



Tercer Semestre

Anatomía y fisiología II

Unidad 3

Sistema Endocrino

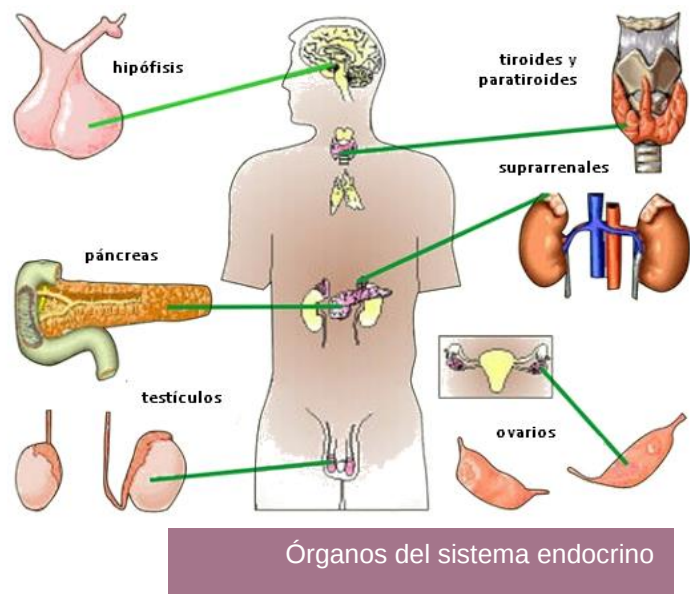
Programa desarrollado



División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales



Sistema Endocrino





Índice

Competencias específicas	4
Logros	4
Presentación de la unidad	5
3.1. Tejido glandular	7
3.2 Glándulas de secreción interna (endocrinas) y de secreción externa (exocrinas).....	8
3.2.1 Glándulas endocrinas	8
3.2.2 Glándulas exocrinas	10
3.3 Anatomía y fisiología de las glándulas de secreción interna	16
3.3.1 Hipotálamo – hipófisis.....	16
3.3.2 Glándula tiroides.....	23
3.3.3 Glándulas paratiroides.....	29
3.3.4 Páncreas endocrino.....	31
3.3.5 Glándulas suprarrenales.....	34
3.3.6 Gónadas	38
Cierre de la unidad	41
Para saber más	42
Actividades.....	43
Fuentes de consulta	44



Competencias específicas

Revisa el sistema endocrino para reconocer sus características y procesos de regulación hormonal, aplicados al área de la nutrición, mediante representaciones y modelos anatómicos.

Logros

Revisa los tipos de tejido glandular.

Distingue las glándulas de secreción interna y externa.

Reconoce los órganos y las hormonas del sistema endócrino.



Presentación de la unidad

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

Por un lado, el sistema nervioso a través de las uniones intercelulares comunicantes y los nerviosos con la liberación de neurotransmisores, mantiene una comunicación constante a nivel celular. Por su parte **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 ocasionado 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.

El **sistema endocrino se relaciona estrechamente con el sistema nervioso**, por lo general complementando sus acciones, sin duplicar funciones. Podemos 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 regionalizamos en el organismo la localización de cada una de las principales glándulas que integran este sistema podemos 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.

Pero antes, se estudiarán las generalidades del **tejido glandular**, el tejido que conforma a todas las glándulas.

Finalmente, la unidad 3 está estructurada de la siguiente manera:

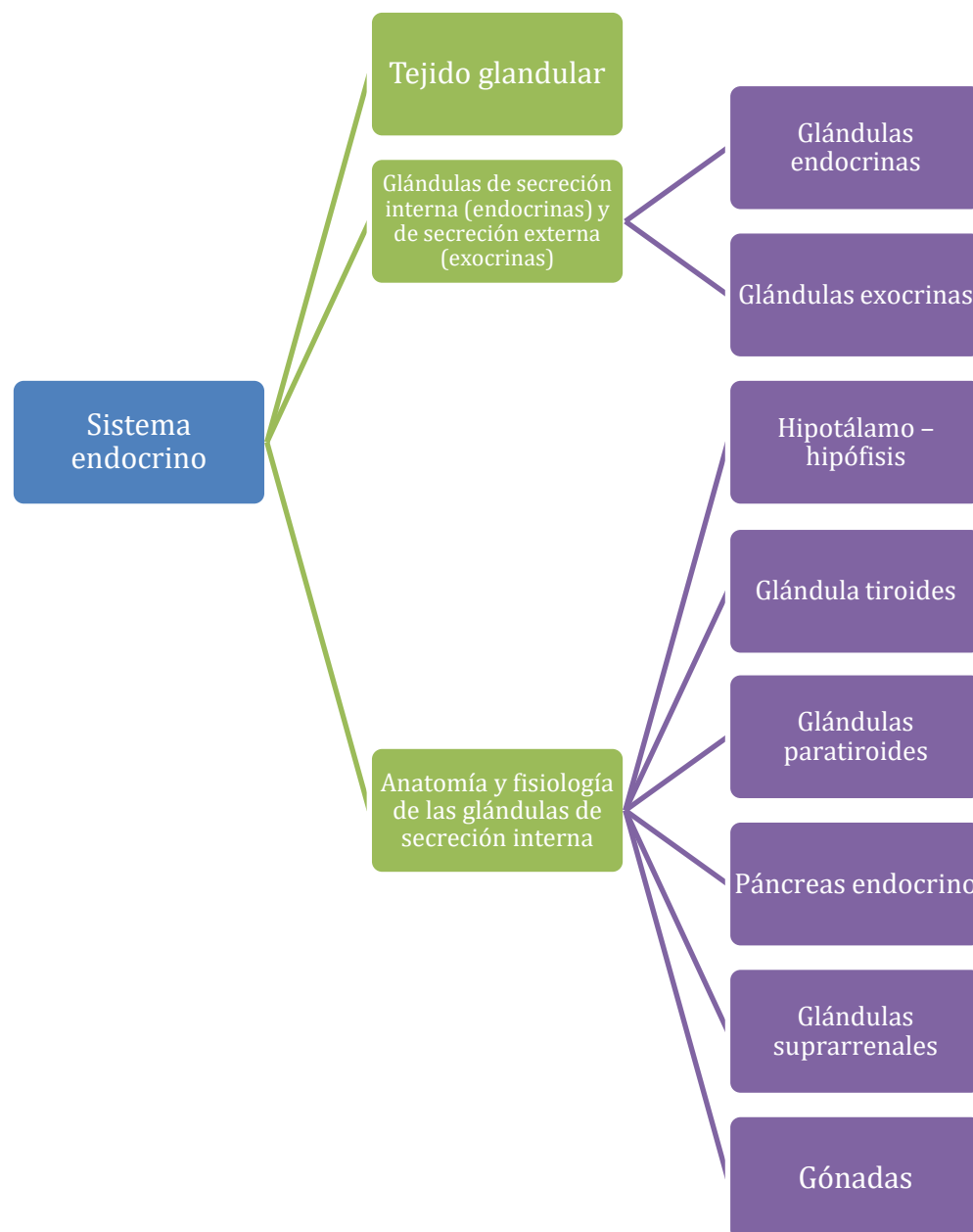


Figura 1. Estructura de la unidad 3



3.1. Tejido glandular

Para comprender mejor este sistema, recordemos que en el curso de *Anatomía y Fisiología I* se habló de la organización por niveles, en donde se estudiaron las células para formar tejidos, mismos que formarán órganos y estos a su vez aparatos y sistemas para finalmente conformar al cuerpo humano. Para el estudio del sistema endocrino es preciso hablar del tipo de células que conforman a una glándula, por lo que a continuación hablaremos del **tejido glandular**.

El tejido glandular se conforma de células epiteliales especializadas (epitelio glandular) con la particularidad de poder 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, podemos clasificar a las glándulas en:

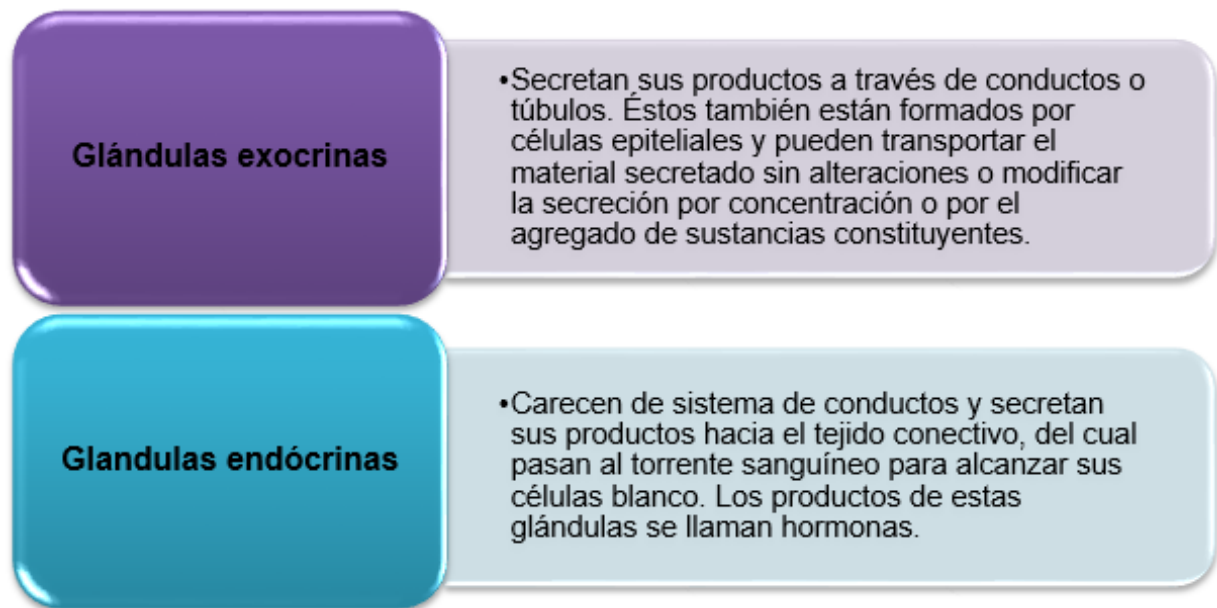


Figura 2. Glándulas exocrinas y endocrinas

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):

- a) Dependiendo hacia dónde vierten su producto de secreción
- b) 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, nos enfocaremos al estudio de las glándulas de secreción interna (endócrinas) y de secreción externa (exocrinas).

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

3.2.1 Glándulas endocrinas

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

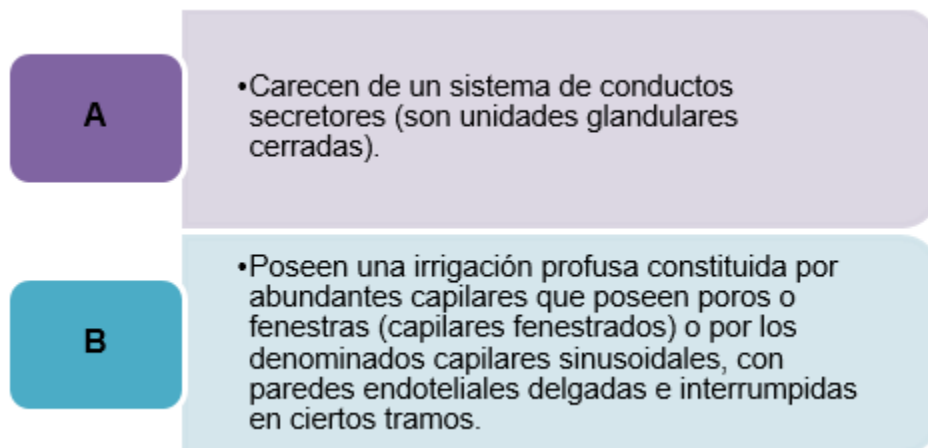


Figura 3. Diferencias de las glándulas de secreción endocrina y exocrina

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 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. Son ejemplos de estas 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.

Transporte hormonal y receptores

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

Para lograr viajar a través del torrente sanguíneo es indispensable la solubilidad en el agua que la compone. De esta forma las aminos y péptidos no tiene problema, sin embargo, las hormonas esteroideas al no ser hidrofóbicas, requieren de la unión 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 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 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 sólo 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 esteroides, tiene la particularidad (hidrofóbicas) de ingresar a la célula y activar los receptores del núcleo o citoplasmas, o en ocasiones actuar sobre cierto gen específicos, esto es debido a su capacidad de difundir a través de los fosfolípidos de la membrana celular. Por su parte los péptidos y aminos, 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 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, le cambia su conformación química lo que provoca, a su vez, la activación de una proteína membranar 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.

3.2.2 Glándulas exocrinas

En las glándulas de secreción externa o exocrinas (por ejemplo, las 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 encontramos en muchos órganos y sistemas del cuerpo humano, como 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; mamarias), 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 como libera su secreción.

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

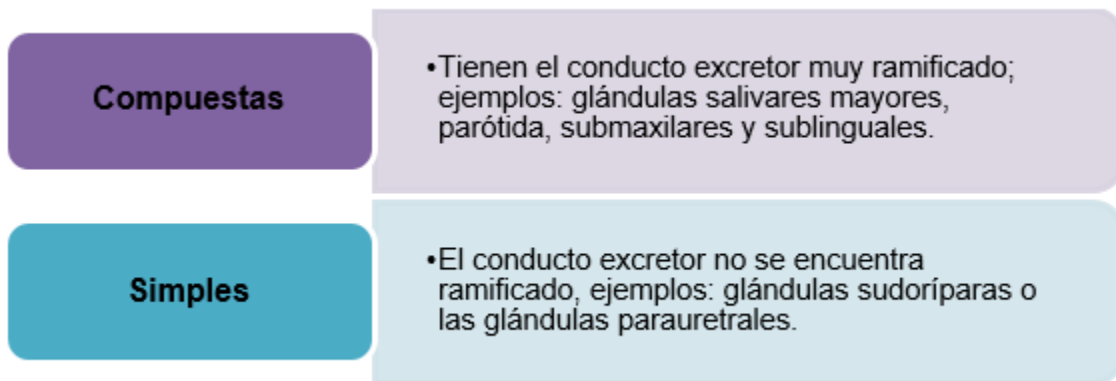


Figura 4. Clasificación de las glándulas exocrinas

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

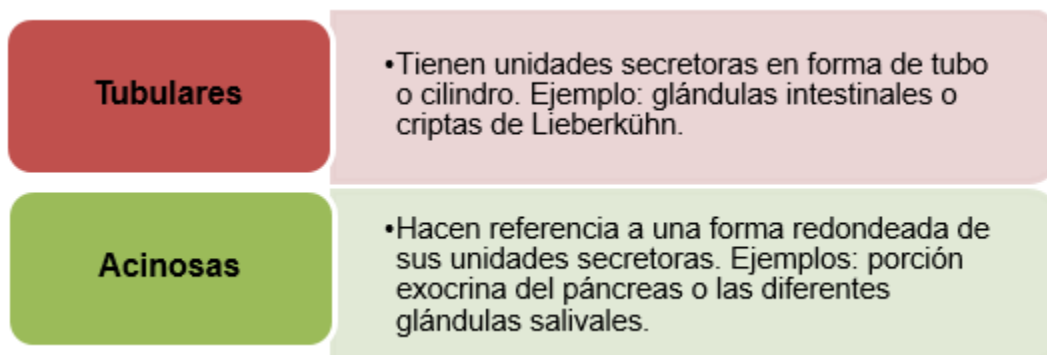


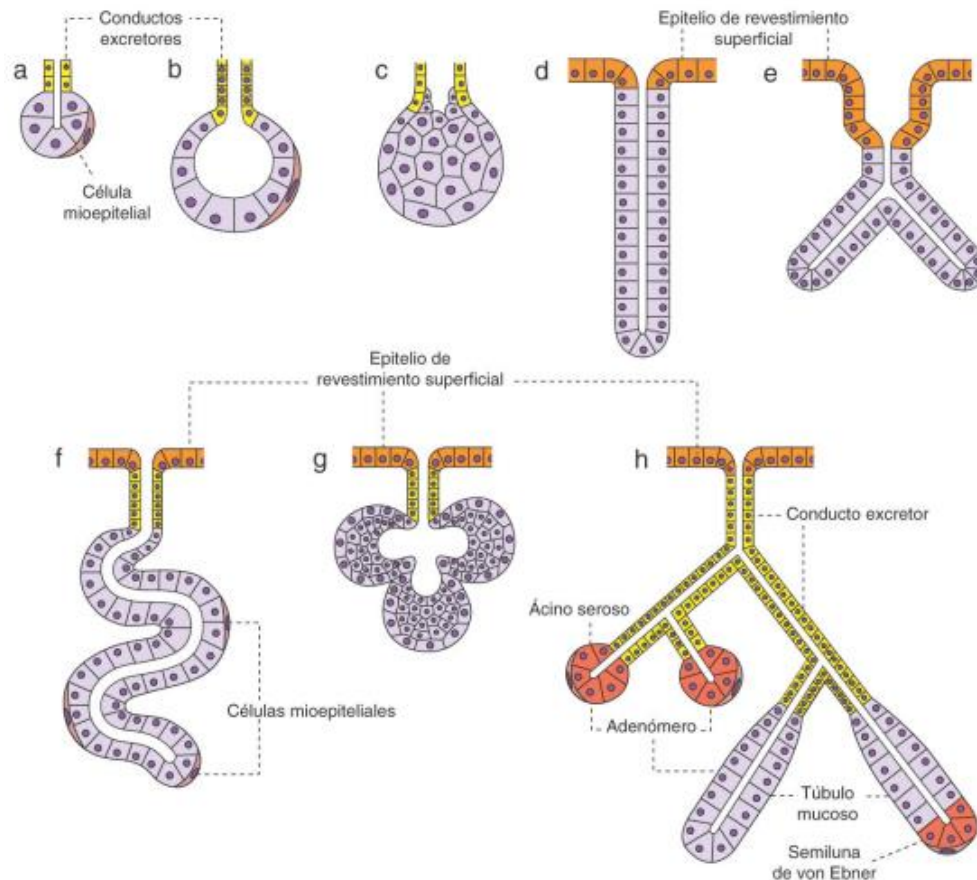
Figura 5. Tipos de glándulas exocrinas (tubulares y acinosas)

Se han planteado otras categorías dentro de esta clasificación de las glándulas exocrinas, como son la disposición alveolar y la disposición sacular, y se puede complementar esta clasificación, 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 tubuloacinososa mixta compuesta, conducto excretor ramificado; izquierda: porción glandular con ácinos; 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 6. Glándulas exocrinas.



Los ácinos son serosos mientras que los túbulos son mucosos.

Cuando se considera la **naturaleza del producto secretado**, la glándula exocrina puede ser serosas, mucosas y mixtas.

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

Figura 7. Glándula exocrina puede ser serosas, mucosas y mixtas.

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

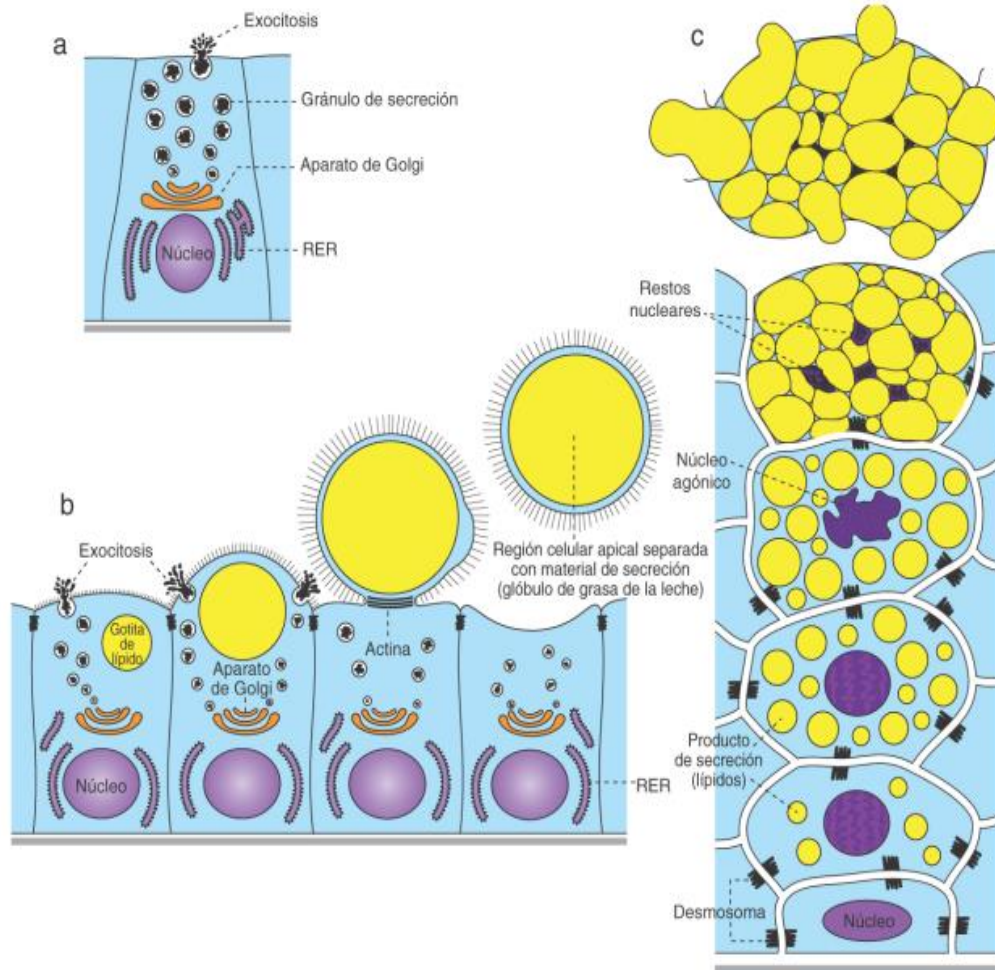
Merocrinas	•Liberan el producto de secreción sin pérdida del citoplasma en la misma, ejemplo: el páncreas exocrino.
Apocrinas	•Liberan su producto de secreción con pérdida pequeña de citoplasma; dentro de ellas se encuentran las glándulas mamarias, la próstata, las glándulas ceruminosas y algunas glándulas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

Figura 8. Glándulas exocrinas pueden ser merocrinas, apocrinas u holocrinas.



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

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



© Editorial Médica Panamericana
Todos los derechos reservados

Figura 9. 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 son 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 adentrarnos en cada una de las glándulas que en específicos integran al sistema endocrino.



3.3 Anatomía y fisiología de las glándulas de secreción interna

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

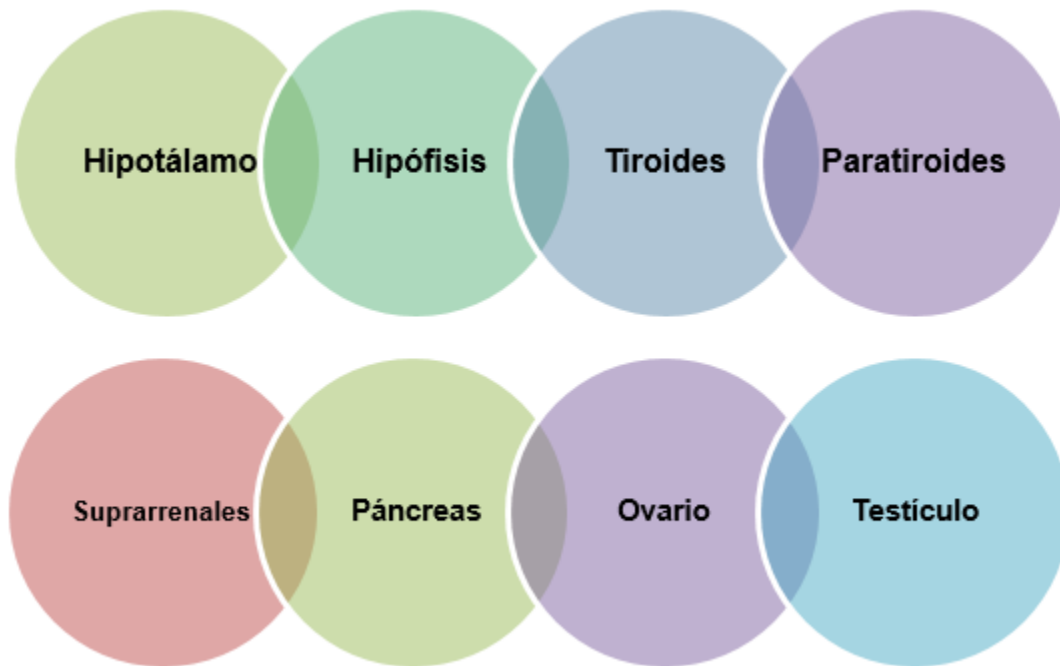


Figura 10. Principales glándulas endócrinas

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

3.3.1 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 55gr. Se sitúa detrás del quiasma óptico, debajo del diencefalo 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.

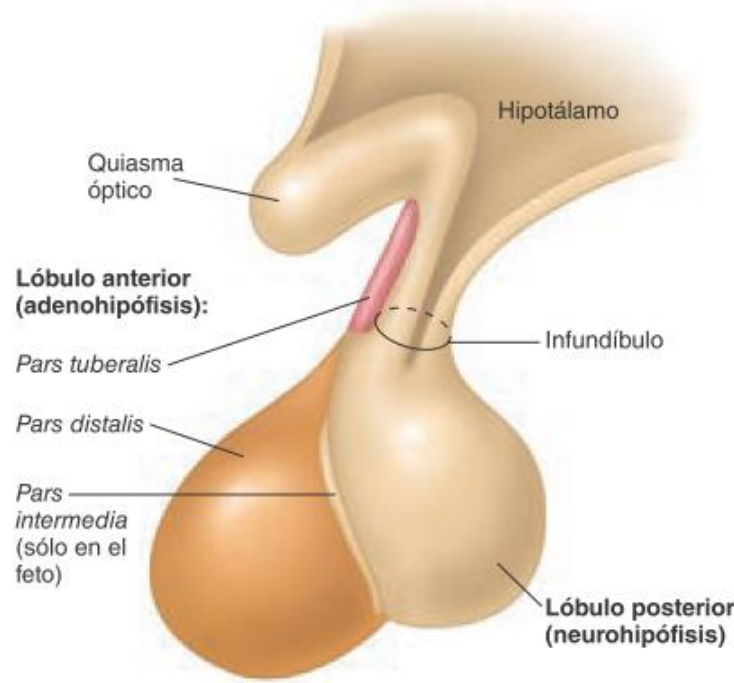


Figura 11. Estructura anatómica de la glándula hipófisis. Ira Forx, 2011.

Fisiología

Debido a la estrecha relación con hipotálamo, es importante conocer las hormonas que se producen en este y que serán reguladas en la hipófisis. De esta forma se producen 8 hormonas, 6 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 2 últimas son la oxitocina y vasopresina.

Hormonas de la adenohipófisis.

En el lóbulo anterior de la adenohipófisis, son 6 las principales hormonas secretadas

- **Folitropina o estimulante de folículo (FSH):** Se forma en las células gonadotropas, estimulan 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 podrás ubicar en 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.

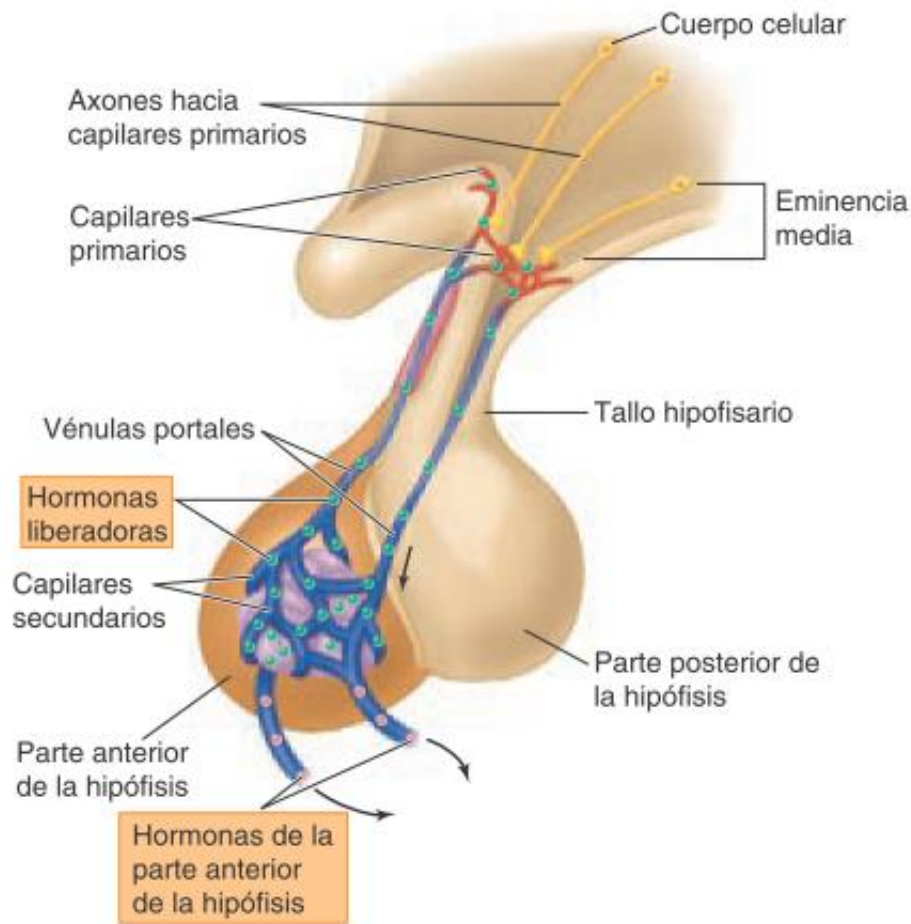


Figura 12. Control hipotalámico de la hipófisis anterior. Ira Fox, 2011.

Hormonas de la neurohipófisis

La neurohipófisis se encarga de 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 óvulo. 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.

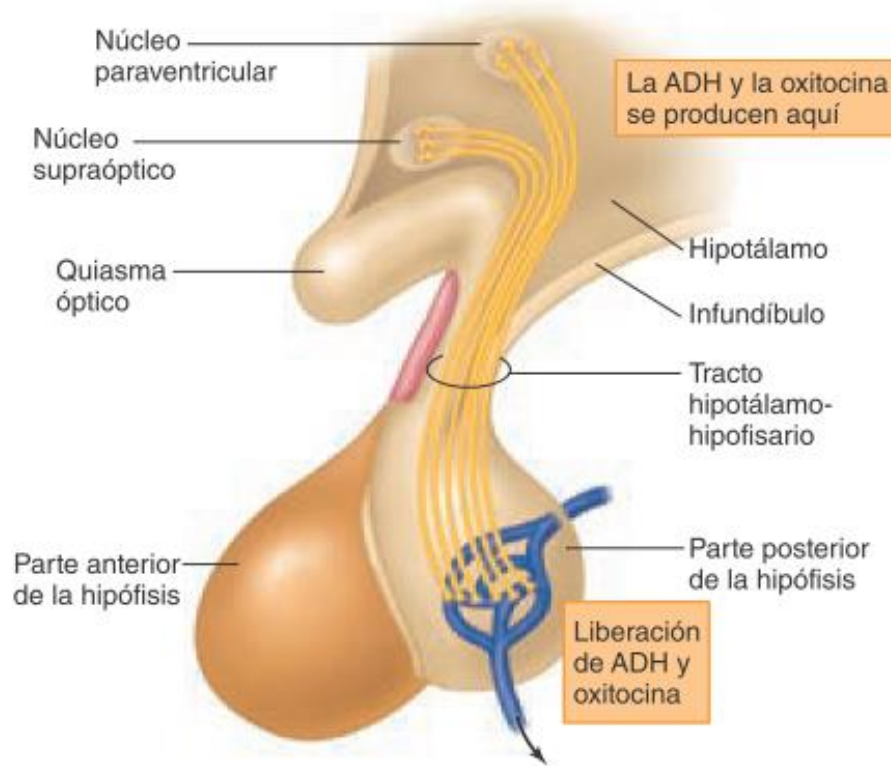


Figura 13. Control hipotalámico de la parte posterior de la hipófisis o neurohipófisis. Ira Foz, 2011.

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, como por ejemplo ante una situación de deshidratación, disminuye la osmolaridad que es detectada por los osmoreceptores, lo que activan la liberación de vasopresina.
2. **Retroalimentación del órgano blanco:** Es una regulación de inhibición negativa, es decir, la hipófisis estimula a la glándula para liberar su hormona, pero esta hormona secretada retroalimenta a la hipófisis y el hipotálamo con sus niveles, para inhibir alguna secreción adicional



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

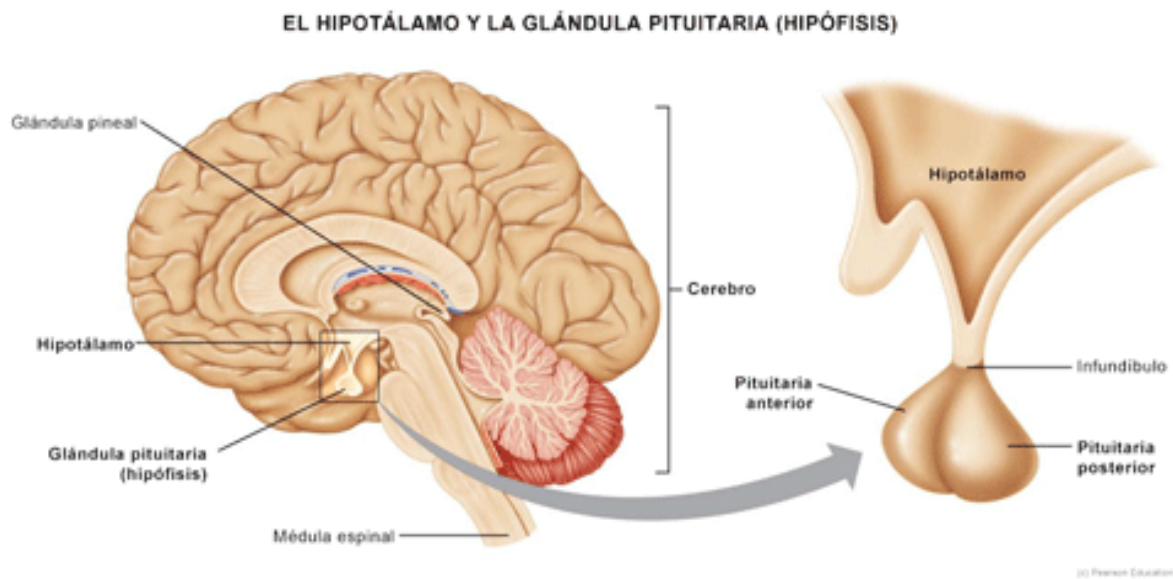


Figura 14. Figura 7. Relación entre hipotálamo e hipófisis. [Instituto Ingenes](#)

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 15. 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:

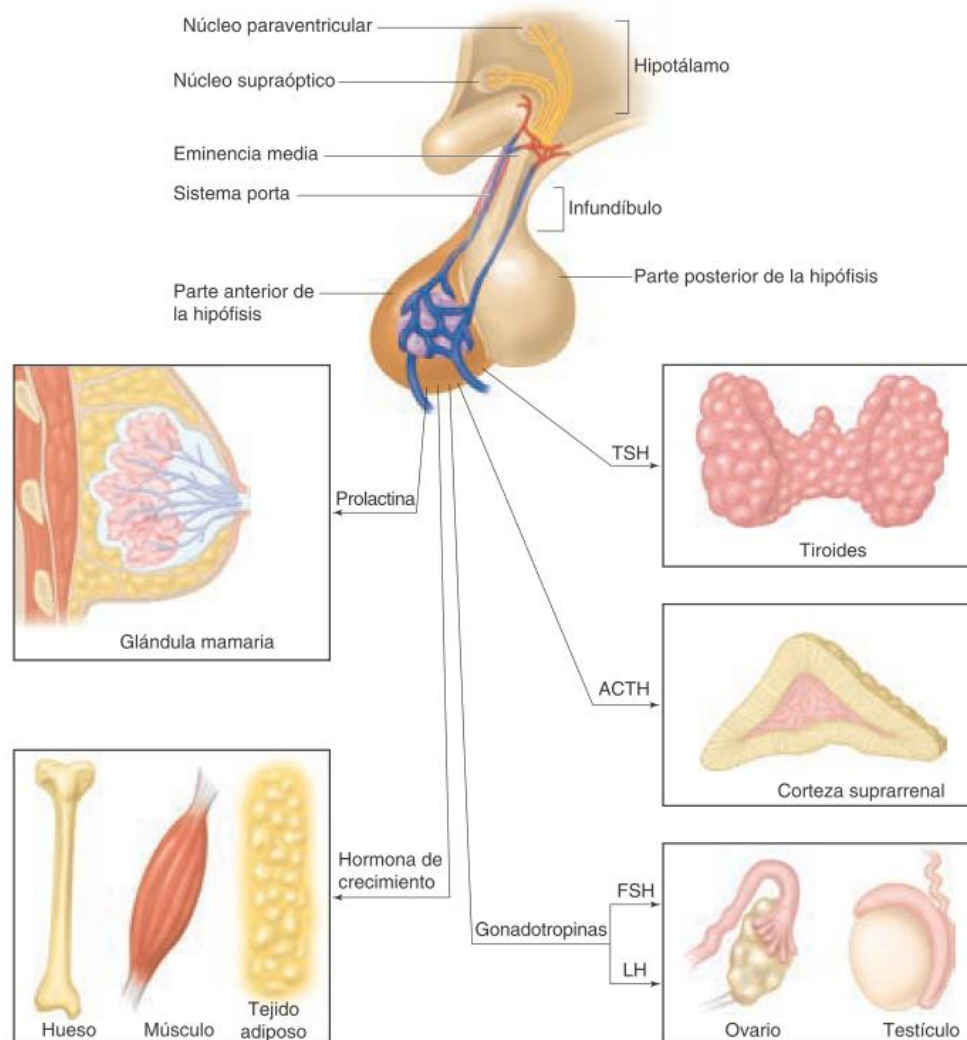


Figura 16. Hormonas secretadas en la parte anterior de la hipófisis y sus órganos blanco.
Ira Fox, 2011

3.3.2 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 6 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.

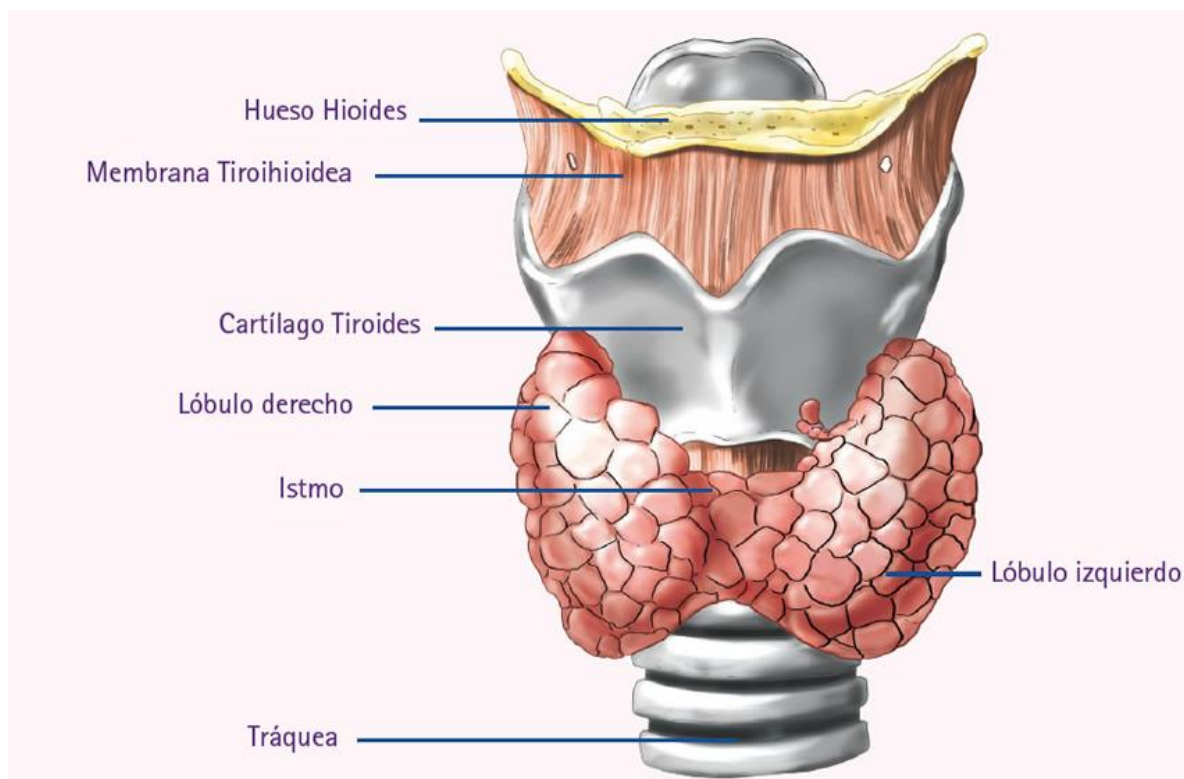


Figura 17. Localización y relaciones anatómicas de la glándula tiroides (vista frontal). [SEEN, \(s.f.\)](#)

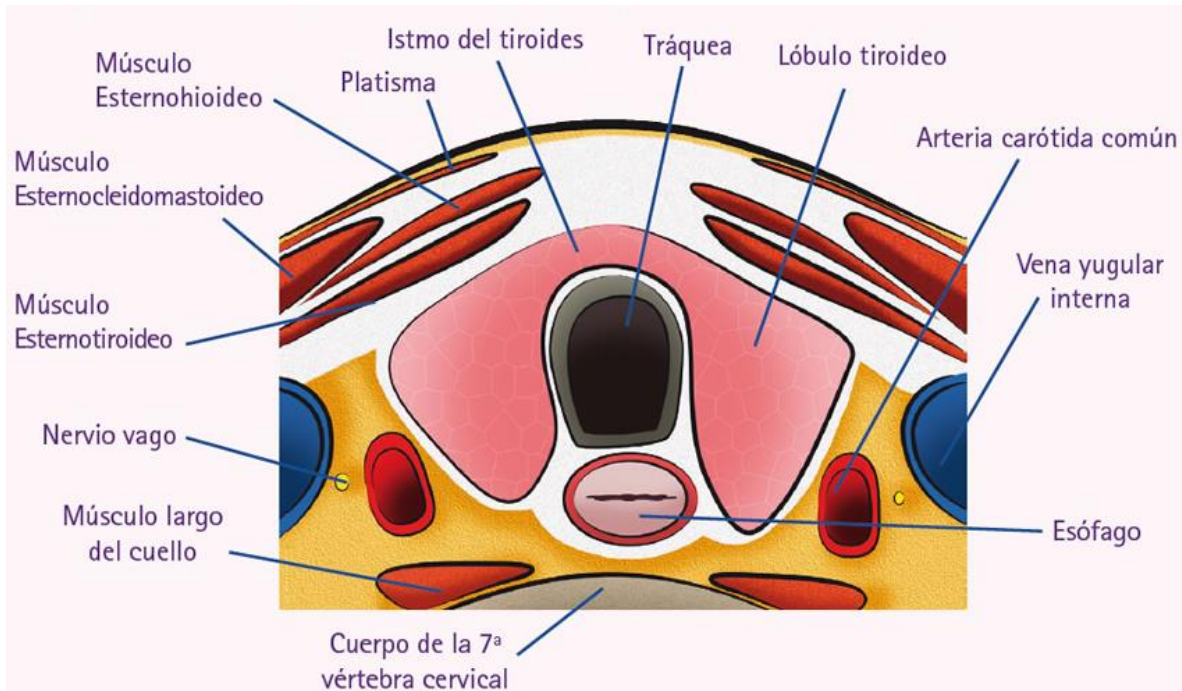


Figura 18. Localización y relaciones anatómicas de la glándula tiroides (corte horizontal). [SEEN, \(s.f.\)](#)

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 innervación 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 infrahioidea, 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 innervación 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.

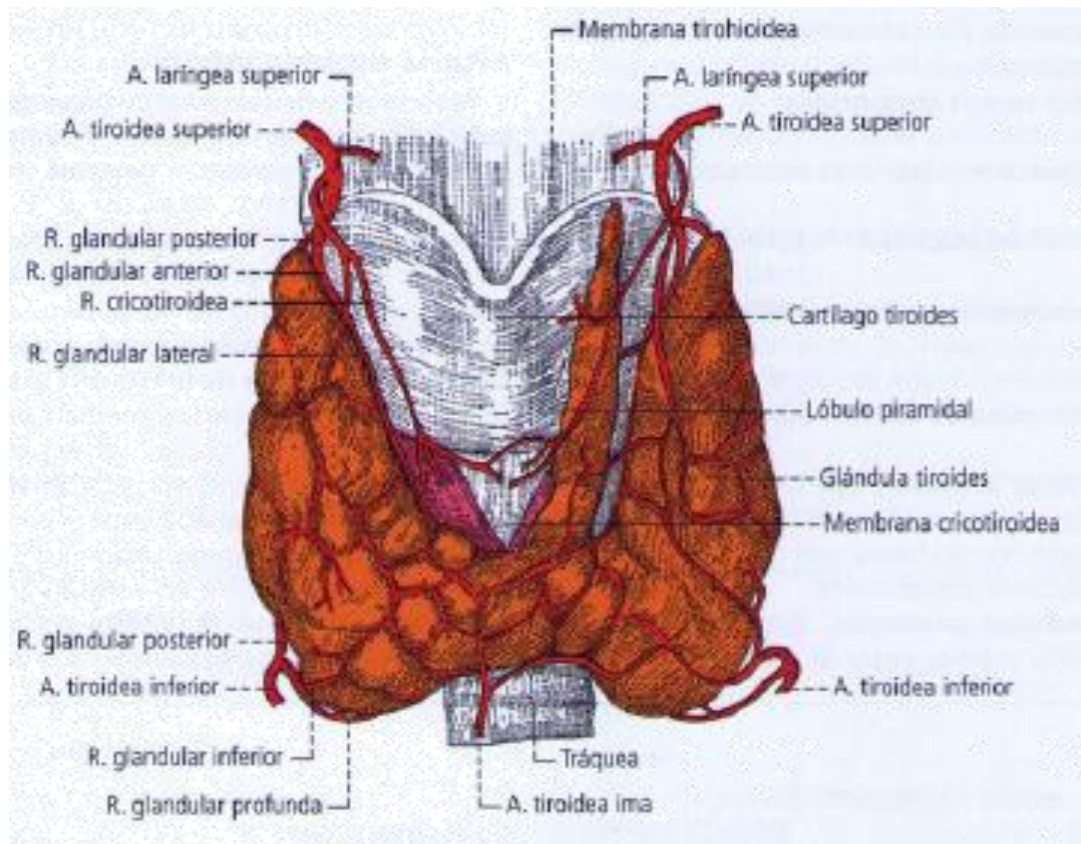


Figura 19. Irrigación de glándula tiroides. Latarjet & Ruiz Liard, 2011.

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 Tirotropina en la hipófisis. Su principal efecto es aumentar el metabolismo corporal, elevando el consumo de oxígeno y de manera secundaria tener un efecto calorígeno. Se encarga de elevar el ritmo cardíaco y la frecuencia respiratoria, se 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 gen. 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.

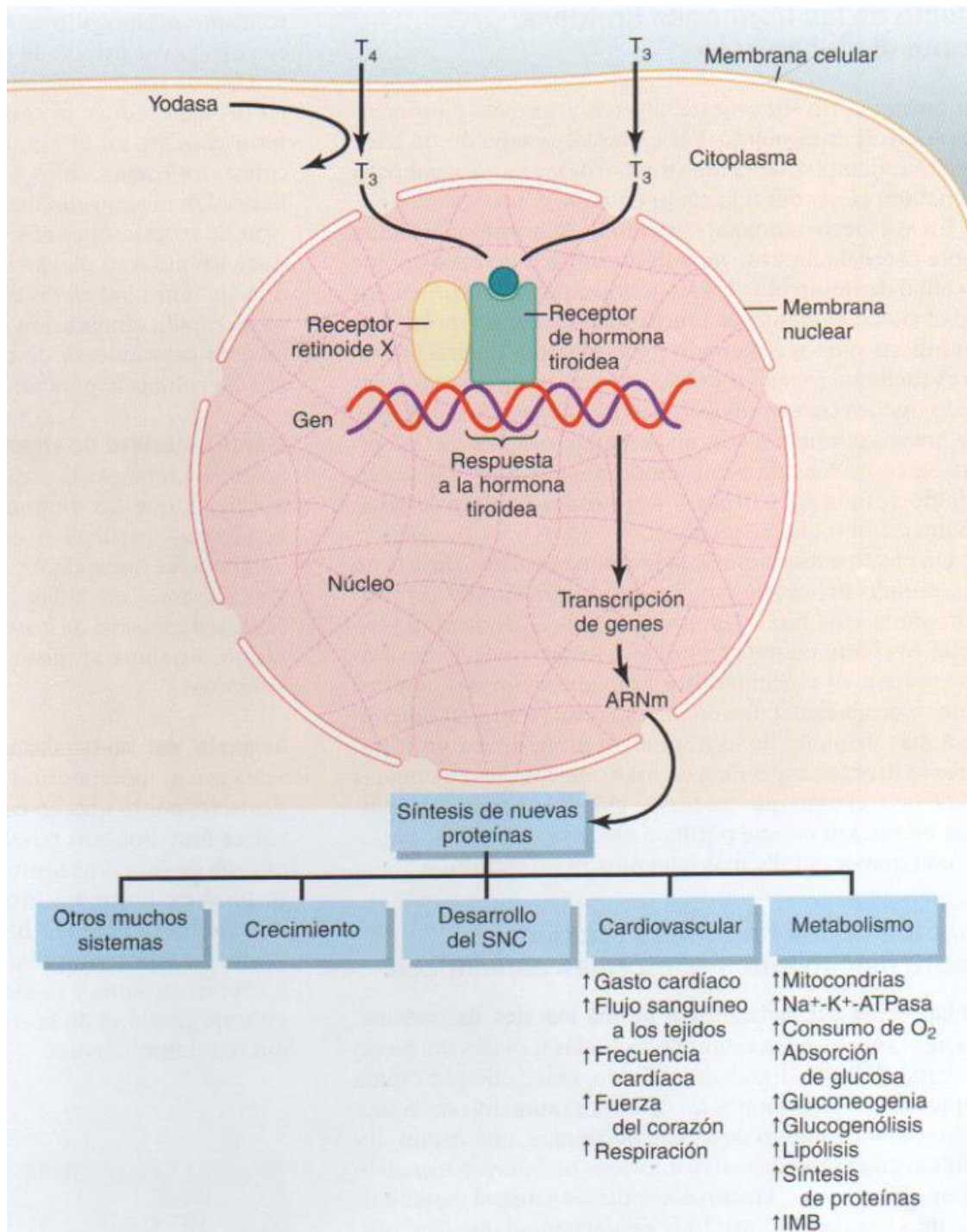


Figura 20. Funciones de las hormonas tiroideas. Guyton, (s.f.).



Asímismo, 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.

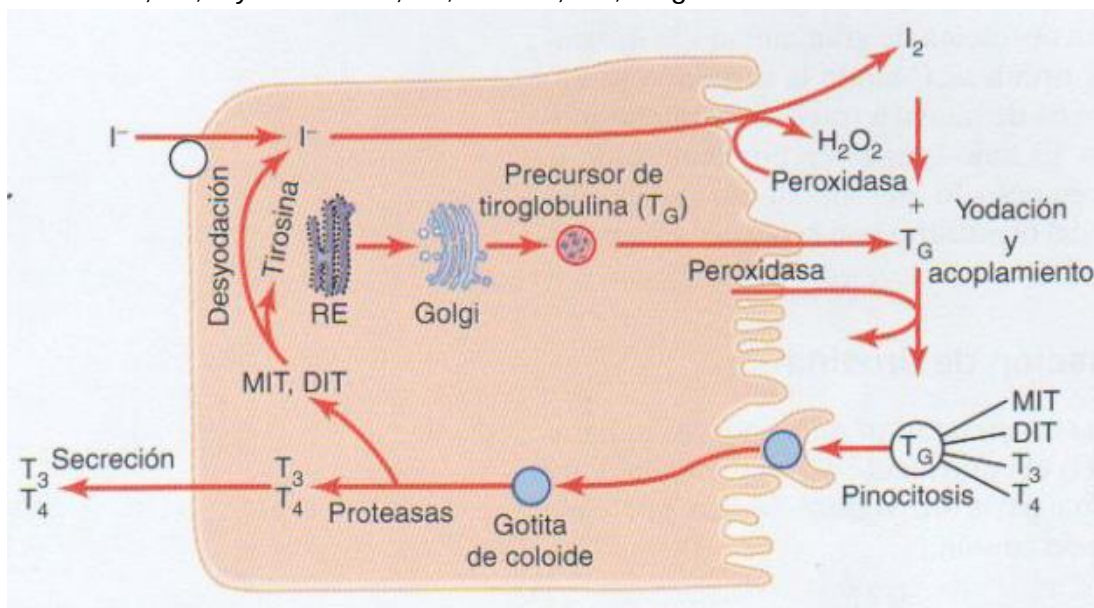


Figura 21. Síntesis de hormonas tiroideas. Guyton, (s.f.).

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



JJP Chile (2015). *Anatomía básica de la tiroides*

[Video]. Disponible en:

https://www.youtube.com/watch?v=e_WSxdTed0M

3.3.3 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.

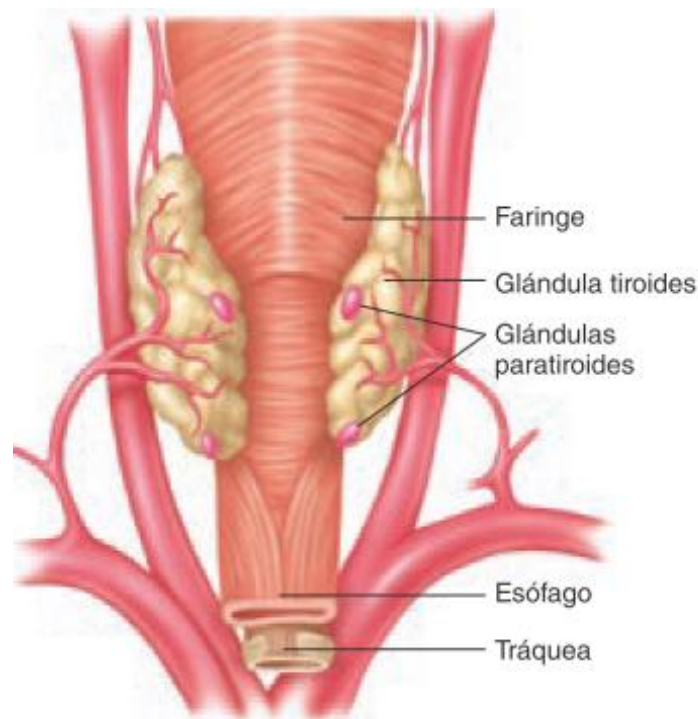


Figura 22. Vista posterior de las glándulas paratiroides. Ira Fox, 2011.

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.

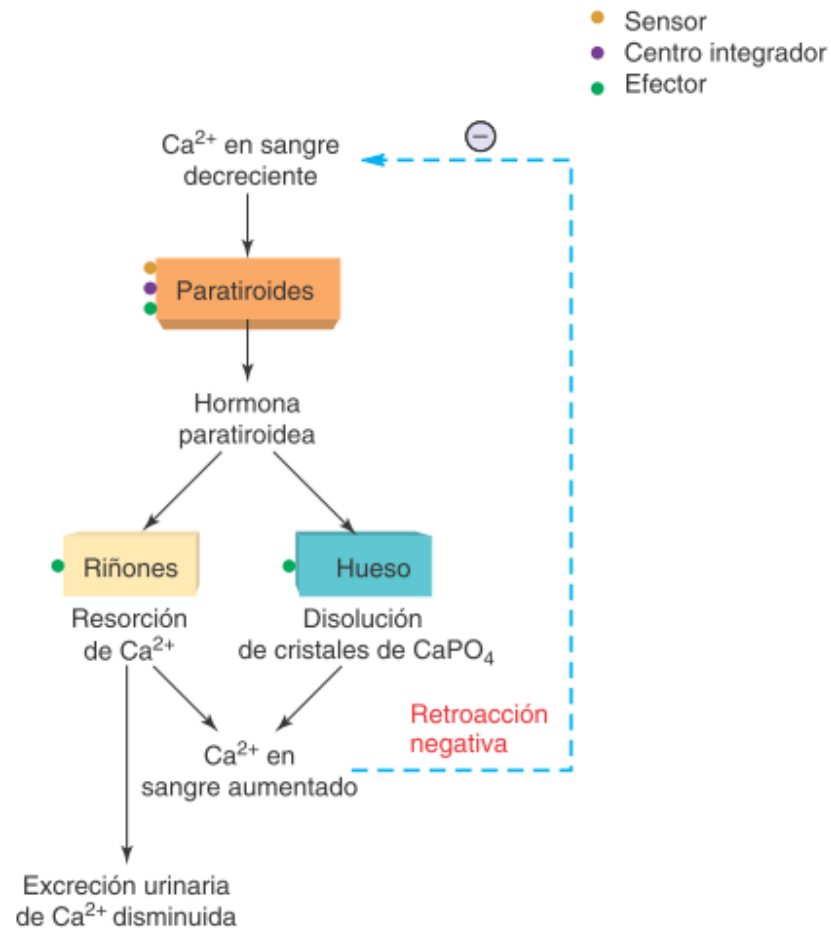


Figura 23. Acciones de la hormona paratiroidea y el control de su secreción. Ira Fox, 2011.

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



Fajardo R. (2014). *Efectos de la hormona paratiroidea* [Video]. Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=gkn0ggmrNzc>

3.3.4 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: O 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 observamos 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 ello 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.

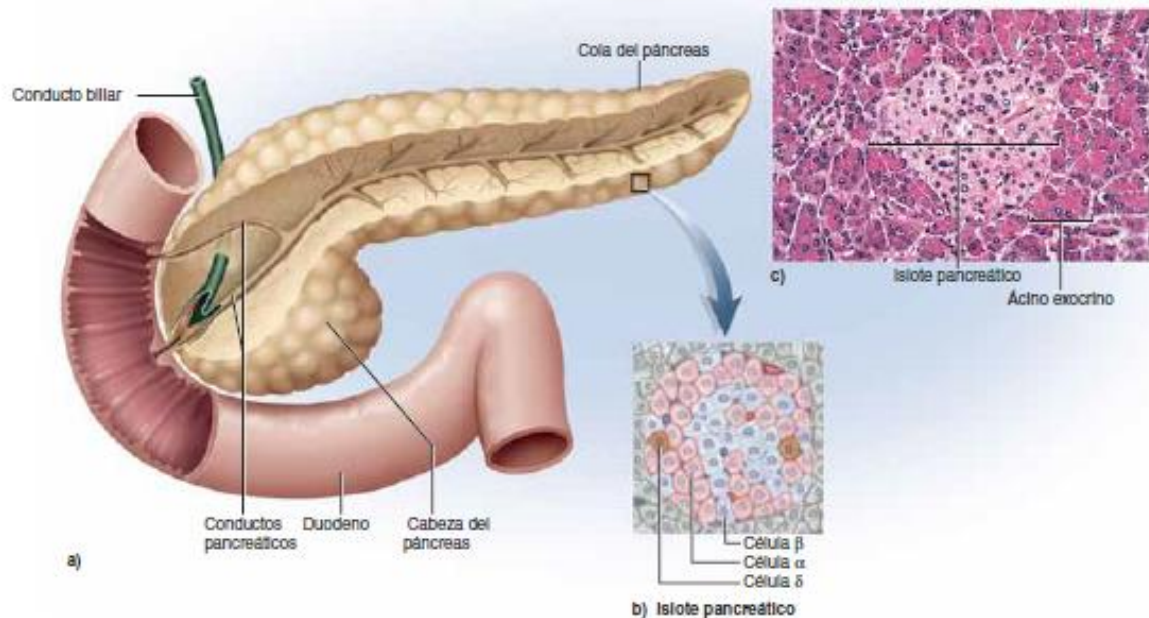


Figura 24. Páncreas e islotes pancreáticos (De Langerhans). Imagen tomada de kennet Saladin

Fisiología

Los islotes pancreáticos miden de 72 x 175 nm, 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 musculo 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. 25).



- **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.

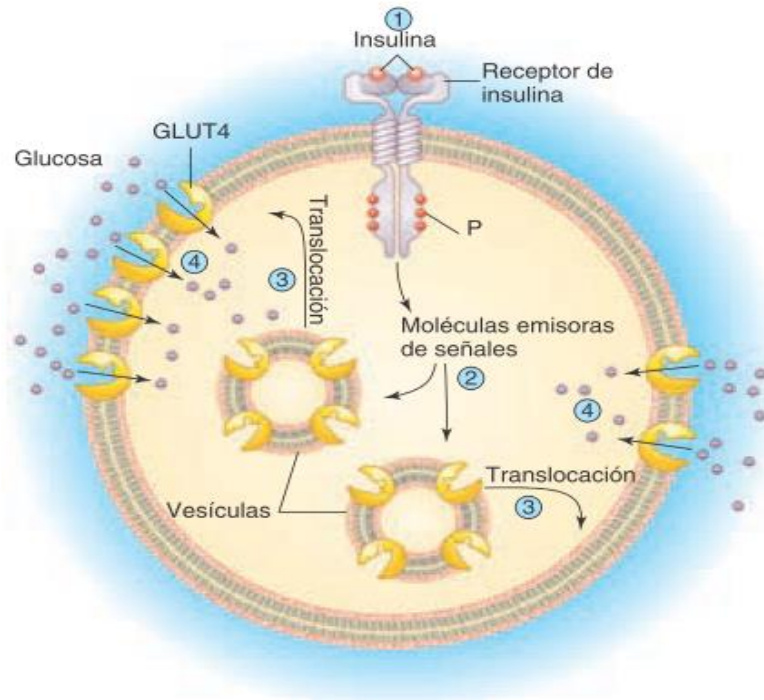


Figura 25. Captación de glucosa sanguínea estimulada por la insulina. Ira Fox, 2011.

3.3.5 Glándulas suprarrenales

Anatomía

Las glándulas suprarrenales se encuentran ubicadas en la parte posterior del abdomen, debajo y delante del diafragma, 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. Cada una mide 30 mm alto por 25 mm ancho y 8 mm espesor, con un peso de 12 gr. Son de color castaño amarillento. Su configuración interna está dada por.

- **Capsula.** 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:

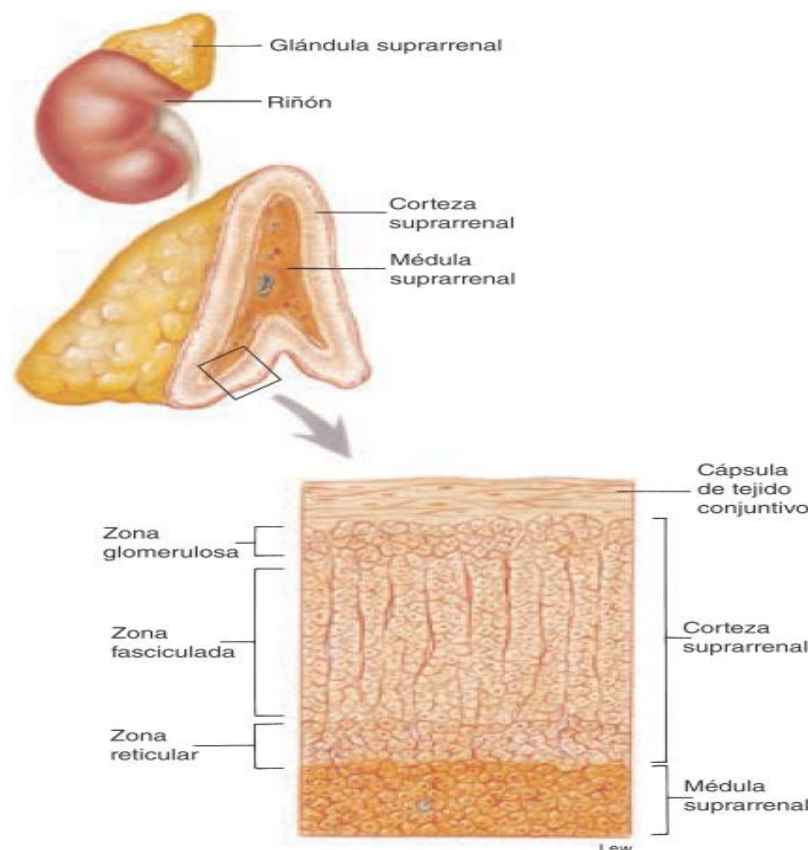


Figura 26. Estructura de la glándula suprarrenal. Ira Fox, 2011.



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 será 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. Se 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 5 tiene relevancia en cuanto a su acción fisiológica.

Estos a su vez se agrupan en tres grandes grupos:

- a) **Mineralocorticoides**, encargados del equilibrio hidroelectrolíticos;
- 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 capsula 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. Se produce en esta zona 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. Tiene también 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.

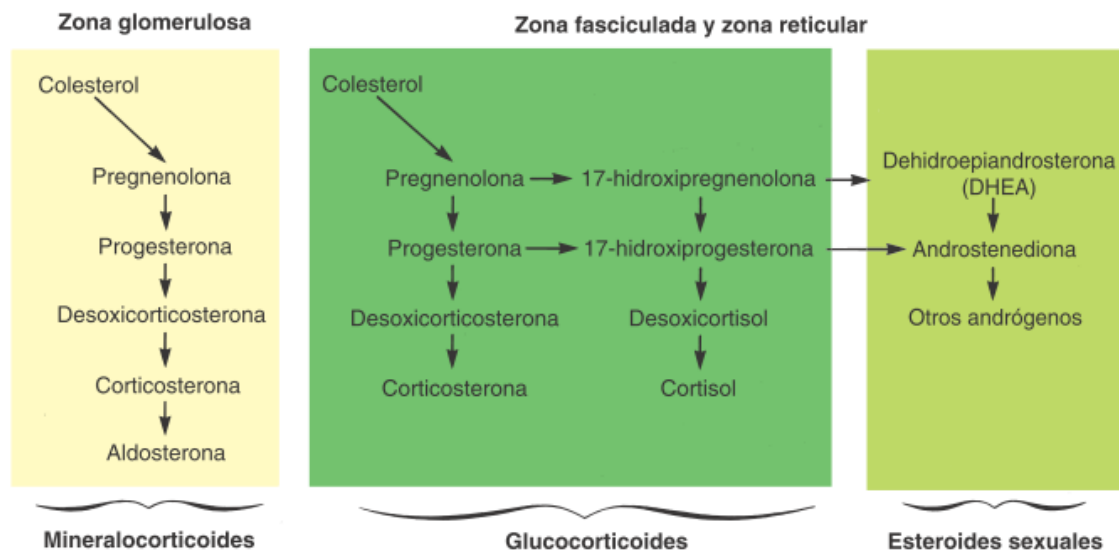


Figura 27. Glándula suprarrenal en donde se secretan los corticosteroides. Ira Fox, 2011.

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



Irg C. (2012). *Glándulas suprarrenales* [Video].

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=4uvAQdsYFmQ>



3.3.6 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 2, 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 estriol 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 inhibinas 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

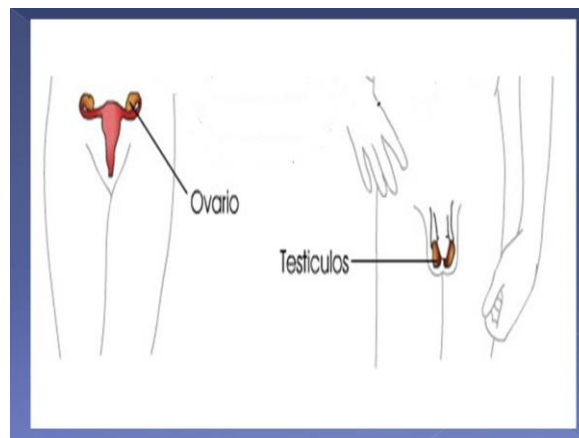


Figura 28. Ovario y testículos.

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

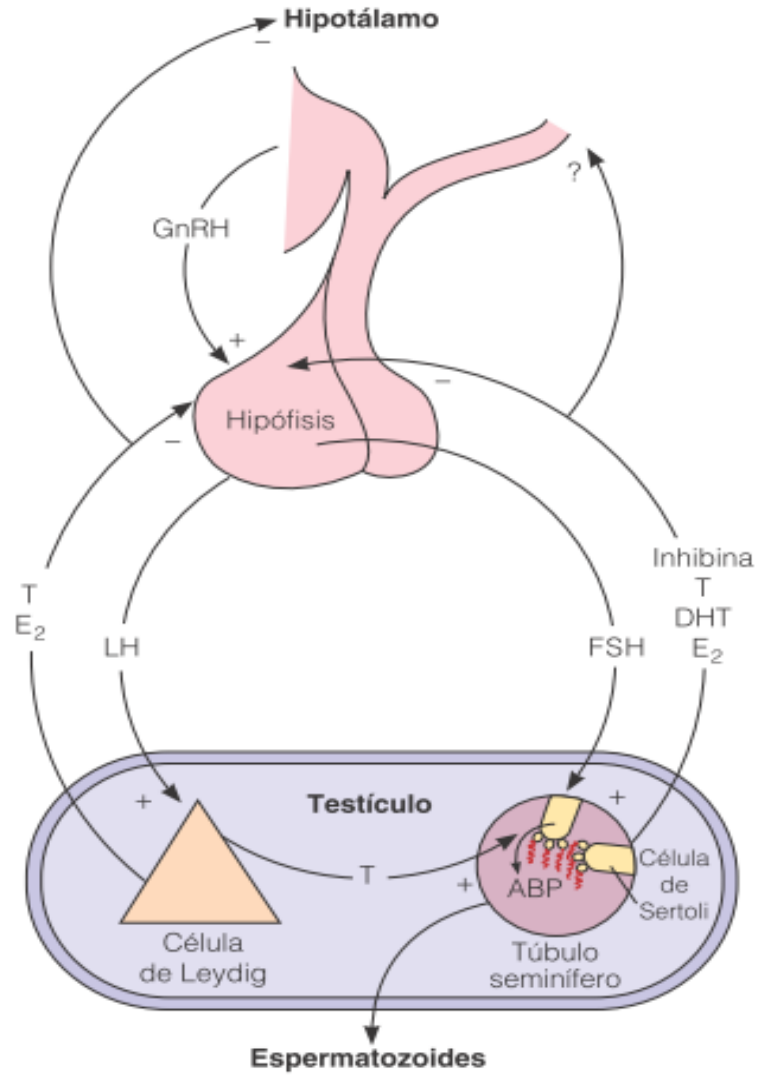


Figura 29. Eje Hipotálamo_Hipófisis_Testículo. Gardner D., 2011.
Hill. 9ª Ed.

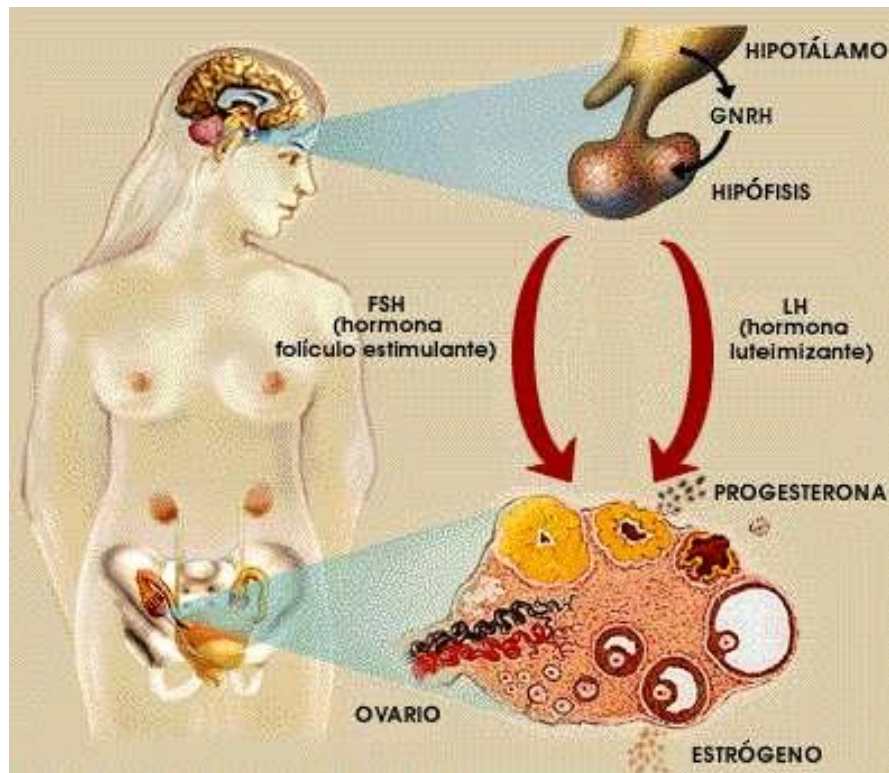


Figura 30. Eje hipotálamo_Hipófisis_Ovario.

Para complementar el estudio de las gónadas en el aparato reproductor masculino y femenino, te invito a observar el siguiente video.



Moragrega A. (2013). *Eje hipotálamo-hipofisario-gónadas*. [Video]. Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=ZpvHwtwMuE8>

Se ha concluido con la revisión de la anatomía y fisiología del sistema endocrino, valorando su importancia en la homeostasis del organismo.



Cierre de la unidad

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

Se ha hecho una revisión detallada sobre la anatomía y fisiología particular de cada una de las principales glándulas que lo integra, lo que nos permitirá conocer su función, pero sobre todo como aspectos dentro de la nutrición pueden afectar a este sistema y a su vez como las alteraciones de este sistema pueden reflejarse en alteraciones nutricionales en el individuo.



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/atlas2013/A/endo1/endocrino.html>



Actividades

La elaboración de las actividades estará guiada por tu docente en línea, mismo que te indicará, a través de la *Planificación de actividades*, la dinámica que tú y tus compañeros (as) llevarán a cabo, así como los envíos que tendrán que realizar.

Para el envío de tus trabajos usarás la siguiente nomenclatura: AFI2_U3_A#_XYZ, donde AFI2 corresponde a las siglas de la asignatura, U3 es la unidad de conocimiento, A# es el tipo y número de actividad, el cual debes sustituir considerando la actividad que se realices, XX son las primeras letras de tu nombre, Y la primera letra de tu apellido paterno y Z la primera letra de tu apellido materno.

Autorreflexiones

Para la parte de **autorreflexiones** debes responder las *Preguntas de Autorreflexión* indicadas por tu docente en línea y enviar tu archivo. Cabe recordar que esta actividad tiene una ponderación del 10% de tu evaluación.

Para el envío de tu autorreflexión utiliza la siguiente nomenclatura:

AFI2_U3_ATR _XYZ, donde AFI2 corresponde a las siglas de la asignatura, U3 es la unidad de conocimiento, XX son las primeras letras de tu nombre, y la primera letra de tu apellido paterno y Z la primera letra de tu apellido materno.



Fuentes de consulta

Básicas

- Ira Fox, S. (2011). *Fisiología humana*. New York: Mc Graw-Hill.
- Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. (2011). *Anatomía Humana Tomo 1 y 2*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Tortora, G., & Derrickson, B. (2013). *Principios de Anatomía y fisiología*. México: Panamericana.
- Welsch, U. (2006). *Histología. Atlas digital*. Madrid: Panamericana.

Complementarias

- Welsch, Ulrich (2010) *Histología*. México. Panamericana.
- Gardner, David G. (2011) Greenspan. *Endocrinología básica y clínica*. Mc Graw Hill. 9ª Ed.
- Stuart (2011) *Fisiología Humana*. 12ª. México. Ed. Mc Graw Hill.
- Ross, M. H., Pawlina (2007) W. *Histología. Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. 5ª edición. Editorial Médica panamericana.
- 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
- Cediell, Juan F. (2009) *Manual de histología: Tejidos fundamentales*. Colección Lecciones de Medicina. Colombia: Universidad del Rosario.
- Welsch, Ulrich (2006) *Histología. Atlas digital*. Madrid, España. Panamericana. 2ª Ed.
- Quiroz Gutiérrez, Fernando. (2007) *Anatomía Humana*. Editorial Porrúa.
- Latarjet, Michel. (2011) *Anatomía Humana*. Tomo 2. Panamericana. 4ª Ed.
- 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>
- Fuentes Arderiu (1998) *Bioquímica clínica y patología molecular*. Vol. 2. 2ª. Ed. Barcelona, España.
- Moreno Esteban, Basilio. (1994) *Diagnóstico y tratamiento en endocrinología*. Madrid: Diaz Santos.
- Dicciomed. (2014) *Diccionario médico-biológico, histórico y etimológico*. Ediciones Universidad Salamanca. Recuperado de:
<http://dicciomed.eusal.es/palabra/estroma>