



## Tema 4

### UNIDAD DIDÁCTICA IV: Introducción al Metabolismo.

#### 1. ÍNDICE:

- 4.1.- EL METABOLISMO. CATABOLISMO Y ANABOLISMO.
- 4.2.- EL ATP COMO INTERCAMBIADOR DE ENERGÍA.
- 4.3.- LOS ENZIMAS COMO BIOCATALIZADORES.

#### 2. INTRODUCCIÓN GENERAL A LA UNIDAD Y ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIO

- En esta unidad se intentará que los alumnos/as obtengan una visión general del metabolismo distinguiendo las características, función biológica y ubicación subcelular de las dos grandes vías que lo constituyen (la catabólica y la anabólica), y como el ATP actuaría de intermediario energético entre ambas. Igualmente se intentará explicar la importancia de los enzimas en el propio metabolismo y en su regulación.

#### 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### 4. DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

##### 4.1.- EL METABOLISMO. CATABOLISMO Y ANABOLISMO.

-Concepto de **metabolismo**: conjunto de todas las reacciones bioquímicas, catalizadas por enzimas, que se producen en la célula para obtener materiales y/o energía.

-Funciones:

- 1) Obtener energía del entorno: de la luz solar (fotosíntesis), de reacciones exergónicas y de sustancias orgánicas (a través de su oxidación).
- 2) Convertir los nutrientes exógenos en precursores de las macromoléculas celulares.
- 3) Elaborar tales macromoléculas a partir de los precursores.
- 4) Formar y degradar las biomoléculas necesarias para permitir la actividad fisiológica o funcional de las células.

- Se distinguen dos grandes tipos de rutas metabólicas:

- **Catabolismo**:

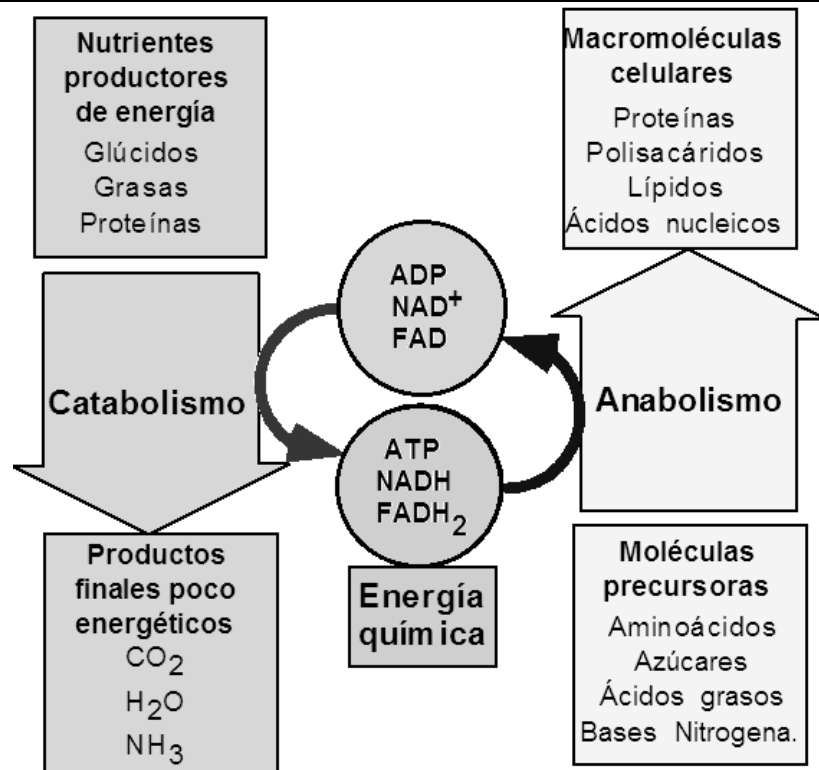
Degradación enzimática de moléculas orgánicas complejas a moléculas sencillas.

Se produce, generalmente, mediante **reacciones de oxidación** (pérdida de electrones), en las que se liberaría energía (exergónicas), parte de la cual se acumularía en forma de ATP.

- **Anabolismo**:

Formación enzimática de moléculas orgánicas complejas a partir de moléculas precursoras sencillas.

Estos procesos se producen por **reacciones de reducción** (ganancia de electrones), que necesitarían un aporte energético (endergónicas), que suministraría el ATP.



### Tipos de metabolismo:

- Todos los organismos pueden obtener materia inorgánica con facilidad, sin embargo, existen distintas formas en las que los organismos pueden obtener **materia orgánica**:

- **Autótrofos**: organismos que obtienen sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , etc. (#).
- **Heterótrofos**: son incapaces de elaborar los compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos y deben obtenerlos del medio como nutrientes.
- Además de materia, los organismos necesitan **energía**:
  - **Fotosintéticos**: aquellos organismos que usan la luz como fuente de energía. Estos organismos son mayoritariamente **autótrofos** (concretamente foto-autótrofos), siendo el mejor ejemplo los vegetales verdes.
  - **Quimiosintéticos**: aquellos organismos que la obtienen a partir de la degradación (oxidación), de sustancias químicas tanto orgánicas como inorgánicas (\*). La mayoría suelen ser **heterótrofos** (o concretamente quimio-heterótrofos), que solo pueden obtener energía de la oxidación de compuestos orgánicos que deben obtener a través de los nutrientes (no pueden sintetizarlos), este sería el caso de los humanos y animales.

(\*) Existen minoritariamente algunos organismos **quimiosintéticos autótrofos** (concretamente quimio-autótrofos), que obtienen energía de la oxidación de compuestos inorgánicos reducidos, aprovechando luego esa energía para sintetizar sus propias sustancias orgánicas a partir de inorgánicas (#). Es el caso de algunas bacterias.

(#).-La obtención de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas es un **proceso catabólico**, y como tal requiere aporte de energía. Solo los organismos **autótrofos**, como los **foto-autótrofos** o los **quimio-autótrofos**, son capaces de convertir sustancias inorgánicas simples en orgánicas complejas, utilizando la energía que procede de la luz o de la oxidación de sustancias inorgánicas reducidas respectivamente.

#### 4.2.- EL ATP COMO INTERCAMBIADOR DE ENERGÍA.

- Como hemos visto, las células pueden **obtener su energía útil** de la oxidación de compuestos orgánicos (quimio-heterótrofos), inorgánicos (quimio-autótrofos), o bien a partir de la luz (foto-autótrofos). La forma de obtenerla es muy compleja en cada uno de los casos y está controlada a través de **secuencias de reacciones catalizadas por enzimas**.

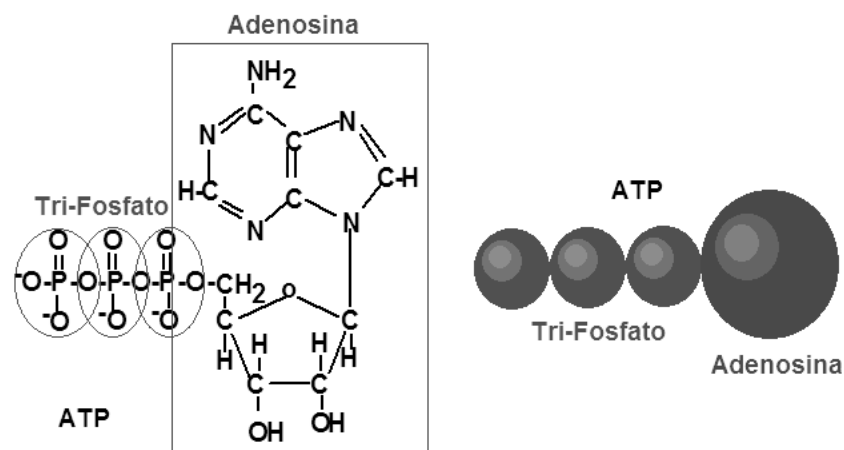
- Las reacciones de síntesis que requieren energía (reacciones que necesitan energía o **endergónicas**), están estrechamente acopladas a las reacciones de degradación que aportan energía (reacciones que liberan energía o **exergónicas**):

*“Las células utilizan constantemente la energía liberada en las reacciones exergónicas del catabolismo para producir las reacciones endergónicas del anabolismo”.*

- El transporte de esta energía útil se puede llevar a cabo de **dos formas**:

##### 1) Transporte de energía en forma de ATP:

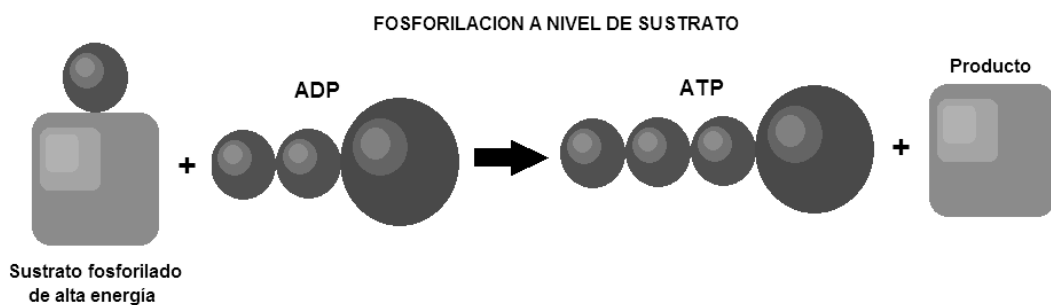
- El ATP (adenosina tri-fosfato), es un nucleótido formado por una base nitrogenada Adenina (A), unida a un azúcar monosacárido ribosa que formarían la Adenosina, y a la que se unirían tres grupos fosfato unidos entre sí por enlaces de alta energía.



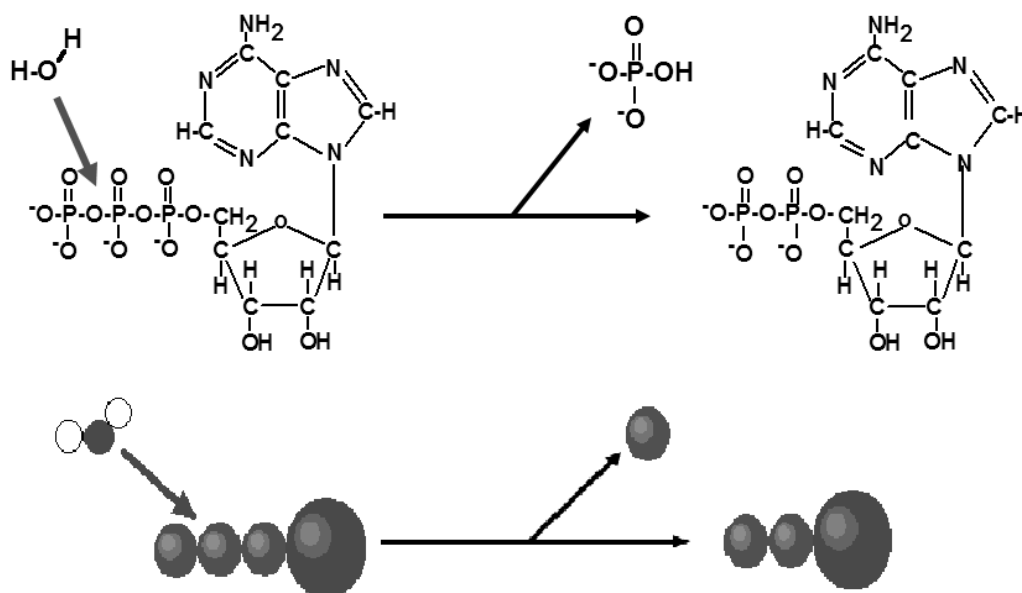
- El ATP es considerado la “**moneda energética**” de los procesos metabólicos, ya que se crea en los procesos que liberan energía (catabolismo), y se gasta en los procesos en los que se necesita energía (anabolismo).

Como molécula intercambiadora de energía cumple las siguientes **características**:

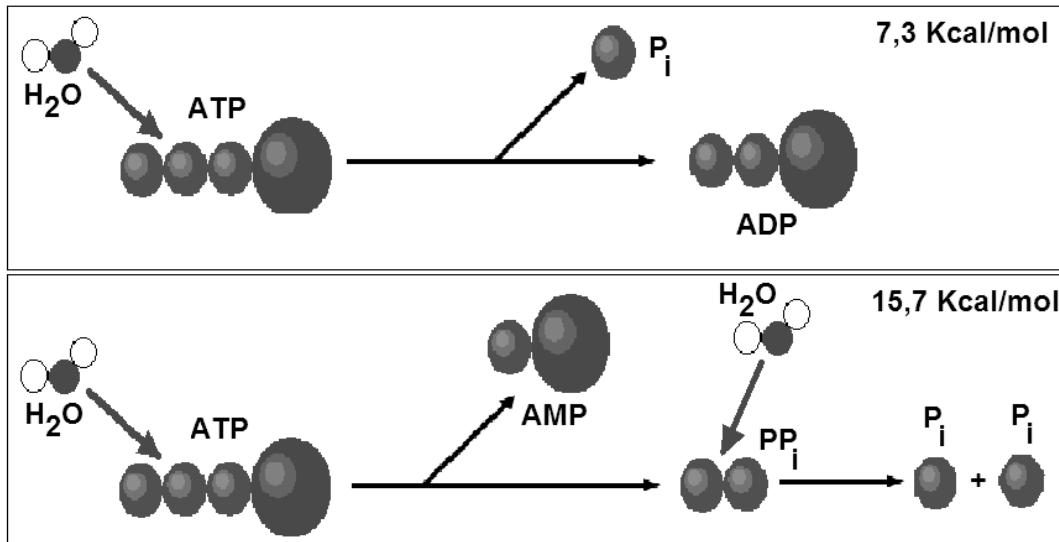
- a) Es la molécula transportadora de energía más abundante en las células.
- b) Algunas reacciones que liberan energía (exergónicas), son catalizadas por enzimas que pueden acoplarlas a la producción de ATP. En muchos casos, esta forma de obtención de ATP supone que una sustancia (sustrato), con un grupo fosfato de alta energía transfiere ese grupo fosfato a una molécula de ADP (adenosina di-fosfato), convirtiéndola en ATP. A esta forma de obtención directa de ATP se la denomina **fosforilación a nivel de sustrato**.



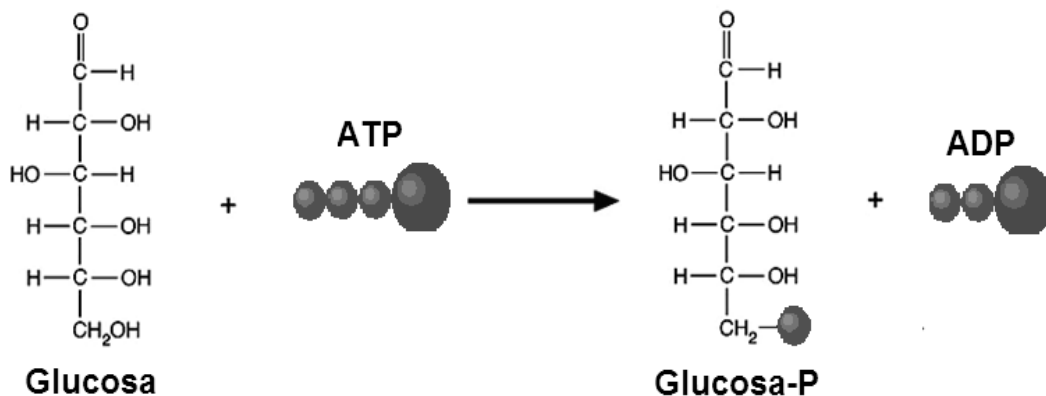
- c) El ATP posee enlaces de alta energía entre sus restos fosfato, y cuando se rompen (se hidrolizan), liberan esa energía (reacción exergónica). Si se acopla por medio de un enzima la reacción de ruptura de ATP (hidrólisis), a otras reacciones que requieran energía (endergónicas), la energía liberada puede impulsar esas otras reacciones (haciendo posible que se produzcan reacciones que de otro modo no serían posibles).



d) La hidrólisis del ATP aporta, en condiciones experimentales, cerca de 7,3 kilocalorías de energía útil por cada mol de ATP. Sin embargo, en algunas ocasiones la hidrólisis de ATP puede utilizar un mecanismo enzimático distinto y aportar más del doble de esa energía (unas 15,7 kilocalorías por mol).



e) El ATP interviene en muchas de las reacciones de transferencia de grupos fosfato en la célula y, por tanto, en la mayor parte de las transformaciones energéticas.



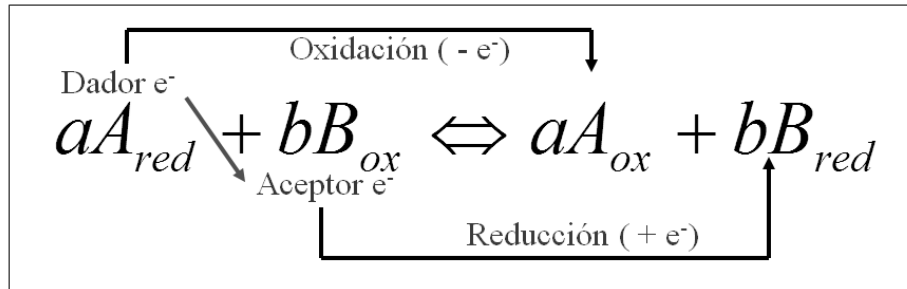
f) Otros nucleótidos como el GTP, UTP, CTP, etc. participan también como transportadores de grupos fosfato ricos en energía.

## 2) Transporte de energía en forma de transporte de electrones:

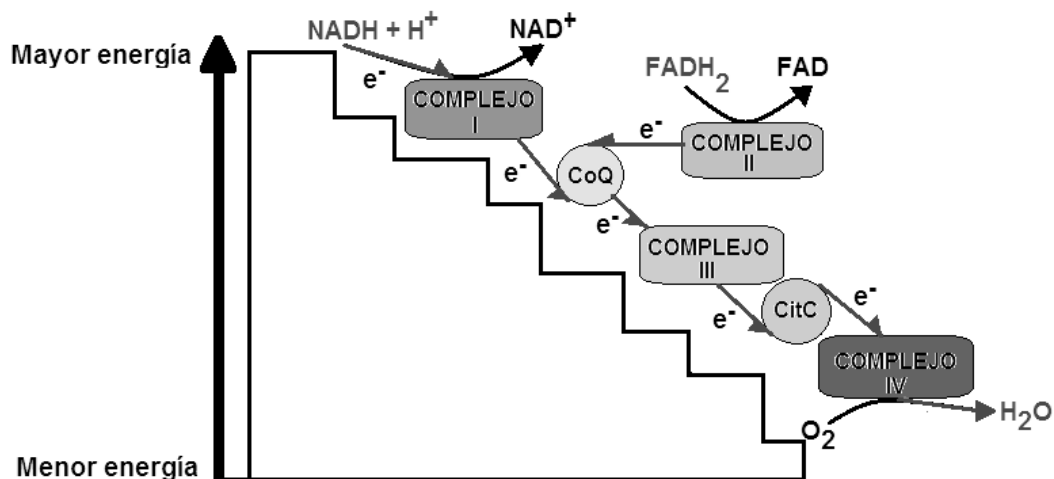
-Como se ha indicado antes, el catabolismo es un proceso en el que las sustancias orgánicas (nutrientes), son oxidados hasta sustancias más sencillas. Algunas de sus reacciones liberan energía (exergónicas), permitiendo producir directamente ATP (fosforilación a nivel de sustrato). Por otra parte **la oxidación supone una pérdida de electrones**, los cuales van a parar a determinadas **moléculas transportadoras de electrones**, la utilización mediante diversos mecanismos de esos "electrones" permitiría obtener más energía de los procesos catabólicos:

-En resumen:

- a) Las reacciones catabólicas al ser procesos de oxidación liberan parte de su energía en forma de electrones.



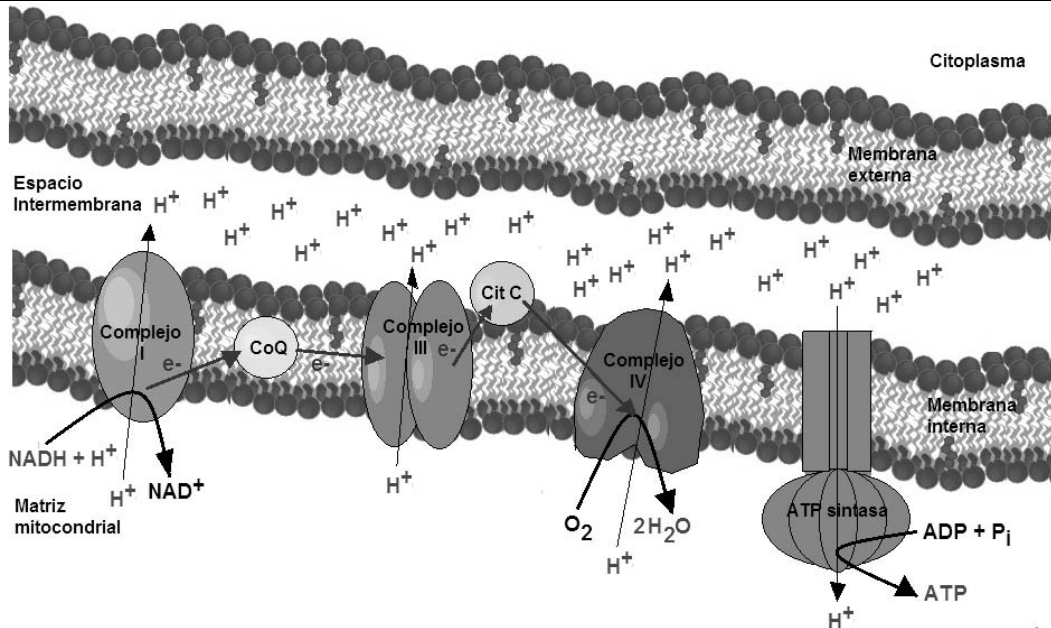
- b) Los electrones energéticos (a veces, forman parte de un átomo de H), pueden ser capturados por transportadores de electrones (citocromos) que, a su vez, pueden cederlos junto con su energía a otras moléculas.



- c) Los transportadores de electrones más frecuentes son: NAD (nicotín-adenín dinucleótido), NADP (nicotín-adenín dinucleótido-fosfato), FAD (flavín-adenín dinucleótido) y FMN (flavín mononucleótido).

- d) El transporte de electrones es un proceso oxidativo en el que se genera energía en forma de gradiente electroquímico de protones  $H^+$  (recordar conceptos de la unidad 3). El aprovechamiento de ese gradiente por mecanismos adecuados permitiría obtener ATP (ver dibujo siguiente). A esta forma de obtener ATP a partir de la energía producida por el transporte electrónico oxidativo se le denominaría **fosforilación oxidativa**, y se estudiará a fondo en la unidad 5 ("respiración celular").

#### Cadena de transporte electrónico y fosforilación oxidativa



#### 4.3.- LOS ENZIMAS COMO BIOCATALIZADORES.

##### - Enzimas:

-Los **enzimas** son catalizadores muy potentes y eficaces que aceleran la velocidad de las reacciones que catalizan. Químicamente suelen ser proteínas (aunque hay excepciones), si bien pueden necesitar complementos orgánicos o inorgánicos para hacer su función.

##### -Características de los enzimas:

- Los enzimas actúan en concentraciones muy bajas, requiriéndose cantidades muy pequeñas de los mismos.
- No se consumen durante la catálisis recuperándose indefinidamente.
- Son muy específicos.
- No alteran el sentido de los equilibrios químicos (cuando una reacción es reversible y catalizada por el mismo enzima, el enzima acelera por igual la ida y la vuelta, con lo que el equilibrio de la reacción se mantiene).
- Aceleran la velocidad de las reacciones en condiciones fisiológicas suaves, al reducir la **energía de activación (\*)** de las mismas, haciéndolas a veces casi instantáneas.

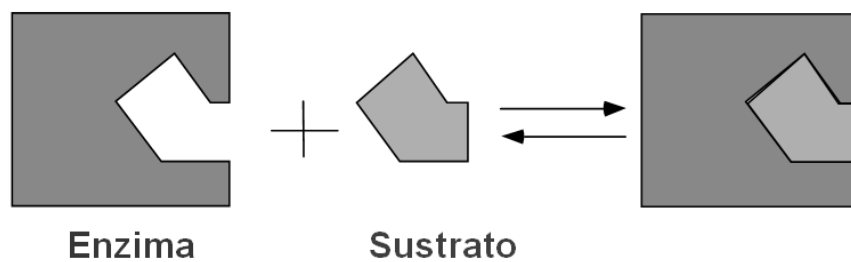
(\*) **Energía de activación:** es la energía necesaria para alcanzar un estado de transición en el que los reactivos o sustratos se conviertan rápidamente en productos. Los enzimas la reducen haciendo que ese estado se alcance mucho más rápidamente aumentando así la velocidad de la reacción.

- En el organismo, su actividad se halla regulada tanto en cantidad como en función.

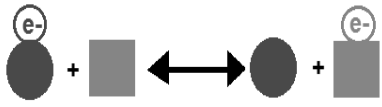

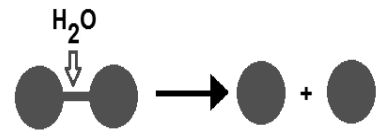
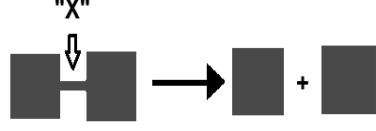
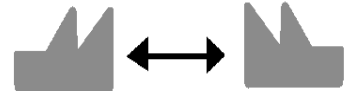

**-Características de la acción enzimática.**

1). **Especificidad:** la característica más sobresaliente de los enzimas es su elevada especificidad. Esta puede ser doble y explica el hecho de que no se formen subproductos:

**-Especificidad de sustrato:** el sustrato (S) es la molécula sobre la que el enzima ejerce su acción catalítica. Los enzimas suelen reconocer un solo tipo de sustrato, llegando a ser tan específicos como una llave a su cerradura.



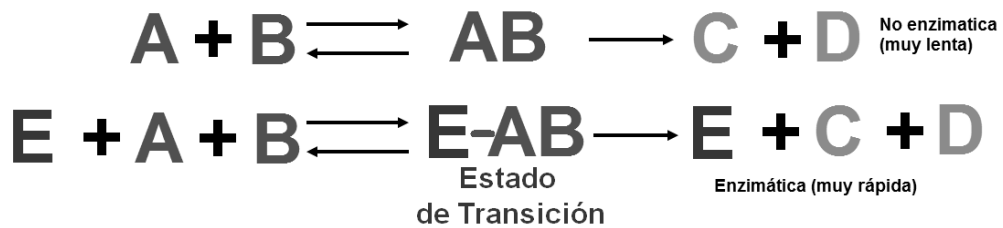
**-Especificidad de acción:** cada tipo de reacción está catalizada por un enzima específico. Un enzima solo puede hacer un tipo reacción y solo ese. Atendiendo a su especificidad de acción se conocen hasta 6 familias de enzimas:

<p>1. Oxidoreductasas</p> 	<p>2. Transferasas</p> 
<p>3. Hidrolasas:</p> 	<p>4. Liasas</p> 
<p>5. Isomerasas</p> 	<p>6. Ligasas</p> 

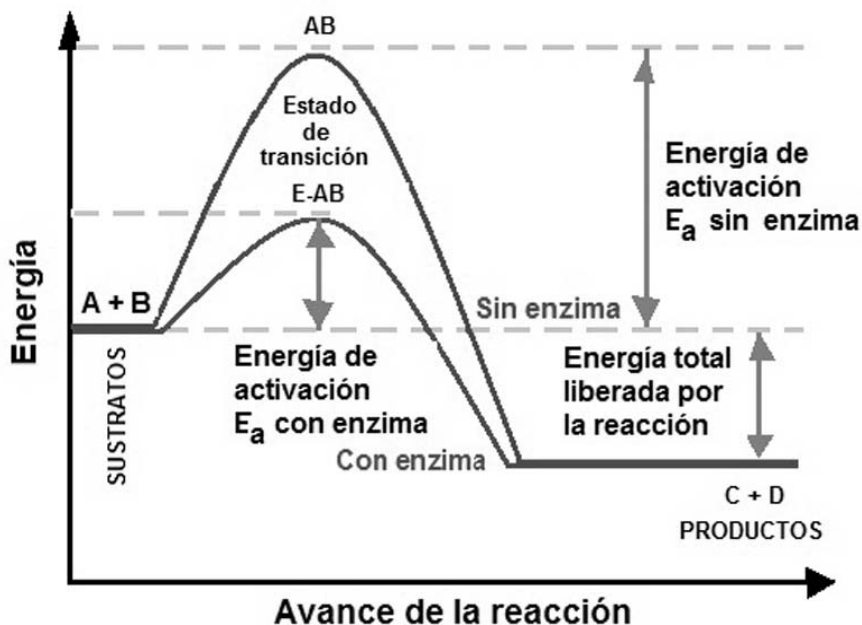
**2). Existencia del estado de Transición:**

- Todas las reacciones tienen un **estado de transición** (incluso en ausencia de enzima), sin embargo este se alcanza más fácilmente (más rápidamente), cuando se forma en presencia del enzima, ya que el enzima ofrece las condiciones óptimas para su formación, reduciendo la energía necesaria para su formación (**energía de activación  $E_a$** ):





- **Energía de activación ( $E_a$ ):** es la energía necesaria para alcanzar un estado de transición en el que los reactivos o sustratos se convierten rápidamente en productos. Los enzimas la reducen haciendo que ese estado se alcance mucho más rápidamente aumentando así la velocidad de la reacción



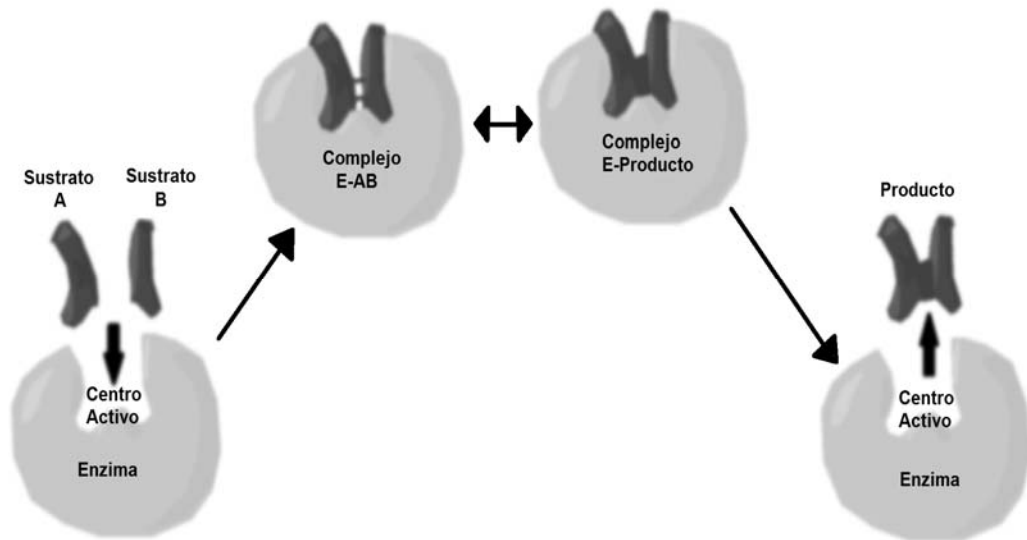
- La acción enzimática se caracteriza por la formación de un complejo que representa el estado de transición (ES), responsable de la reducción de la energía de activación y del consiguiente aumento de la velocidad de reacción.



- El sustrato (S), se transforma en el producto (P), a través de un estado de transición, en el que se rompen determinados enlaces y se forman otros. Este estado siempre está en equilibrio con el sustrato libre y presenta una energía libre superior a este. El estado de transición presenta una energía de activación menor que la necesaria para que se verifique la reacción en ausencia del enzima, por ello se alcanza antes y acelera la velocidad de reacción.

### 3). Existencia de un centro activo: hipótesis de especificidad.

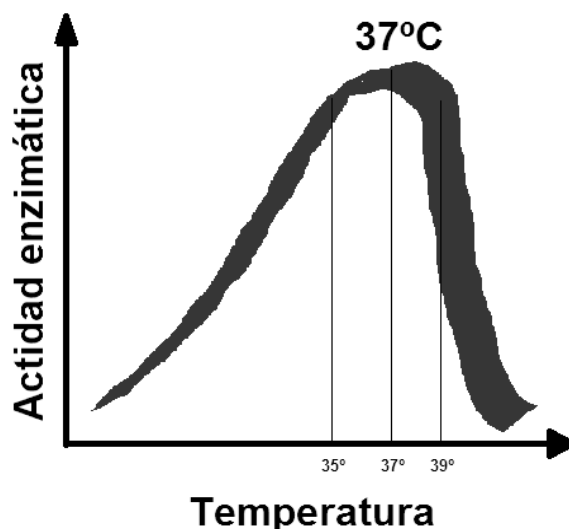
- La proteína al plegarse determinaría el centro activo que sería una cavidad interna o microambiente especial en el que los grupos catalíticos resultarían más reactivos. En el centro activo el enzima (E), establecería una interacción con el sustrato (S).



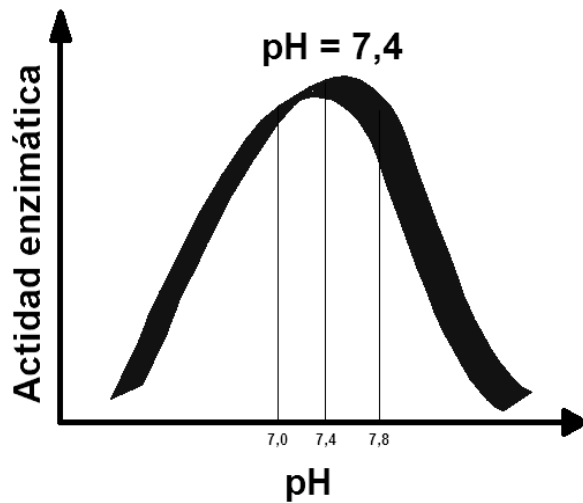
- La unión del centro activo y el enzima sería la base de la especificidad.

### -Factores que afectan a la actividad enzimática:

-Las enzimas son generalmente proteínas y como tales su **función o actividad depende de su estructura nativa** (terciaria o cuaternaria según el caso). En este sentido, todo aquello que modifique la **estructura nativa** del enzima hará que su actividad no sea la óptima. Existen principalmente **2 factores que deben ser estables para que la actividad del enzima sea la óptima:**



**1.-Temperatura:** todos los enzimas tienen un rango de **temperatura óptima** en el que su estructura es la nativa y su actividad es la óptima. Todo aumento o reducción de la  $T^a$  supondría una pérdida de la estructura nativa, con la consiguiente pérdida de actividad:



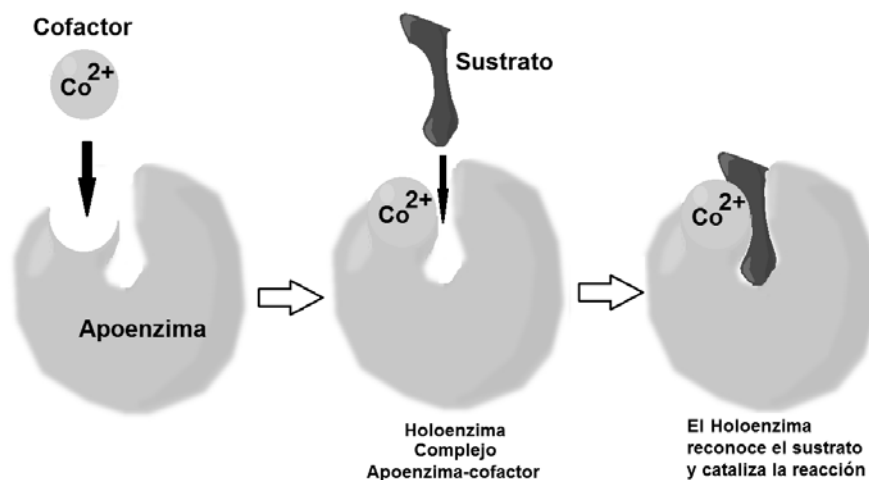
**2.-pH:** las proteínas mantienen su estructura gracias a interacciones entre las cadenas laterales de sus aminoácidos. Estas cadenas laterales, pueden variar su carga eléctrica al modificarse el pH alterando las interacciones y modificando la estructura. Existe un rango de **pH óptimo** en el que las interacciones permiten mantener la **estructura nativa** y, por lo tanto, la **actividad óptima del enzima**. Si el pH aumenta o se reduce supondría una pérdida de la estructura nativa, con la consiguiente pérdida de actividad:

### - Cofactores y Coenzimas:

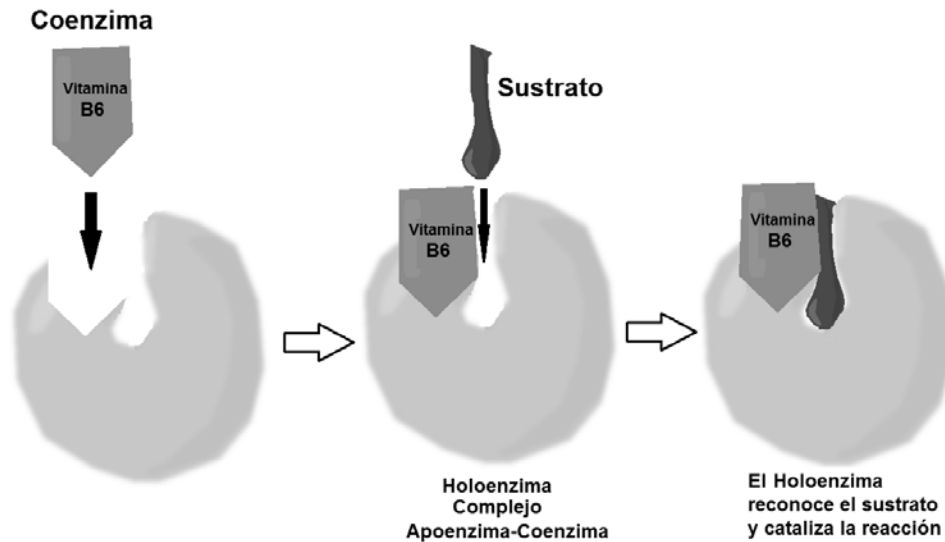
- Algunas enzimas no poseen en su centro activo todos los componentes químicos necesarios para catalizar la reacción, por ese motivo **necesitan la ayuda de determinadas sustancias no proteicas para actuar**.

- A la parte **no proteica del enzima** se la denomina **cofactor**, a la **parte proteica** se la denomina **Apoenzima**, y al conjunto se le denomina **Holoenzima**.

- Muchos **cofactores son iones (iones metálicos), o moléculas inorgánicas**, que normalmente se unen por **enlaces no covalentes**, la unión entre ambos sería reversible pudiéndose encontrar al holoenzima completo (enzima funcional), o bien al apoenzima por separado (enzima no funcional), según el caso.

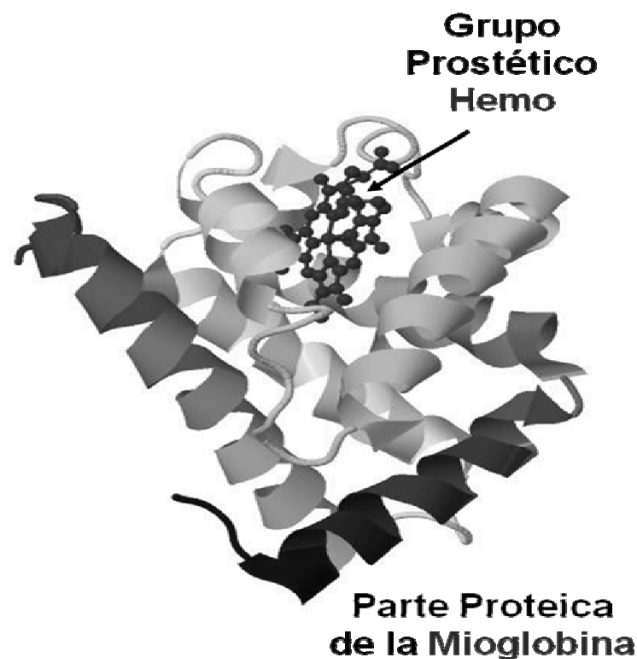


-En otros casos los **cofactores son moléculas orgánicas** (por ejemplo: vitaminas), y en tal caso se denominan **coenzimas**.



- Cuando la unión del **coenzima** al **apoenzima** es **no covalente** la unión entre ambos sería reversible pudiéndose encontrar al holoenzima completo (enzima funcional), o bien al apoenzima por separado (enzima no funcional), según el caso.

-Si la unión entre la **apoenzima** y el **coenzima** es por **enlace covalente**, significa que esta estructura nunca se separaría de la parte proteica y a la estructura se le denominaría **grupo prostético**, llamándose a la apoproteína **grupo proteico**.



### -Regulación de la actividad enzimática.

-Los enzimas son parte constituyente de las vías o rutas metabólicas, la **regulación de estas vías requiere modular la actividad de uno o más “enzimas clave” de las mismas.**

-Los “enzimas clave” son aquellos que intervienen en cualquiera de los dos tipos de etapas clave de las vías:

**a).- Etapas limitantes de la velocidad:** aquellas cuya velocidad es la más lenta de la vía, o en las que el enzima presenta la velocidad máxima menor de la vía.

**b).- Etapas obligadas:** aquellas que constituyen la primera etapa irreversible de la vía, siendo además exclusiva de esa vía.

-El **control de la actividad enzimática** puede realizarse de cuatro modos:

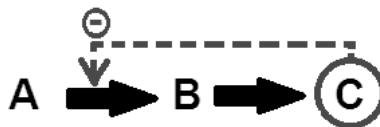
a).- Regulando la cantidad de enzima presente mediante el **control de su síntesis “de novo”** (la síntesis del enzima a partir de su gen).

b).- Controlando el acceso del sustrato a la vía mediante **compartimentación**. Si un enzima está en un compartimento celular, la reacción solo se produce cuando el sustrato entra en ese compartimento.

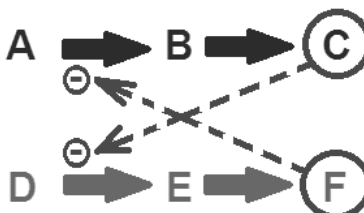
c).- Modificando químicamente los enzimas: **modificación covalente**. La modificación covalente puede ser por fosforilación (unión de grupos fosfato), o por otros sistemas. Esta modificación suele ser resultado de una **señal hormonal** y supone cambios muy fuertes de la actividad del enzima (aumentado o disminuyendo la velocidad en mucho más de 10 veces).

d).- Regulación mediante **inhibidores y activadores**. Este último sistema de regulación, supone la existencia de sustancias capaces de aumentar o reducir la actividad el enzima al unirse a él. Esta última regulación puede actuar sobre **las vías metabólicas de 2 modos**:

**d.1.- Retroinhibición (feed-back):** el producto final de una vía actúa como inhibidor de una enzima de la misma vía.



**d.2.-Regulación cruzada:** el producto final de una vía actúa como regulador de una enzima de otra vía distinta.





## 5. RESUMEN

### 4.1.- EL METABOLISMO. CATABOLISMO Y ANABOLISMO.

-Catabolismo:

-Anabolismo:

### 4.2.- EL ATP COMO INTERCAMBIADOR DE ENERGÍA.

### 4.3.- LOS ENZIMAS COMO BIOCATALIZADORES.

-Enzimas:

- Cofactores y Coenzimas:

-Regulación de la actividad enzimática.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Biología / 2º Bachillerato  
ISBN: 978-84-675-3471-9

Editorial: J. Alcami (y otros)  
SM

BIOLOGÍA: Ed. Bruño (2009). ISBN:  
978-84-216-6443-8

Editorial: Panadero Cuartero (y otros)  
Bruño, S,L.

Biología 2º Bto.  
ISBN: 978-84-982-6473-9

Editorial: Varios Autores  
ECIR

Biología  
ISBN: 978-84-977-1545-4

Editorial: Juan Manuel Velasco (y otros)  
EDITEX

Biología / 2º Bachillerato  
Método @pruebas  
ISBN: 978-84-481-6708-0

Editorial: Fernández (y otros autores)  
McGraw-Hill

- Cualquiera de los libros recomendados actualmente en los institutos para la asignatura de Biología de 2º de Bachiller.

## 7. ACTIVIDADES

- Explicaciones de aula.
- Discusiones y debates.
- Planteamiento de trabajos en la biblioteca, buscando información (en libros, revistas, periódicos...) sobre los diversos temas.
- Consultar ciertas webs especializadas de Biología.
- Ayuda mediante el correo electrónico.

## 8. GLOSARIO

**-Metabolismo:** conjunto de todas las reacciones bioquímicas que se producen en la célula.

**-Catabolismo:** degradación enzimática oxidativa de moléculas orgánicas complejas a moléculas sencillas para la obtención de energía.



# BIOLOGIA

CURSO PAU25

- Anabolismo:** formación enzimática reductiva de moléculas orgánicas complejas a partir de moléculas precursoras sencillas. Necesita aporte de energía.
- ATP:** adenosina trifosfato. Molécula que contiene enlaces de alta energía de modo que su formación a partir requiere energía que quedaría almacenada en sus enlaces, mientras que la rotura de dichos enlaces liberaría energía, pudiendo por lo tanto actuar como intercambiador de energía.
- Catalizador:** sustancia capaz de acelerar la velocidad de una reacción sin consumirse durante el proceso.
- Enzima:** catalizador muy potente y eficaz, químicamente de naturaleza proteica y que suele actuar en reacciones biológicas.
- Estado de transición:** estado intermedio en el que se favorecen las interacciones necesarias para que un sustrato se convierta rápidamente en producto.
- Energía de activación ( $E_A$ ):** energía necesaria para alcanzar el estado de transición.
- Especificidad:** es la característica más sobresaliente de los enzimas y puede ser especificidad de sustrato ó especificidad de acción.
- Centro activo:** cavidad interna o micro-ambiente especial del enzima en el que los grupos catalíticos resultarían más reactivos y donde se establecería una interacción con el sustrato (S).
- Apoenzima:** parte proteica de un enzima que necesita una parte no proteica o cofactor como verdadero centro catalítico activo del enzima.
- Cofactores:** sustancias no proteicas que serían imprescindibles como grupo catalítico en el centro activo del enzima.
- Holoenzima:** enzima funcional completo formado por una parte proteica o Apoenzima y una parte no proteica o cofactor.
- Coenzimas.** moléculas orgánicas no proteicas que actuarían como verdadero centro catalítico activo del enzima (por ejemplo: las Vitaminas).
- Grupo prostético:** moléculas orgánicas no proteicas unidas covalentemente a la apoproteína que actuarían como verdadero centro catalítico activo del enzima.

## 9. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

- Durante el desarrollo de la clase el profesor interrogará frecuentemente a los alumnos con la finalidad de evaluar los conocimientos adquiridos y su propia labor con la finalidad de detectar los errores en el aprendizaje y en la enseñanza.

## 10. SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN