

TEMA 2: BIOCATALIZADORES

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	52
2. BIOCATALIZADORES	52
2.1. ENZIMAS	54
2.1.1. Clasificación de las enzimas de acuerdo a su complejidad y estructura.....	55
2.1.2. Mecanismo de acción enzimática	58
2.1.3. Cinética de la actividad enzimática	60
2.1.4. Factores que afectan a la actividad enzimática	61
2.1.5. Enzimas alostéricas	63
2.1.6. Coenzimas	64
2.2. VITAMINAS.....	66
2.3. LAS HORMONAS	69

1. INTRODUCCIÓN

En las células se producen constantemente numerosos tipos de reacciones químicas; unas encaminadas a sintetizar nuevas moléculas, y otras, a degradar las ya existentes. El conjunto de todas estas reacciones bioquímicas se denomina **metabolismo celular**.

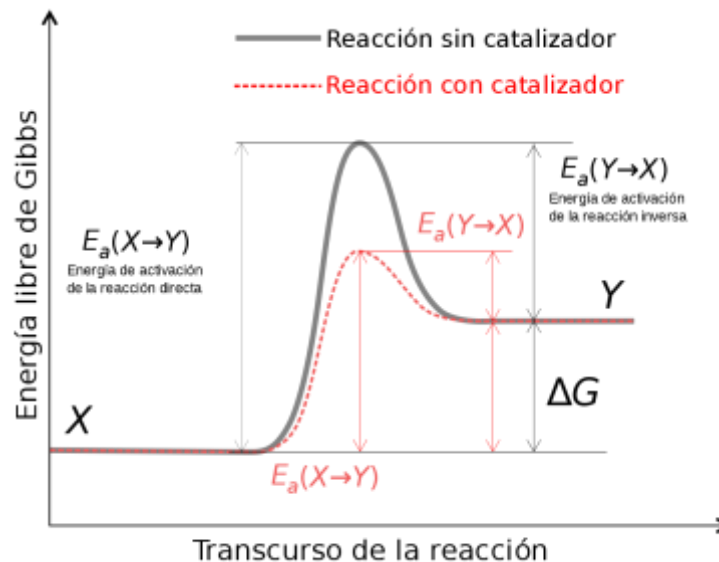
Dado que las sustancias que intervienen son muy estables a temperatura ambiente, si no se les ayudara a interactuar, no reaccionarían o lo harían tan lentamente que no sería posible la vida. Esta dependencia de ayuda es paradójicamente una gran ventaja, ya que permite al organismo regular qué reacciones se han de dar y en qué momento. Las reacciones se producen de forma ordenada y a muy alta velocidad gracias a la acción de los **enzimas** que son moléculas de naturaleza proteica con actividad catalítica.

En las reacciones enzimáticas, las moléculas que reaccionan reciben el nombre de **sustratos**, y las sustancias formadas se denominan **productos**.

2. BIOCATALIZADORES

Las reacciones químicas son procesos en los que se produce la transformación de unas sustancias iniciales o reactivos en otras sustancias finales o productos. Este paso se realiza a través de una etapa intermedia, denominada etapa de transición o estado activado. Este es un estado que dura muy poco tiempo, inestable y altamente energético en el que, los reactivos se activan debilitándose alguno de sus enlaces, favoreciendo su ruptura y la formación de otros nuevos. Para que los reactivos alcancen la etapa de transición y la reacción se produzca es necesario suministrarles una cierta cantidad de energía, denominada energía de activación. Esta energía se la podemos suministrar calentándolos a T^a elevadas, sometiéndolos a descargas eléctricas o mediante otras fuentes de energía.

En Química se designa con el término de **catalizador** a toda sustancia que activa una determinada reacción química, o provoca un aumento o una disminución de la velocidad de la reacción, quedando inalterada al final de la misma; la acción de catalizador se denomina **catálisis**.



Igualmente se definen **biocatalizadores** como aquellas sustancias que realizan tales acciones, **biocatálisis**, en las reacciones químicas que se llevan a cabo en los seres vivos.

Los biocatalizadores permiten que las reacciones químicas se realicen a la temperatura corporal del organismo, posibilitando el control de las mismas, evitando la destrucción de la célula por el calor desprendido en ellas y permitiendo el aprovechamiento de esta energía liberada. Son imprescindibles para que se produzcan las reacciones adecuadamente por dos razones:

- a) En los seres vivos los reactivos no pueden ser calentados a temperaturas elevadas, ni se pueden someter a fuertes descargas eléctricas ya que eso destruiría a las propias células.
- b) En los seres vivos se producen una enorme cantidad de reacciones químicas lo que haría necesario una enorme cantidad de energía para que se pudieran llevar a cabo.

Se distinguen tres tipos de biocatalizadores: **las enzimas o fermentos, las vitaminas y las hormonas.**

2.1. ENZIMAS

Ocupan el lugar más destacado dentro de los biocatalizadores por lo que se definen como los catalizadores biológicos de las reacciones químicas que se realizan en los seres vivos. Se encargan de **disminuir la energía de activación** que se necesita para que tengan lugar dichas reacciones, permitiendo que se produzcan a velocidades y temperaturas adecuadas.

También suelen definirse como biocatalizadores autógenos de acción concreta. En esta definición se recogen dos características que los diferencian de los otros tipos de biocatalizadores: *cada organismo elabora sus propias enzimas* (autógenas) y su especificidad, ya que *cada enzima ejerce su acción sobre una sustancia concreta* o sobre un determinado tipo de enlace presente en un grupo de sustancias con cierta similitud química.

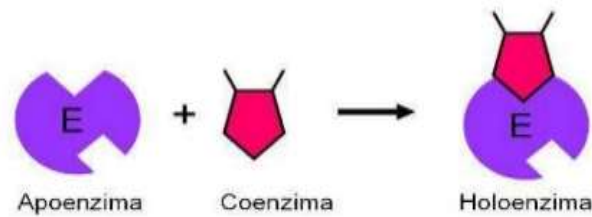
Podemos decir que las enzimas tienen las siguientes características:

1. Son sustancias que, incluso en cantidades muy pequeñas, **aceleran la reacción**, es decir, no es que no obtenga más producto, sino que gracias a ellas se consigue la misma cantidad, pero en menos tiempo.
2. **No se consumen durante la reacción** biológica, por lo que al finalizar ésta hay la misma cantidad de enzima que al principio.
3. **Son muy específicas**. Esto les permite actuar en una reacción determinada sin alterar las otras.
4. **Actúan siempre a temperatura ambiente**, es decir, a la temperatura del ser vivo.
5. **Son muy activas**. Algunas consiguen aumentar la velocidad de reacción más de un millón de veces, muy superior a los catalizadores no biológicos.
6. Presentan un peso molecular muy elevado.
7. Son **sensibles** a diversos factores como la **temperatura y el pH**.
8. Pueden ser **endocelulares o exocelulares** (fermentos digestivos)
9. La causante de la actividad enzimática no es la molécula proteica en su totalidad sino un conjunto de aminoácidos con una determinada configuración espacial que constituyen el **centro activo** de la enzima.

2.1.1. Clasificación de las enzimas de acuerdo a su complejidad y estructura

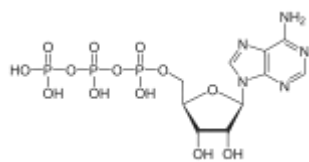
De acuerdo a su **complejidad** las enzimas se clasifican como:

- a) **Enzimas estrictamente proteicas (simples):** que pueden estar constituidas por una o más cadenas polipeptídicas.
- b) **Holoenzimas (conjugadas):** que son las que están constituidas por una fracción polipeptídica, llamada **apoenzima**, y por una fracción no polipeptídica, es decir, no protéica, denominada, **cofactor**

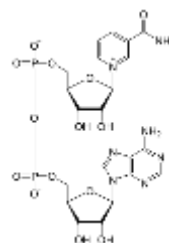


Los cofactores pueden ser:

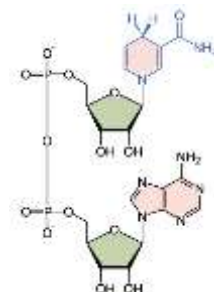
- **Inorgánicos (iones metálicos):** Favorecen la actividad catalítica general de la enzima. Si no están presentes, la enzima no actúa. Estos iones metálicos se denominan **activadores**. Ejemplos: **Fe²⁺, Mg²⁺, Cu²⁺, K⁺, Na⁺ y Zn²⁺**
- **Orgánicos** (ATP, NAD⁺, NADP⁺, vitaminas, nucleótidos, mezcla de vitaminas y nucleótidos ...). Cuando son orgánicos se denominan **coenzimas** y se definen como moléculas que se unen a las enzimas de forma temporal para hacerlos funcionales.



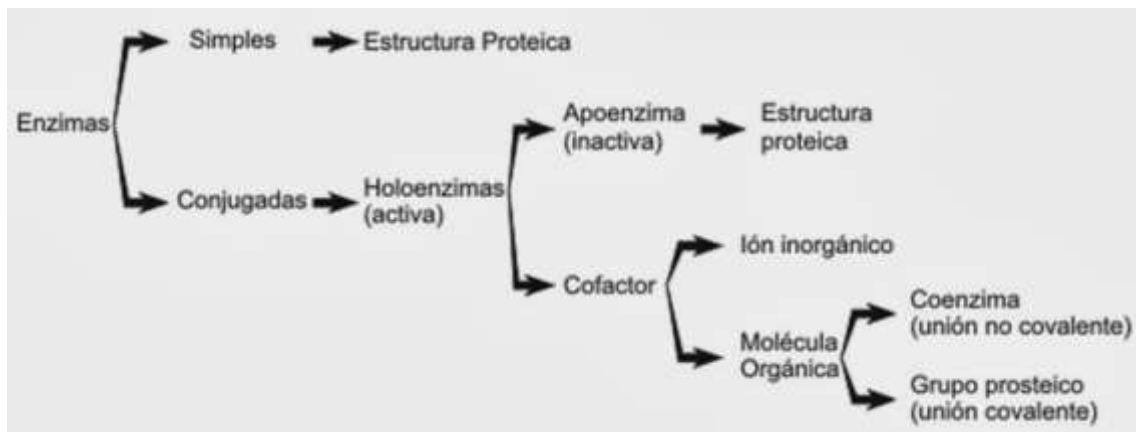
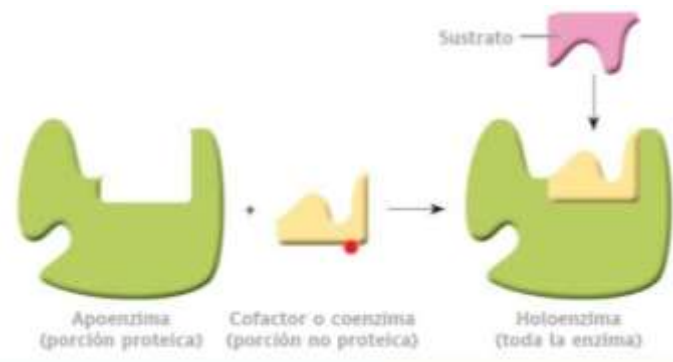
Molécula de ATP (adenosín trifosfato)



Molécula de NAD (nicotina adenina dinucleótido)

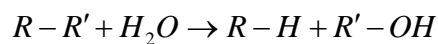


Molécula de NADH

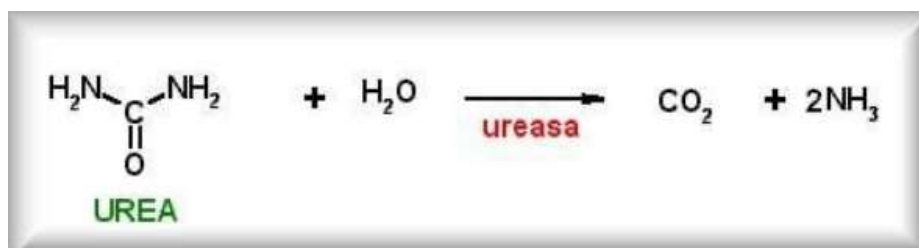


Según su **actividad** las enzimas se clasifican como:

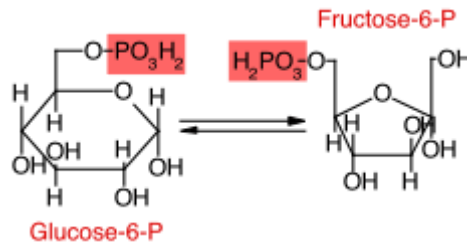
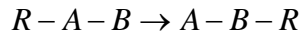
- a) **Hidrolasas:** Catalizan reacciones de **hidrólisis**. Rompen las biomoléculas con moléculas de agua. A este tipo pertenecen las enzimas digestivas.



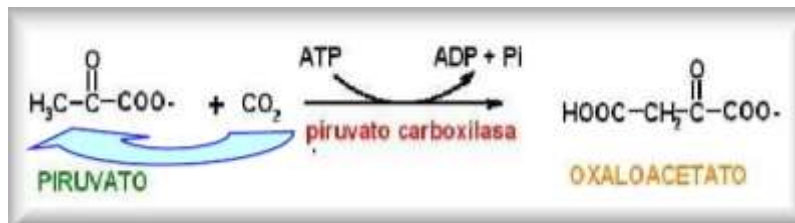
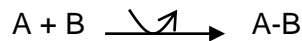
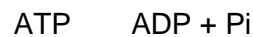
(enzimas de la digestión: carbohidrasas, esterasas, peptidasas,...)



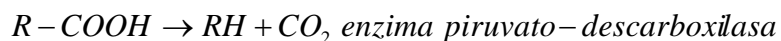
- b) **Isomerasas:** Catalizan las reacciones en las cuales **un isómero se transforma en otro**, es decir, reacciones de isomerización. Puede, por ejemplo, transformar una molécula de glucosa en una de galactosa o de fructosa catalizan reacciones de isomerización.



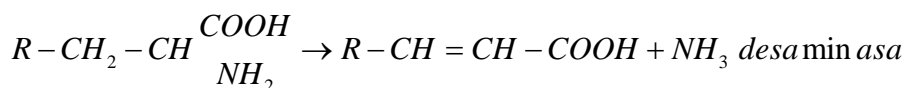
- c) **Ligasas o sintetisas:** catalizan la unión de moléculas, en reacciones de síntesis. Se producen en el anabolismo.



- d) **Liasas:** Catalizan las reacciones de **adición y separación de grupos funcionales sin la intervención de agua, mediante la formación o eliminación de dobles enlaces**. Son enzimas que provocan o bien la rotura de enlaces C-C, C-N o C-O, sin intervención del agua y apareciendo con frecuencia dobles enlaces, o bien añaden grupos (CO_2 , H_2O , $-NH_2$) a moléculas con dobles enlaces. Aquí nos podemos encontrar:

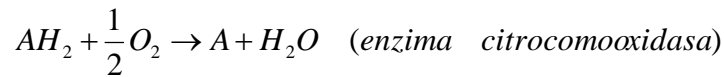
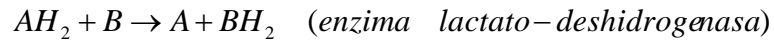


(es una carboxilasa ya que rompe enlaces C - C)

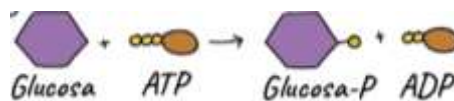
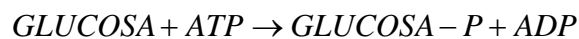
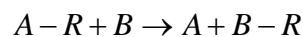


(rompe enlaces C - N)

- e) **Oxidoreductasas:** Catalizan reacciones de óxido-reducción o redox. La oxidación se produce por una ganancia de oxígeno, pérdida de hidrógeno o pérdida de electrones, y la reducción por la pérdida de oxígeno, ganancia de hidrógeno o ganancia de electrones respectivamente. Ejemplo; la glucosa, oxidasa cataliza la oxidación de glucosa a ácido glucónico.



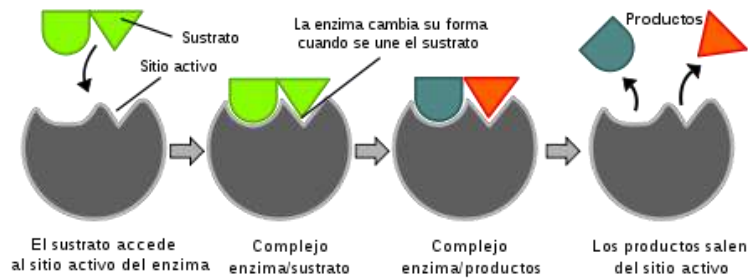
- f) **Transferasas:** Catalizan la **transferencia de un grupo funcional de una sustancia a otra**. Ejemplo: la transmetilasa es una enzima que cataliza la transferencia de un grupo metilo de una molécula a otra. catalizan reacciones de transferencia de diversos grupos funcionales de una sustancia a otra sin que queden libres.



2.1.2. Mecanismo de acción enzimática

La forma de realizarse la acción catalizadora es la siguiente:

1. La enzima se combina con el sustrato formando un complejo con él.
1. A continuación provoca la reacción correspondiente en el sustrato transformándolo en unos productos.
2. Se separan enzima y productos recobrando la enzima su estado inicial pudiendo realizar nuevamente la acción sobre otra molécula de sustrato (esto explica la escasa cantidad de enzima necesaria para transformar gran cantidad de sustrato).

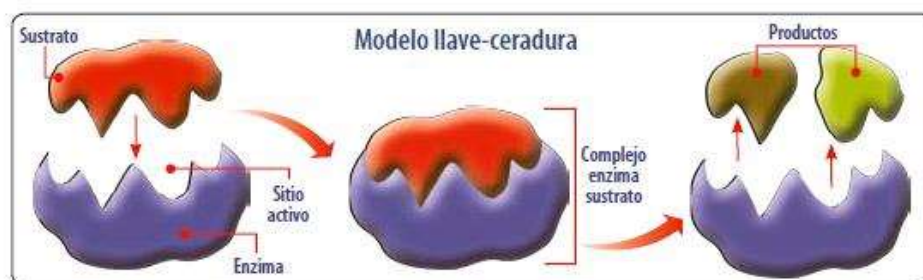


Esta parte de la cadena que recibe el nombre de **centro activo**, está formada por muy pocos aminoácidos, nunca superan la docena, denominados **aminoácidos catalíticos**. Deben situarse muy próximos ya que actúan sobre puntos determinados de la molécula de sustrato. Generalmente, los aminoácidos catalíticos se encuentran muy distanciados en la cadena polipeptídica, pero logran su proximidad gracias a plegamientos que presenta la molécula de la enzima (estructura terciaria).

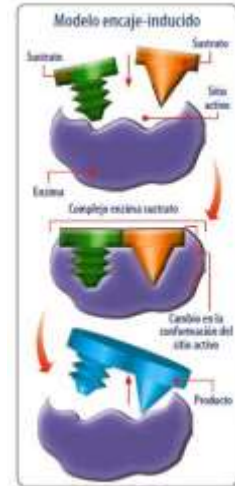
Para que el centro activo pueda realizar su función es necesario que la enzima se fije previamente al sustrato; esta actividad la realizan los llamados **aminoácidos de unión o fijación** al establecer enlaces débiles. A estos aminoácidos es debida la especificidad de la enzima respecto al sustrato (de ellos depende que la enzima se fije o no a un determinado sustrato).

Los investigadores han establecido dos mecanismos básicos que explicarían, de manera dinámica, cómo las enzimas llevan a cabo su función catalítica:

- **Modelo de llave-cerradura:** este modelo plantea una analogía entre la interacción de las enzimas con su sustrato y el funcionamiento de una llave que se complementa específicamente con una única cerradura. Si bien es cierto que este modelo da cuenta de la relación específica entre una enzima y su sustrato, sugiere una interacción "rígida" entre ellos, condición que algunos científicos actualmente cuestionan.



- **Modelo de encaje-inducido:** este modelo sugiere una interacción más flexible y plástica entre la enzima y su sustrato. La idea es que a medida que el sustrato se acerca a la enzima, induce cambios de forma en ella, de manera de “acomodarse” y así establecer la relación específica que caracteriza a esta interacción.



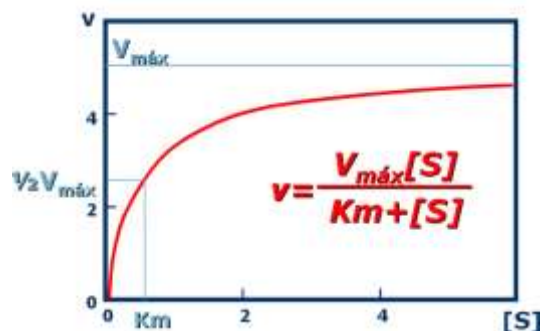
2.1.3. Cinética de la actividad enzimática

En una reacción enzimática con una concentración de enzima constante, al incrementar la concentración de sustrato se produce un aumento de la velocidad de reacción que tienden a reestablecer el equilibrio entre las concentraciones de producto y la de sustrato.

Si va aumentando la concentración del sustrato llega un momento en el que la velocidad de reacción deja de crecer, es decir, llega a su **velocidad máxima** ($v_{m\acute{a}x}$). Esto se debe a que todas las moléculas de enzima están ocupadas y se produce la denominada **saturación de la enzima**. En la mayoría de las enzimas la representación gráfica de estos valores es una hipérbola. A partir de este comportamiento enzimático, **Michaelis y Menten** definieron una constante denominada **constante de Michaelis-Menten (K_M)**, que es la concentración de sustrato a la cual la velocidad de reacción es la mitad de la velocidad máxima. K_m depende de la afinidad que hay entre la enzima y el sustrato.

Basándose en ella, propusieron la siguiente ecuación para poder calcular la velocidad de la reacción enzimática según las distintas concentraciones de sustrato:

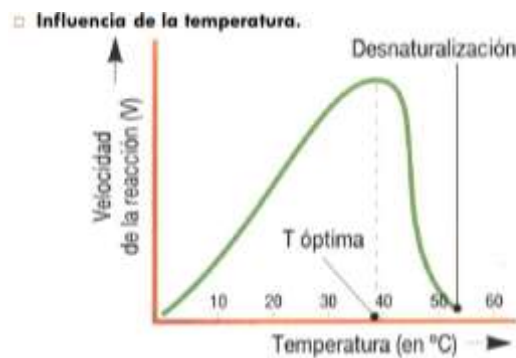
$$v = v_{m\acute{a}x} \cdot \frac{[S]}{K_M + [S]}$$



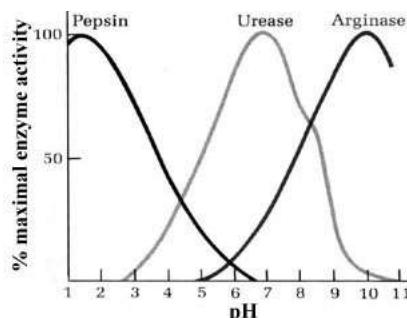
2.1.4. Factores que afectan a la actividad enzimática

La velocidad de reacción conseguida por una enzima, además de depender de la concentración del sustrato, depende de otros factores: la temperatura, el pH y la presencia de inhibidores.

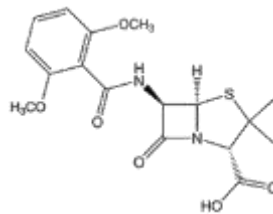
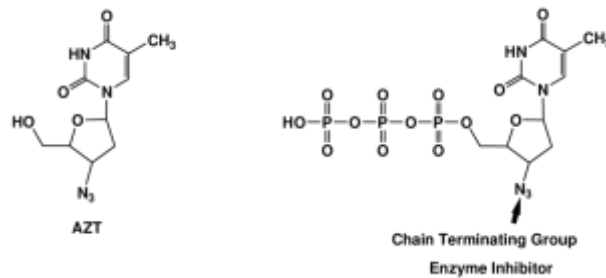
- a) **Influencia de la temperatura:** si a una reacción enzimática se le suministra energía calorífica, las moléculas aumentan su movilidad y el número de encuentros moleculares, por lo que aumenta la velocidad en que se forma el producto. Existe una **temperatura óptima** para la cual la actividad enzimática es máxima. Si la temperatura aumenta aún más, se dificulta la unión enzima-sustrato y a partir de cierta temperatura la enzima se desnaturaliza, pierde su estructura terciaria o cuaternaria si la tiene y, por tanto, pierde su actividad enzimática.



- b) **Influencia del pH:** las enzimas presentan dos valores límites de pH entre los cuales son eficaces; traspasados estos valores, las enzimas se desnaturalizan y dejan de actuar. Entre los dos límites existe un **pH óptimo** en el que la enzima presenta su máxima eficacia. El pH óptimo está condicionado por el tipo de enzima y de sustrato (no es el mismo para todas las enzimas).



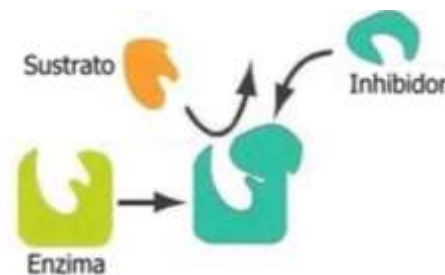
- c) **Inhibidores:** Son sustancias que disminuyen la actividad de una enzima o bien impiden completamente la actuación de la misma. Pueden ser perjudiciales o beneficiosos, como, por ejemplo, la penicilina, que es un inhibidor de las enzimas que regulan la síntesis de la pared bacteriana, por lo que es útil contra las infecciones bacterianas, y el AZT (azidotimidina), que es un inhibidor de la transcriptasa inversa, por lo que retrasa el desarrollo del SIDA.



Molécula de penicilina

La inhibición puede ser de dos tipos: irreversible y reversible:

- **Inhibición irreversible** o envenenamiento de la enzima: tiene lugar cuando el inhibidor o veneno se fija permanentemente al centro activo de la enzima alterando su estructura y, por tanto, inutilizándolo.



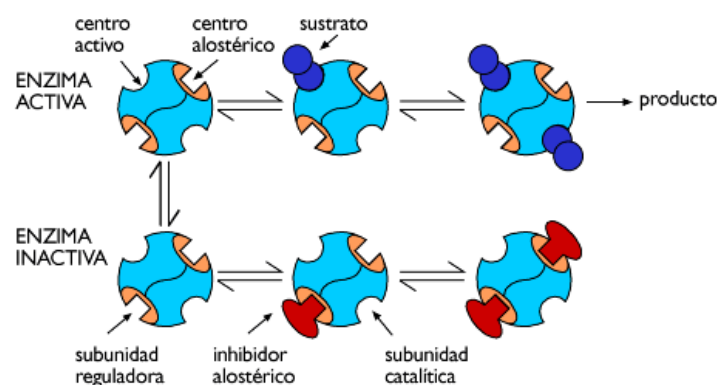
- **Inhibición reversible:** no se inutiliza el centro activo, sino que sólo se impide temporalmente su normal funcionamiento. Existen dos modalidades: competitiva y no competitiva.

- Inhibición competitiva: se debe a la presencia de un inhibidor cuya molécula es similar al sustrato, por lo que compite con éste en la fijación al centro activo de la enzima. Si se fija el inhibidor, la enzima queda bloqueada y el sustrato no puede fijarse hasta que el inhibidor se vaya.
- Inhibición no competitiva: es debida a un inhibidor que o se fija al complejo enzima-sustrato impidiendo su separación, o se une a la enzima impidiendo la reacción del sustrato aunque se una al centro activo.



2.1.5. Enzimas alostéricas

Son enzimas que presentan dos conformaciones diferentes, estables e interconvertibles: una es la **forma activa** que tiene una gran afinidad por el sustrato y la otra es la **forma inactiva** que presenta baja afinidad por el sustrato. Estas enzimas poseen además del centro activo, otro centro llamado **centro regulador o alostérico** donde se puede unir un modulador o regulador alostérico que, puede ser un activador o un inhibidor de la enzima. Si el centro regulador esta vacío la enzima actúa a velocidad normal; si está ocupado por el regulador se producen cambios en la conformación y dependiendo de que sea activador o inhibidor adoptara una forma más o menos activa.



El paso de la forma inactiva a la forma activa se produce al fijarse en el centro regulador un activador alostérico o modulador positivo. El paso de la forma activa a la forma inactiva se produce al fijarse en el centro regulador un inhibidor alostérico o modulador negativo.

Las enzimas alostéricas desempeñan un papel muy importante en la regulación de las reacciones metabólicas.

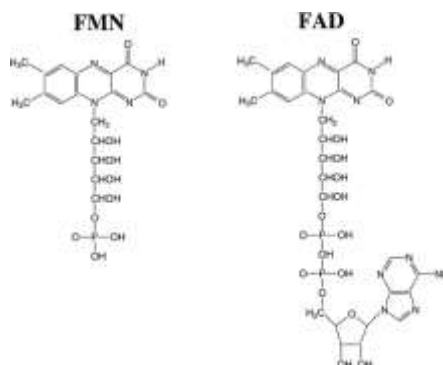
2.1.6. Coenzimas

Las coenzimas son compuestos orgánicos que se unen mediante enlaces débiles y de forma temporal a la apoenzima (inactivo) y forman la holoenzima activo. Las coenzimas son portadores de diferentes grupos químicos, actuando en las reacciones enzimáticas como dadores o receptores de dichos grupos. Se alteran durante la reacción enzimática, pero, una vez acabada se regeneran de nuevo volviendo a ser funcionales. Las coenzimas no suelen ser específicas de un solo tipo de apoenzima. Algunas coenzimas son nucleótidos o derivados de nucleótidos, y pueden tener en su composición vitaminas. Aunque existen muchos tipos de coenzimas los 2 grupos más importantes son:

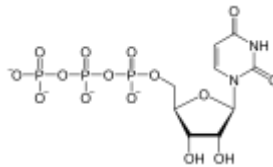
- a) **Coenzimas que intervienen en las reacciones de óxidoreducción:** Actúan transfiriendo H⁺ y electrones de unos sustratos a otros. Aquí se incluyen:

Piridín-nucleótidos: Tienen en su composición vitamina P-P (nicotinamida). En este grupo se incluyen -NAD (nicotinamida-adenina-dinucleótido o nicotín - adenín – dinucleótido) y -NADP (nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato o nicotín-adenín-dinucleótido– fosfato).

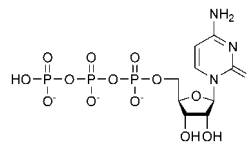
Flavin-nucleótidos: Tienen en su composición riboflavina o vitamina B2. Aquí se incluyen: FMN (flavín - mono – nucleótido) y FAD (flavín - adenín – dinucleótido).



- b) **Coenzimas que intervienen en reacciones de transferencia de grupos químicos:** Los más importantes son los nucleótidos trifosfatos. El más importante de todos es el adenosín trifosfato (ATP) hay otros como CTP, UTP, etc. Estas coenzimas transfieren grupos fosfato, además son importantes por la gran cantidad de energía que acumulan en los enlaces que unen a las moléculas de fosfórico, esta energía se libera cuando estos enlaces se rompen. Coenzima A (CoA-SH). Interviene en la transferencia de grupos acetyl de unos sustratos a otros. Contiene en su composición ácido pantoténico o vitamina B5.



Uridina trifosfato (UTP)



Citidina trifosfato (CTP)

ENZIMAS DIGESTIVAS

ENZIMAS	UBICACIÓN	FUNCIÓN
Ptilina o amilasa salival	Saliva	Inicia catabolismo del almidón
Pepsina Renina o fermento Lipasa gástrica	Jugo gástrico	Proteínas a polipéptidos Coagula la leche Inicia catabolismo de grasas
Tripsina y Quimiotripsina Carboxipeptidasa	Jugo pancreático	Proteínas a polipéptidos Polipéptidos a aminoácidos
Ribonucleasa Desoxorribonucleasa		ARN a nucleótidos ADN a nucleótidos
Lipasa pancreática		Grasas a ácidos grasos, glicéridos y glicerol
Enteroquinasa Peptidasa Sacarasa Maltasa Lactasa	Jugo Intestinal	Tripsinógeno a tripsina Dipéptidos a aminoácidos Sacarosa a glucosa y fructosa Maltosa a glucosa Lactosa a glucosa y galactosa

2.2. VITAMINAS

Clásicamente se definen las enzimas como catalizadores alógenos de los animales, es decir, sustancias activas necesarias para los animales y no sintetizadas por ellos. Como la elaboración de las vitaminas sólo la realizan las plantas, los animales las toman con los alimentos que las contienen. Algunas vitaminas son tomadas por los animales de forma inactiva (**provitaminas**), pudiendo ser activadas por el organismo mediante una sencilla transformación química, por lo que el carácter alógeno de las vitaminas no es absolutamente riguroso.

La importancia vital de muchas vitaminas para los animales se debe a que actúan como coenzimas o forman parte de ellas y al no poder ser sintetizadas es necesario que las tomen con la alimentación para poder construir con ellas las enzimas en las que actúan. Por todo lo expuesto, actualmente no se considera que exista una separación estricta entre enzimas y vitaminas.

Desde el punto de vista químico las vitaminas son sustancias relativamente sencillas de composición muy variada (lípidos, hidrocarburos,...). La falta total de vitaminas en la dieta de los animales ocasiona ciertas deficiencias a nivel funcional y de desarrollo, más o menos importantes, llamadas **avitaminosis o enfermedades carenciales**. Además, tanto el déficit (hipovitaminosis) como el exceso (hipervitaminosis) puede ser perjudicial.



Al igual que las enzimas y hormonas las cantidades necesarias para el correcto funcionamiento del organismo son extremadamente pequeñas. Las vitaminas se designan mediante letras mayúsculas, por la avitaminosis que su deficiencia ocasiona y también por su composición química.

Las vitaminas clásicamente se han clasificado según sean solubles en grasas: **vitaminas liposolubles**, o en agua: **vitaminas hidrosolubles**. En el siguiente cuadro se recogen las vitaminas hidrosolubles y liposolubles junto con sus fuentes naturales, sus funciones y los trastornos que provoca su deficiencia:

VITAMINAS HIDROSOLUBLES

VITAMINAS B1, B2 y B3 Nutren el sistema nervioso Interviene en la transformación de alimentos en energía		VITAMINA B5 Colabora en la producción de hormonas	
VITAMINA B6 Mejora la circulación		VITAMINA B9 y B12 Embarazo y desarrollo del feto Previenen anemia	
VITAMINA B8 Salud de piel, uñas y cabello		VITAMINA C Potente antioxidante	

VITAMINAS LIPOSOLUBLES

	VITAMINA A Salud de la vista Correcto mantenimiento de los huesos, la piel y los dientes		
VITAMINA D Fortalece los huesos		VITAMINA E Antioxidante Salud del corazón	
	VITAMINA K Coagulación		

VITAMINAS HIDROSOLUBLES

NOMBRE	FUENTES NATURALES	FUNCIÓN	TRASTORNOS
Vitamina B₁ , tiamina o vitamina antiberibérica	Envolturas de las semillas de cereales y legumbres	Su forma activa es la coenzima pirofosfato de tiamina (TPP), que interviene en el metabolismo de glúcidos y lípidos	Déficit: provoca el beriberi, degeneración neuronal que provoca debilidad muscular, insuficiencia cardíaca, reflejos lentos, bajo rendimiento intelectual e inapetencia
Vitamina B₂ o riboflavina o lactoflavina	Hígado, riñones, huevos, leche y frutos secos	Forma parte de las coenzimas FAD y FMN que actúan en el ciclo de Krebs y en la cadena respiratoria celular	Déficit: dermatitis, lesiones en labios, lenguas y ojos. Puede aparecer tras el tratamiento con antibióticos que hayan destruido la flora intestinal
Vitamina B₃ o vitamina PP, ácido nicotínico o niacina	Bonito, atún, hígado, pollo, cacahuete, guisantes y judías	Forma parte de la coenzima NAD, que actúa en la oxidación de glúcidos y prótidos, y de la coenzima NADP que actúa en la fotosíntesis	Déficit: produce la pelagra, enfermedad que provoca dermatitis, diarrea y demencia, y puede ocasionar la muerte.
Vitamina B₅ o ácido pantoténico	Pescado, carne, huevos, cereales, legumbres, etc	Forma parte de la coenzima A, que actúa en el metabolismo de ácidos grasos y del ácido pirúvico	No se conocen enfermedades carenciales en los humanos. En ratas produce pelo gris y en los pollitos, dermatitis y acúmulo de grasas en el hígado
Vitamina B₆ o piridoxina	Hígado, riñones, salmón, nueces y avena	El fosfato de piridoxina es una coenzima del metabolismo de aminoácidos como el triptófano	Déficit: provoca dermatitis seborreica con caída del pelo, anemia y trastornos nerviosos, como alteraciones del sueño, irritabilidad, y vértigo. En exceso provoca convulsiones.
Vitamina B₈ o biotina	Hígado, riñones, huevo, soja, almendras y nueces. Puede sintetizarla la flora bacteriana	Forma parte como coenzima de enzimas que transfieren grupos CO ₂	Déficit: provoca dermatitis, anemia y trastornos musculares
Vitamina B₉ o ácido fólico o folacina	Espárragos, espinacas, lentejas, avellanas, hígado, riñón	Interviene como transportador de grupos monocarbonados en la síntesis de purinas y pirimidinas	Déficit: provoca anemia megaloblástica y trombocitopenia
Vitamina B₁₂ o cianocobalamina	Hígado, riñones, sardina, caballa, arenque y leche. También a partir de la flora bacteriana	Interviene como coenzima transportando diferentes grupos en el metabolismo de ácidos nucleicos en la formación de glóbulos rojos (eritropoyesis)	Déficit: provoca anemia perniciosa y trastornos neurológicos. La mayoría de vegetales no pueden sintetizarla, por lo que los vegetarianos estrictos deben obtenerla de su flora intestinal o de yogures
Vitamina C o ácido ascórbico	Abunda en cítricos, hortalizas y en la leche de vaca	Interviene en la síntesis del colágeno	Déficit: su déficit provoca el escorbuto, que se manifiesta con hemorragias, encías sangrantes, caída de los dientes y trastornos digestivos, por lo que pueden aparecer infecciones graves y hasta la muerte

VITAMINAS LIPOSOLUBLES

NOMBRE	FUENTES NATURALES	FUNCIÓN	TRASTORNOS
Vitamina A o antixeroftálmica, incluyendo A ₁ (retinol), A ₂ (retinal) y A ₃	Vegetales como la zanahoria ricos en caroteno, en los aceites del hígado de bacalao, la mantequilla y los huevos	Actúa protegiendo los tejidos epiteliales. Es necesaria para la percepción visual ya que regenera la rodopsina, molécula cuya rotura estimula al nervio óptico	Déficit: favorece la rotura e infecciones de los tejidos epiteliales, la xeroftalmia (engrosamiento y opacidad de la córnea), pérdida de agudeza visual y ceguera nocturna. Exceso: provoca caída del pelo, debilidad, cefaleas y vómitos
Vitamina D , incluyendo la vitamina D ₂ o calciferol y la D ₃ o colecalciferol	Insolación, pescados grasos (salmón, arenque, anguila), huevos, queso, mantequilla e hígado	Regula la absorción del calcio a través de la pared intestinal, favoreciendo la formación y robustez de los huesos	Déficit: origina raquitismo en niños y osteomalacia en adultos, donde los huesos se ablandan y deforman por falta de calcio. Exceso: provoca trastornos digestivos y calcificaciones en riñón, hígado, corazón, etc
Vitamina E o tocoferol	En aceites vegetales, almendras, avellanas, germen de trigo, yema de huevo, carne, hígado y pescado	Actúa como antioxidante impidiendo que el oxígeno destruya los enlaces dobles de los ácidos grasos insaturados	Déficit: puede provocar trastornos intestinales y debilidad muscular.
Vitamina K , incluyendo la K ₁ (filoquinona) y la K ₂ (menaquinona)	En vegetales de hoja verde, pescado	Actúa en la síntesis de la protrombina, precursora de la trombina, enzima necesaria en la coagulación sanguínea	Déficit: aparición de hemorragias

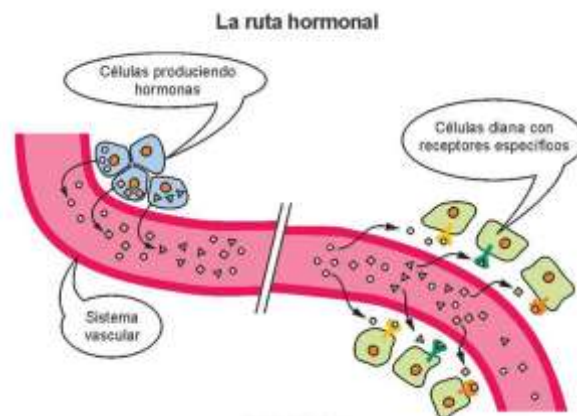
2.3. LAS HORMONAS

Los seres vivos pluricelulares necesitan sistemas que regulen y coordinen la actividad conjunta de sus células. En los animales este control se realiza por el sistema nervioso y por las hormonas, y en los vegetales sólo por las hormonas.



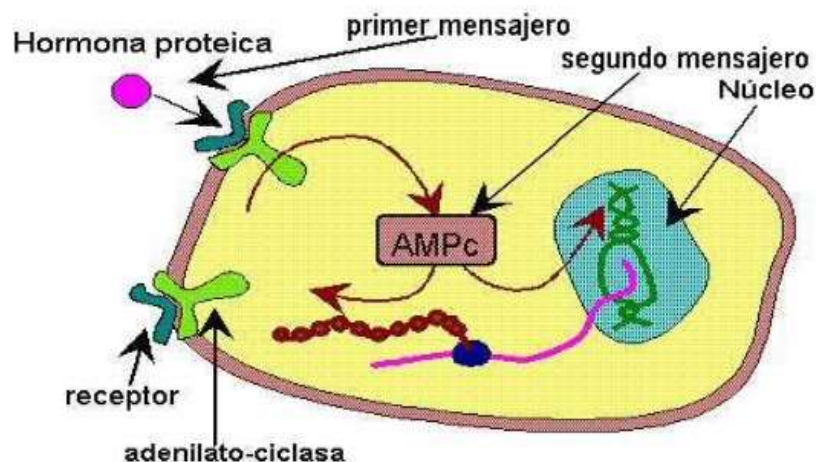
Estas **hormonas** son sustancias químicas producidas por glándulas endocrinas o de secreción interna (vierten sus productos al medio interno: sangre, savia,...).

Las hormonas actúan así como agentes mensajeros químicos. Únicamente actúan sobre su *órgano blanco* u *órgano diana*, pues sólo sus células poseen en la membrana plasmática receptores específicos para aquellas hormonas que pueden influir en la actividad del citado órgano.

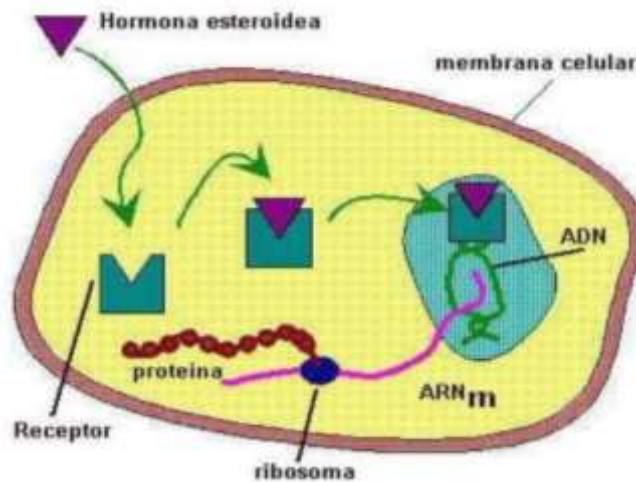


Las hormonas son principalmente proteínas o esteroides, aunque también las hay derivadas de aminoácidos e incluso de ácidos grasos.

- **Las hormonas proteicas** no penetran en el medio interno de la célula del órgano blanco, debido a su elevado peso molecular. Lo que hacen es unirse a su receptor de membrana induciendo la activación de una enzima, por ejemplo, la adenilatociclasa que está asociada al receptor y situada en la cara interna de la membrana.



- **Las hormonas esteroideas**, debido a su bajo peso molecular y su liposolubilidad, atraviesan la membrana plasmática y se difunden en el citoplasma, donde se unen a sus receptores específicos, que las introducirán en el núcleo; una vez en el nucleoplasma pueden desinhibir genes, que al poder ser transcritos, originan moléculas de ARNm que inducirá la síntesis de proteínas al ser traducidos en el citoplasma.



Las hormonas realizan tres funciones principales:

1. estimular la síntesis de determinadas sustancias.
2. regular el metabolismo celular.
3. estimular el crecimiento y la diferenciación celular.

En los animales existe una estrecha relación entre el sistema nervioso y el sistema hormonal, y de hecho, mientras antes se diferenciaba el sistema nervioso del sistema endocrino, en la actualidad se habla de sistema neuroendocrino. Existe una **secreción endocrina** realizada por las glándulas endocrinas que vierten las hormonas propiamente dichas a la sangre, y que afecta al sistema nervioso; y una **neurosecreción** realizada por las neuronas del hipotálamo que producen neurohormonas que van a parar a la sangre y que mediante la hipófisis estimulan la producción de hormonas en las demás glándulas endocrinas.

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Organos diana principales	Efectos principales	Patologías
Adenohipófisis	Hormona del crecimiento humano (hGH) o somatotropina	Higado	Estimula la síntesis y secreción de factores de crecimiento insulinoideos (FCI) en el hígado, músculos, cartilago, huesos y otros tejidos; los FCI fomentan el crecimiento de las células corporales, síntesis de proteínas, reparación de tejidos, lipólisis y aumento de glucemia.	Gigantismo Enanismo Acromegalia
	Hormona estimulante de la tiroides (TSH) o tirotropina	Tiroides	Estimula la síntesis y secreción de hormonas tiroideas.	Mixedema Cretinismo Bocio coloideo nodular Bocio exoftálmico Tirotoxicosis
	Hormona foliculoestimulante (FSH)	Ovarios, testículos	Mujeres: inicia el desarrollo de los oocitos e induce la secreción ovárica de estrógenos Hombres: estimula la producción de espermatozoides en testículos.	Síndrome de Kallmann Supresión hipotalámica Hipopituitarismo Hiperprolactinemia Deficiencia de Gonadotropina Menopausia prematura Síndrome de Swyer
	Hormona luteinizante (LH)	Ovarios, testículos	Mujeres: estimula la secreción de estrógenos y progesterona, ovulación y formación del cuerpo lúteo. Hombres: estimula el desarrollo de las células intersticiales de Leydig en los testículos y su producción de testosterona	Síndrome de Kallmann Supresión hipotalámica Hipopituitarismo Hiperprolactinemia Deficiencia de Gonadotropina Menopausia prematura Síndrome de Swyer
	Prolactina (PRL)	Glándulas mamarias	Aunada a otras, estimula la secreción de leche en las glándulas mamarias	Impulso sexual reducido

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Organos diana principales	Efectos principales	Patologías
Adenohipófisis	Adrenocorticotropina (ACTH) o corticotropina	Corteza suprarrenal	Estimula la secreción de glucocorticoides (principalmente cortisol)	Enfermedad de Cushing
	Hormona estimulante de los melanocitos (MSH)	Piel	Puede estar relacionada con el oscurecimiento de la piel.	Hiperpigmentación
Neurohipófisis	Oxitocina (OT)	Útero, glándulas mamarias	Estimula la contracción de las células de músculo liso del útero durante el parto, y la de células mioepiteliales de las glándulas mamarias para causar la expulsión de leche. Es posible que de ella dependan en parte las sensaciones de placer sexual durante el coito y después de éste.	Durante embarazo, aborto espontáneo.
	Hormona antidiurética (ADH) o vasopresina	Riñones, glándulas sudoríparas, arteriolas	Conserva el agua corporal al disminuir el volumen de orina; reduce la pérdida de agua en el sudor y aumenta la presión arterial al constreñir las arteriolas.	Diabetes insípida
Tiroides	T3 (triiodotironina) y T4 (tetrayodotironina) u hormonas tiroideas de las células foliculares	Higado, adipocitos, vesícula biliar	Aumentan el metabolismo basal, producen el efecto calorígeno (aumentan la temperatura corporal) y mantienen la temperatura corporal normal, estimulan la síntesis de proteínas, aumentan el uso de glucosa en la producción de ATP, incrementan la lipólisis y la excreción de colesterol en la bilis, aceleran el crecimiento corporal y contribuyen al desarrollo del sistema nervioso.	Mixedema Cretinismo Bocio coloideo nodular Bocio exoftálmico Tirotoxicosis

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Órganos diana principales	Efectos principales	Patologías
Tiroides	Calcitonina (CT) de las células foliculares	Huesos	Reducen los niveles en sangre de iones calcio y fosfato, al inhibir la resorción ósea y acelerar la captación de calcio y fosfatos en la matriz ósea	Hipocalcemia
Paratiroides	Hormona paratiroidea (PTH) de las células principales	Riñones, huesos	Aumentan los valores en sangre de iones calcio y magnesio, mientras que disminuye los del fosfato; aumentan la absorción de iones calcio y magnesio de los alimentos; incrementan la resorción ósea, que llevan a cabo los osteoclastos; aumenta la reabsorción de iones calcio y excreción de fosfato de los riñones y estimula la formación de calcitriol (forma activa de la vitamina D)	Osteoporosis Cálculos renales Tetanicización. Hiperparatiroidismo primario
Corteza Suprarrenal	Mineralocorticoides (principalmente aldosterona), de las células de la zona glomerular	Riñones	Aumentan los niveles de iones sodio y contenido de agua en la sangre y disminuyen los de iones potasio	Enfermedad de Addison Síndrome de hipoadosteronismo aislado Síndrome de hipermineralocorticismo
	Glucocorticoides (ante todo, cortisol), de las células de la zona fasciculada	Higado	Aumentan la proteólisis (excepto en el hígado), estimulan la gluconeogénesis y lipólisis, brindan resistencia al estrés, atenúan la inflamación e inhiben las respuestas inmunitarias	Enfermedad de Addison Síndrome de hipercortisolismo

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Órganos diana principales	Efectos principales	Patologías
Corteza Suprarrenal	Andrógenos (en especial, dehidroepiandrosterona [DHEA]), de las células de la zona reticular	Órganos sexuales	Participan en el crecimiento inicial del vello púbico y axilar en ambos géneros; en mujeres, contribuyen a la libido y son fuente postmenopáusica de estrógenos	Pubarquia prematura Pseudohermafroditismo en niñas. Su hiposecreción retarda la aparición de las características sexuales secundarias.
Médula Suprarrenal	Adrenalina y noradrenalina de las células cromafines	Tracto digestivo, corazón, pulmones, hígado, riñones	Producen efectos que intensifican los del sistema nervioso simpático durante el estrés	Arritmia cardiaca Paro cardiaco
Páncreas endocrino	Glucagón, de las células alfa de los islotes de Langerhans	Higado	Aumenta la glucemia al acelerar el desdoblamiento de glucógeno en glucosa, en el hígado; la conversión de otros nutrientes en glucosa, también en el hígado y la liberación de glucosa en la sangre	exceso - hiperglucemia Eritema necrolítico migratorio (NME)
	Insulina, de las células beta de los islotes de Langerhans	Higado	Reduce la glucemia al acelerar el transporte de glucosa a las células, convertir la glucosa en glucógeno y disminuir la glucogenólisis y gluconeogénesis. También incrementa la lipogénesis y estimula la síntesis de proteínas.	Diabetes mellitus Glicosuria Poliurea
	Somatostatina, de las células delta de los islotes de Langerhans	Páncreas	Inhibe la secreción de insulina y glucagón, además de desacelerar la absorción de nutrientes del tubo digestivo	Diabetes
	Polipéptido pancreático, de las células F de los islotes de Langerhans	Páncreas, vesícula biliar	Inhibe la secreción de somatostatina, las contracciones de la vesícula biliar y la secreción de las enzimas digestivas pancreáticas.	Trastornos metabólicos

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Órganos diana principales	Efectos principales	Patologías
Glándula Pineal	Melatonina		Contribuye al funcionamiento del reloj biológico del cuerpo.	Trastorno afectivo estacional
Ovarios	Estrógenos y progesterona	Útero, glándulas mamarias, ovarios	En las mujeres, aunados a las gonadotropinas adenohipofisarias, regulan el ciclo reproductivo, mantienen el embarazo, preparan las glándulas mamarias para la lactación, regulan la ovogénesis y estimulan el desarrollo y mantenimiento de las características sexuales secundarias	Infertilidad Osteoporosis
	Relaxina	Sinfinis del pubis	Aumenta la flexibilidad de la sinfisis del pubis durante el embarazo y ayuda a dilatar el cuello del útero durante el trabajo de parto y el parto	Puede estar relacionada con escleroderma y fibromialgia
	Inhibina	Adenohipófisis	Inhibe la secreción adenohipofisaria de hormona foliculoestimulante	En exceso, detiene formación de ovocitos
Placenta	Gonadotropina coriónica humana (hCG)	Cuerpo lúteo ovárico	Continuación de producción de estrógenos y progesterona para conservar el embarazo	Aborto espontáneo en embarazadas.
	Estrógenos y progesterona	Útero, glándulas mamarias	Mantiene el embarazo y prepara las glándulas mamarias para secretar leche	Aborto espontáneo en embarazadas.
	Somatomamotropina coriónica humana (hCS)	Glándulas mamarias	Estimula el desarrollo de las glándulas mamarias para la lactación	Ausencia de lactación.

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Órganos diana principales	Efectos principales	Patologías
Testículos	Testosterona	Órganos sexuales, huesos, músculos	En el varón, estimula el descenso de los testículos antes del nacimiento, regula la espermatogénesis y promueve el desarrollo y conservación de las características sexuales secundarias	Priapismo. Seudohermafroditismo masculino incompleto. En mujeres, hirsutismo.
	Inhibina	Adenohipófisis	Inhibe la secreción adenohipofisaria de hormona foliculoestimulante	Hipersecreción - Disminución de conteo de espermatozoides
Riñón	Eritropoyetina (EPO)	Médula ósea	Aumenta el ritmo de producción de glóbulos rojos	Trombosis Tromboembolia Accidente cerebrovascular
	Calcitriol	Riñones, tracto gastrointestinal	Participa en la absorción del calcio y fósforo de los alimentos e inhibe la liberación de la hormona paratiroidea	Raquitismo Osteoporosis
Higado	Angiotensina	Vasos sanguíneos	Eleva la tensión arterial y estimula liberación de aldosterona de la corteza suprarrenal	Hipertensión
Piel	Calcidiol	Riñones, tracto gastrointestinal	Forma inactiva de la vitamina D3.	Raquitismo Osteoporosis Hipovitaminosis D
Estómago	Gastrina	Células secretoras y músculos del estómago	Estimula la secreción del jugo gástrico y aumenta la motilidad del estómago	Hipersecreción - Síndrome de Zollinger-Ellison: Ulceración severa en estómago e intestino delgado y episodios de dolor abdominal y diarrea

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Órganos diana principales	Efectos principales	Patologías
Corazón	Péptido natriurético auricular (ANP) y péptido natriurético cerebral	Neurohipófisis, corteza suprarrenal, vasos sanguíneos	Estimula la excreción de sodio en la orina, reduce la presión sanguínea y regula la secreción de vasopresina, renina y aldosterona, hormonas relacionadas por el balance de fluidos corporales	Hipertensión Arritmia cardíaca
Timo	Timosina	Tejido linfático, timocitos	Estimula desarrollo de células T y manutención de otros tejidos linfáticos. Involucrada en el desarrollo de algunas células B.	Retardo puberal
	Factor tímico humoral (THF)	Timocitos	Estimula la diferenciación de los timocitos.	Deficiencias en el sistema inmunológico
	Factor tímico (TF)	Timocitos	Desarrollo y diferenciación de las células T	Deficiencias en el sistema inmunológico
	Timopoyetina	Timo	Reduce las respuestas endocrinas y de conducta durante el estrés experimental; baja los niveles de la timosina	Retardo puberal Deficiencias en el sistema inmunológico
Tejido Adiposo	Leptina	Hipotálamo (centro del hambre)	Suprime el apetito y puede tener efecto permisivo en la actividad de la GnRH y gonadotropinas	Obesidad y sus patologías relacionadas, como Diabetes
	Secretina	Páncreas, vesícula biliar	Estimula la secreción de jugos pancreáticos y bilis	Dispepsia
Hipotálamo*	Péptido insulínotropo dependiente de la glucosa (GIP)	Páncreas endocrino	Estimula la liberación de insulina en las células beta del páncreas	Diabetes tipo 2; se estudia relación con obesidad y resistencia a la insulina

Glándula Endocrina	Hormonas Principales	Órganos diana principales	Efectos principales	Patologías
Hipotálamo*	Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)	Hipófisis	Estimula la producción y la liberación de las hormonas luteinizante (LH) y foliculoestimulante o (FSH).	Síndrome de Kallmann Supresión hipotalámica Hipopituitarismo Hiperprolactinemia Deficiencia de Gonadotropina Menopausia prematura Síndrome de Swyer
	Hormona liberadora de tirotrópina (TRH)	Hipófisis	Estimula la secreción de prolactina (PRL) y la hormona estimulante de la tiroides (TSH)	Mixedema Cretinismo Bocio coloideo nodular Bocio exoftálmico Tirotoxicosis
	Hormona liberadora de somatotropina	Hipófisis	Produce liberación de somatotropina hipofisaria	Gigantismo Enanismo Acromegalia

*Es parte del Sistema Nervioso e integra con el Sistema Endocrino