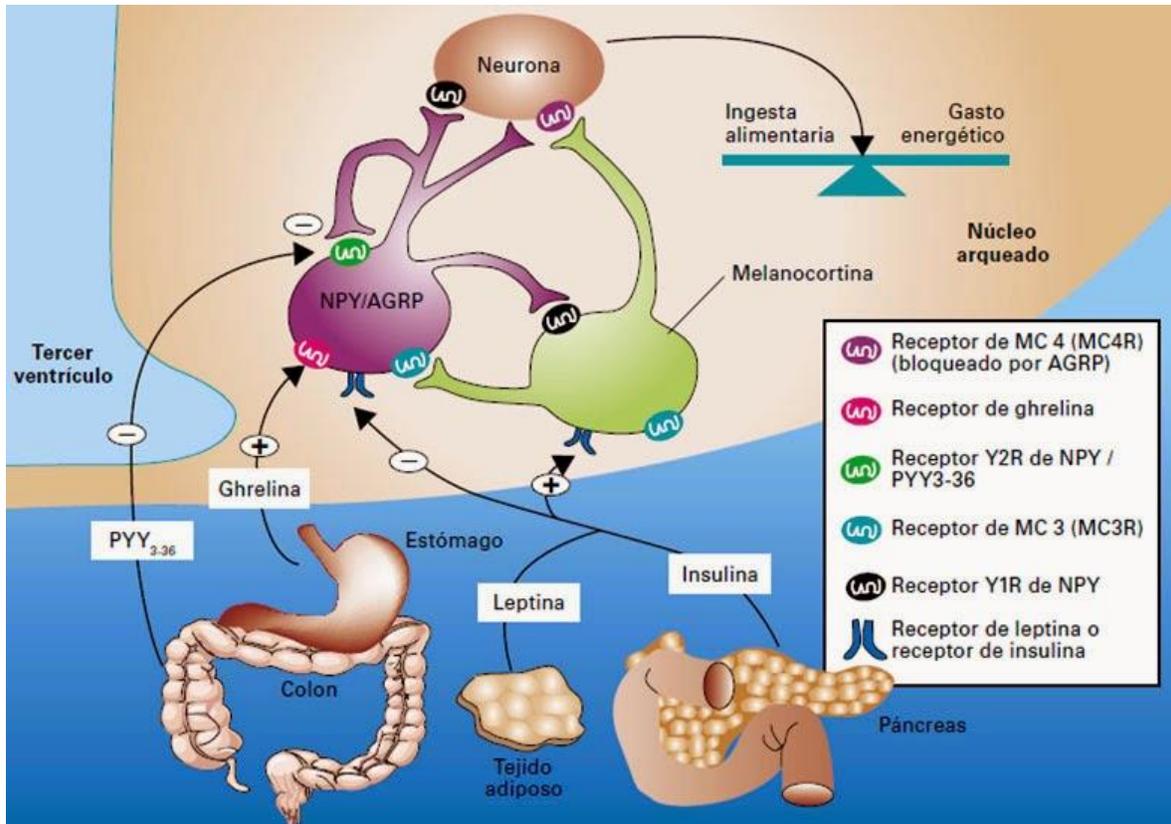


Figura 65. Control del hambre y saciedad.

De esta manera las principales sustancias implicadas en el control del hambre y la saciedad quedan sintetizadas en la siguiente tabla 5.



Hormonas que disminuyen la ingesta (anorexígeno)	Hormonas que estimulan la ingesta (orexígeno)
<ul style="list-style-type: none"> • Hormona estimulante alfa de los melanocitos • Leptina • Serotonina • Noradrenalina • Hormona liberadora de corticotropina • Insulina • Colecistocinina (CCK) • Péptido parecido al glucagón (GLP) • Transcrito regulado por la cocaína y anfetamina (CART) • Péptido YY (PYY) 	<ul style="list-style-type: none"> • Neuropeptido Y (NPY) • Proteína relacionada con agutí (AGRP) • Hormona concentradora de melanina • Orexinas A y B • Endorfinas • Galanina (GAL) • Aminoácidos (glutamato y ácido gama amino butírico) • Cortisol • Grelina

Tabla 5. Hormonas que intervienen en la ingesta de alimentos. UnADM.

Para hacer más ilustrativa la función de las hormonas en el hambre y saciedad, observa los siguientes videos.



Sinapsis MX (2015). *La fisiología del hambre y saciedad* [Video] Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=CGWYJOLGDNO>



3.3 Sistema digestivo

El sistema digestivo está constituido por un tubo abierto que por sus extremos se encuentra la boca y el ano, a esto se le denomina tubo digestivo o también conocido como tracto digestivo. La longitud total varía de persona a persona, en un adulto puede llegar a medir entre 6 y 12 metros aproximadamente.

Dentro de las principales funciones del sistema digestivo se encuentran:

- Digestión
- Absorción de líquidos, electrolitos y nutrientes
- Eliminación de productos de desecho
- Metabolismo de materiales exógenos y medicamentos

La estructura de los tejidos en esencia es la misma solo varía en algunos momentos de acuerdo al proceso de la digestión. De este modo la estructura del tubo digestivo se compone de (Saladin K. 2012):

1. **Capa interna o mucosa:** el recubrimiento del tubo digestivo se constituye de un epitelio interno, lámina propia, capa muscular de la mucosa (donde pueden encontrarse glándulas secretoras de moco y ácido clorhídrico (HCl), vasos linfáticos y algunos nódulos linfoides).

Es de resaltar que el **HCl** se encuentra al 5% en los jugos gástricos por ser altamente corrosivo y se encarga de descomponer los alimentos y provocar la liberación de enzimas que posteriormente contribuyen a la digestión, además de que tiene otra función. El HCl se encarga de proteger al organismo eliminando los patógenos que se encuentran en los alimentos.

Los jugos gástricos, en su conjunto, se denominan ácidos gástricos. Su pH se encuentra entre 1 y 2, y se forman de una serie de compuestos químicos como el HCl, el cloruro de potasio (KCl) y el cloruro de sodio (NaCl).

Es de resaltar que el HCl es muy fuerte para el estómago, que si no se tuviera la membrana mucosa que protege el recubrimiento estomacal, el mismo ácido digeriría el estómago (Fort, Soll, 1989).

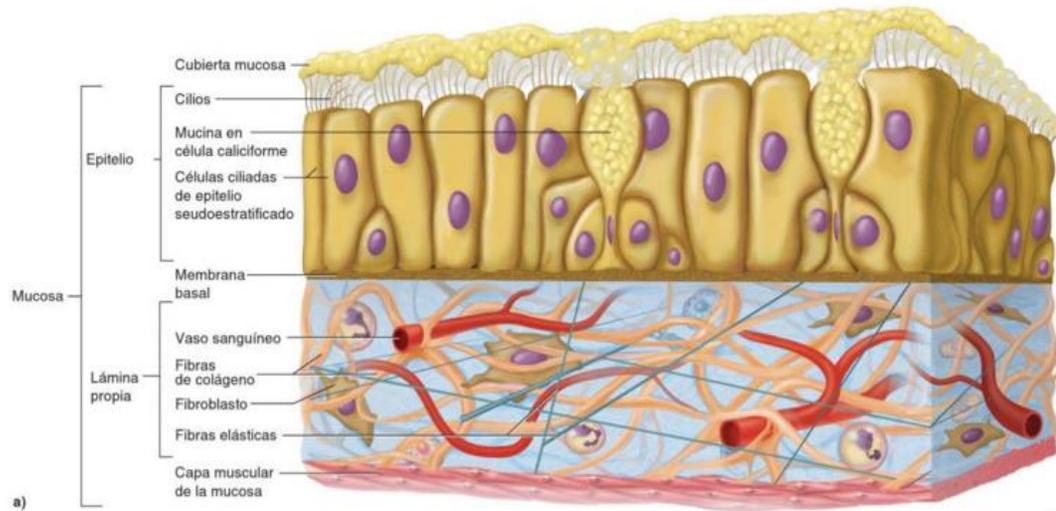


Figura 66. Estructura interna de la Mucosa. Saladin, (2013).

2. **Capa submucosa:** compuesta de tejido conectivo denso irregular fibroelástico. Es denso y de gran calibre, conformado por una gran cantidad de células errantes, fibras de colágeno y elásticas. Contiene varios vasos sanguíneos y linfáticos, un plexo nervioso y en algunos lugares glándulas que secretan moco lubricante hacia la luz (lumen).

En la capa más externa contiene el llamado plexo submucoso de Meissner que:

- Regula la actividad de la mucosa, el musculo liso de los vasos sanguíneos.
- Inerva las células secretoras de las glándulas de la mucosa.
- Controla las secreciones del tracto digestivo.

Es de notar que el plexo de Meissner es un componente del sistema nervioso entérico (SNE).

El SNE es una subdivisión del sistema nervioso autónomo; produce y almacena el 95% de la serotonina, sustancia química que tiene que ver con las emociones como la ira, la agresión, la temperatura corporal, el apetito y el placer en general. En específico, en el sistema digestivo sus funciones son:

- Mantener un orden y control de cada uno de los procesos digestivos, como la rotura de los alimentos, la absorción de los nutrientes, expulsión de los desechos etc., sin que el cerebro intervenga directamente.
- Controla la motilidad de la mucosa mediante movimientos parecidos a las olas y facilitar el movimiento del bolo alimentario por su trayecto, y en menor grado la de la submucosa, y las actividades secretoras de las glándulas.



- Regula el flujo sanguíneo.

3. **Capa muscular externa compuesta:** posee una capa circular interna y otra longitudinal externa de músculo liso (excepto en el esófago donde hay músculo estriado). Esta capa muscular tiene a su cargo los movimientos peristálticos que desplazan el contenido de la luz a lo largo del tubo digestivo. Entre sus dos capas se encuentra otro componente del sistema nervioso entérico: el plexo mientérico de Auerbach. Este plexo proporciona inervación (conexión) motora a ambas capas, longitudinal y circular, de la túnica muscular, con aportes simpático y parasimpático, mientras que el plexo de Meissner tiene solo fibras parasimpáticas.

También proporciona inervación secretomotora a la mucosa. La importancia de esta capa radica en que también apoya a la movilidad, frecuencia y fuerza de impulso de los alimentos y los residuos por el tubo digestivo.

4. **Capa serosa o adventicia:** está conformada por una capa delgada de tejido areola. La faringe, la mayor parte del esófago y recto carecen de serosa en su lugar están rodeados por una capa de tejido conjuntivo llamado **adventicia**. Se denomina según la región del tubo digestivo que reviste, como serosa si es intraperitoneal o adventicia si es retroperitoneal. La adventicia está conformada por un tejido conectivo laxo. La serosa aparece cuando el tubo digestivo ingresa al abdomen, y la adventicia pasa a ser reemplazada por el peritoneo.

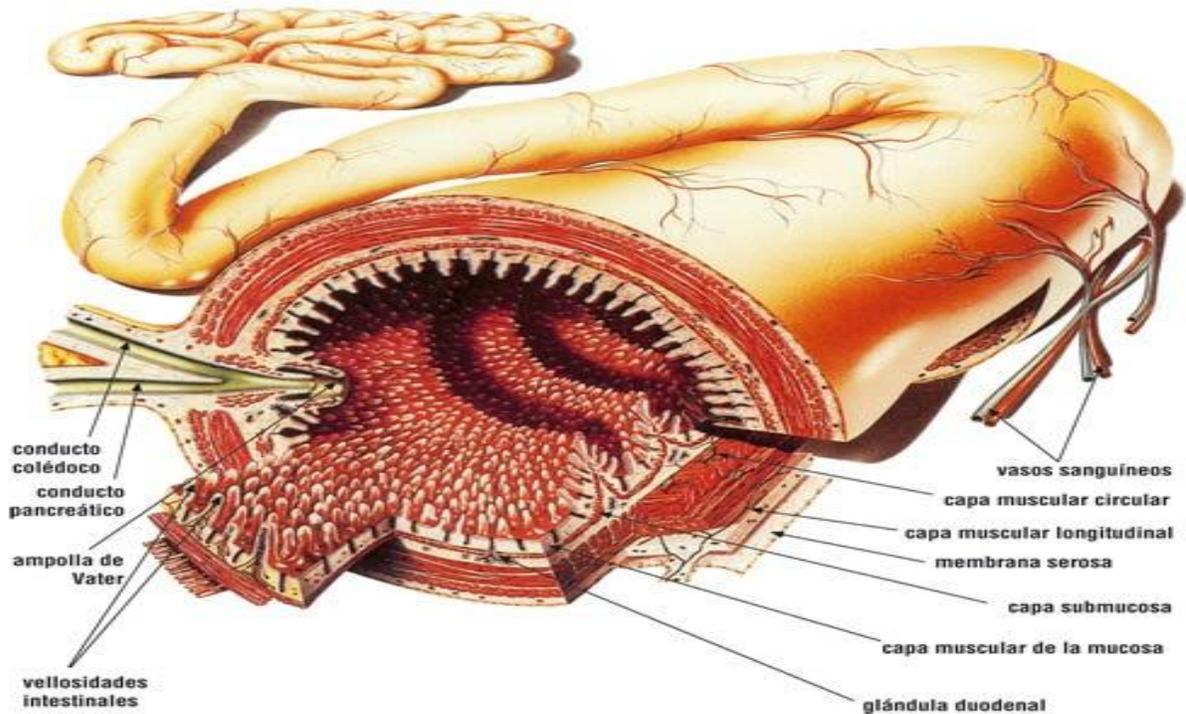


Figura 67. Estructura interna del tubo digestivo. Fuente: Saladin K., (2013).



Para cerrar este tema, es preciso mencionar que también se encuentran células intestinales en las diferentes regiones del intestino que despliegan diferentes proteínas transportadoras y, por consiguiente, tienen distintas habilidades para transportar moléculas a través de célula.

En el siguiente subtema se identificarán las estructuras de los siguientes órganos del tubo digestivo: la boca o cavidad oral, la faringe, el esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso. Consideradas como estructuras u órganos accesorios. Igual de importante es el sistema digestivo, los dientes, la lengua, glándulas salivales, hígado, páncreas, peritoneo y bazo.

Para analizar estos órganos de manera ordenada, se estudiará el sistema digestivo en dos secciones: el tubo digestivo alto y el tubo digestivo bajo.

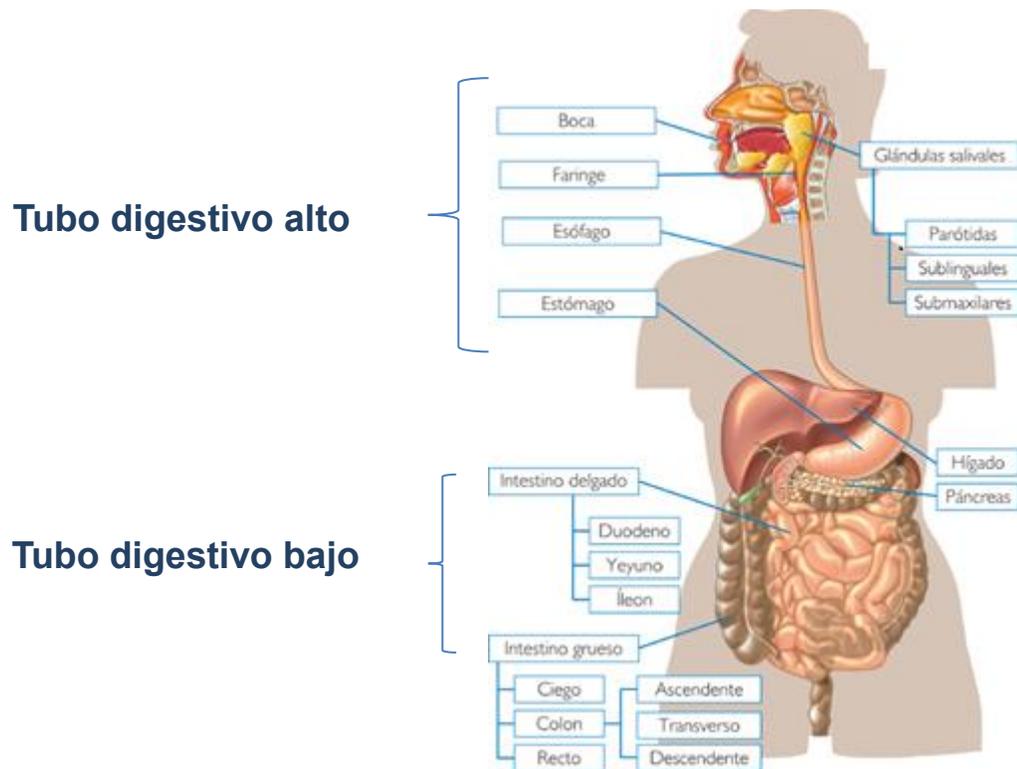


Figura 68. Estructura del sistema digestivo. Fuente: <http://goo.gl/aluftK>



3.3.1 Tubo digestivo alto

El tubo digestivo alto es la porción superior de la vía digestiva y su función es la de conducir los alimentos hasta la zona de procesamiento que los degradará en estructuras moleculares más simples haciendo posible su absorción.

Dentro de los órganos participantes del tubo digestivo alto, se encuentran la boca, la faringe, el esófago y el estómago, mismos que se describen a continuación.

Boca

La boca, también conocida como cavidad oral o bucal, se considera la primera parte del sistema digestivo. Es una cavidad cubierta por mucosa, se pueden identificar dos partes:

1. **El vestíbulo de la boca**, que es el espacio que queda entre la parte interna de los labios y la cara externa de los dientes.
2. **La cavidad oral** propiamente dicha, que va desde la cara interna de los dientes hasta la entrada de la faringe. La cavidad oral está limitada, 1) por delante por los labios, 2) a los lados por las mejillas, 3) por debajo el piso de la boca y por arriba el paladar duro y blando, que está formado por músculos y recubierto por mucosas. En la línea media del paladar blando se proyecta hacia abajo una pequeña masa llamada úvula.

La boca se comunica con la faringe a través de las fauces que se encuentran en la parte posterior de la cavidad oral. Bordeando las fauces se encuentran cuatro pliegues o pilares del paladar que parten desde la úvula hacia los lados formando dos arcos, entre los cuales están situadas las **amígdalas palatinas**.

En el suelo de la boca se encuentra la **lengua**, formada por una masa de músculo esquelético que se estudiará en otro apartado de esta unidad.

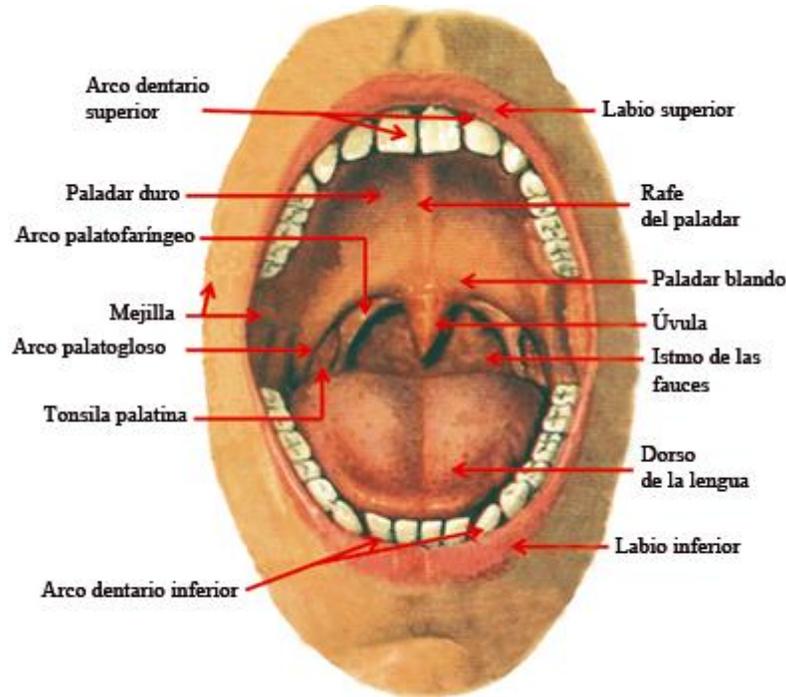


Figura 69. Anatomía de la boca.

Fuente: <http://www.imagui.com/a/istmo-de-las-fauces-cbKaGgjqp>

En la boca se puede distinguir tres tipos de mucosa:

- De revestimiento:** presenta submucosa.
- Masticatoria:** con probable ausencia de submucosa, queratinizada o paraqueratinizada y en contacto directo con el tejido óseo.
- Especializada:** se presenta en ciertas regiones de la lengua. Se refiere a la mucosa relacionada con los receptores de gusto.

A continuación, se explican las funciones de la boca: salivar, hablar, percibir el sentido del gusto, la deglución y la masticación.

Salivar. Gracias a la desembocadura de los conductos de las glándulas salivales, se produce el primer jugo digestivo (saliva) que realiza una degradación química de los alimentos. (En otro apartado de la unidad “Órganos anexo” se explicará más sobre el tema).

Habla. A través de la boca se produce el sonido laríngeo y la voz articulada gracias a sus cavidades especiales.

Sentido del gusto. En la boca se encuentran los receptores sensoriales del gusto, sobre todo en la lengua, llamadas papilas gustativas.



Deglución. La deglución en sí misma presenta tres tiempos. El primero llamado **bucal**, el cual es voluntario, un segundo **tiempo faríngeo** el cual es involuntario y reflejo y por último un tercer tiempo, **esofágico** también involuntario.

Durante la deglución se produce una reducción de la presión del esfínter esofágico superior (que normalmente presenta una presión de 100mmHg), formado por el constrictor inferior de la faringe y el músculo cricofaríngeo.

Se divide en dos:

- Fase voluntaria:** la lengua se eleva hacia el techo de la cavidad bucal, impulsando el bolo alimenticio para que entre en la faringe.
- Fase involuntaria:** la epiglotis va hacia atrás y cierra el orificio superior de la laringe. Por causa de este reflejo, la faringe queda convertida solo en una vía digestiva transitoria, impidiendo así el ingreso de trozos a la vía aérea (tráquea). Para hacer más ilustrativa se presenta la figura siguiente:

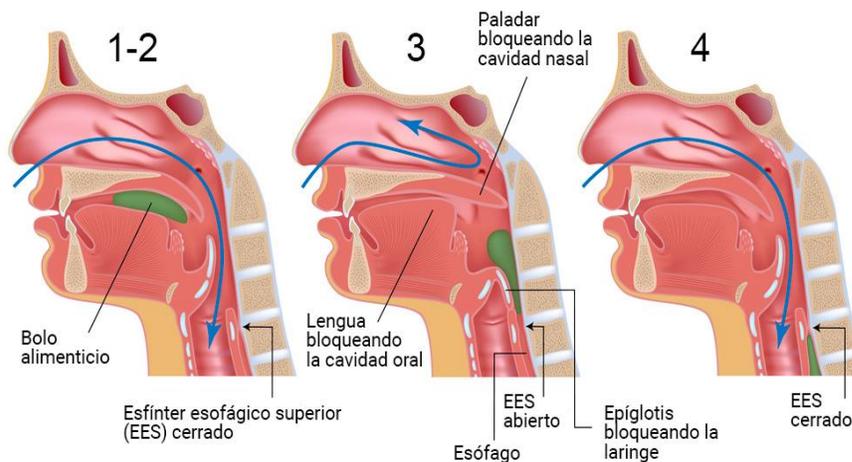
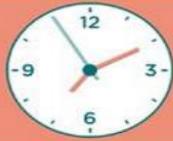


Figura 70. Fases de la deglución. Fuente: <http://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/nutricion-y-enfermedad/nutricion-y-disfagia-14899>

Masticar. Por medio de los movimientos de la mandíbula y a la presión de los dientes se produce este tratamiento mecánico que degrada los alimentos. Resulta importante masticar y deshacer el alimento porque el metabolismo de los alimentos comienza en la boca y la saliva, las papilas, los dientes y las muelas.

En la siguiente figura se presentan algunas recomendaciones que el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) menciona acerca de comer y masticar despacio los alimentos:



¿Porque debo comer despacio y masticar bien los alimentos?

Comer despacio y masticar adecuadamente la comida trae beneficios notables a la salud, por lo que te recomendamos considerar el adquirir estos hábitos.

- Desde antes de poner el alimento en la boca, el sistema digestivo comienza a trabajar generando mayores cantidades de saliva. Al iniciar la masticación, **el alimento se muele e impregna de enzimas como la amilasa y la lipasa**, favoreciendo una correcta digestión.
- El contacto de la saliva con el alimento ayuda a lubricarlo para que transite mejor por el esófago. Si se mastica y muele en partes más pequeñas, se reduce el estrés **disminuyendo el riesgo de padecer reflujo gastroesofágico**.
- Por el contrario, **los fragmentos grandes de comida evitarán que haya una buena digestión**, lo cual puede causar el crecimiento de bacterias en el colon, generando síntomas como flatulencia e indigestión. Además, los nutrientes contenidos en el alimento no podrán ser utilizados completamente porque las enzimas no pueden penetrarlo, causando una nutrición inadecuada.
- La función de **masticar está relacionada con el movimiento de la comida en el tracto digestivo**, del estómago hacia el intestino delgado. El píloro, esfínter que se encuentra localizado al final del estómago, se debe relajar para liberar la comida hacia el intestino, ayudando al vaciamiento gástrico. Además estimula la acción del páncreas colaborando así a la metabolización de grasas y proteínas.
- Comer despacio **ayuda a mantener el peso adecuado**, pues así damos tiempo a las hormonas encargadas de producir la sensación de saciedad y consumimos sólo lo que necesitamos.
- Además, adquirir el hábito de comer despacio y disfrutar la comida **mejora los niveles de estrés**.



Figura 71. Recomendaciones para masticar los alimentos (IMSS, 2015). Recuperado de <http://mayormejor.org/wp-content/uploads/2015/03/masticar.jpg>

Una vez vista la anatomía de la boca y sus principales funciones a continuación, se revisará la faringe.

Faringe

La faringe es un órgano que comparte funciones tanto con el aparato digestivo como con el aparato respiratorio. Como se estudió en la unidad anterior, por la faringe pasa el aire desde las fosas nasales hacia la laringe pero también pasa el alimento desde la cavidad oral hacia el esófago. Termina en la epiglotis, un pliegue cartilaginoso que impide la entrada de alimentos en la tráquea pero no obstaculiza su paso al esófago. Recuerda que la faringe consta de tres porciones: la nasofaringe, la orofaringe y la laringofaringe que puedes repasar en la unidad 2.

Como se abordó en líneas anteriores y se reforzará posteriormente, la deglución es el paso del alimento desde la boca a la faringe y posteriormente hasta el esófago. El bolo alimenticio se mueve hacia la parte de atrás de la boca, donde la lengua lo empuja hacia



la faringe. En este lugar se producen las contracciones musculares (producidas por los músculos circulares constringentes), y donde el reflejo de la deglución se dispara.

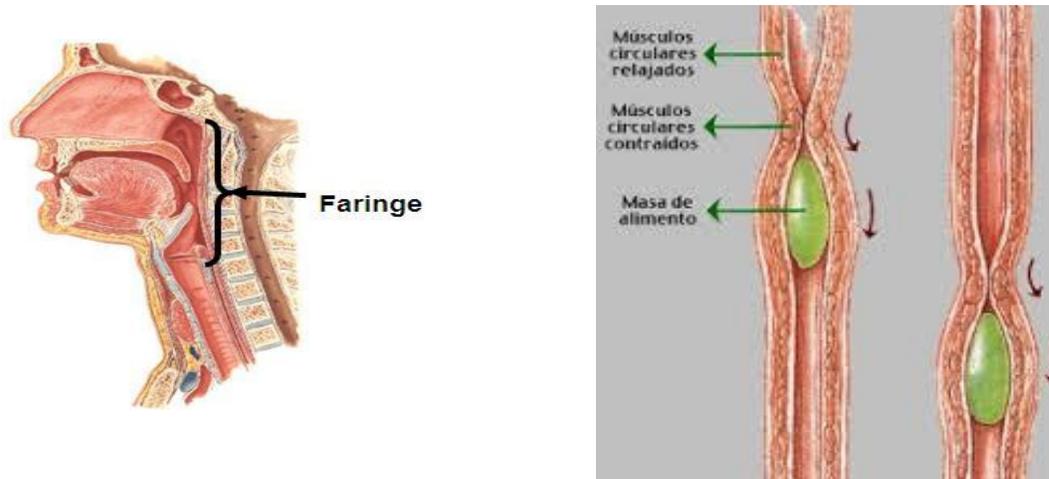


Figura 72. Corte sagital de la faringe y representación de los movimientos musculares.
Fuente: <https://sites.google.com/site/portaldebiologia11/sistema-digestivo>

Finalmente, y como dato curioso, cuando sientes sensación de ahogamiento es porque la comida (alguna partícula) se dirigió a la laringe. Una vez que ya se identificaron las funciones de la faringe y su anatomía, a continuación, se estudiará al esófago.

Esófago

El esófago es un tubo de aproximadamente 25 cm de largo, es la continuación de la faringe, se sitúa detrás de la tráquea, por la línea media y atraviesa el diafragma por un orificio llamado *hiato esofágico* y termina en la porción superior del estómago. El epitelio estratificado de los labios, la boca, la lengua, la orofaringe y el esófago brinda considerable protección contra la abrasión por las partículas de alimento que se degluten.

Se compone de dos esfínteres:

- 1) **Esfínter esofágico superior de músculo esquelético.** Regula la progresión del alimento desde la faringe hasta el esófago.
- 2) **Esfínter esofágico inferior de músculo liso.** Regula el paso de alimentos desde el esófago hacia el estómago.

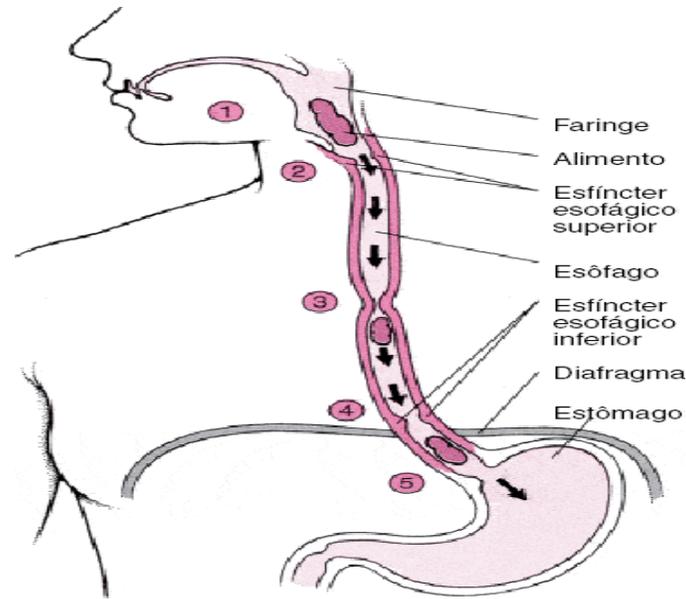


Figura 73. Esófago. Fuente: <https://prezi.com/x0ids6wsfbg1/el-aparato-digestivo/>

La función principal del esófago es ser un conducto de paso de los alimentos al estómago. Las células de revestimiento abundan y se regeneran activamente en él, al estar expuestas al continuo roce de los alimentos, además de que las glándulas tubulares segregan, jugo gástrico y moco por la necesidad de protección en esta zona contra alimentos insuficientemente masticados.

Estómago

El estómago es la porción más dilatada del tubo digestivo. Tiene forma de letra “J”. Se sitúa por debajo del diafragma y posee dos orificios: uno superior, que lo comunica con el esófago llamado cardias y otro inferior por el que se comunica con el intestino delgado denominado píloro. Tiene una capacidad de litro y medio y su tamaño aumenta o disminuye dependiendo del contenido del bolo alimenticio. Presenta dos curvaturas la externa o curvatura mayor y la interna o curvatura menor. Tiene paredes musculares con fibras que están dispuestas en múltiples direcciones para darle mayor resistencia. Su interior está tapizado por mucosas con muchos pliegues. Su exterior está recubierto por una membrana denominada **peritoneo**.

El estómago está conformado por varias partes:

- El **cardias** es un esfínter (músculo) que comunica el esófago con el estómago y que regula la entrada de alimentos e impide que haya reflujo (que la comida vuelva atrás) en su normal funcionamiento.



- El **antro pilórico** es una zona de estrechamiento que sirve de antesala al píloro.
- El **píloro** o **esfínter pilórico** une el final del estómago con la primera porción del intestino delgado, el duodeno.
- El **canal pilórico** que continúa con el duodeno.
- El **fundus** es la porción superior del estómago. Es donde se produce la acumulación de los gases, que se puede apreciar en una radiografía de abdomen.
- El **cuerpo** es la parte que ocupa la mayor parte del estómago.

Hay cuatro tipos de glándulas en el cuerpo y el fundus:

- a) **Células principales.** Secretan pepsinógeno y lipasa gástrica que ante la presencia de HCl se activa a pepsina cuya función es producir la desnaturalización parcial de las proteínas, además que está relacionada con la regulación de la presión arterial a nivel local.
- b) **Células parietales u oxínticas** productoras de HCl y del factor intrínseco de Castle, imprescindible para la absorción de la vitamina B12.
- c) **Células entero-endocrinas (Células G).** La principal hormona producida es la gastrina. Esto significa que para que el alimento pueda descomponerse a través del HCl y jugos gástricos existe un ciclo.
Primero los pépticos que se encuentran en las proteínas secreta un químico llamado gastrina (que a su vez es secretado por las células G). La presencia de la gastrina liberará la histamina que estimulan las células parietales para ahora sí expulsar el HCL.
Cuando el pH aumenta por encima de 3, actúa activando la producción de ácido.
Otra hormona que producen las células entero-endocrinas es la serotonina, importante neurotransmisor que regula diversas funciones del organismo, como el apetito mediante la saciedad, controlar la temperatura corporal y funciones perceptivas y cognitivas.
- d) **Células mucosas del cuello** secretan moco.

Como habrás notado, el interior del estómago se encuentra tapizado por un conjunto de glándulas que segregan diferentes fermentos y ácido clorhídrico. Al líquido que resulta de la mezcla de estas sustancias se le denomina jugo gástrico. El jugo gástrico que se forma es de 2 a 3 litros por día.

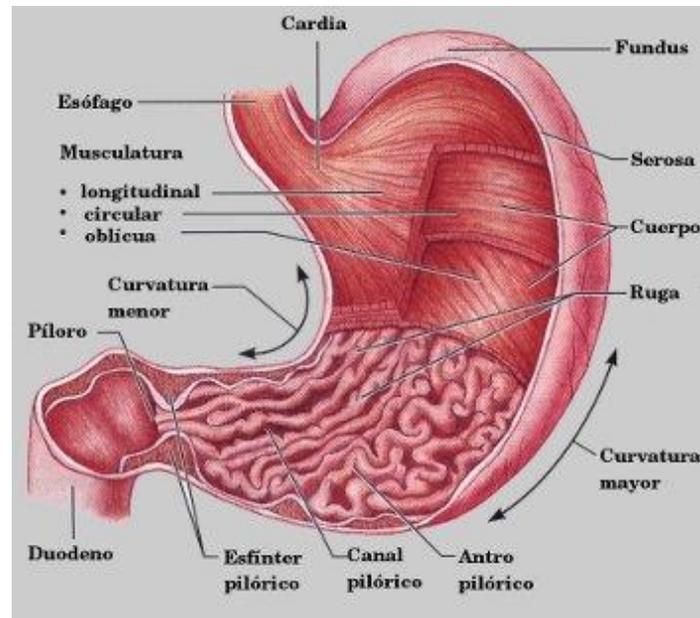


Figura 74. Estructura del Estómago.

Fuente: <http://goo.gl/WVU8Fo>

De este modo, la función del estómago es continuar con la digestión iniciada en la cavidad bucal mediante dos tipos de digestión física y química.

Es decir, existe una **digestión física** que se realiza por medio de las contracciones de la musculatura del estómago que mezclan el bolo alimenticio con el jugo gástrico y a la vez hay digestión **química** por la acción de las glándulas del estómago que segregan jugo gástrico para que actúe sobre el bolo alimenticio.

Además de las glándulas que segregan jugo gástrico, el estómago posee numerosas glándulas mucosas que producen mucina. La mucina protege la mucosa del estómago de la acción digestiva de las enzimas y del ácido clorhídrico. Existen células de la mucosa que elaboran el factor intrínseco gástrico y glucoproteína necesaria para que la vitamina B12, muy necesaria para la elaboración de los glóbulos rojos, pueda absorberse en el intestino.

Otro dato interesante es que cuanto el estómago permanece ocupado (o simplemente hay un sentimiento de saciedad) con alimentos, existe una mayor demanda de flujo sanguíneo a la zona, es por ello que el estómago requiere de una mayor energía y oxígeno, por lo que el cuerpo debe enfocarse o priorizar este proceso, por eso no es extraño sentirse con sueño cuando sucede esto. No obstante, en el sueño nocturno debe tenerse cuidado con lo que se consume porque puede llevar a trastornos relacionados con el sueño.

Por otro lado, el tiempo de vaciamiento gástrico promedio (es decir, que el estómago está ocupado hasta vaciarse), puede llevar aproximadamente de 4 a 6 horas y dependerá del



tipo y cantidad de alimento, así como de la composición nutricional y la acidez de los alimentos consumidos.



Alimentos líquidos

- Menos de 2 horas



Alimentos con predominio de hidratos de carbono

- Menos de 2 horas



Alimentos con predominio de proteínas

- Entre 2 y 4 horas



Alimentos con predominio de grasas

- Más de 4 horas

Figura 75. Tiempos de vaciamiento gástrico promedio para diferentes alimentos. Fuente: <http://www.vitonica.com/alimentos/cuanto-tarda-el-estomago-en-digerir-los-alimentos>

Como observaste en la figura anterior, cada alimento lleva un tiempo para digerirse, lo recomendable es ingerir una comida completa y se pueden aplicar diferentes estrategias entre ellas: evitar grasas si se tiene pesadez estomacal, si se realiza una actividad deportiva, consumir hidratos de carbono y líquidos o bien consumir una comida variada para obtener los nutrientes y sentimiento de saciedad.

A modo de resumen, y siguiendo el proceso de digestión, ya habrás identificado de manera general que el bolo alimenticio descendió por el esófago y llegó al estómago; después, el bolo alimenticio se mezcla con los jugos gástricos y diversas enzimas. Se transforma en una sustancia homogénea que recibe el nombre de quimo. El quimo, más adelante, pasará al intestino delgado (que forma parte del tubo digestivo).



3.3.2 Tubo digestivo bajo

Está formado por el intestino delgado y el intestino grueso.

Intestino delgado

Es la porción más larga del tubo digestivo. Se caracteriza por ser un tubo alargado hueco, enroscado y plegado varias veces, ocupando la mayor parte de la cavidad abdominal inferior al estómago y al hígado. Al igual que el estómago posee varias capas serosas, musculares, submucosa, mucosa y músculos que ayudan a que el bolo alimenticio vaya avanzando.

Se ubica entre el estómago y el ciego, empieza desde el esfínter pilórico y termina en el esfínter ileocecal. Se divide en tres regiones: duodeno (la parte más cercana al estómago), yeyuno (la porción media) e íleon (el tramo final).

Su longitud es de aproximadamente seis a siete metros, por supuesto que dependerá del ser humano que lo porte y un grosor aproximado de 3 centímetros. Sus paredes están cubiertas por numerosos pliegues llamados vellosidades intestinales, las que están irrigadas internamente por pequeños vasos sanguíneos. Las dos funciones del intestino delgado son: digestión química total de los alimentos y la absorción de los alimentos.

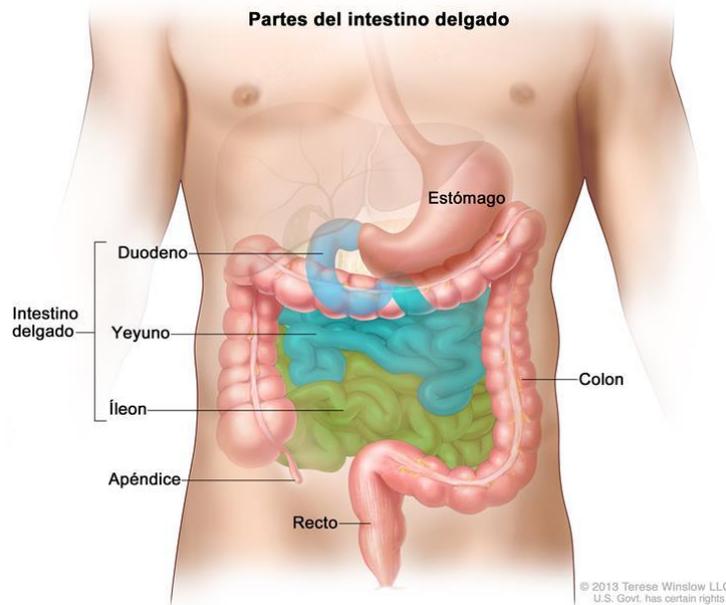


Figura 76. Intestino delgado. Fuente: <http://www.cancer.gov/images/cdr/live/CDR751586-750.jpg>

Duodeno. Es la primera parte del intestino delgado, mide aproximadamente 30 cm. Su nombre alude al ancho 12 dedos de longitud.



Empieza en la válvula pilórica, forma un ancho alrededor de la cabeza del páncreas, pasa a la izquierda y termina con un doblez agudo conocido como ángulo duodenoyeyunal. La mayor parte del duodeno es retroperitoneal. Tiene la forma de un círculo incompleto, cuya apertura mira hacia arriba y a la izquierda. Se divide en cuatro porciones (Marín, s.f.):

- La 1.^a es el bulbo duodenal, de forma triangular, se dirige a la derecha, arriba y atrás; se ubica a la derecha de la columna vertebral, a la altura de la 1.^a o 2.^a vértebra lumbar. Es de mencionar que en esta primera porción se sitúa el mayor porcentaje de úlceras.
- La 2.^a porción corre paralela a la columna vertebral, recibe en su parte media e interna, en la ampolla de Vater, a los conductos colédoco y Wirsung, más arriba al conducto de Santorini.
- La 3.^a porción cruza la columna vertebral a nivel del cuerpo de la 3.^a y 4.^a vértebra lumbar y se dirige hacia arriba y a la izquierda para formar;
- La 4.^a porción y terminar en el ángulo duodenoyeyunal, a la izquierda de la columna.

En sus paredes se identifican pliegues que forman las criptas de Lieberkuhn y las vellosidades intestinales en la que se encuentran las glándulas de Brunner que secretan moco que forma una barrera protectora y evita que el ácido gástrico dañe las paredes.

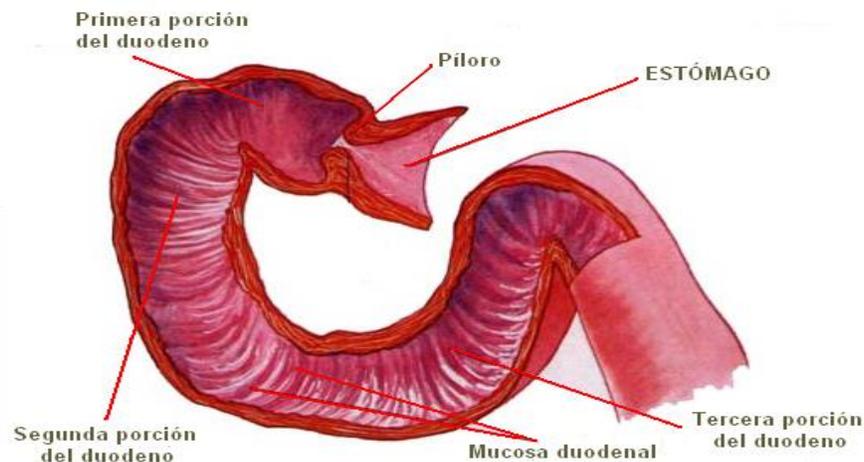


Figura 77. Porciones del duodeno. Fuente: <http://hnncbiol.blogspot.mx/2008/01/sistema-digestivo-ii.html>

A los dobleces del duodeno también se les conocen como papilas duodenales mayor y menor, donde reciben a los conductos pancreáticos principal y accesorio. El duodeno, está en estrecha relación con el páncreas que se encarga de producir el jugo pancreático (completa la digestión de las proteínas y los azúcares, proceso que comenzó en el estómago, junto al jugo intestinal, producido por las paredes del intestino delgado), y el hígado que produce la bilis (ayuda a disolver las grasas, lo que facilita su asimilación). Ambas estructuras vierten sus jugos al intestino delgado (Saladin, 2013: 980).

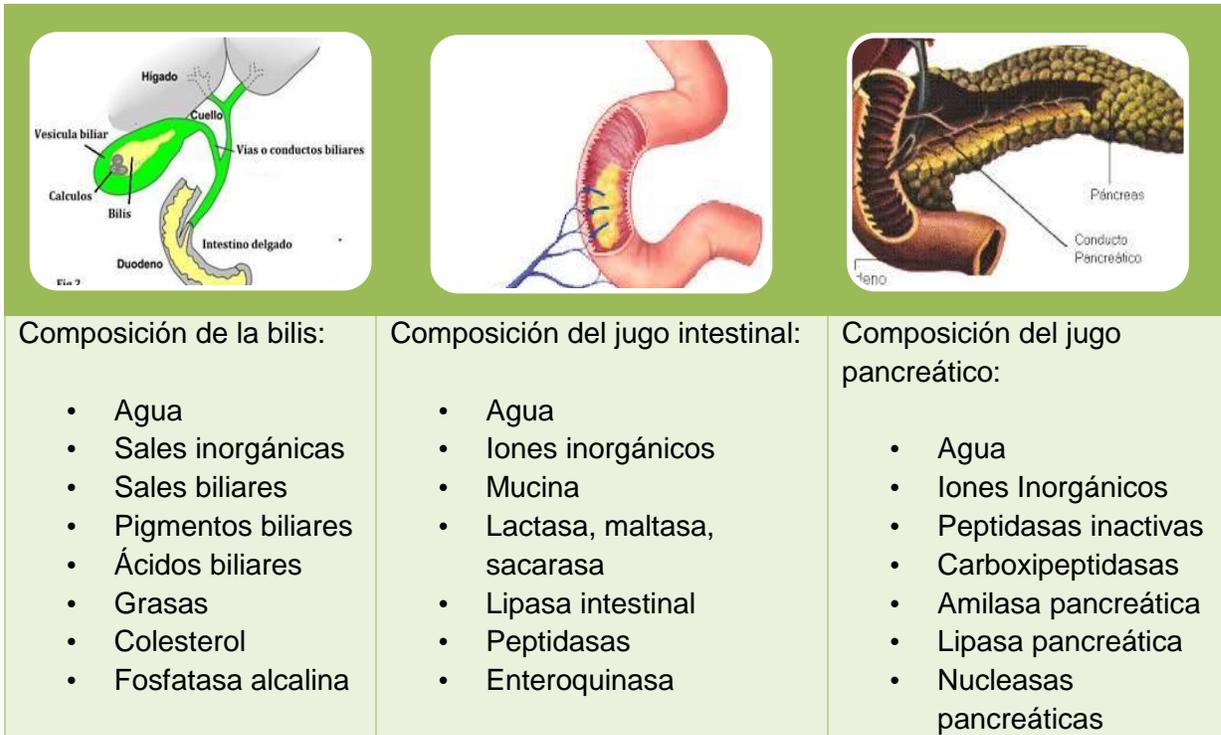


Figura 78. Composición de la bilis, jugo intestinal y pancreático. Fuente: UnADM.

Composición de los jugos secretados en el intestino delgado. Basado en Intestino delgado y absorción. s.f.

Los propósitos de los jugos son:

- Que los hidratos de carbono se transformen en monosacáridos.
- Que las grasas se rompan en ácidos grasos y glicerina.
- Que las proteínas se rompan en aminoácidos.

Cuando los alimentos son digeridos, sus componentes deben pasar a la sangre para ser distribuidos a todos los órganos del cuerpo. El paso de los alimentos a la sangre, a través de las vellosidades intestinales, se llama **absorción** (Intestino delgado y absorción. s.f.)



Figura 79. Duodeno. Fuente: <http://www.sabelotodo.org/anatomia/intestinodelgado.html>

Yeyuno enseguida. Inmediatamente después del duodeno se encuentra el yeyuno. Mide 2.5 m de largo aprox. y 3 cm. de diámetro. El pH en el yeyuno es por lo general entre 7 y 9 (neutro o ligeramente alcalino). Su ubicación comienza en el cuadrante superior izquierdo del abdomen, pero yace en la región umbilical. Tiene pliegues altos, grandes y espaciados, su pared es gruesa y muscular con una irrigación sanguínea abundante.

Las vellosidades que presenta son de menor cantidad que el duodeno, sus paredes son gruesas y con abundantes vasos sanguíneos, lo que le da un color rojizo por la sangre que toma todos los nutrientes como aminoácidos, azúcar, partículas de ácidos grasos, vitaminas, minerales, electrolitos y agua, por ende, estos nutrientes pasan a los capilares sanguíneos y linfáticos y se dirigen al hígado, para luego distribuirse a todas las células del organismo. En el duodeno se da la mayor parte de la absorción y digestión de los alimentos. (Saladin, 2013: 980).

Íleon. Es la parte final del intestino, ocupa una tercera parte del intestino delgado, mide 3 m de longitud, y 2cm de diámetro, sus paredes son más delgadas y termina en el esfínter ileocecal. Ocupa la región hepigástrica y parte de la cavidad pélvica. La función de íleon consiste principalmente en absorber la vitamina B12, las sales biliares y los productos de la digestión que no fueron absorbidos por el yeyuno.

Las células en el revestimiento del íleon secretan las enzimas proteasa y carbohidrasa responsables de las etapas finales de la digestión de carbohidratos y proteínas en el lumen del intestino.

La pared del íleon, posee pliegues con gran número de vellosidades y de microvellosidades, lo que significa que facilita la adsorción (unión) de moléculas de enzima y la absorción de los productos de digestión. Estas vellosidades permiten:

- Llevar a los aminoácidos y a la glucosa producida por la digestión, a través de la vena porta hasta el hígado.



- Los lactíferos, conductos finísimos presentes en las vellosidades, absorben ácido graso y glicerol, los productos de la digestión de las grasas.
- Las capas de músculo liso circular y longitudinal permiten que el alimento digerido sea empujado a lo largo del íleon por ondas de contracciones musculares llamada peristalsis.

Ante lo anterior se pueden encontrar algunas diferencias entre el yeyuno y el íleon, por ejemplo:

- El íleon tiene más grasa en el interior del mesenterio que el yeyuno.
- El íleon tiene un color más claro y tiende a ser de un calibre más pequeño también.
- Mientras que la longitud del tracto intestinal contiene tejido linfoide, solo el íleon tiene mayor cantidad de las placas de Peyer, (nódulos linfáticos no encapsulados que contienen grandes cantidades de linfocitos y otras células del sistema inmune, además que recubren interiormente a las mucosas e intestino y vías respiratorias).
- El íleon tiene una irrigación vascular mayor que en el yeyuno.

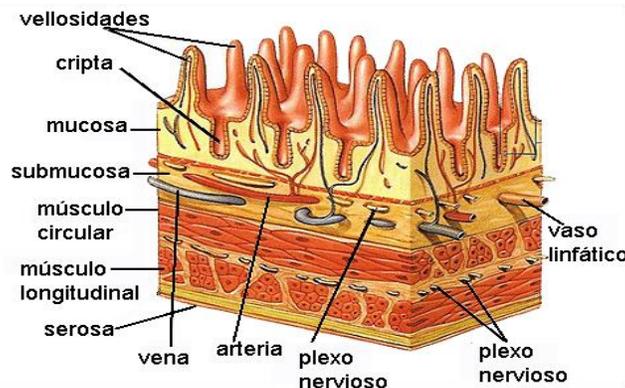


Figura 80. Vellosidades presentes en el íleon. Fuente: <https://lasaludestaenlamente.wordpress.com/2012/02/16/nuestro-tercer-cerebro/>

Recordarás que el quimo que pasó del estómago al intestino delgado, en este último se transforma en un líquido lechoso llamado quilo formado por agua, monosacáridos, aminoácidos, glicerina, bases nitrogenadas, productos no digeridos (Intestino delgado y absorción, s.f.)

La comida no digerida (residuos y agua) se envía al colon.



Intestino grueso

El intestino grueso, también llamado colon, tiene una longitud de aproximadamente 1.5 m y un diámetro de 6.5 cm. Va desde el íleon hasta el ano. Forma un arco alrededor del intestino delgado, se diferencia de este por su mayor calibre. Se fija a la pared abdominal por el mesocolon que es una porción del peritoneo.

Cabe mencionar que el intestino grueso o colon es el último componente del sistema o aparato digestivo y realiza la fase terminal de la digestión. El intestino grueso toma el alimento digerido (quimo) proveniente desde el intestino delgado y termina el proceso de absorción.

Por lo tanto, la función principal del intestino grueso es la concentración y almacenamiento de los desechos sólidos, convirtiendo el quimo restante en heces para ser excretadas. Cuando ocurre lo contrario, las heces sin defecar, el colon continúa absorbiendo agua, volviéndolas duras y causando estreñimiento. Por lo general, el alimento pasa más tiempo en el colon que en ningún otro sitio del tubo digestivo, este tiempo puede variar dependiendo del tipo de alimento y de cada persona. En el colon puede permanecer aproximadamente desde nueve horas hasta varios días. (Intestino grueso, s.f.)

Presenta tres cintillas longitudinales, bandeletas o tenias del colon que son un engrosamiento de la capa de las fibras musculares externas de 0,6 cm de ancho que convergen a nivel de la base de implantación del apéndice. El apéndice cecal, el recto y el conducto anal no las presentan. Sobre las bandeletas se acumulan los llamados apéndices epiploicos, que son pequeñas formaciones peritoneales que penden como borlas de su superficie y encierran grasa, vasos y en ocasiones, en el adulto, contienen formaciones diverticulares que provienen de la luz intestinal debido a la herniación exclusiva de la capa mucosa. Presentan, además, como diferencia del intestino delgado, abolladuras o haustras (empujan esta materia y la remueven dentro del intestino grueso con movimientos sucesivos, mezclándola por completo) que sobresalen entre las bandeletas (Szereszowski, s.f.)

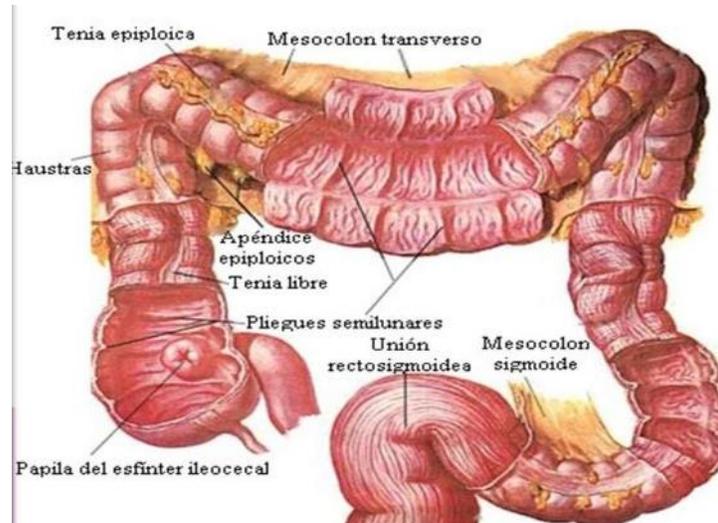


Figura 81. Estructura del colon. Fuente: <http://es.slideshare.net/MarioChang1/intestino-grueso-24319614>

El colon se divide en porciones ascendentes, transversas, descendentes y sigmoideas, como se describe a continuación:

- *Colon ascendente*. Como su nombre lo indica asciende por la parte derecha de la cavidad abdominal. Al llegar al hígado se incurva hacia la izquierda originando el ángulo hepático del colon. Se continúa con el colon transverso.
- *Colon transverso*. Se dispone en la parte alta de la cavidad abdominal de derecha a izquierda. Al llegar aquí vuelve a incurvarse originando el ángulo esplénico del colon. Se continúa hacia abajo con el colon descendente.
- *Colon descendente*. Esta porción del colon desciende por la parte izquierda de la cavidad abdominal.
- *Colon sigmoideo*. El colon descendente forma una especie de S en su porción terminal que se llama sigmoideo. Se continúa con el recto y el ano.

Flora intestinal. Es de notar que en el intestino grueso se albergan una gran diversidad de especies bacterianas que comúnmente se conocen como flora bacteriana. Estas habitan en el intestino y a cambio, proporcionan más nutrientes de los alimentos. Un ejemplo de esto es la explicación de porqué una persona puede obtener más calorías que otra (tomando como referencia la misma cantidad de comida), la diferencia radica en la cantidad de la población de las bacterias que tienen ambas personas.

Los calambres en el colon son producidos cuando los nutrientes no son digeridos y van directo al colon lo que crea un sustrato anormal para acción bacteriana (ejemplo, la intolerancia a la lactosa).

Algunas de las bacterias también cumplen con la síntesis de vitaminas B y K que se absorben en el colon. En el caso de la vitamina K tiene importancia porque solo en la dieta no proporciona la cantidad suficiente para asegurar la coagulación.



Otra función del intestino grueso es la producción de los gases ya que contiene aproximadamente entre 7 y 10 litros y expele casi 500 ml/al día en forma de flatos y reabsorbe el resto. Los gases están compuestos por oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, dióxido de carbono, metano, (inodoros) y sulfuro de hidrógeno y dos animas: indol y escatol (producen el olor a flatos).

El intestino grueso tarda de 12 a 24 horas en reducir los residuos de la comida en heces (75% de agua y 25% sólido) (Saladin, 2013: 992).

Por otro lado, se distinguen cuatro secciones en el intestino grueso: el ciego, el recto y el canal anal.

Recto. Mide 20 cm, se sitúa por delante del sacro y del coxis.

Ciego. Por debajo del esfínter ileocecal se encuentra el ciego mide 6 cm de largo aproximadamente. Tiene forma de saco y a un lado se encuentra el apéndice vermiforme. El ciego está conformado por tejido muscular.

Las funciones del ciego se concentran en la digestión, absorción y lubricación (Salud y bienestar, 2016).

- a) En la digestión: El ciego alberga un gran número de bacterias que ayudan en la digestión del material vegetal, la celulosa en su mayoría, que permanece sin digerir en el estómago y el intestino delgado. Esto se realiza por el proceso de fermentación que ayuda en la descomposición de las fibras vegetales. Los nutrientes de celulosa son posteriormente absorbidos por el intestino grueso.
- b) El ciego ayuda a recibir el alimento no digerido, así como líquidos desde el intestino delgado. A medida que el intestino delgado no absorbe líquido, la digestión se convierte en la función del intestino grueso. Una de las funciones del ciego es la absorción de sales y electrolitos, principalmente sodio y potasio, de nuevo en el cuerpo. Estas sales son necesarias para mantener el equilibrio electrolítico en el cuerpo y, por lo tanto, son absorbidas desde el intestino. La rotación de los residuos de alimentos se hace con la ayuda de la membrana mucosa que recubre el intestino ciego.
- c) Los residuos sólidos que pasan al ciego del intestino delgado son lubricados por el ciego. El ciego está recubierto por una gruesa membrana mucosa que produce moco. Este moco se mezcla con los residuos sólidos para lubricarlo. Esto es necesario debido a que los líquidos son casi totalmente absorbidos en el intestino grueso y para pasar los desechos sólidos a lo largo del intestino grueso con facilidad, es extremadamente importante para lubricarlo.

Canal anal. Mide de 2 a 3 cm. Sus paredes cubiertas de mucosa que forma pliegues longitudinales por donde pasan arterias y venas a los extremos de este canal se localizan el esfínter interno y el esfínter externo, y al orificio externo se le llama *Ano*.



En la defecación se estimula el estiramiento del recto, producto de dos reflejos de defecación: reflejo de defecación intrínseco y reflejo de defecación parasimpático. En el caso de lactante es involuntario, mientras que se va haciendo voluntario por medio del control del esfínter anal externo que controla la micción (Saladin, 2013: 992).

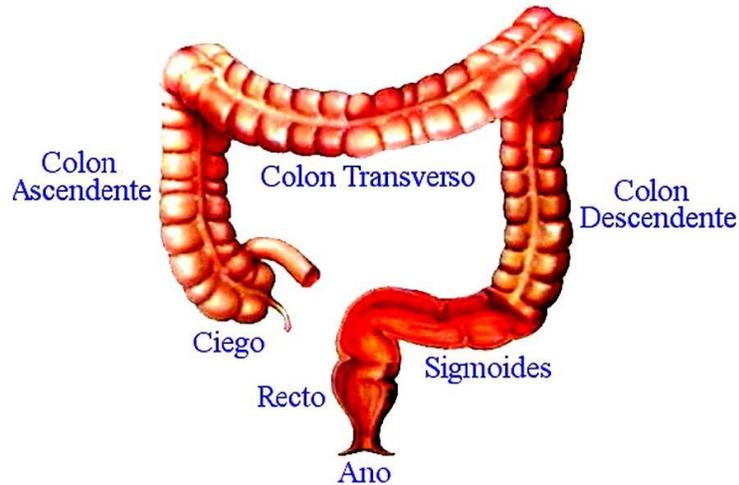


Figura 82. Porciones del Intestino grueso. Fuente: <https://www.blogdebiologia.com/intestino-grueso.html>



3.3.3 Órganos anexos

A continuación, se describirán los órganos anexos que incluyen los dientes, la lengua y las glándulas salivales, el hígado y el páncreas que intervienen también en el proceso digestivo.

Dientes

Los dientes son estructuras que dan inicio al proceso digestivo por medio de la masticación; trituran los alimentos para que puedan ingresar al tracto digestivo y son necesarios para la fonación y para la apariencia facial.

En el ser humano hay dos clases de dentadura: *la decidua o temporal* y los *permanentes*.

Los dientes temporales conocidos como de “leche” que son un total de 20 piezas, aparecen alrededor de los seis meses de edad. Los dientes permanentes aparecen a los seis años y completan su aparición entre los 12 y 14 años. Las últimas piezas en aparecer son los terceros molares que en promedio brotan entre los 17 y 21 años para completar un total de 32 piezas dentarias.

Existen cuatro tipos de dientes: los incisivos, caninos, premolares y molares.

- **Incisivos:** se encuentran en la parte frontal de la boca y son los encargados de cortar los alimentos. Tienen los bordes planos y afilados. Existen ocho dientes incisivos.
- **Caninos:** también conocidos como colmillos. Tienen forma triangular y su función es desgarrar los alimentos. Cada persona tiene cuatro caninos.
- **Premolares:** se tienen ocho premolares, también ayudan a desgarrar y triturar los alimentos.
- **Molares:** conocidas como muelas, su función es masticar los alimentos hasta triturarlos hasta formar un bolo blando. Existe un total de 12 molares.

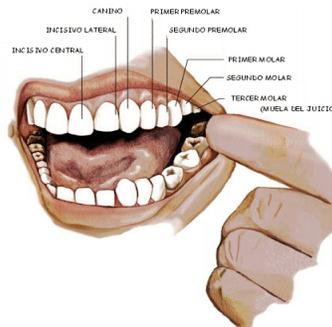


Figura 83. Dentadura. Fuente: <http://goo.gl/0lCtb9>



En un diente se distinguen tres partes: la corona, el cuello y la raíz. La corona tiene un recubrimiento que es el *esmalte* que protege la estructura subyacente del diente, por debajo del esmalte se encuentra la *dentina* es una estructura tipo ósea, constituye la *mayor parte del diente*.

El cuello y la raíz están cubiertos por *cemento* cuya función es anclar el diente al ligamento periodontal. Interno al esmalte y al cemento se ubica la *pulpa* se ubica en el eje central del diente, es tejido blando compuesto por vasos sanguíneos y fibras nerviosas.

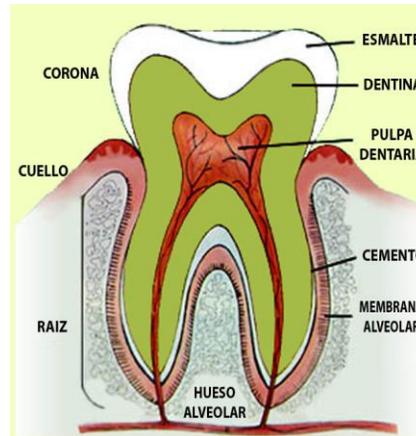


Figura 84. Partes del diente. Fuente:

http://www.ceibal.edu.uy/UserFiles/P0001/ODEA/ORIGINAL/09_01_13_saludbucal.elp/conociendo_los_dientes.html

Lengua

La lengua forma el piso de la cavidad oral. Está formada por el músculo esquelético y cubierta por mucosa. Los músculos que la conforman son el hipogloso, geniogloso y estiloso, son los que le permiten el movimiento para la fonación y durante la masticación de los alimentos, todos ellos forman el piso de la cavidad oral. En su superficie se encuentran prolongaciones de la mucosa denominadas papilas gustativas, que pueden ser de tres tipos:

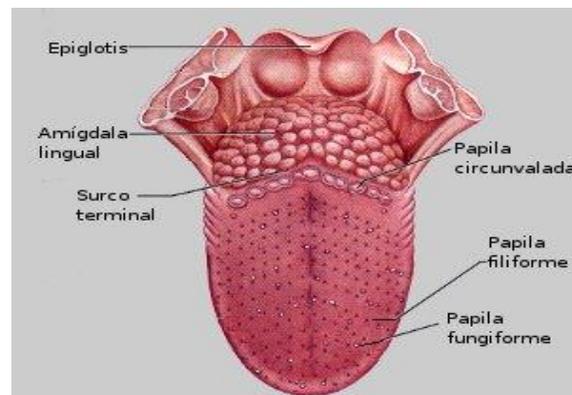


Figura 85. Lengua. Fuente <http://goo.gl/oJy8Mj>



- 1. Fungiformes:** llamadas así por su forma de hongo y se localizan por toda la superficie de la lengua. Tienen un color rojizo debido a su núcleo vascular. En este grupo de papilas se encuentran los receptores gustativos.
- 2. Circunvaladas:** se observan en menor cantidad. Se cuentan aproximadamente 10 y 12 y se localizan en una fila con forma de V en el fondo de la lengua. Similares a las papilas fungiformes, pero tienen un surco adicional alrededor. Al igual que las anteriores también se encuentran los receptores gustativos.
- 3. Filiformes:** dan un aspecto rugoso a la lengua, tienen una estructura con forma de cono, son las más numerosas y pequeñas y están agrupadas en filas en la superficie superior de la lengua. La presencia de queratina le da el color blanquecino a la lengua. Al interior de la boca desembocan los productos de las glándulas salivares que se estudiarán a continuación.

Glándulas salivales

De acuerdo con Saladin (2013), la saliva tiene varias funciones como mantener humectada y limpia la boca. También inhibe el crecimiento bacteriano, disuelve las moléculas que pueden estimular las papilas gustativas, digiere un poco el almidón y la grasa y facilita la deglución al unir las partículas de comida en una masa suave (bolo) y lubricarlas con moco. La saliva se compone de una solución hipotónica con 97 a 99.45% de agua, pH de 6.8 a 7.0 y los siguientes solutos:

- **Moco** que humecta y lubrica el bolo alimenticio.
- **Electrólitos**, sales de Na^+ , K^+ , Cl^- , fosfato y bicarbonato.
- **Lisozima**, una enzima que mata las bacterias.
- **Inmunoglobulina A (IgA)** un anticuerpo antibacteriano.
- **Amilasa salival**, una enzima que empieza la digestión del almidón en la boca.
- **Lipasa lingual**, una enzima que empieza la digestión de la grasa en la boca (sobre todo después de que se ha deglutido el alimento).

Las glándulas salivales producen la saliva, existen tres pares:

- **Parótidas:** se sitúan por debajo y por delante de los oídos y secretan la saliva a través del conducto parotídeo. Produce saliva de tipo seroso, siendo responsable de entre un 30% y 45% de la producción total de saliva.
- **Submaxilares:** también conocidas como submandibulares. Se encuentran en el piso de la boca en posición medial y parcialmente inferior al cuerpo de la mandíbula. Sus conductos submaxilares vierten la saliva a un lado del frenillo de la lengua.



- *Sublinguales*: como su nombre lo indica. Se encuentran por debajo de la lengua y por encima de las submaxilares, sus conductos sublinguales menores secretan la saliva en el piso de la boca.

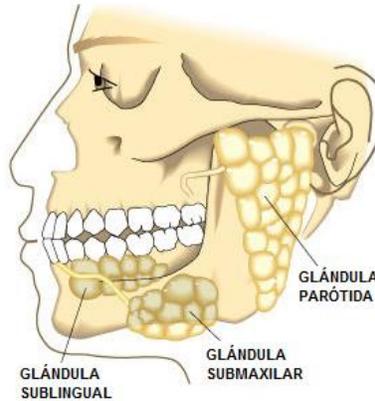


Figura 86. Glándulas Salivales. Fuente: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/500/526/html/Unidad_04/pagina_5.html

Hígado

El hígado es la víscera más grande del cuerpo humano, pesa de 1.5 a 2 k. Se ubica en la parte superior derecha de la cavidad abdominal por debajo de las últimas costillas debajo del diafragma y sobrepasando la línea media, colocándose en este extremo por delante del estómago.

El hígado se divide en cuatro lóbulos: derecho, izquierdo, cuadrado y caudado. El *lóbulo derecho* es el más grande. La prolongación del hígado hacia la izquierda es el *lóbulo izquierdo*. Los otros dos lóbulos están en la cara inferior y se llaman *lóbulo cuadrado*, antero inferior, y *lóbulo caudado*, en posición posterior inferior.

La cara supero anterior o diafragmática tiene una superficie lisa que se acopla perfectamente al diafragma.

En la cara inferior se puede ver el hilio hepático entre los cuatro lóbulos, por donde entran y salen todas las estructuras: arteria hepática, vena porta y vías biliares. Entre el lóbulo cuadrado y el lóbulo derecho se encuentra la vesícula biliar que es una estructura con forma de saco que sirve de reservorio para el almacenaje de la bilis que se forma en el hígado.

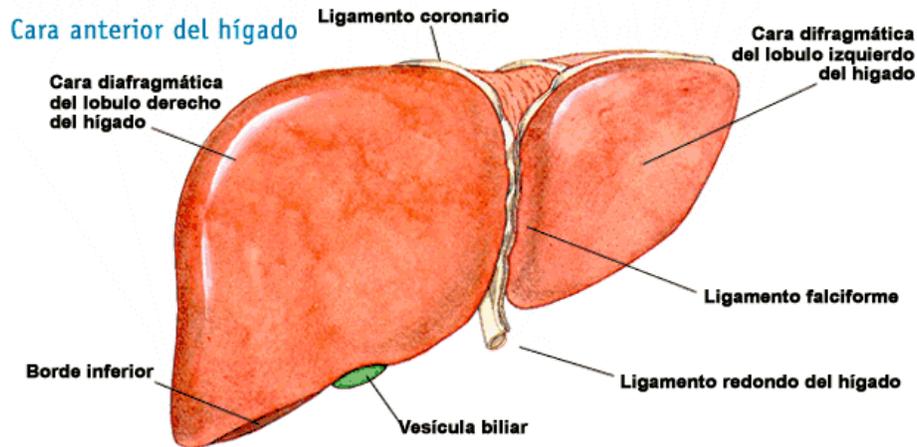


Figura 87. Cara anterior del hígado. Fuente: <http://goo.gl/PK0Nym>

Cara inferior del hígado

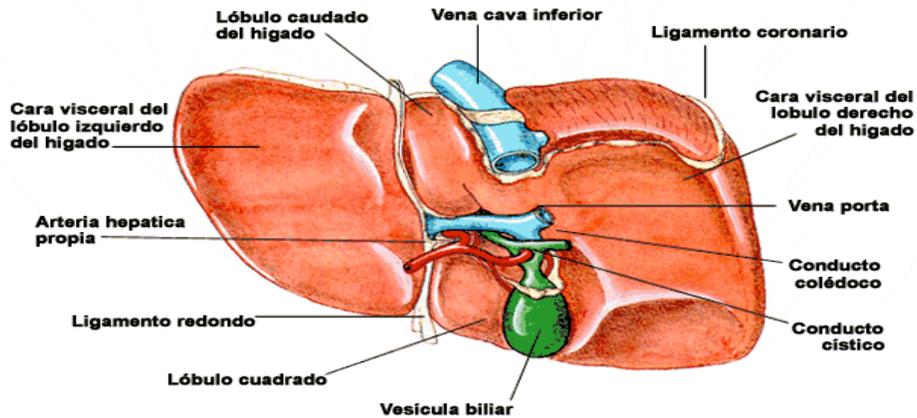


Figura 88. Cara inferior del hígado. Fuente: <http://goo.gl/R7qeiO>

En la cara posterior se tiene la vena cava inferior, a donde van a desembocar las venas hepáticas. En la parte superior de esta cara se tiene el hilio supra hepático o superior por donde salen las venas hepáticas para desembocar en la vena cava inferior.

El hígado está conformado por unidades anatómicas pequeñas de forma hexagonal que se llaman lobulillos hepáticos. En el centro de cada uno está la vena central del lobulillo que desembocan en las venas hepáticas. Los lobulillos están formados por hepatocitos que son las células que se disponen alrededor de la vena central. En cada esquina del hexágono hay un conjunto de estructuras que son ramas de la arteria hepática, de la vena porta y de los conductos biliares (tríada portal).

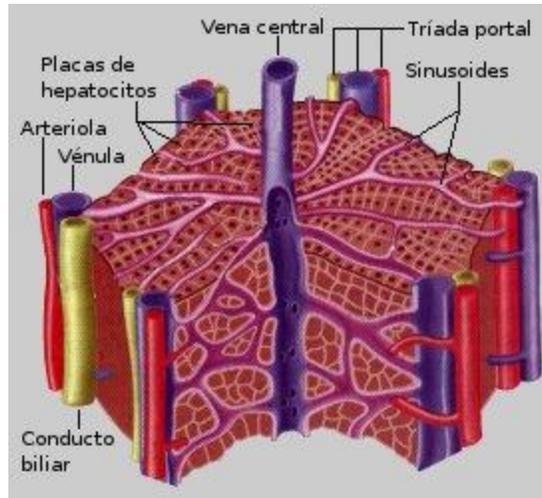


Figura 89. Estructura del módulo hepático. Fuente: <http://faustomedina.blogspot.mx/2013/05/estructura-microscopica-hepatica.html>

La sangre que llega de la arteria hepática, oxigena las células hepáticas. La sangre que llega de la vena porta es metabolizada por el hígado para eliminar las toxinas. La sangre de estas se dirige entre los hepatocitos por las sinusoides hepáticos (canalitos) hasta llegar a la vena central.

El hígado contiene células Kupffer (células fagocíticas) que destruyen los leucocitos y eritrocitos viejos, bacterias y materiales extraños de la sangre venosa que proviene del tubo digestivo.

Los canaliculos biliares son unos conductos muy delgados que recogen la bilis segregada por los hepatocitos. Los canaliculos se van uniendo hasta formar los conductos biliares, izquierdo y derecho, que llevarán la bilis hasta el conducto hepático continuándose con el conducto cístico de la vesícula y desembocando finalmente en la vesícula biliar donde queda almacenada.

Entre las funciones digestivas del hígado se encuentran (Ascencio, 2012: 44):

El hígado en conjunto con la vesícula biliar produce la bilis (también conocida como hiel) y desembocan en el duodeno. La bilis contiene sales biliares, pigmentos biliares, colesterol, grasas neutras, fosfolípidos y diferentes electrolitos; de todos, solo las sales biliares y los fosfolípidos ayudan en la digestión. El cuerpo humano puede producir de 500 a 1000 ml al día, la función de la bilis es principalmente reducir las gotas grandes de las grasas en partículas más pequeñas de tal manera que interactúen con las enzimas digestivas.

La capacidad de los versátiles hepatocitos les permite llevar a cabo más de 500 funciones metabólicas complicadas, las que tienen relación con el metabolismo de los nutrientes son:



Metabolismo de los hidratos de carbono

- En el ayuno favorece a mantener la glucemia.
- Convierte la galactosa y la fructuosa a glucosa que es el azúcar "combustible" del cuerpo.
- Almacena glucosa como glucógeno cuando los niveles de glucosa en sangre son altos.
- Convierte la glucosa en grasa para su almacenamiento.
- Captación de glucosa por el hígado para la síntesis de triglicéridos y glucógeno, principalmente en la etapa posprandial (dos horas después de la ingesta de alimentos se presenta un alto contenido de azúcar, macronutrientes que hayan sido digeridos y absorbidos en la sangre).
- En respuesta a factores hormonales libera glucosa a la sangre.

Metabolismo de los lípidos

- Desaminación de aminoácidos lo que se requiere para producción de energía y síntesis de la glucosa o ácidos grasos.
- Forma la mayor parte de las proteínas del plasma.
- Desecha el amoníaco del cuerpo convirtiéndolo en urea excretada por los riñones, eliminado por la orina.
- Síntesis de proteínas plasmáticas.
- Modifica químicamente y excreta mediante la bilis, hormonas tiroideas y esteroideas (estrógenos y aldosterona).
- Formación de factores coagulantes, depósito de glucosa, hierro y cobre, así como de vitamina B12, A, D, E y K, además participa en la síntesis de forma activa de la vitamina D.
- Detoxificación de sustancias como el etanol y excreción biliar fármacos.

Páncreas

El páncreas es una estructura con forma alargada que mide de 12 a 15 cm de longitud y 2.5 cm de ancho, está situada por delante de la columna vertebral y posterior al estómago y al hígado. Tiene tres porciones: la cabeza, el cuerpo y la cola.

La cabeza del páncreas es la parte que se encuentra rodeada por el duodeno. Tiene una prolongación hacia abajo conocida como el gancho del páncreas o apófisis unciforme. De la cabeza hacia arriba se tiene un estrechamiento denominado istmo o cuello del páncreas y luego se continúa en la horizontal con el cuerpo del páncreas para terminar a la izquierda con la cola del páncreas. Hay un conducto denominado conducto pancreático o conducto de Wirsung que recorre todo el páncreas para desembocar en el duodeno.



El páncreas permite la secreción exocrina y endocrina. En la exocrina sintetiza los jugos pancreáticos que libera a través del conducto del duodeno. Mientras que en la endocrina sintetiza hormonas como la insulina y el glucagón, que libera la sangre.

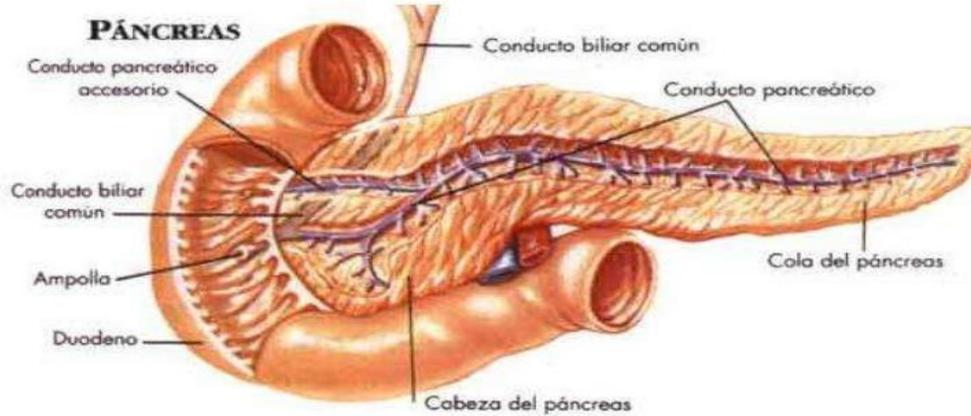


Figura 90. Posición y estructura del páncreas. Basado de Saladin, (2013).

El páncreas tiene funciones digestivas y hormonales. Cuando llegan alimentos ricos en ácidos grasos y aminoácidos estimula, en la pared intestinal, la liberación de la hormona secretina, la cual incita la producción de jugo pancreático rico en enzimas.

La función endocrina u hormonal del páncreas está llevada a cabo por los islotes de Langerhans que están compuestos por células de varios tipos que secretan hormonas en el torrente sanguíneo. Estas células se dividen en células alfa (productoras de glucagón e implicadas en el metabolismo de la glucosa), células beta productoras de insulina, (implicadas en la degradación de la glucosa) y células delta productoras de somatostatina (inhibidora de secreciones y motilidad digestiva).

La función exocrina o digestiva es la encargada de proporcionar el jugo pancreático y la secreción de enzimas digestivas. Estas enzimas son secretadas mediante una red de conductos que se unen al conducto pancreático principal que atraviesa el páncreas en toda su longitud.

El jugo pancreático contiene enzimas que intervienen en la digestión de las grasas. El jugo pancreático está compuesto de agua y bicarbonato, amilasa pancreática que digiere los hidratos de carbono, lipasa pancreática que digiere los lípidos y tripsina que digiere las proteínas.



Peritoneo

Es una membrana serosa (llamada así porque cubre las cavidades interiores del cuerpo humano), fuerte y resistente, que tapiza las paredes de la cavidad abdominal y forma pliegues (los mesos, los epiplones y los ligamentos) que envuelven, total o parcialmente, gran parte de las vísceras situadas en esa cavidad, sirviendo de sostén para las mismas.

De acuerdo a la posición donde se encuentran las vísceras u órganos reciben un nombre diferente el peritoneo.

Por ejemplo:

- Peritoneo intraperitoneal. Recubre al estómago, el hígado, parte del intestino, etc.
- Peritoneo retroperitoneal. Recubre a los riñones, el páncreas, etc.
- Sub-peritoneales. Vísceras que se encuentran en la cavidad pélvica.

La hoja externa o parietal tapiza el diafragma y las paredes del abdomen. La hoja interna o visceral está en íntimo contacto con las vísceras. Entre ambas se encuentra una cavidad virtual que se llama cavidad peritoneal (igual que la cavidad pleural), en cuyo interior hay una cantidad de líquido peritoneal para facilitar el movimiento de las vísceras.

El espacio entre ambas capas se denomina cavidad peritoneal y contiene una pequeña cantidad de fluido lubricante (alrededor de 50 ml) que permite a ambas capas deslizarse entre sí y facilitar el movimiento de las vísceras.

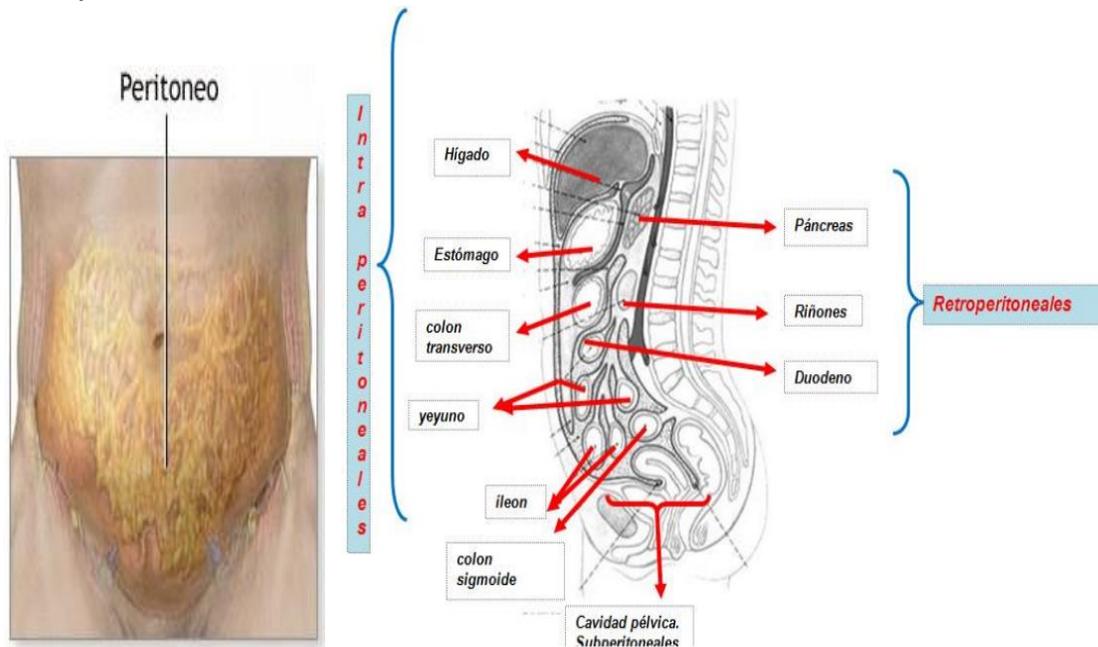


Figura 91. Peritoneo. Fuente: <http://goo.gl/JnwSM4> / <https://goo.gl/oGcyib>



Asimismo, se pueden identificar una variedad de propiedades o funciones del peritoneo, por ejemplo:

- Mecánicas, como ya se mencionó, sirven como sostén para los órganos ubicados en la cavidad abdominal y permite su movimiento interior.
- Hemodinámicas que tiene relación con el flujo sanguíneo y los mecanismos circulatorios en el sistema vascular.
- Protectoras, sirven como barrera defensiva frente a microorganismo y partículas inertes para los órganos que cubre.
- Aislante térmico, mantiene la temperatura de los órganos que cubre.
- De intercambio, al ser semipermeable permite el paso de moléculas de pequeño tamaño, lo cual permite aplicar hoy en día la técnica de la diálisis peritoneal.

Una inflamación del peritoneo (o peritonitis) puede desencadenar en la muerte.

Bazo

Es un pequeño órgano situado por debajo del diafragma izquierdo, detrás del estómago, por delante del riñón izquierdo, por encima del colon descendente, del reborde costal hacia arriba. El bazo está relacionado con la cola del páncreas. Está cubierto por la parrilla costal izquierda que le proporciona una protección importante. En su interior tiene mucha sangre y se encarga de producir linfocitos, eliminar eritrocitos, etc. En su interior se destruyen los hematíes viejos (glóbulos rojos).

Al ser un órgano pequeño presenta gran facilidad para romperse en caso de fracturas costales, dando lugar a hemorragias graves, siendo la única solución quitar el bazo (esplenectomía).

El bazo forma parte del sistema linfático y del inmune. A ello se les atribuyen a las siguientes funciones principales (Pérez, s.f.):

- Contribuye a la creación de anticuerpos y elimina bacterias en la sangre.
- Interviene en el proceso de digestión en la absorción y transporte de nutrientes.
- En los niños permite defenderlos contra infecciones (neumococos, los haemophilus y los meningococos).
- Ayuda al transporte del agua y humedad en el organismo.
- Funciona como filtro en la circulación sanguínea.

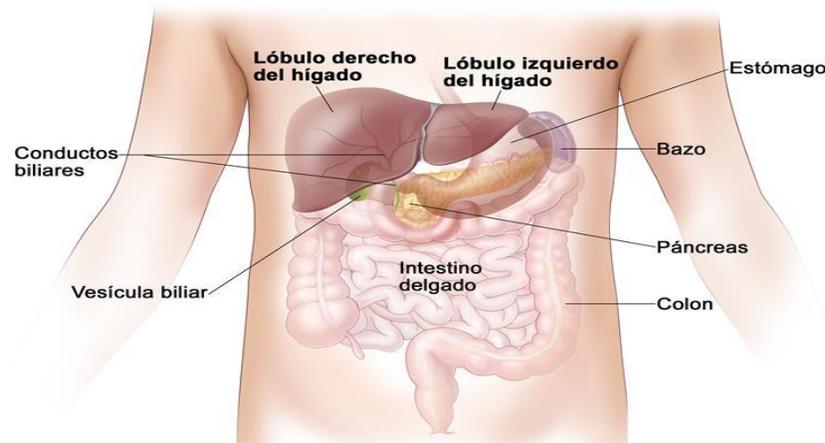


Figura 92. Ubicación del bazo en el cuerpo humano. Fuente: <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/higado/paciente/tratamiento-higado-infantil-pdq>

3.3.4 Etapas del proceso digestivo

Hasta el momento, has revisado la estructura del aparato digestivo identificado, por separado, cada uno de los órganos principales y anexos en donde se ha analizado la anatomía y fisiología de cada uno de los componentes de este.

Sin embargo, es necesario que analices que este sistema funciona como un todo de manera ordenada o sistemática donde la alimentación no solo forma parte de una acción de supervivencia, sino también involucra el aprovechamiento de los nutrientes que brindan los alimentos para luego transformarse en moléculas más pequeñas de nutrientes antes de ser absorbidos hacia la sangre y transportados a las células de todo el cuerpo. A esto se le conoce como digestión que es el proceso mediante el cual los alimentos y las bebidas se descomponen en sus partes más pequeñas para que el cuerpo pueda usarlos como fuente de energía, y para formar y alimentar las células.

La digestión es la transformación de los nutrientes en sustancias más simples para que puedan ser absorbidos y asimilados. El alimento ingerido proporciona la energía, genera y repara tejidos.

En el proceso de digestión se encuentran las siguientes funciones:

- Prueba de los alimentos mediante los sentidos del olfato y gusto.
- Trituración de los alimentos.
- Disolución en agua.
- Transporte de los alimentos triturados.
- Descomposición de los alimentos en sustancias simples con ayuda de enzimas digestivas.



- Absorción de las sustancias simples.
- Eliminación de los residuos no digeribles.

Para hacer más notorio este proceso, y que lleva relación con lo visto anteriormente, se puede clasificar en varias etapas como es la masticación-insalivación, deglución, absorción y excreción.

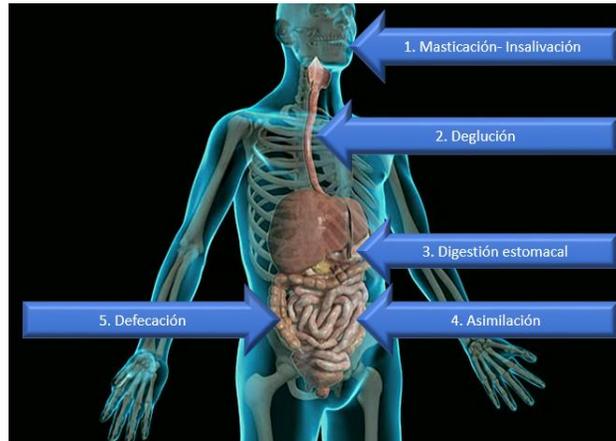


Figura 93. Etapas del proceso de digestión. Fuente UnADM.

Masticación- Insalivación

La digestión comienza en la boca, con la degustación de los sabores, gracias a las papilas gustativas localizadas en la lengua. Uno de los componentes de la saliva es la enzima amilasa (ptialina) que inicia la degradación de los carbohidratos y la lipasa inicia la digestión de los lípidos (grasas). Continuando con la siguiente etapa.

Deglución

La salivación y la masticación forman un bolo que es empujado por la lengua hacia la faringe, a esto se le conoce como deglución. Al pasar por la faringe la epiglotis cubre la laringe para que el alimento no pase a la vía respiratoria y se dirija hacia el esófago. Por medio de la cual el bolo alimenticio deja la cavidad oral para pasar a la faringe, al esófago hasta llegar al estómago.

Digestión estomacal

El bolo alimenticio desciende por el esófago por medio de movimientos peristálticos hasta llegar al estómago en donde se combina con los jugos gástricos (agua mucina, ácido clorhídrico y pepsina) y se van degradando las proteínas (desnaturalización de las proteínas). Las grasas también continúan su degradación por medio de la lipasa gástrica. Los movimientos gástricos lo van triturando y conduciendo hacia el duodeno a través del



esfínter pilórico, esta mezcla que proviene del estómago se le denomina *quimo*. En otras palabras, en la *digestión* son “molidos los alimentos”, y de ahí pasarán con la participación de las enzimas de los jugos gástricos continúan su paso al intestino delgado, continuando con el proceso de asimilación.

Asimilación o absorción

Se continúa la digestión y desdoblamiento de las moléculas a unas más simples y es en el duodeno, yeyuno e íleon en donde lleva a cabo la absorción. En el intestino delgado tiene lugar la verdadera digestión de los alimentos en componentes elementales aptos para su absorción, y para ello es fundamental la participación de la bilis, el jugo pancreático, que contiene la amilasa, lipasa y tripsina, y el propio jugo intestinal secretado por las células intestinales.

La gran capacidad de absorción del intestino delgado, (aproximadamente 90% de los nutrientes), se debe a la presencia de las vellosidades y microvellosidades que aumentan su superficie y por lo tanto su capacidad de absorción. En la superficie se están presentes algunas enzimas como las disacaridasas, que hidrolizan la sacarosa, maltosa, lactosa, etc.

En el duodeno se neutraliza la acidez del quimo procedente del estómago al mezclarse con bicarbonato presente en el jugo pancreático. Las enzimas del jugo pancreático (tripsina y quimotripsina) van degradando las moléculas de proteínas. La amilasa continúa la hidrólisis del almidón.

Es en el yeyuno en donde se absorben la mayoría de los nutrientes como los aminoácidos, las vitaminas y minerales. En el íleon se absorbe la vitamina B12 y sales biliares. El proceso de absorción que utiliza el yeyuno se denomina absorción activa, ya que el organismo utiliza energía para seleccionar con exactitud los nutrientes que requiere.

La absorción activa de grasas también ocurre en el duodeno el organismo utiliza la bilis para disolver las grasas. La bilis se produce en el hígado y se almacena en la vesícula biliar y se libera en el duodeno después de cada comida a través del conducto colédoco.

La mayor parte de los carbohidratos llevan a cabo su digestión en el yeyuno. Los monosacáridos, producto de la digestión de los carbohidratos, glucosa y galactosa son absorbidos activamente en el intestino por un proceso que requiere energía. La fructuosa otro monosacárido común, es absorbido por un proceso que no requiere energía.

En el íleon se completa la digestión de los nutrientes y se reabsorben las sales biliares. Diariamente se absorben aproximadamente 10 litros de fluidos en el intestino delgado. La fibra se resiste a la digestión enzimática, pasa al intestino grueso. En el intestino grueso se reabsorbe agua y el alimento residual permanece ahí hasta la defecación.



Defecación

Es el proceso de eliminación de todos los residuos de los alimentos que no han podido ser digeridos y que son expulsados al exterior mediante el ano.

La materia fecal está compuesta por agua (75%) y por sólidos (25%), donde se incluyen restos no digeridos, fibra alimentaria (celulosa, lignina), sustancias no absorbidas (grasas, aminoácidos), desechos celulares y bacterianos, compuestos de la bilis, enzimas y gases.

Es así que se ha concluido esta unidad donde has aprendido la anatomía y fisiología del Sistema endocrino, sistema nervioso y del aparato digestivo.

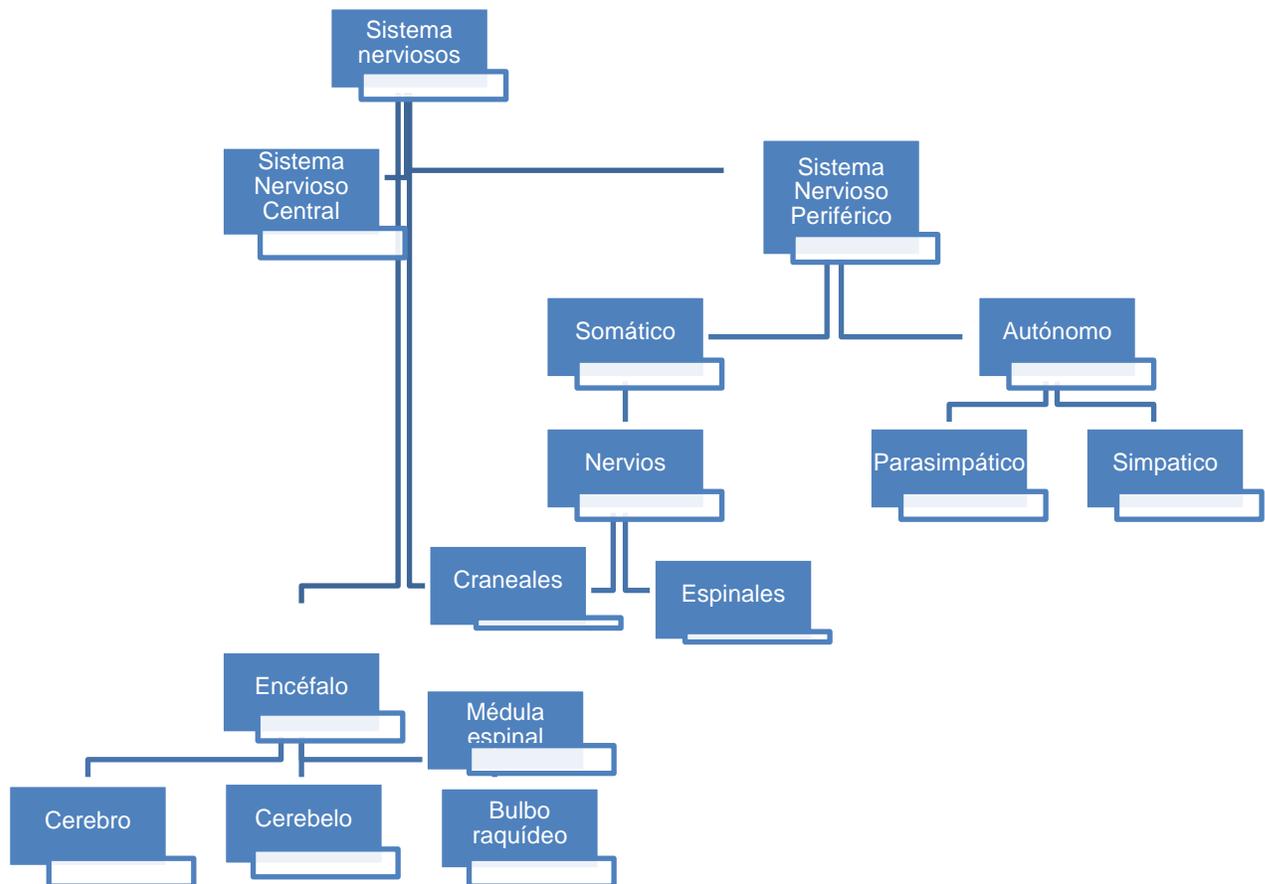


Cierre de la unidad

Finalizada la revisión de los temas de esta unidad, has estudiado la composición del sistema endocrino reconociendo los diferentes tipos de glándulas y su clasificación; también has comprendido las funciones básicas de toda hormona, lo que te ayudará a entender cómo actúan al momento de ser liberadas en las diferentes partes del organismo.

Asimismo, hiciste una revisión detallada sobre la anatomía y fisiología particular de cada una de las principales glándulas que lo integran, lo que permitirá conocer su función. Por otro lado, como habrás notado a lo largo de la unidad, el cerebro es el órgano más complejo del cuerpo, su funcionamiento sigue aún en investigación para comprenderlo en su totalidad.

En la unidad revistaste también cada una de las siguientes estructuras desde el punto de vista anatómico y fisiológico.



Como habrás identificado, el sistema nervioso es un conjunto de órganos y red de tejidos nerviosos que regulan las actividades conscientes e inconscientes del organismo. Su unidad básica es la neurona, la cual recibe estímulos y conduce los impulsos nerviosos.



La comunicación entre dos neuronas se llama sinapsis, de este modo se lleva a cabo la transmisión del impulso nervioso.

Por señalar algunos de los órganos que se ha estudiado es el cerebro que regula las funciones básicas del cuerpo, lo que permite interpretar y responder a todo lo que experimentan, da forma a los pensamientos, sentimientos y comportamientos.

El cerebro se divide en dos hemisferios (izquierdo y derecho) y su la vez cada uno está dividido por cuatro lóbulos: frontal, parietal, temporal y occipital. Los hemisferios se encuentran unidos por una sustancia blanca llamado cuerpo caloso. Cada hemisferio regula las actividades de la parte contraria, es decir, el hemisferio izquierdo maneja la parte derecha del cuerpo y viceversa.

Cada lóbulo presenta localizaciones cerebrales, las cuales son los centros de funcionamiento de las actividades diarias, así se encuentra el centro visual en el lóbulo occipital, el auditivo en el lóbulo temporal, gusto y el olfato en el parietal, y la zona motora en el lóbulo frontal. De igual manera, se ubican en los diferentes lóbulos habilidades comprensión, lenguaje, asociación y sentimientos como el miedo, el placer, y la ansiedad.

Por otro lado, los órganos de los sentidos son los encargados de relacionarse con el entorno, captan los estímulos y los envían al cerebro, el cual produce una respuesta para ejecutar una acción de acuerdo al estímulo, este proceso se lleva en un microsegundo y pueden ser darse varios en forma simultáneamente. Es por ello la importancia de reflexionar sobre los alimentos que producen algún estímulo para su consumo.

Otro de los órganos que compete al área de conocimiento es el hipotálamo como regulador de varias funciones, entre ellas el **hambre**. Con respecto a ello existe un mecanismo de hormonas que interactúan en la saciedad (leptina) y hambre (grelina). Sin olvidar el sistema periférico (somático y autónomo) que tienen un papel importante para el funcionamiento del sistema digestivo y demás aparatos.

Finalmente, se han estudiado las bases de la anatomía y fisiología del aparato digestivo; también, has logrado reconocer las estructuras que forman parte del tubo digestivo alto y bajo, y las funciones de cada órgano y órganos anexos del sistema digestivo a través de los esquemas y modelos anatómicos para reconocer sus características y funciones en el proceso de digestión de los alimentos para comprender lo que sucede al ingerir los alimentos hasta su metabolismo.



Para saber más



Jobius J. (2016). *Documental Biología Humana - el sistema endocrino*. [Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Tk0Ac4KqnZU>



UNAM – Red Universitaria de aprendizaje (2016). *Sistema endocrino*. [Página de materiales de estudio]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Tk0Ac4KqnZU>



Departamento de Biología Celular y Tisular. Facultad de Medicina. UNAM (2016). *Sistema endocrino (I y II)*. [Presentación en línea]. Disponible en: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/atlas2013A/endo1/endocrino.html>



Fuentes de consulta



1. Ira Fox, S. (2011). *Fisiología humana*. New York: Mc Graw-Hill.
2. Latarjet, M., y Ruiz Liard, A. (2011). *Anatomía Humana Tomo 1 y 2*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
3. Tortora, G., & Derrickson, B. (2013). *Principios de anatomía y fisiología*. México: Panamericana.
4. Welsch, U. (2006). *Histología. Atlas digital*. Madrid: Panamericana.
5. Drucker, R. (2005). *Fisiología médica*. México: Manual Moderno.
6. Hall, J. y Guyton, A. (2007). *Compendio de fisiología médica* (12ª ed.). Barcelona: Elsevier.
7. Netter, F. (2011). *Atlas de anatomía humana* (5ª ed.). Barcelona: Elsevier.

Complementarias

1. Welsch, Ulrich. (2010). *Histología*. México. Panamericana.
2. Gardner, David G. (2011). *Endocrinología básica y clínica*. México: Mc Graw Hill. 9ª Ed.
3. Stuart. (2011). *Fisiología humana*. 12ª. México: Ed. Mc Graw Hill.
4. Ross, M. H., Pawlina (2007). W. *Histología. Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. 5ª edición. México: Editorial Médica panamericana.
5. Montalvo Arenas, César E. (2010). *Histología general. Tejidos animales*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina. Departamento de Biología Celular y Tisular. Recuperado de: http://histologiaunam.mx/descargas/ensenanza/portal_recursos_linea/apuntes/epitelio_apunte_10.pdf
6. Cediell, Juan F. (2009). *Manual de histología: Tejidos fundamentales*. Colección Lecciones de Medicina. Colombia: Universidad del Rosario.
7. Welsch, Ulrich. (2006). *Histología. Atlas digital*. Madrid, España. Panamericana. 2ª Ed.



8. Quiroz Gutiérrez, Fernando. (2007). *Anatomía Humana*. (Volumen 1). México: Porrúa.
9. Latarjet, Michel. (2011). *Anatomía Humana*. Tomo 2. Panamericana. 4ª Ed.
10. Pontificia Universidad Católica de Chile. (2001) *Eje hipotálamo hipofisiaria*. Curso Integrado de clínicas Médico-quirúrgicas. Escuela de Medicina. Recuperado de:
<http://escuela.med.puc.cl/paginas/cursos/tercero/integradotercero/ApFisiopSist/endocrino/HipotHipof.html>
11. Fuentes Arderiu. (1998). *Bioquímica clínica y patología molecular*. Vol. 2. 2ª. España: Ed. Barcelona.
12. Moreno Esteban, Basilio. (1994). *Diagnóstico y tratamiento en endocrinología*. Madrid: Diaz Santos.
13. Dicciomed. (2014). *Diccionario médico-biológico, histórico y etimológico*. Ediciones Universidad Salamanca. Recuperado de:
<http://dicciomed.eusal.es/palabra/estroma>
14. Tortora, G. y Derrickson, B. (2006). *Anatomía y fisiología humana* (11ª ed.). Madrid: Panamericana.
15. Snell, Richard S. (2007) *Neuroanatomía clínica*. 6ª. Ed. España