

TEMA 11. METABOLISMO CELULAR. ENZIMAS Y VITAMINAS

1. Metabolismo.

- ▶ Funciones del metabolismo.
- ▶ Tipos de metabolismos.
- ▶ *Ruta metabólica,*
- ▶ Moléculas que intervienen en el metabolismo.
 - Metabolitos.
 - Nucleótidos.
 - Moléculas energéticas.
 - Moléculas ambientales.

2. Tipos de nutrición

- Fotolitotrofos:
- Fotoorganotrofos:
- Quimiolitotrofos:
- Quimioorganótrofos:

3. Enzimas.

3.1. Concepto de enzima.

3.2. Mecanismo de acción enzimática.

3.3 Cinética de la reacción enzimática

3.4. Cofactores enzimaticos

3.5. Factores que influyen en la actividad enzimática.

3.5.1. Temperatura

3.5.2. pH.

3.5.3. Concentración del sustrato.

3.6. Clasificación de las enzimas.

- Hidrolasas:
- Liasas
- Transferasas
- Isomerasas
- Oxidorreductasa
- Sintetasas

4. Vitaminas

- Avitaminosis
- Hipovitaminosis
- Hipervitaminosis

4.1. Clasificación de las vitaminas

- Hidrosolubles.
- Liposolubles.

1. METABOLISMO.

Se denomina **metabolismo** al conjunto de reacciones químicas que se producen en el interior de la célula. Estas reacciones en su mayoría tienen lugar en el hialoplasma, aunque suelen empezar o terminar en algún orgánulo especializado.

Ya conoces muchas de las reacciones metabólicas de la célula, entre ellas están la duplicación del ADN, la biosíntesis de proteínas; sabes que por hidrólisis las grasas dan ácidos grasos y glicerina, los polisacáridos dan monosacáridos. Pues bien, esto y mucho más es el metabolismo de la célula. También has estudiado que cada reacción se produce gracias a la presencia de una enzima que cataliza esa reacción determinada.

► Funciones del metabolismo.

1. **Obtener energía química del entorno** (bien de los elementos orgánicos nutritivos o de la luz solar), que es almacenada en los enlaces fosfato del ATP.
2. **Transformación de sustancias químicas** externas en moléculas utilizables por la célula.
3. **Construcción de los componentes celulares** (materia orgánica propia: proteínas, ácidos nucleicos, lípidos, polisacáridos,...).
4. **Dstrucción de estas moléculas** para obtener la energía que contienen.

► Tipos de metabolismos.

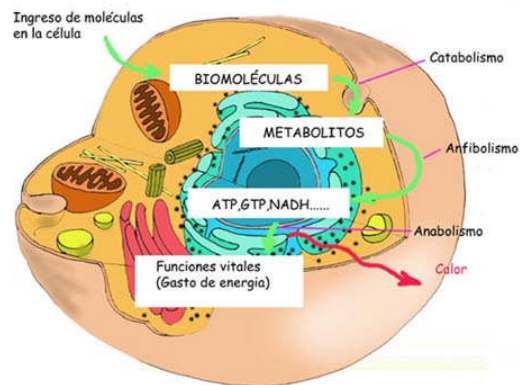
- **Anabolismo.** Son aquellos procesos químicos que se producen en la célula y que tienen como finalidad la obtención de sustancias orgánicas complejas a partir de sustancias más simples con consumo de energía (endergónicas o endotérmicas). Son anabólicos, por ejemplo, la fotosíntesis, la síntesis de proteínas o la replicación del ADN.

- **Catabolismo.** Reacciones de degradación de moléculas complejas que pasan a convertirse en moléculas sencillas. Se trata de procesos destructivos generadores de energía (exergónicas o exotérmicas) que posteriormente se usa en el anabolismo; como por ejemplo: la glucólisis, la beta-oxidación de los ácidos grasos, el ciclo de Krebs, la fermentación láctica, la fermentación acética.

La liberación de energía química de estas moléculas, en general no se pierde, sino que se conserva en forma de enlaces fosfato del ATP. Así pues, la energía química liberada por estas moléculas se transfiere mediante el ATP a las reacciones anabólicas, consumidoras de energía.

La división del metabolismo en anabolismo y catabolismo tiene una finalidad didáctica y no debe inducir a pensar que estos procesos se dan por separado en el espacio o en el tiempo. Las células se encuentran siempre en un proceso constante de autodestrucción y auto-regeneración. El metabolismo hay que considerarlo como una unidad, aunque su complejidad nos obligue a estudiarlo fragmentándolo en las denominadas rutas metabólicas.

► **Ruta metabólica**, es una secuencia de reacciones químicas que relacionan entre sí **metabolitos** (compuestos). Las rutas metabólicas no son independientes entre sí, sino que poseen encrucijadas comunes. Un mismo metabolito, común a dos vías, podrá seguir por una u otra, en función de las condiciones celulares.



Se pueden realizar muchas reacciones en el interior de la célula gracias a que está compartimentada en orgánulos (o áreas de trabajo), realizándose en ellas las distintas rutas de reacciones, sin interferencias.

El metabolismo tiene lugar en gran medida en el **hialoplasma** aunque muchas rutas se inician o acaban en algún orgánulo. Las reacciones metabólicas que ocurren en el hialoplasma son **anaerobias** (no necesitan presencia de O_2) y no degradan por completo los compuestos orgánicos sobre los que actúa. Las moléculas resultantes deben incorporarse después a las **mitocondrias**, donde se degradan completamente, transformándose en materia inorgánica, y liberando gran cantidad de energía.

► Moléculas que intervienen en el metabolismo.

En las rutas metabólicas se necesitan numerosas **enzimas específicas** que van conformando los pasos y productos intermedios de las rutas. Pero, además, son necesarios varios tipos de moléculas indispensables para su desarrollo final:

- **Metabolitos**. Son las moléculas que ingresan en la ruta para su degradación o para participar en la síntesis de otras sustancias más complejas.
- **Moléculas energéticas**. Como ATP y GTP o la Coenzima A que, al almacenar o desprender fosfato de sus moléculas, liberan o almacenan energía.

2. TIPOS DE NUTRICIÓN

Los organismos no se diferencian en la manera de procurarse compuestos inorgánicos del medio, todos los obtienen de una manera directa. En cambio, si se van a diferenciar en cómo van a obtener las sustancias orgánicas. Ciertos organismos las obtienen a partir de sustancias inorgánicas, como el CO_2 , H_2O , NO_3^- , PO_4^{-3} , etc. A estos organismos se les llama **autótrofos**. Otros son incapaces de elaborar los compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos y deben obtenerlos del medio, son los organismos **heterótrofos**.

Los organismos además de materiales necesitan también energía. Cuando la fuente de energía es la luz, el organismo recibe el nombre de **fotosintético**. Cuando la energía la obtienen a partir de sustancias químicas, tanto orgánicas como inorgánicas, los llamaremos **quimiosintéticos**. Combinando la forma de obtener materiales y la de obtener energía, tendremos cuatro tipos básicos de metabolismo:

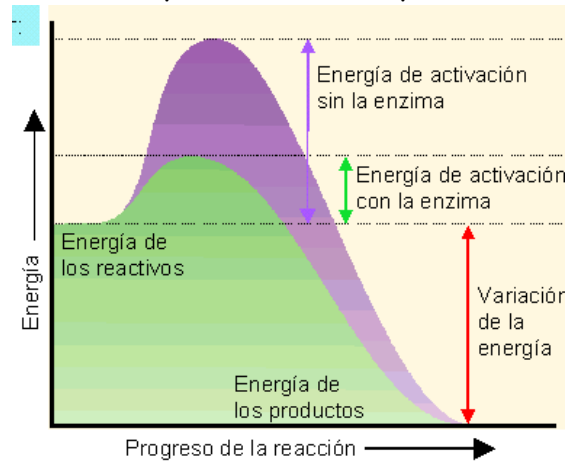
- **Fotolitotrofos:** Obtienen la energía de la luz y los materiales a partir de sustancias inorgánicas. Se les llama también **fotoautotrofos** y **fotosintéticos**. Ejemplo: las plantas verdes.
- **Fotoorganotrofos:** Obtienen la energía de la luz y los materiales de sustancias orgánicas. Este raro tipo de nutrición sólo es propio de ciertas bacterias como las bacterias purpúreas.
- **Quimiolitotrofos:** Obtienen la energía de procesos químicos y los materiales a partir de sustancias inorgánicas. Se les denomina también **quimiosintéticos**. Ejemplo: las bacterias férricas, las sulfurosas y las nitrificantes y nitrosificantes.
- **Quimioorganótrofos:** Obtienen la energía y los materiales a partir de sustancias orgánicas. Se les llama también **quimioheterotrofos**. Ejemplo: los animales y los hongos.

TIPOS DE ORGANISMOS SEGÚN SU METABOLISMO			
		Fuente de Carbono	
		Inorgánico (Litótrofo) AUTÓTROFAS	Orgánico (Organótrofo) HETERÓTROFAS
Fuente de Energía	Sustrato oxidable (Quimiosíntesis)	QUIMIOLITÓTROFOS Bacterias incoloras del azufre, bacterias nitrificantes, bacterias del hidrógeno, bacterias del hierro	QUIMIOORGANÓTROFOS Animales, hongos
	Luz (Fotótrofos) (fotosíntesis)	FOTOLITÓTROFOS <i>Vegetales</i> , cianobacterias, bacterias purpúreas del S, bacterias verdes del S	FOTOORGANÓTROFOS Bacterias purpuras no sulfúreas

3. ENZIMAS.

3.1. CONCEPTO DE ENZIMA.

Las enzimas son proteínas con una función **catalítica**, es decir, proteínas que **regulan las reacciones químicas en los seres vivos**. Permiten que reacciones que nunca podrían producirse o que lo harían a velocidades muy bajas puedan tener lugar y a una velocidad suficiente, a las temperaturas habituales de los organismos. Esto es, actúan facilitando las transformaciones químicas; **acelerando considerablemente las reacciones y disminuyendo la energía de activación** que muchas reacciones requieren. Intervienen en estas reacciones en muy pequeñas concentraciones, ya que no se consumen ni se alteran durante la reacción y pueden, por lo tanto, actuar sucesivas veces.



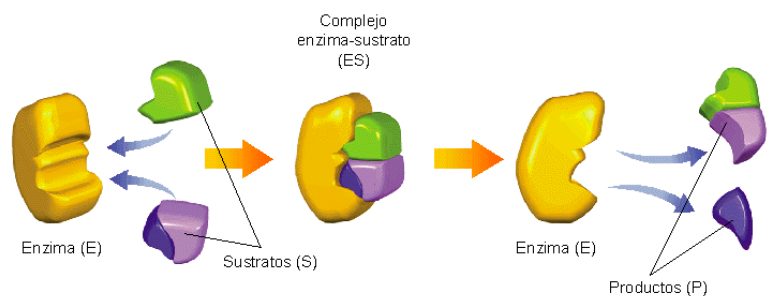
3.2. MECANISMO DE ACCIÓN ENZIMÁTICA.

Las reacciones químicas (incluso las termodinámicamente posibles) no suceden espontáneamente si las moléculas reaccionantes carecen de la energía de activación suficiente. Las enzimas, como catalizadores que son, actúan disminuyendo la energía de activación. El mecanismo de actuación es el siguiente.

Las **enzimas (E)** se unen de manera específica al **sustrato (S)** (molécula sobre la que actúa) como una llave se encaja en la cerradura que le corresponde. Formándose así un complejo transitorio llamado "enzima-sustrato" (**ES**). La unión con el sustrato se realiza en una zona específica de la enzima, que recibe el nombre de **centro activo**.



En un primer paso se forma un **complejo enzima-sustrato (ES)**. Aquí la enzima induce cambios en la molécula de sustrato (ruptura o redistribución de enlaces, cambios en los grupos funcionales, etc.), y conducen a la formación del **producto final (P)** y la **liberación de la enzima (E)**, inalterada, que puede actuar de nuevo.



Características de las enzimas:

1. **Especificidad.** Cada enzima cataliza un solo tipo de reacción, y casi siempre actúa sobre un único sustrato o sobre un grupo muy reducido de ellos. Debido a esta especificidad de las enzimas existen en la célula miles de enzimas diferentes. La especificidad de las enzimas ha llevado a comparar a éstas con llaves y a los sustratos con cerraduras (modelo de la llave y la cerradura).

2. **No forman nunca parte del producto** o productos.

3. Debido a las circunstancias anteriores, **no se consumen.**

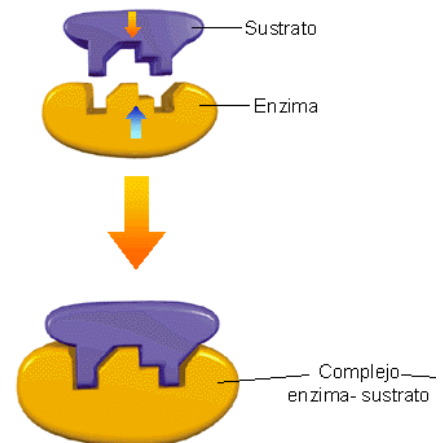
4. **Son necesarios,** por tanto, sólo en una **pequeña cantidad.**

El **centro activo** de una enzima es una zona de la proteína constituido por una serie de aminoácidos. Éstos pueden estar muy alejados entre sí en la estructura primaria, pero cercanos, en cambio, en la terciaria.

De todo lo que acabamos de exponer se desprende que la desnaturalización de la enzima produce su inactivación. Pierde su forma, no existe centro activo, o mejor dicho, está desperdigado, y no existe así la posibilidad de formación del complejo enzima-sustrato.

MODELO DE LLAVE-CERRADURA

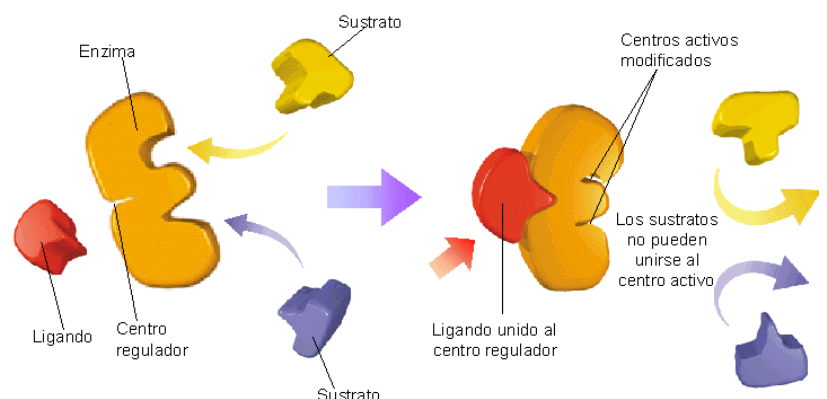
N



3.3. ALOSTERISMO

Existen diversas moléculas, denominadas **ligandos** o **efectores**, capaces de unirse específicamente a la enzima provocando en ella un cambio conformacional. Este cambio origina la transformación entre la forma inactiva de la enzima y la forma funcionalmente activa de la misma, o viceversa. Ambas conformaciones de la enzima son diferentes y estables. Estos ligandos se unen a la enzima en los denominados **centros reguladores**, que son diferentes al centro activo.

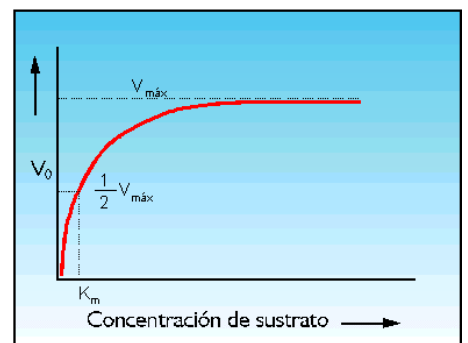
Modelo de inhibición alostérica



Existen ligandos activadores e inhibidores: en general, los **sustratos** de las enzimas suelen comportarse como ligandos activadores, de forma que la unión de una molécula de sustrato a la enzima favorece la unión de más moléculas de sustratos; los **productos** de la reacción, sin embargo, suelen comportarse como ligandos inhibidores, inhibiendo la unión de moléculas de sustrato a la enzima y, por tanto, impidiendo la reacción enzimática. *Estas enzimas que son reguladas por el sustrato y el producto de la reacción se denominan enzimas alostéricas.* El alosterismo supone un importante mecanismo de regulación de la reacción enzimática.

3.4 CINÉTICA DE LA REACCIÓN ENZIMÁTICA

En las reacciones enzimáticas existe un límite en cuanto a la cantidad de sustrato que la enzima es capaz de transformar en el tiempo. La velocidad de la reacción aumenta de forma lineal hasta alcanzar un máximo en el que se produce la saturación de la enzima. En ese momento la velocidad solo dependerá de la rapidez con la que esta sea capaz de procesar el sustrato.



3.5. COFACTORES ENZIMATICOS

Algunas enzimas no son proteínas exclusivamente, sino que están asociadas con otro tipo de moléculas que tienen naturaleza no proteica y de las cuales depende su actividad. Estas asociaciones o enzimas conjugadas se denominan **holoenzimas**; las moléculas con las que se asocian, **cofactores**, y la proteína de la enzima, **apoenzima**.

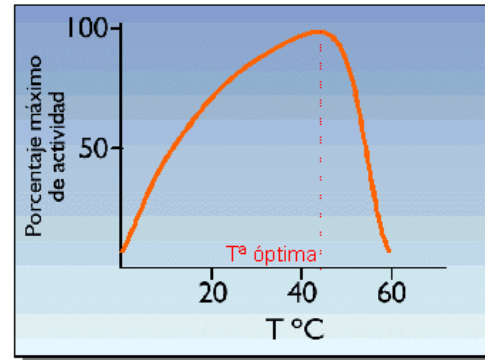
$$\text{holoenzima} = \text{cofactor} + \text{apoenzima}$$

Los cofactores tienen diversa naturaleza, y pueden ser:

- **Cationes metálicos**, como Zn^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} o Mg^{2+} , que se unen al apoenzima o regulan su activación.
- **Moléculas orgánicas**. Cuando se unen fuertemente a la apoenzima se denomina **grupo prostético**. Se denominan **coenzimas** cuando se unen débilmente a la apoenzima (NAD^+ , FAD^+ , NADP^+ , etc). Aquí se puede señalar, que muchas vitaminas funcionan como coenzimas.

3.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.

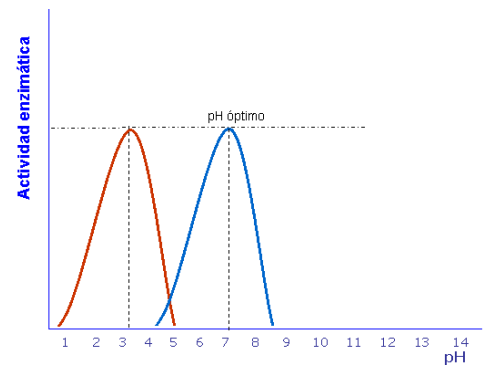
3.5.1. Temperatura. El aumento de la temperatura provoca en las moléculas un incremento de su energía cinética, los movimientos de las mismas son más rápidos, y la frecuencia de las colisiones entre moléculas aumenta, lo que propicia una mayor velocidad de reacción. Se ha comprobado que un aumento de 10 °C puede llegar a duplicar y en ciertos casos a cuadruplicar la velocidad de una reacción.



La temperatura a la cual la actividad catalítica es máxima se llama temperatura óptima. Sin embargo, al ser proteínas, a partir de cierta temperatura, se empiezan a desnaturalizar por el calor, y la actividad enzimática decrece rápidamente hasta anularse.

En general, la temperatura crítica de las enzimas oscila entre los 55 y los 60 °C, aunque las enzimas de algunas bacterias, que viven en aguas termales, llegan a tener temperaturas críticas de 80 a 90 °C.

3.6.2. pH. Cada enzima necesita unos valores límites (máximos y mínimos) para poder desarrollar su actividad. Traspasados estos valores, la enzima se desnaturaliza y pierde su actividad.

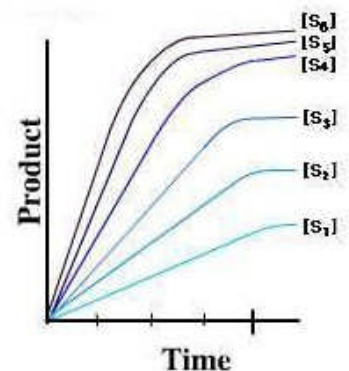


Dentro de estos límites existe, como en el caso de la temperatura, un valor determinado del pH, en el que la enzima desarrolla su actividad máxima, valor al que se le da el nombre de **pH óptimo**, y que varía de unas enzimas a otras.

Así, la pepsina del jugo gástrico posee un pH óptimo de 2, muy ácido, mientras que el pH óptimo de la tripsina presente en el jugo pancreático es de 7'8, ligeramente básico.

La mayoría de las enzimas intracelulares poseen, sin embargo, un pH óptimo cercano a la neutralidad.

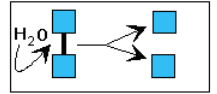
3.6.3. Concentración del sustrato. En toda reacción enzimática, si se incrementa la concentración del sustrato se produce un aumento de la velocidad de formación del producto, tendente a restablecer el equilibrio químico entre la concentración del sustrato y la del producto.



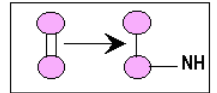
3.7. CLASIFICACIÓN DE LAS ENZIMAS.

Se nombran con el nombre del sustrato sobre el que actúan o bien la acción que realizan, acabado en "asa".

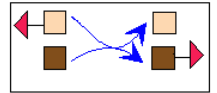
- **Hidrolasas:** Realizan hidrólisis en presencia de agua



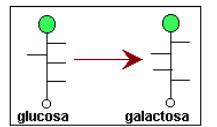
- **Liasas** Catalizan la liberación de grupos funcionales diversos



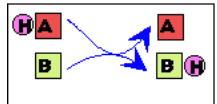
- **Transferasas** Transferencia de grupos funcionales o radicales de una molécula a otra



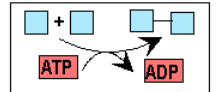
- **Isomerasas** Transforma una molécula en sus isomero.



- **Oxidorreductasa** Catalizan reacciones de oxido-reducción: por medio del hidrógeno, oxígeno o con el transporte de electrones



- **Sintetasas** cataliza la síntesis de moléculas con hidrólisis de ATP



4. VITAMINAS

Las vitaminas son biomoléculas de muy variada complejidad, que pertenecen a varias clases de principios inmediatos.

Las vitaminas son indispensables en la dieta, dado que no pueden ser sintetizadas por los organismos animales, salvo algunas excepciones, como la vitamina B₅. Generalmente, los organismos vegetales son los que las sintetizan, de ahí la importancia de incluirlas en la dieta en las proporciones adecuadas. No obstante, las cantidades diarias requeridas son mínimas, por lo que en los países desarrollados las necesidades vitamínicas están cubiertas siempre que se tenga una dieta diaria variada y completa.

A pesar de ello, la ausencia de vitaminas en el organismo provoca las **enfermedades carenciales**, que producen diversos trastornos metabólicos; se clasifican en:

- **Avitaminosis** o ausencia total de una o varias vitaminas.

- **Hipovitaminosis** o presencia insuficiente de una determinada vitamina en la dieta.

- **Hipervitaminosis** o exceso de vitaminas. Se debe a la acumulación de una o varias vitaminas y a la imposibilidad del organismo de eliminarlas por métodos habituales, como la orina.

4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS VITAMINAS

Las vitaminas se suelen clasificar atendiendo a su solubilidad en el agua. De acuerdo con esto se distinguen dos grupos de vitaminas:

- **Hidrosolubles.** Son solubles en agua y generalmente actúan como coenzimas o precursores de coenzimas. A este grupo pertenecen las vitaminas del complejo B y la vitamina C.

- **Liposolubles.** Son insolubles en agua y solubles en disolventes no polares. Son lípidos insaponificables y generalmente no son cofactores o precursores. En este grupo se encuentran las vitaminas A, D, E y K.

VITAMINAS HIDROSOLUBLES			
Nombre	Fuente	Función	Carencia
Vit. C	Leche, frutas (cítricos) y hortalizas	Interviene en la síntesis de colágeno y el mantenimiento de las mucosas.	Escorbuto, (encías sangrantes, caída dientes, trastornos digestivos, infecciones cutáneas).
Vit. B₁	Envolturas de cereales y legumbres. También bacterias y levaduras.	interviene en metabolismo de glúcidos y lípidos en músculos y neuronas.	Beri-beri: degeneración nerviosa, parálisis, etc
Vit. B₂	Hígado, queso, leche, huevos, vegetales de hojas verdes	Cediendo los electrones del hidrógeno a la cadena de transporte electrónico, cuya finalidad es producir al final ATP en las células.	Detención del crecimiento, cansancio. Dermatitis e irritabilidad de mucosas, labios (resquebrajados)
Vit. B₃	Hongos, levaduras y todas las fermentaciones realizadas por hongos. Abundante en leche y carnes	El NADH interviene cediendo los electrones del hidrógeno a la cadena de transporte electrónico, cuya finalidad es producir al final ATP en las células	Pelagra (vómitos, diarreas, piel áspera y oscura en zonas expuestas al Sol, incluso trastornos nerviosos (perdida de memoria, depresión, confusión, alucinaciones, etc)
Vit. B₈	Bacteria intestinales, chocolate, yema de huevo	Desarrollo de glándulas sexuales, sebáceas y sudoríparas.	Dermatitis, caída del pelo anemia
Vit. B₁₂	Sintetizada por bacterias simbióticas del tracto digestivo de animales	Coenzima de enzimas transferasas de grupos metilo en la síntesis de proteínas y a. Nucleicos. También en la formación de g. Rojos.	Anemia (disminución de g.rojos). Trastornos neurológicos.

VITAMINAS LIPOSOLUBLES			
Nombre	Fuente	Funcion	Carencia
Vit. A o Retinol	Hortalizas verdes, hígado, huevos	Ciclo visual, crecimiento, protección y mantenimiento del tejido epitelial	Ceguera nocturna, desecación epitelial, detención del crecimiento
Vit. D,	Verduras, aceites animales, mantequilla, hígado, huevos	Formación de huesos, dientes y en el funcionamiento de los músculos	Raquitismo en niños y deformaciones óseas en adultos.
Vit. E	Aceites vegetales, indirectamente también en huevos y mantequillas.	Evita la esterilidad, refuerza las paredes de los capilares.	Esterilidad, abortos, envejecimiento celular.
Vit. K	En verduras	Interviene en la coagulación sanguínea.	Hemorragias subcutáneas e intramusculares

5. ENERGÉTICA CELULAR

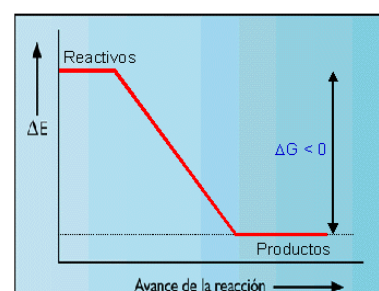
Si no se suministra energía a un proceso natural, este tiende siempre hacia situaciones de **mayor desorden**: los organismos se descomponen, los objetos se rompen, etc.

5.1. Energía libre

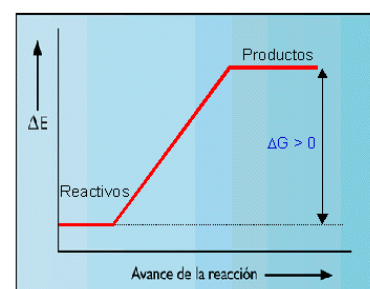
La magnitud termodinámica para estudiar los procesos biológicos y predecir si son energéticamente favorables o no, es la **energía libre (G)** y, concretamente, la **variación de energía libre (ΔG)**.

Según sea el signo de ΔG se puede predecir el comportamiento de cualquier proceso químico:

- $\Delta G < 0$ → La reacción **espontánea**. Los productos de la reacción contienen menos energía libre que los reactivos. Cuando se desprende energía libre, las reacciones se denominan **exergónicas** y entonces en sistema puede realizar trabajo y se produce aumento del desorden.



- $\Delta G > 0$ → La reacción **no es espontánea**. Es, por tanto, energéticamente desfavorable, y requiere la absorción de energía libre (**reacción endergónica**). Los productos de la reacción poseen más energía que los reactivos.



- $\Delta G = 0$ → El sistema está en equilibrio y no hay tendencia a que se produzca reacción

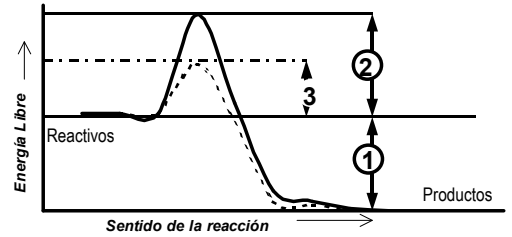
PREGUNTAS PAU

Sep 04 6.- La ingeniería genética ha sido posible, entre otros avances, gracias al descubrimiento y utilización de **enzimas** de restricción.

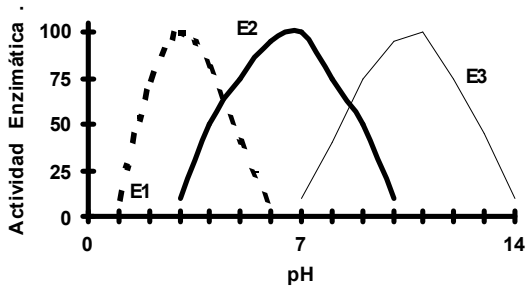
- a.- ¿Cuál es la naturaleza del enzima?
- b.- ¿Qué es una holoenzima?
- c.- ¿Qué se entiende por centro activo?
- d.- ¿Y por especificidad enzimática?

Junio 04 6.- El gráfico muestra la energía de activación en una reacción catalizada o no por una **enzima**.

- a.- ¿A qué tipo de reacción corresponderá cada una de las curvas?
- b.- Explica a qué se refiere la diferencia de energía marcada como 1, 2 y 3



Sept 03 Explica en qué se diferencian: **a)** Las reacciones endérgicas y las exérgicas. **b)** Las reacciones catabólicas y las anabólicas



5.- Jun 03 En la gráfica se representa la variación de la actividad de tres **enzimas** salivares en relación con el pH. **a.-** ¿Se comportan las tres enzimas de la misma manera? **b.-** ¿Cuál es el pH óptimo para cada una? **c.-** ¿Cuál es la naturaleza de las enzimas?