

TEMA 10. EL SISTEMA ENDOCRINO.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. EL SISTEMA ENDOCRINO.

Los sistemas nervioso (Temas 8 y 9) y endocrino (Tema actual) tienen en común que ambos regulan la función de las células, tejidos, órganos, aparatos y sistemas, por lo que se les llama en conjunto sistema neuroendocrino.

Sin embargo sus funcionamientos, aunque coordinados, son dispares. En concreto, el sistema nervioso produce impulsos nerviosos que viajan a través de nervios desde o hasta un lugar específico del organismo para, respectivamente, recabar información de los medios externo e interno y producir respuestas a estos estímulos; la acción que realiza el sistema nervioso es rápida (de fracciones de segundo) y poco duradera. El sistema endocrino, en cambio, está formado por los órganos y tejidos secretores de moléculas llamadas hormonas que, a través de líquidos circulantes como la sangre y la linfa, actúan sobre órganos específicos, llamados órganos dianas. Las hormonas regulan la acción de las enzimas, proteínas y otras hormonas, lo que aumenta o disminuye la velocidad de las reacciones químicas, siendo su acción más lenta y duradera que en el caso de los impulsos nerviosos.

Existen también neurohormonas, hormonas producidas por el hipotálamo. El hipotálamo es el único órgano que además de producir impulsos nerviosos, por ser parte del sistema nervioso, fabrica hormonas, ya que su función es regular el sistema endocrino, fundamentalmente por controlar la hipófisis, una glándula endocrina que, a su vez, actúa sobre otras glándulas del sistema endocrino. Pero no solo los impulsos nerviosos estimulan o inhiben la producción de hormonas; también las hormonas regulan tanto la creación de impulsos nerviosos como la síntesis de otras hormonas.

1.2. FUNCIONES DEL SISTEMA ENDOCRINO.

Las hormonas regulan:

1. La homeostasis (es decir la composición química y el volumen de los líquidos orgánicos).
2. El metabolismo (las reacciones que tienen lugar en los seres vivos).
3. Los movimientos de todas las fibras musculares (lisas, cardíacas y estriadas).
4. La secreción glandular, tanto de las glándulas endocrinas (ya que el sistema hormonal se regula a sí mismo) como de las glándulas exocrinas.
5. La actividad del sistema inmunológico.
6. El crecimiento y los desarrollos embrionario y postembrionario.

7. La reproducción.

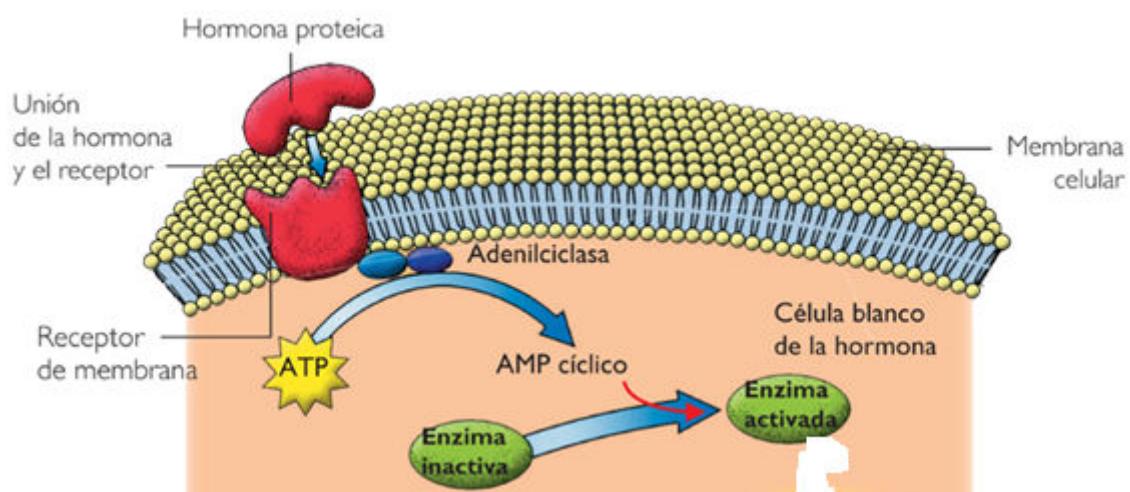
2. TIPOS DE HORMONAS Y MECANISMOS DE ACCIÓN HORMONAL.

Se distinguen tres grandes tipos de hormonas:

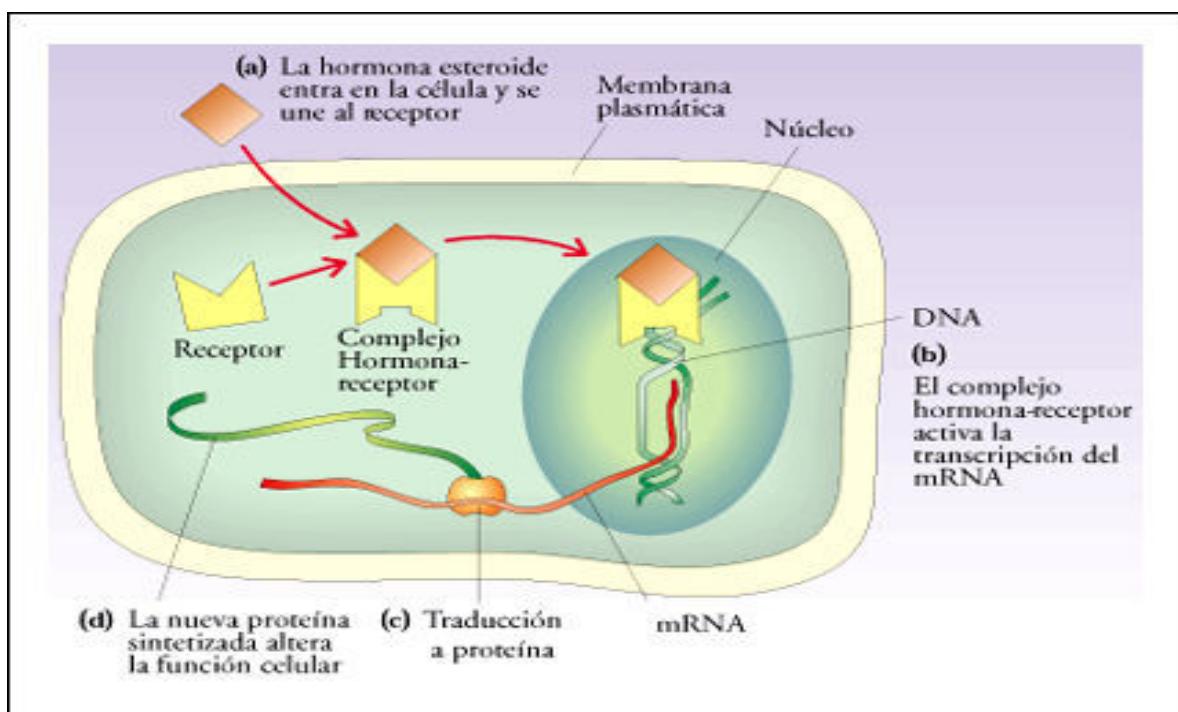
- La mayoría de las hormonas son proteínicas (es decir, están formadas por aminoácidos), aunque varias de ellas contienen además glúcidos (por tanto son glucoproteínas).
- Las hormonas lipídicas pertenecen al grupo de los lípidos esteroides. Se trata, en concreto, de las hormonas sexuales y las de la corteza suprarrenal.
- Las hormonas aminas derivan de dos aminoácidos, la tirosina o el triptófano. Están producidas por la médula suprarrenal (hormonas llamadas adrenalina y noradrenalina), el tiroides (las tiroxinas, T3 y T4) y la epífisis (la melatonina).

Las hormonas proteínicas y las aminas son hidrosolubles (polares); las lipídicas, en cambio, son liposolubles (apolares). Esta distinta solubilidad explica en gran medida sus diferentes mecanismos de actuación:

- **Mecanismo de actuación de las hormonas hidrosolubles.** Estas hormonas, con la excepción de las tiroxinas (T3 y T4), no pueden atravesar las membranas biológicas por dos motivos: (1) no tienen la misma naturaleza química que las membranas celulares, ya que son hormonas polares y las membranas biológicas son en su parte interna apolares al estar formadas mayoritariamente por una doble capa de fosfolípidos; (2) son hormonas generalmente de gran tamaño. Las hormonas hidrosolubles ejercen su acción uniéndose a un receptor específico de la membrana plasmática, desencadenando que ATP intracelular se transforme en AMP cíclico (AMP-c) por acción del enzima adenilciclasa. El AMP-c activará una determinada enzima que desarrollará una acción metabólica específica.

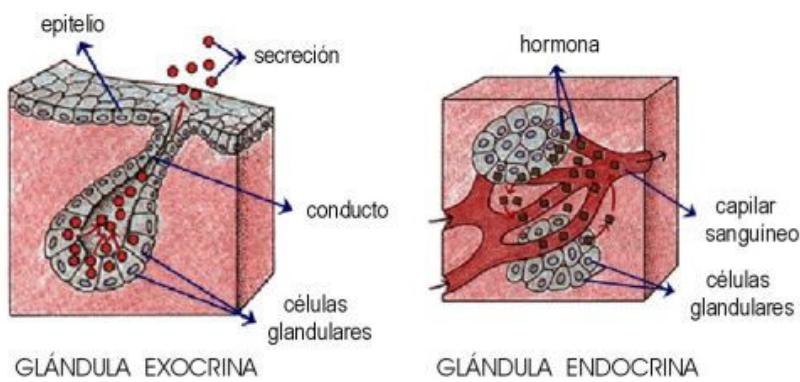


- **Mecanismo de actuación de las hormonas liposolubles.** Estas hormonas atraviesan las membranas celulares fácilmente, debido a que: (1) son lípidos apolares, por lo que presentan una naturaleza química similar a la doble capa de fosfolípidos que forma mayoritariamente este tipo de membranas; (2) tienen un tamaño reducido. En concreto, las hormonas lipídicas atraviesan las membranas mediante un tipo de transporte llamado difusión o transporte pasivo (es decir sin gasto energético) a través de la bicapa lipídica. Este tipo de hormona se une a un receptor situado en el interior celular y ambos llegan al núcleo activando o inhibiendo la transcripción de un determinado gen. Si la transcripción tiene lugar se fabricará un ARN-m, que posteriormente será traducido dando lugar a un enzima, una proteína u otra hormona, las cuales desencadenarán una determinada acción metabólica o producirán una cierta característica en el ser vivo.



3. LAS GLÁNDULAS ENDOCRINAS.

Las glándulas endocrinas están localizadas en tejidos de diferentes órganos localizados en todo el cuerpo, salvo las extremidades. A diferencia de las glándulas exocrinas, las glándulas endocrinas carecen de conductos por lo que su secreción es depositada en el espacio intercelular incorporándose después a la circulación sanguínea y linfática (Tema 1).

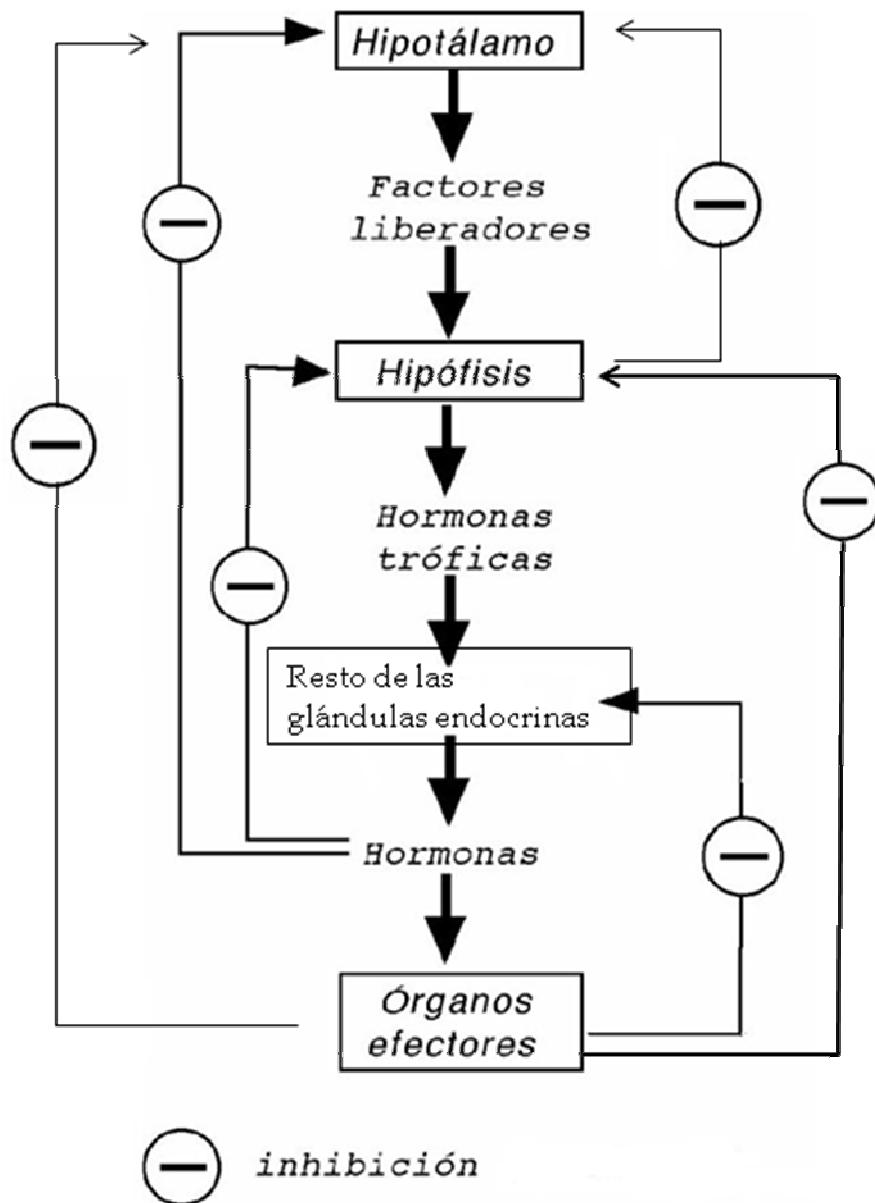


4. SISTEMA HIPOTÁLAMICO-HIPOFISARIO Y REGULACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HORMONAS.

El hipotálamo (Tema 8) es un órgano del encéfalo que, como se ha señalado antes, mediante la creación de impulsos nerviosos y la secreción de neurohormonas se encarga de controlar y regular el sistema endocrino.

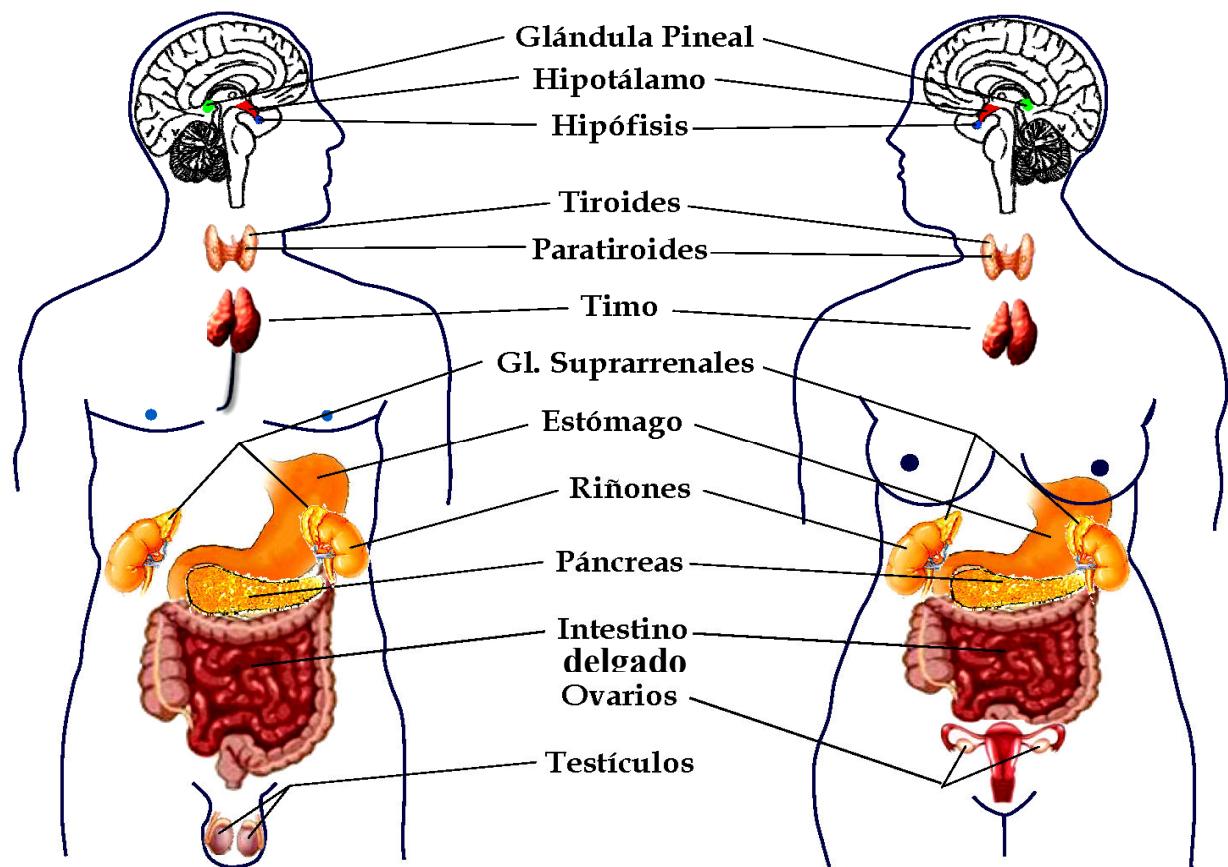
El hipotálamo produce neurohormonas llamadas también factores liberadores. Los factores liberadores actúan sobre distintos órganos, incluida la hipófisis produciendo la síntesis o no de las hormonas hipofisiarias (o tróficas). A su vez, estas últimas hormonas regulan otras glándulas endocrinas, produciendo o impidiendo la segregación de sus hormonas.

Las hormonas actúan de forma antagónica, por lo que una baja concentración de una de ellas hará que se eleve la concentración de la otra. En el caso de que haya una excesiva concentración de una de las hormonas se producirá un retrocontrol negativo, es decir una inhibición del hipotálamo, la hipófisis o de alguna otra glándula endocrina, dependiendo de cuál de ellos sea el productor de la hormona que se encuentra en elevada concentración:



5. LOCALIZACIÓN DE LAS GLÁNDULAS ENDOCRINAS EN LOS VERTEBRADOS Y PRINCIPALES HORMONAS QUE SINTETIZAN.

El dibujo siguiente muestra la localización de las principales glándulas endocrinas en los vertebrados. También secretan hormonas otros órganos que no aparecen en el dibujo, como la placenta y el hígado.



Las tablas siguientes contienen las hormonas más destacadas de los principales órganos endocrinos así como sus efectos más notables.

GLÁNDULAS ENDOCRINAS	HORMONAS	PRINCIPALES EFECTOS
<u>Hipotálico</u> <u>(secreta hormonas llamadas neurohormonas o factores liberadores)</u>	GHRH	Estimula la producción de la hormona del crecimiento
	Somatostatina	Antagónica de la anterior: inhibe la producción de la hormona del crecimiento
	Dopamina	Inhibe la secreción de la hormona prolactina (cuya función es estimular la producción de leche por las glándulas mamarias)
	CRH	Estimula la secreción de la hormona ACTH que, a su vez, favorece la secreción de hormonas en la corteza suprarrenal
	TRH	Estimula la secreción de la hormona TSH (hormona que, a su vez, favorece la secreción de las tiroxinas, hormonas producidas por el tiroides)
	GnRh	Estimula la liberación de FSH y LH, dos hormonas de la hipófisis (ver más adelante en esta misma tabla)

GLÁNDULAS ENDOCRINAS		HORMONAS	PRINCIPALES EFECTOS
<u>Hipófisis</u> <u>(secreta hormonas llamadas hormonas tróficas)</u>	<u>Lóbulo anterior de la hipófisis</u> <u>(adenohipófisis)</u>	<u>TSH (hormona estimulante del tiroides)</u>	<u>Activa la secreción de las tiroxinas, hormonas producidas por el tiroides</u>
		<u>FSH (hormona estimulante del folículo)</u>	<u>Activa ovarios y testículos, en concreto impulsa la maduración de los folículos ováricos (que contienen los ovocitos) o la producción de espermatozoides</u>
		<u>LH (hormona luteinizante)</u>	<u>Estimula la producción del cuerpo lúteo (mujeres) o la secreción de la hormona masculina testosterona</u>
		<u>GH, STH, somatotropina u hormona del crecimiento</u>	<u>Favorece el crecimiento corporal</u>
		<u>PRL (prolactina)</u>	<u>Estimula la secreción de leche por las glándulas mamarias</u>
		<u>Angiotensina II</u>	<u>Aumenta la presión arterial</u>
		<u>Endorfina</u>	<u>Actúa como un analgésico endógeno</u>
		<u>ACTH</u>	<u>Favorece la secreción de hormonas en la corteza suprarrenal</u>
		<u>MSH</u>	<u>Hormona estimulante de los melanocitos</u>

	<p><u>Lóbulo posterior de la hipófisis (neuro-hipófisis)</u></p> <p>Almacena las dos hormonas adjuntas, producidas por el hipotálamo, hasta el momento de su liberación a la sangre</p>	<p>Oxitocina</p> <p><u>ADH (hormona antidiurética o vasopresina)</u></p>	<p>Estimula las contracciones del miometrio (capa del útero) para favorecer el parto (Tema 6)</p> <p>- Favorece que el organismo retenga agua (Tema 5)</p> <p>- Eleva la presión arterial</p>
<p><u>Tiroides</u></p>		<p><u>Tiroxinas (T3 y T4).</u> La T4 produce la T3</p>	<p>Impulsan el metabolismo celular y aumentan la temperatura corporal.</p>
		<p><u>Calcitonina</u></p>	<p>Fortalece los huesos: activa los osteocitos (Tema 1) por lo que favorece el paso del calcio desde la sangre hasta los huesos, reduciendo los niveles de calcio en la sangre. Esta reducción también se produce porque la calcitonina disminuye la absorción de calcio por el intestino delgado y favorece la pérdida de esta sal a través del riñón</p>

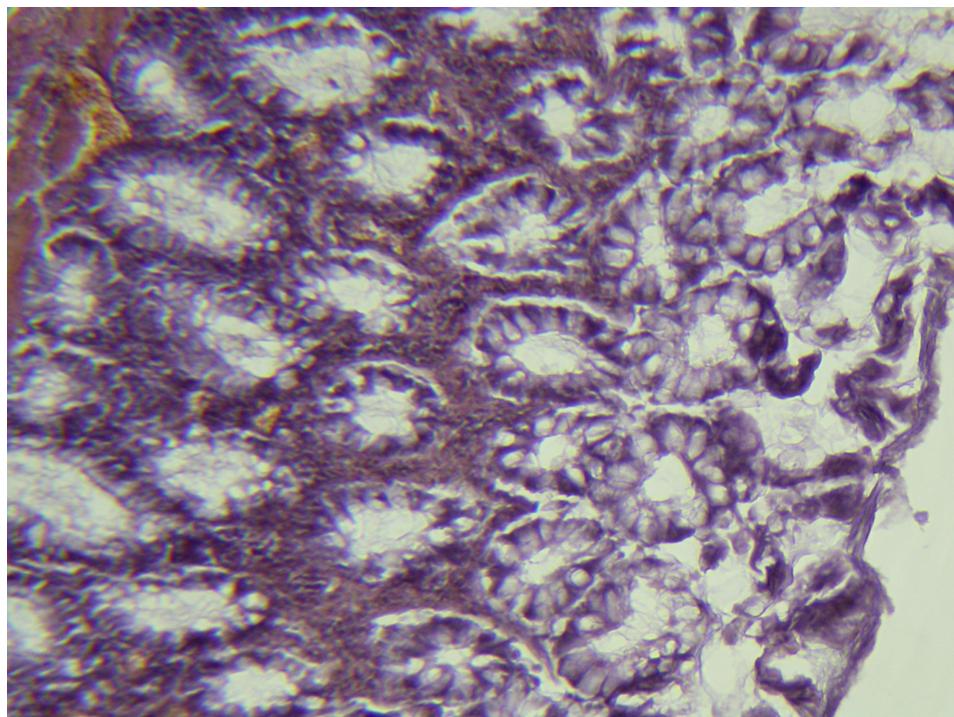
GLÁNDULAS ENDOCRINAS	HORMONAS	PRINCIPALES EFECTOS	
Paratiroides	<u>Parathormona (hormona paratiroidea) o PTH.</u>	<u>Antagónica de la calcitonina. Descalcifica los huesos: activa los osteoclastos (Tema 1) por lo que favorece el paso del calcio desde los huesos hasta la sangre, aumentando los niveles de calcio en la sangre.</u> Este aumento también se produce porque la paratiroidea aumenta la absorción de calcio por el intestino delgado y disminuye la pérdida de esta sal a través del riñón	
Cápsulas (glándulas) suprarrenales	<u>Corteza suprarrenal</u> Produce tanto <u>hormonas llamadas corticosteroides</u> ⁽¹⁾ como ciertas <u>hormonas sexuales</u> ⁽²⁾	<u>Glucocorticoides (cortisol) ⁽¹⁾</u> <u>Mineralo-corticoides (incluye aldosterona) ⁽¹⁾</u> <u>Andrógenos corticales ⁽²⁾</u> <u>Estrógenos ⁽²⁾</u>	- <u>Controla el metabolismo de glúcidos, lípidos y proteínas</u> - <u>Modula la respuesta inmune</u> <u>Controla el metabolismo de las sales minerales.</u> En el caso de la aldosterona (Tema 5) favorece que el organismo retenga sales como el sodio <u>Junto con la testosterona, secretada por los testículos, determina los caracteres sexuales masculinos</u> <u>Determina los caracteres sexuales femeninos. Es producida también por los ovarios y la placenta</u>
	<u>Medula suprarrenal</u>	<u>Adrenalina</u> <u>Noradrenalina</u>	<u>Estas dos hormonas preparan al organismo para situaciones de emergencia (como el estrés, el pánico, la alarma...). Para ello, la adrenalina acrecienta la frecuencia cardíaca y la hiperglucemia, mientras que la noradrenalina produce un aumento de la presión arterial</u>

GLÁNDULAS ENDOCRINAS		HORMONAS	PRINCIPALES EFECTOS
<u>Páncreas</u> <u>(Islotes de Langerhans)</u>	<u>células β pancreáticas</u>	<u>Insulina</u>	Hormona que al estimular el anabolismo celular está relacionada con el "ahorro" en el organismo, teniendo efecto hipoglucemiantes. En concreto, <u>promueve la síntesis de glucógeno hepático a partir de glucosa de la sangre y permite la entrada de este monosacárido en las células</u>
	<u>células α pancreáticas</u>	<u>Glucagón</u>	Hormona antagónica de la insulina, al presentar efecto hiperglucemiantes. El glucagón, junto con la adrenalina y la noradrenalina, estimulan el catabolismo celular, por lo que estas tres hormonas están relacionadas con el "gasto" en el organismo. En concreto, <u>el glucagón promueve la hidrólisis del glucógeno hepático en glucosa (que se incorpora a la sangre) y dificulta la entrada de este monosacárido en las células</u>
<u>Testículos</u>		<u>Andrógenos (testosterona)</u>	<u>Produce los caracteres sexuales masculinos</u>

GLÁNDULAS ENDOCRINAS		HORMONAS	PRINCIPALES EFECTOS
<u>Ovarios</u>	<u>Folículos ováricos</u>	<u>Estrógenos (estradiol)</u>	<ul style="list-style-type: none"> -Produce los caracteres sexuales femeninos. -Favorece el engrosamiento de las paredes del útero. La placenta también produce esta hormona
	<u>Cuerpo lúteo o amarillo</u>	<u>Progesterona</u> <u>Estrógenos</u>	<ul style="list-style-type: none"> La progesterona dispone el cuerpo para el embarazo y se produce, como los estrógenos, también por la placenta
Estómago		Gastrina y otras hormonas. La gastrina también es secretada por el páncreas	Activan la secreción por la mucosa gástrica de ácido clorhídrico y del enzima pepsina
Intestino delgado		Secretina y otras hormonas	Regulan la fisiología del estómago y del intestino delgado. También controlan las secreciones de los órganos que vierten en el intestino delgado (páncreas e hígado)
<u>Glándula pineal o epífisis</u>		<u>Melatonina</u>	<p><u>Se sabe que controla la pubertad y que se sintetiza a partir del aminoácido triptófano principalmente en la oscuridad.</u></p> <p><u>Pero otros posibles efectos están en duda:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Regulación del sueño - Potenciación de la sexualidad - Reducción de la posibilidad de enfermedades neurodegenerativas - Disminución de los radicales libres (que producen enfermedades y envejecimiento) - Acción anticancerígena

GLÁNDULAS ENDOCRINAS	HORMONAS	PRINCIPALES EFECTOS
Riñones	Renina-angiotensina	Aumenta la tensión arterial
	Eritropoyetina (EPO)	Favorece la producción de glóbulos rojos
Timo	Timosina	Estimula a los linfocitos T (llamados así por especializarse en el timo), que son las principales células del sistema inmunitario o de defensa del organismo

Las mujeres también producen testosterona y los hombres estrógenos, en diversos tejidos del organismo. Estas hormonas proceden la una de la otra mediante un proceso químico de aromatización.



Glándulas en estómago



Folículo maduro

Las siguientes patologías se han ordenado siguiendo la exposición de las hormonas no hipotalámicas recogidas en las tablas anteriores.

Esterilidad.

Una de las posibles causas de la esterilidad son los bajos niveles de FSH, LH, testosterona o estrógenos, o elevación de la prolactina. Este cuadro clínico puede producir también impotencia total o parcial.

Enanismo y gigantismo hipofisiarios.

Son alteraciones causadas, respectivamente, por una disminución o exceso de la hormona del crecimiento (somatotropina) durante la etapa de desarrollo de un individuo. Estas anomalías no provocan esterilidad ni desproporción en la persona.

Acromegalía.

Es una patología cuyo origen es una gran producción de la hormona del crecimiento cuando éste ha finalizado. Esta síntesis excesiva se puede deber a un tumor hipofisiario (ya que la hipófisis produce esta hormona).

La enfermedad produce un gran crecimiento en las partes distales del cuerpo (pie, mandíbula, manos, etc.) debido al engrosamiento de los tejidos óseos y blandos. La acromegalía puede o no conllevar trastorno mental.

Hipertensión arterial.

Hay varias hormonas que pueden llegar a producir hipertensión arterial, como la angiotensina II, ADH, adrenalina, noradrenalina y renina-angiotensina.

En la actualidad se emplean como antihipertensivos inhibidores o bloqueadores de los receptores de la angiotensina II.

Diabetes insípida.

Anomalía provocada por la baja secreción de ADH, producida generalmente por un daño en el hipotálamo (órgano que produce esta hormona) o en la hipófisis (que la almacena).

El enfermo sufre una excreción masiva de orina (frecuentemente entre 2 y 24 litros diarios), deshidratación y sed. Esta enfermedad puede combatirse administrando ADH vía nebulización nasal.

Hipertiroidismo e hipotiroidismo.

Patologías causadas, respectivamente, por una alta o baja producción de tiroxinas. Los conceptos hiper e hipotiroidismo son funcionales por tanto independientes del desarrollo del tiroides, aunque, como es previsible, el bocio (o hipertrofia del tiroides) es más frecuente en el hipertiroidismo. La hipertrofia del tiroides se puede deber a nódulos, quistes, tumoración, etc.

Hipertiroidismo.

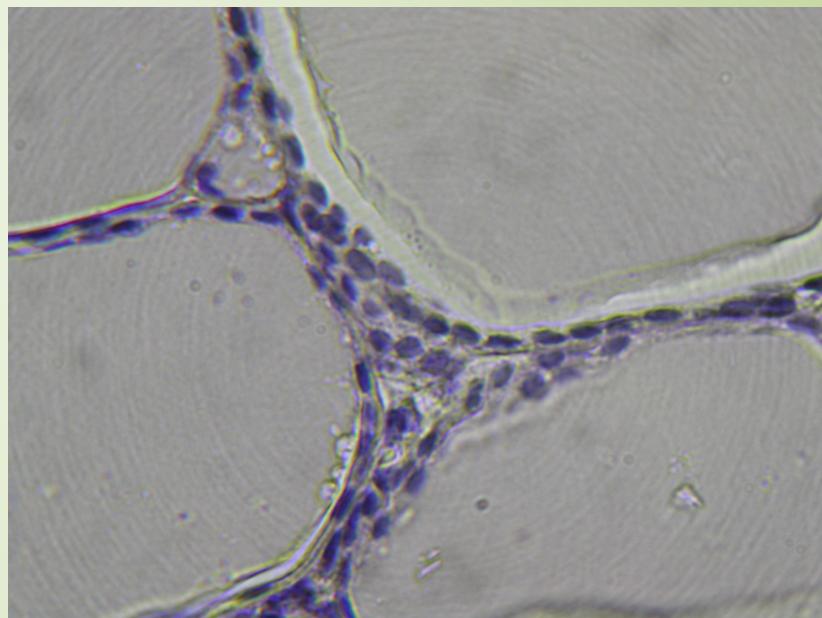
Su diagnóstico incluye altos niveles de T3 y T4 en sangre y cifras bajas de TSH. Habitualmente es de origen autoinmune (enfermedad de Graves-Basedow y otras), y entonces se determinará también en el análisis de sangre altos niveles séricos de anticuerpos específicos.

El enfermo de hipertiroidismo puede sufrir un aumento del metabolismo, intolerancia al calor, aumento de la sudoración, pérdida de peso a pesar del aumento del apetito, cansancio, debilidad, insomnio, temblor, alteraciones menstruales, taquicardia, nerviosismo, diarrea, pérdida de pelo, protusión o salida hacia fuera del globo ocular ("ojos saltones") debido al aumento del tamaño de los músculos oculares y del tejido interior de la órbita por retención de agua etc.

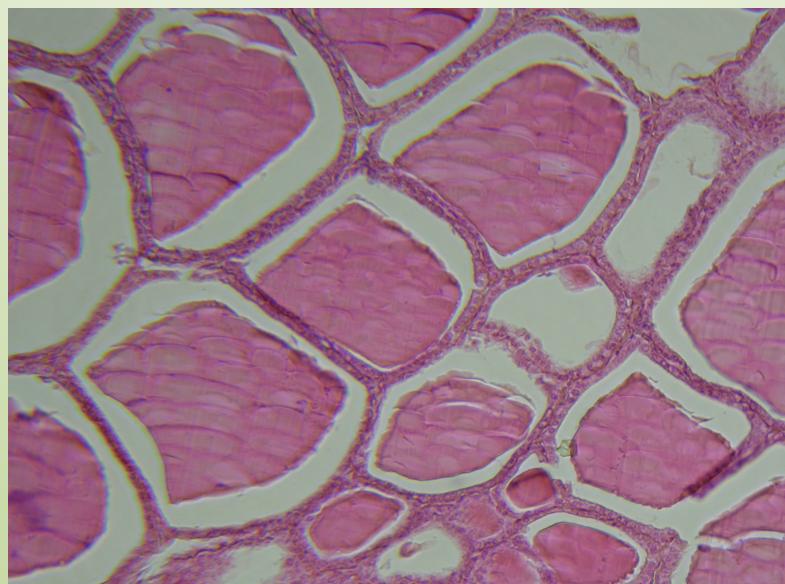
Hipotiroidismo.

Su diagnóstico incluye bajos niveles séricos de T3 y T4 y elevación de la TSH. El hipotiroidismo puede ser de origen autoinmune.

El enfermo de hipotiroidismo puede presentar cansancio, intolerancia al frío, extremidades frías, aumento de peso, somnolencia, apatía, reducción de la memoria, estreñimiento, disnea, disfonía, ansiedad, depresión, pérdida de pelo, piel seca, alteraciones en la menstruación, etc.



Hipertiroidismo



Hipotiroidismo

Cretinismo.

Está producido por la baja secreción de tiroxina o déficit de yodo (el yodo forma parte de esta hormona) durante la formación fetal o la infancia.

Los síntomas son crecimiento y maduración insuficientes del esqueleto, retraso mental y falta de desarrollo sexual. Esta enfermedad puede prevenirse administrando tiroxina y/o yodo.

Una de las mejores fuentes de yodo proviene de la sal yodada cuya ingesta adecuada previene, además, el bocio (hipertrofia del tiroides), el hipertiroidismo y el hipotiroidismo.

Mixedema.

Se trata de una patología que tiene su origen en una baja secreción de tiroxina en la edad adulta.

El edema producido debido a la acumulación de líquidos intersticiales (líquidos situados entre las células) ocasiona bradicardia (baja frecuencia cardíaca), intolerancia al frío, piel y pelos secos, musculatura débil y tendencia a aumentar de peso.

Descalcificación ósea.

Esta patología (Tema 7) puede tener causa hormonal, en concreto debido a una deficitaria secreción de calcitonina y/o a una excesiva producción de hormona paratiroidea. También por un déficit de estrógenos (como ocurre tras la menopausia).

Síndrome adrenogenital.

Se debe a la excesiva secreción de andrógenos corticales. Si esto sucede durante la infancia de un varón se produce pseudopubertad precoz, es decir un desarrollo anticipado de los caracteres sexuales secundarios masculinos. Si por el contrario se produce en el sexo femenino producirá virilización (en el estado adulto) o pseudohermafroditismo (si el exceso de andrógenos corticales ocurre durante la gestación).

Diabetes mellitus (del griego *melli*, dulce).

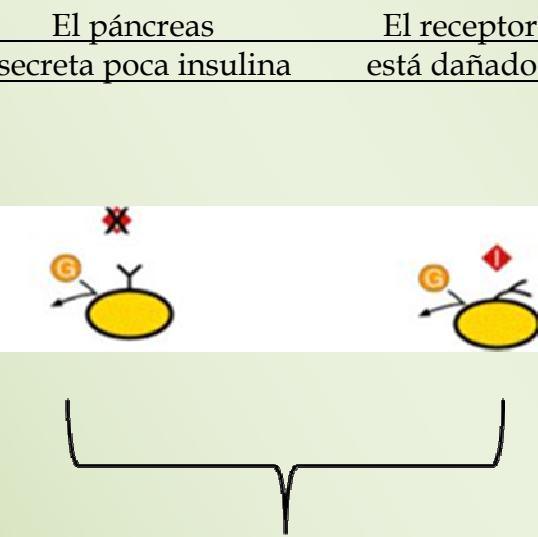
Esta patología consiste en un alto nivel de glucosa tanto en la sangre (hiperglucemia) como en la orina (glucosuria renal, Tema 5). Con el tiempo esta patología se convierte en multiorgánica, ya que puede afectar gravemente la visión, el corazón, los riñones, las extremidades, etc.

La diabetes mellitus tiene dos variantes:

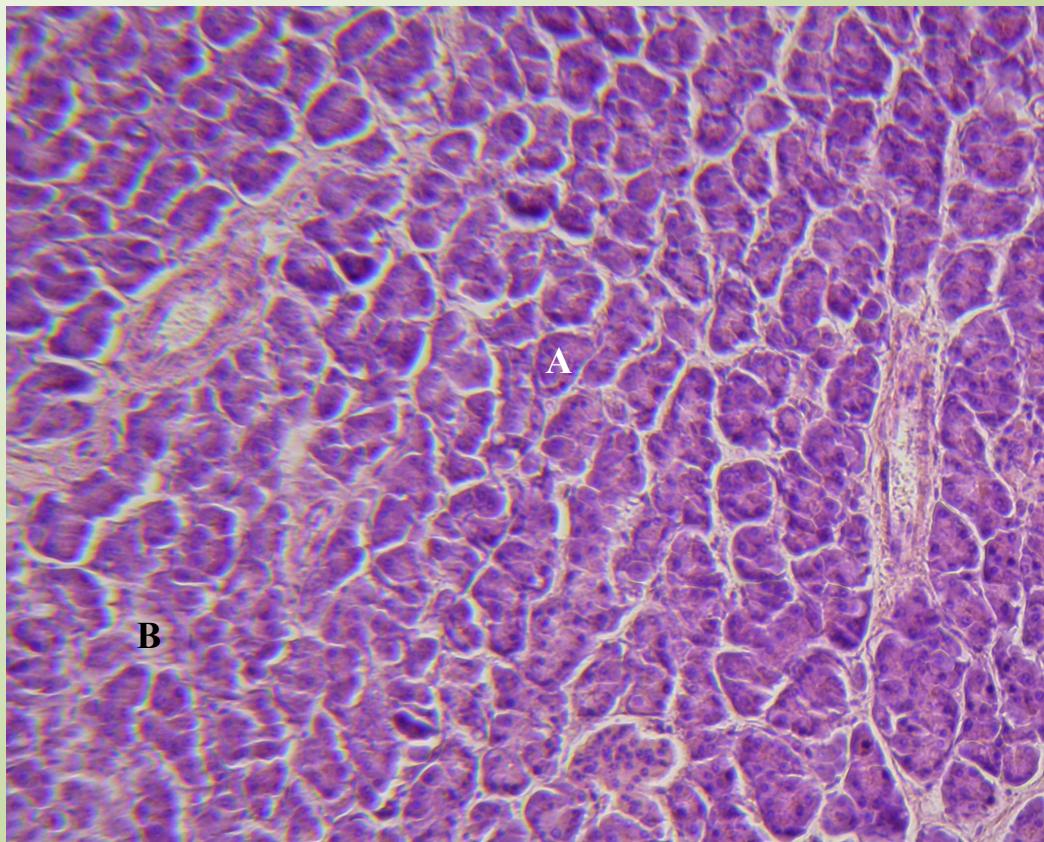
- Diabetes mellitus insulinodependiente o de tipo I. Se llama también diabetes juvenil, al aparecer en edades tempranas. Se debe a que el páncreas secreta poca insulina, normalmente por causa autoinmunitaria, lo que, además de hiperglucemia, limita la entrada de glucosa en la célula. Siendo la glucosa el principal combustible metabólico la persona padecerá, entre otros síntomas, decaimiento. De no suministrarse insulina se producirían varias reacciones que incluyen la acidificación de la sangre y, finalmente, la muerte. La insulina debe ser inyectada en el enfermo (no puede suministrarse oralmente ya que al tratarse de una proteína sería catabolizada en el estómago).

- Diabetes mellitus no insulinodependiente o de tipo II. Suele aparecer en edades avanzadas. Se debe a daños en los receptores de membrana de la insulina, lo que produce, como en la diabetes tipo I, una limitación de la entrada de glucosa en la célula:

Situación normal, la glucosa (G) entra en la célula porque la insulina (I) se une a su receptor (Y)



El enfermo diabético, además de seguir el tratamiento médico que se le prescriba, debe tomar con moderación alimentos que puedan elevar el nivel de glucosa y realizar ejercicios físicos ajustados.



Existe un páncreas exocrino, formado por glándulas exocrinas (A) cuya síntesis enzimática intervienen en la digestión, y un páncreas endocrino (isletos de Langherans -B-) productor de las hormonas insulina y glucagón

ACTIVIDADES RESUELTAS

1. ¿Qué problema hormonal puede tener una persona obesa, que tiene bocio, come poco y se muestra muy friolera? ¿Cómo puede tratarse esta patología?

Esta persona puede tener hipotiroidismo, alteración basada en un déficit de la producción de tiroxina. Los escasos niveles de esta hormona provocan, entre otros signos, un bajo metabolismo y por tanto la producción de poco calor.

A esta persona le podrá ser suministrada tiroxina, con el fin de regular su metabolismo e intentar disminuir el tamaño de su tiroides.

Este problema de salud puede tener su origen en la hipófisis: si esta glándula secreta baja cantidad de la hormona estimulante del tiroides (TSH) el tiroides producirá poca tiroxina. Aunque lo normal es que si el tiroides produce poca tiroxina el organismo reaccione elevando el nivel de TSH para forzar al tiroides a aumentar su actividad.

También podría tratarse de un hipotiroidismo autoinmune, de tal modo que los linfocitos (concretamente los T) produjeran anticuerpos cuya acción reduciría la síntesis de tiroxina.

2. Una mujer de 30 años consume muchos alimentos ricos en calcio (como la leche, el queso y el yogur) pero, extrañamente, a menudo sufre fracturas en sus huesos. ¿Qué problema hormonal puede padecer?

Es poco probable un déficit de estrógenos, que favorecería las fracturas debidas a descalcificación, ya que con su edad esta mujer no habría alcanzado la menopausia. La causa de estas frecuentes fracturas óseas puede ser una insuficiente producción de calcitonina o un exceso en la síntesis de hormona paratiroides. Cualquiera de estas dos circunstancias produciría una merma de la incorporación de calcio a los huesos.

3. La flujometría practicada a cierto enfermo revela una excreción media de orina de 4 litros diarios. Si su problema fuera hormonal, ¿cuál podría ser la causa?

Dicha persona parece estar sinterizando poca ADH (hormona antidiurética).

4. Algunos estudios científicos, otros no, refieren una reducción de la síntesis de melatonina en personas expuestas a campos electromagnéticos (Olcese, 1990) y en personas que utilizan teléfonos móviles (Burch y colaboradores, 1997). ¿Qué efectos sobre la salud podría tener la reducción de esta hormona en dicho grupo de personas?

El déficit de melatonina podría favorecer los procesos tumorales y las depresiones, entre otras consecuencias.