

EL METABOLISMO Y LAS ENZIMAS

1. EL METABOLISMO

1.1. EL CONCEPTO DE METABOLISMO

El **metabolismo** es el conjunto de **reacciones químicas** catalizadas por **enzimas** que se producen en una **célula** u **organismo**.

Están coordinadas por el **sistema nervioso central** o bien por **tropismos**: *respuestas a agentes externos*

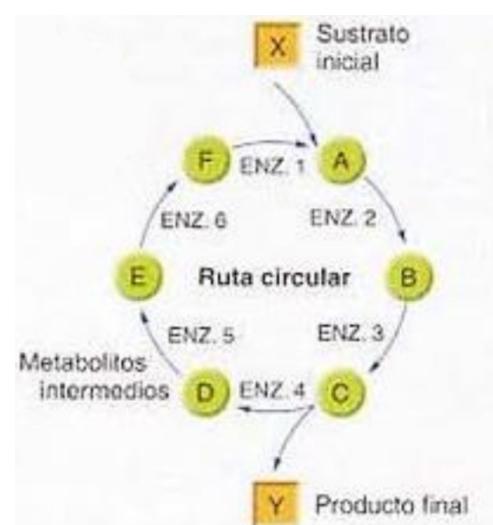
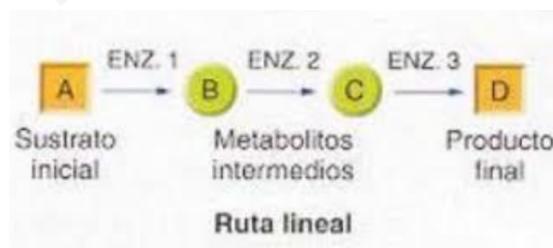
Distinguimos:

- **Anabolismo**: *construcción moléculas complejas*
- **Catabolismo**: *degradación " " " " moléculas sencillas*

Características generales:

- Las reacciones están catalizadas por **enzimas**.
- Las reacciones están **reguladas** y **coordinadas**: *hormonas*
- Las **reacciones metabólicas** están generalmente ordenadas en **series o secuencias**: *vías metabólicas*
- El metabolismo de las células eucariotas presenta un elevado grado de **compartimentación**: *partes*
- Algunos procesos metabólicos tienen lugar fuera de la célula: *degradación almidón especializadas (saliva)*
- Se define como **vía metabólica** al conjunto de reacciones donde **un sustrato (S) acaba en un producto (P)**.
- Las reacciones metabólicas pueden ser:

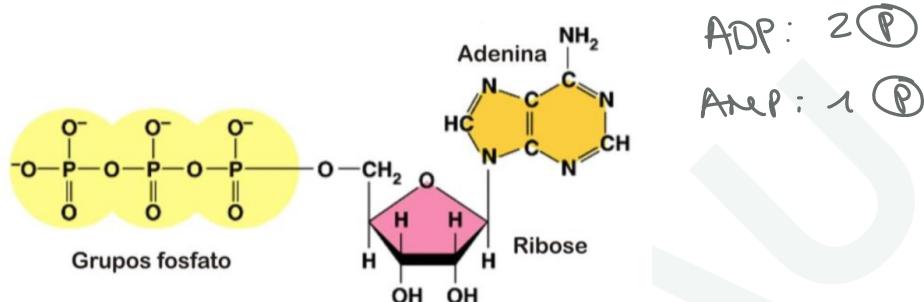
- **Lineales**: *glicólisis*
 - **Cíclicas**: *ciclo de Krebs*
- respiración celular*



1.2. EL ADENOSÍN TRIFOSFATO (ATP)

El **ATP** es un nucleótido de gran importancia en el metabolismo. Sus principales características son:

- Composición química: $3 \text{ P} + \text{riboza} + \text{adenina} \Rightarrow \text{ATP}$



- **Función:** moneda energética
- **Funcionamiento en la transferencia de energía:** $\text{ADP} + \text{Pi} + \text{energía} \Rightarrow \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$
- **Síntesis en la célula animal:** mitocondrias (fotofosforilación oxidativa)
- **Síntesis en la célula vegetal:** mitocondrias y cloroplastos (fotofosforilación)

1.3. TRANSPORTADORES DE ELECTRÓNESES

En el metabolismo, hay reacciones de oxidación-reducción en las que se transfieren electrones en forma de átomos de hidrógeno, es decir, asociados a un protón (H^+).

Existen nucleótidos, como el **NAD**, el **NADP** i el **FAD**, que actúan como **coenzimas** en reacciones de oxidación-reducción, funcionando como **transportadores de electrones** (hidrógenos). De este modo, se pueden encontrar tanto en su **forma oxidada** (NAD^+ , NADP^+ , FAD^+) como en su **forma reducida** (NADH , NADPH , FADH_2). En este caso, habrán captado átomos de hidrógeno liberados por las moléculas que se oxidan i los transfieren a las **moléculas aceptoras**, que se reducen. Esta transferencia **libera una gran cantidad de energía** que está **almacenada en los enlaces** de los cuales formaban parte.

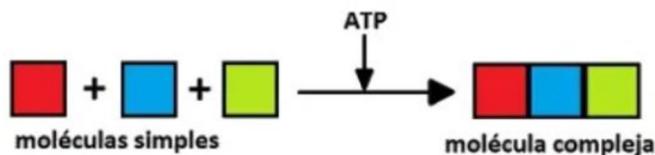
1.4. EL ANABOLISMO

Denominada también **fase constructiva** o **biosintética**.

Es el conjunto de reacciones y procesos metabólicos, generalmente de **reducción**, en los cuales se **sintetizan moléculas complejas** a partir de **moléculas más senzillas** (inorgánicas u orgánicas).

La **reducción** consiste en que una molécula senzilla **coja H⁺** (que provienen de la oxidación del NAD y el FAD) y electrones, junto con otras moléculas, y se **convierta** en una **molécula más compleja**.

Son procesos **divergentes** (un mismo sustrato puede originar diferentes productos) y **endotérmicos** (consumen **ATP** i oxidan **NADH o NADPH**).



Podemos distinguir entre:

- **Anabolismo heterótrofo:**

- Se da en **todas las células** y organismos, tanto si son **autótrofos** como **heterótrofos**.
- **Necesita energía**, la cual es aportada por la **respiración celular**.
- Utiliza **moléculas senzillas** que provienen del catabolismo. → **moléculas complejas**

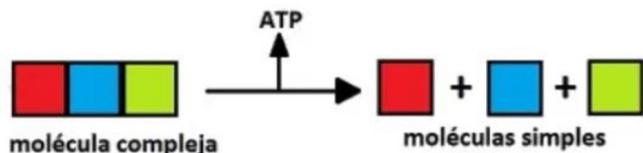
- **Anabolismo autótrofo:**

- Se da en los **organismos autótrofos**: **plantas verdes y algas**
- **Sintetiza moléculas orgánicas simples** a partir de **moléculas inorgánicas**, gracias a la entrada de **energía exterior**. → **U2 solar**
- Ejemplos: **fotoautotrofia y quimiotrofia**.

1.5. EL CATABOLISMO

Denominada también fase degradativa.

Es el conjunto de reacciones y procesos metabólicos de degradación. Se trata de procesos oxidativos (se liberan H^+ y se obtienen NADH) y exotérmicos (se obtiene ATP).



Comprende dos tipos de reacciones o procesos:

- Reacciones de rotura por hidrólisis de polímeros o moléculas complejas con tal de obtener moléculas más senzillas. El objetivo no es obtener energía sino obtener moléculas orgánicas más pequeñas que posteriormente...
 - Serán oxidadas en la respiración celular para obtener energía.
 - Se utilizarán para el anabolismo.
- Procesos catabólicos de oxidación de moléculas orgánicas senzillas, como monosacáridos y ácidos grasos para obtener energía, la cual servirá para realizar funciones biosintéticas, contráctiles y de transporte a través de membrana.

Podemos distinguir tres tipos de catabolismo energético, según cual sea el aceptor final de los H^+ :

- Respiración celular aeróbica: en células eucarizadas y bacterias. A.F: $O_2 \rightarrow H_2O$
- Respiración celular anaeróbica: en algunas bacterias. A.F: Compuesto inorgánico (NO_3^- , SO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$, ...)
- Fermentación: en algunas bacterias y levaduras, en eucariotas. A.F: Compuesto orgánico
 - ↳ alcoholica y láctica.

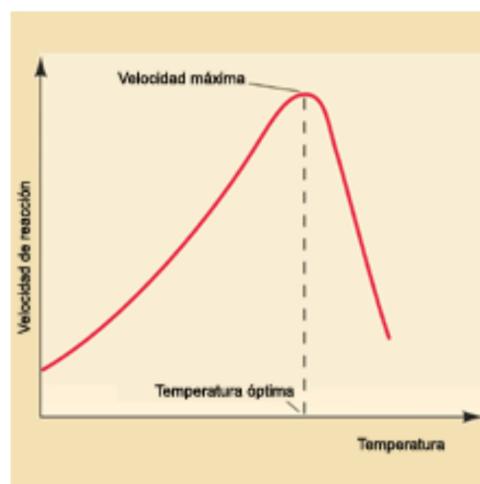
2. LAS ENZIMAS

2.1. CARACTERÍSTICAS

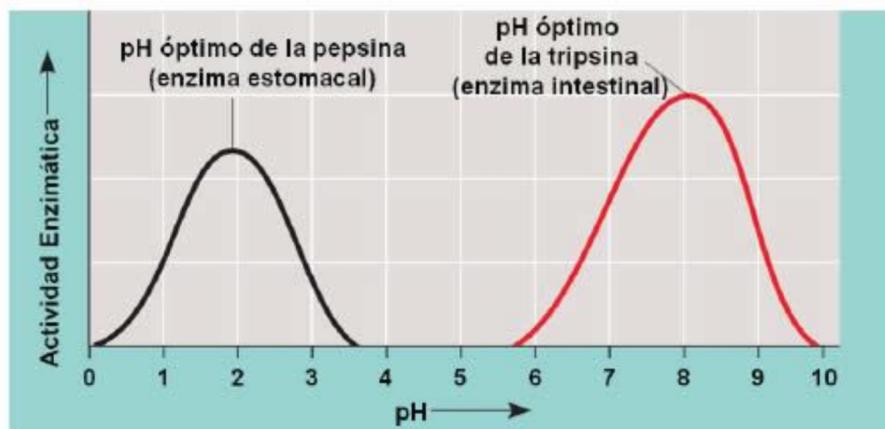
- Se definen como **biocatalizadores** y son los responsables de las **reacciones metabólicas**.
- Son **proteínas globulares solubles** en H_2O que pueden actuar tanto a **nivel intracelular** como a **nivel extracelular**.
- Como catalizadores, **no alteran el producto final** de la reacción, sinó que intervienen en la reacción **sin sufrir ninguna modificación**.
- Son **específicos**: *sólo actúan en 1 tipo de reacción en concreto.*
- Hacen que las reacciones químicas se realicen a **grandes velocidades** en temperaturas bajas.
- Controlan las reacciones donde intervienen evitando un gasto excesivo de energía y sustrato: **regulación**
- Permiten la coordinación de los diferentes procesos metabólicos.

2.2. FACTORES QUE MODIFICAN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

- Temperatura:
 - De modo general, el **aumento de la temperatura** implica un **aumento de la actividad enzimática**.
→ exclusiva de cada enzima.
 - No obstante, existe una **temperatura óptima** donde la **actividad es máxima**. A medida que nos **separamos de esta temperatura**, la actividad disminuye.
 - Si la **temperatura** es demasiado elevada, la **actividad** puede **desaparecer totalmente** porque la enzima se **desnaturaliza**.

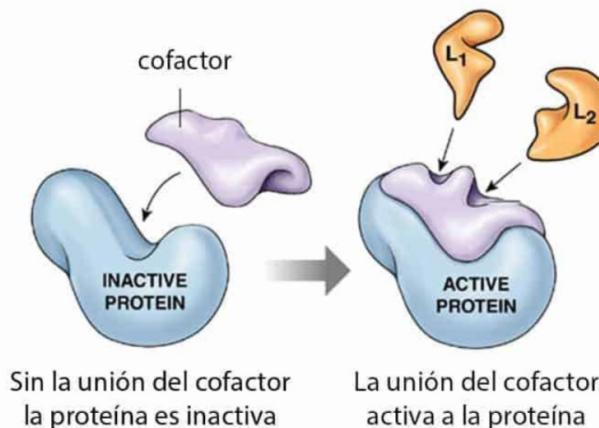


- pH:
 - Parecido al efecto de la temperatura. Existe un **pH óptimo** donde la **actividad es máxima** y a medida que **nos alejamos**, la enzima pierde **eficacia**.
 - El **pH** cambia el grado de ionización de los radicales de los aminoácidos, modificando el **centro activo**.



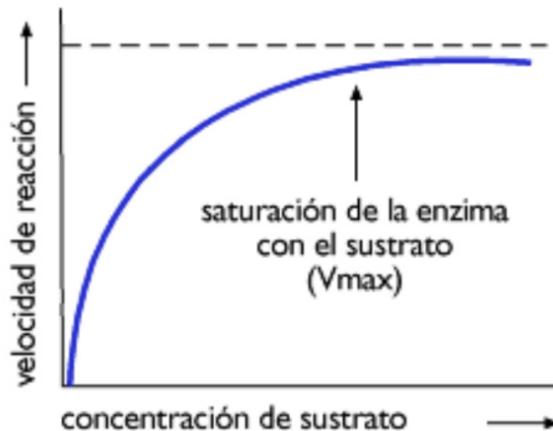
- Cofactores:

- Sin ellos, las enzimas no pueden efectuar su función.



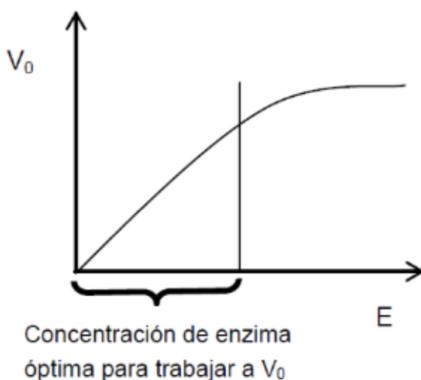
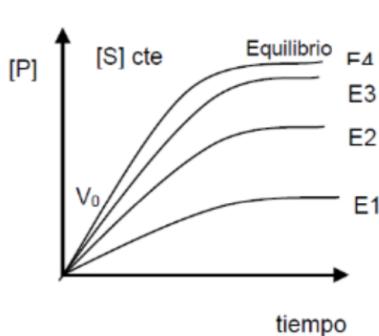
- [S]:

- A una **concentración de enzima constante**, a medida que **aumenta la concentración de sustrato**, **aumenta la velocidad de reacción**, hasta llegar a una concentración donde se produce una **saturación** de la **enzima**: aun que **añadamos más sustrato**, la **velocidad no aumenta**.



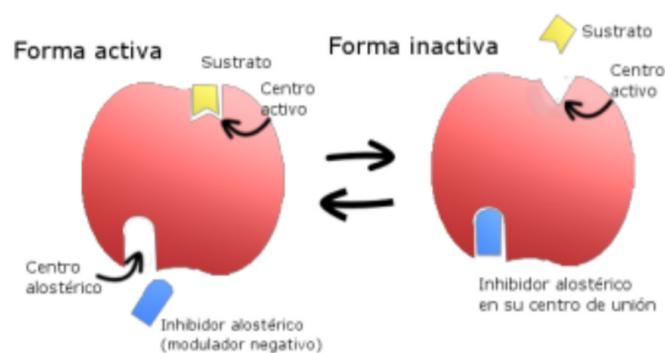
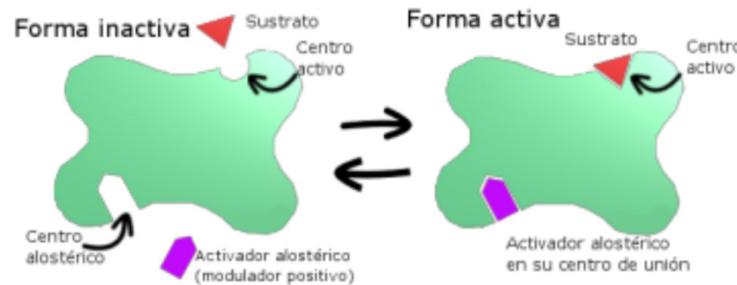
- [E]:

- A una concentración de sustrato constante, a medida que aumentamos la concentración de enzima, aumenta la velocidad de la reacción.



- Alosterismo:

- Estimulación o inhibición de la actividad enzimática debido a la acción de otras moléculas denominadas moduladores. *→ todas las enzimas*
- Las enzimas alostéricas se caracterizan por tener un centro activo y uno o más centros alostéricos (donde se unen las moléculas moduladoras), son muy grandes y normalmente actúan en vías metabólicas.
- Según como sea el modulador, distinguimos:
 - Modulaciones positivas o estimulaciones.
 - Modulaciones negativas o inhibiciones.



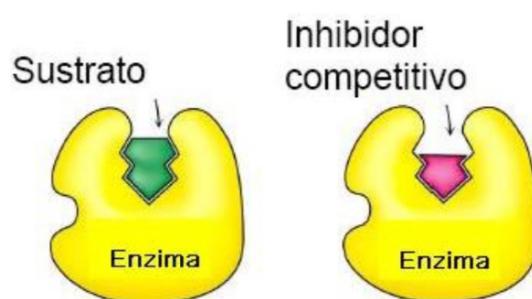
- Inhibición enzimática:

- Pérdida de la actividad enzimática debido a la unión de algunos compuestos llamados **inhibidores** (I).

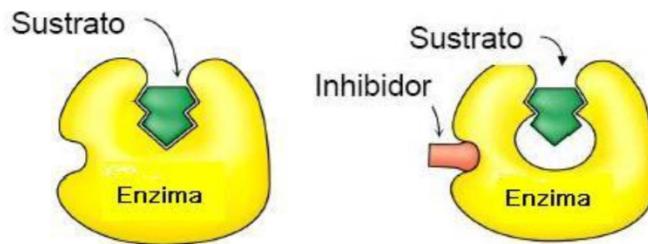
- Distinguimos:

- **Inhibición irreversible:** $I + E \rightarrow$ enlaces covalentes $\not\rightarrow$ actividad enzimática.
- **Inhibición reversible:** $I + E \rightarrow$ enlaces débiles \rightarrow actividad enzimática

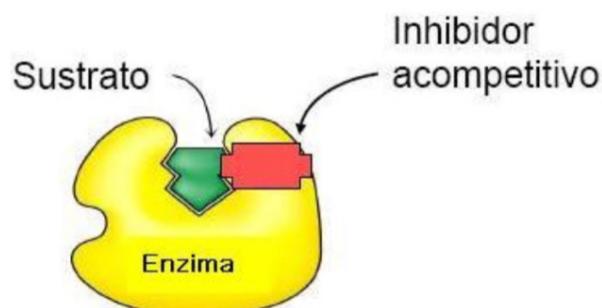
- **Competitiva:** I y S compiten por el C.A.



- No competitiva: $I + E \rightarrow \text{cambio C.A.} \not\rightarrow E + S$



- Acompetitiva: $I + ES \not\rightarrow \text{producto}$



2.3. ESTRUCTURA DE LAS ENZIMAS

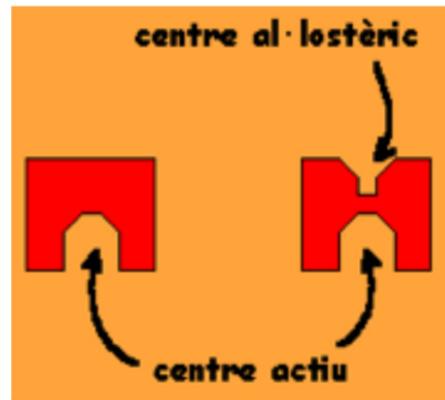
Según su estructura, las enzimas pueden diferenciarse en dos tipos:

- Enzimas estrictamente proteicas: formadas exclusivamente por aminoácidos
- Holoenzimas: apoenzima (parte proteica) + cofactor (parte NO proteica)
 - Dos tipos de cofactores: iones ($Zn^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{2+}, \dots$) y coenzimas (FAD, FMN, ...)

Las enzimas tienen una parte denominada centro activo. Es aquí donde se une el sustrato y donde hay las condiciones que favorecen el cambio del sustrato a producto.

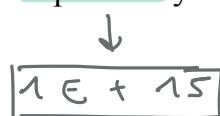
\hookrightarrow desarrollo de la reacción.

Hay algunas enzimas que, a parte de tener el centro activo, también tienen uno o más centros alóstericos.

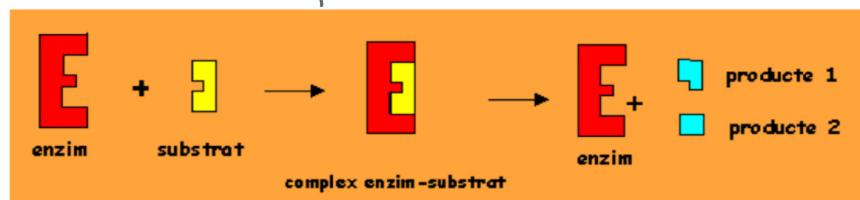


La unión de la enzima con el sustrato es **específica** y responde a **dos modelos de unión**:

- **Modelo llave-cerradura:**

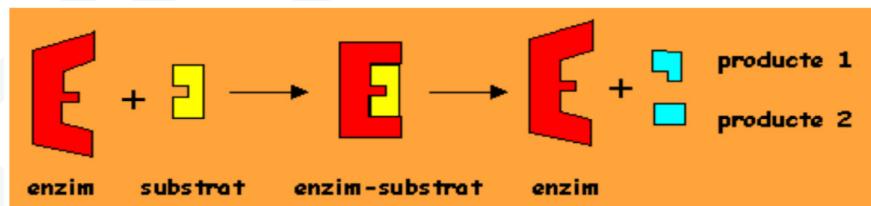


C.A. reconoce perfectamente al S



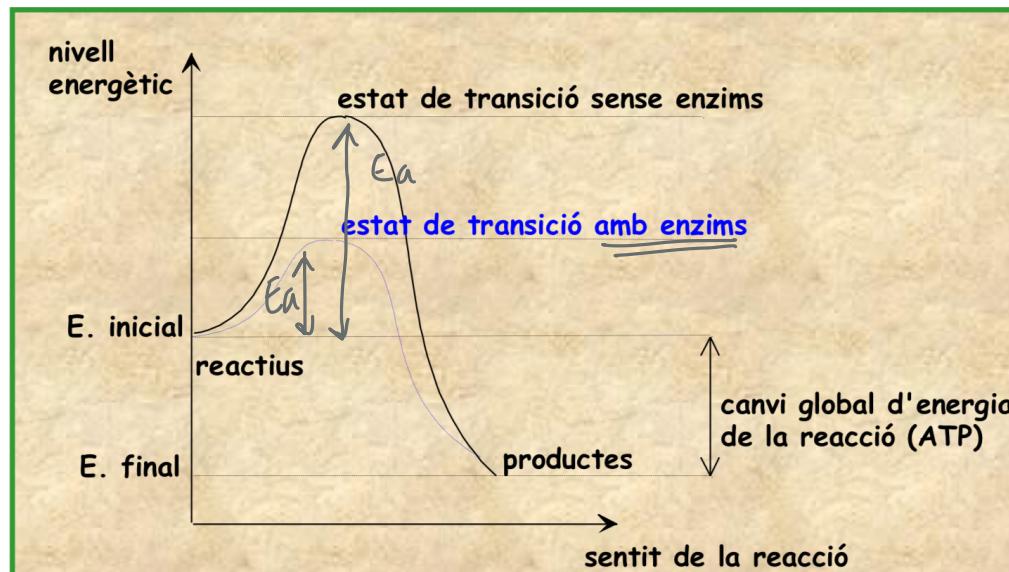
- **Modelo ajuste inducido:**

no encajan perfectamente \Rightarrow C.A. se modifica



2.4. MECANISMO DE ACCIÓN DE LAS ENZIMAS

Las **enzimas** aumentan la velocidad de la reacción porque **disminuyen la energía de activación** (energía necesaria para que se dé la reacción).



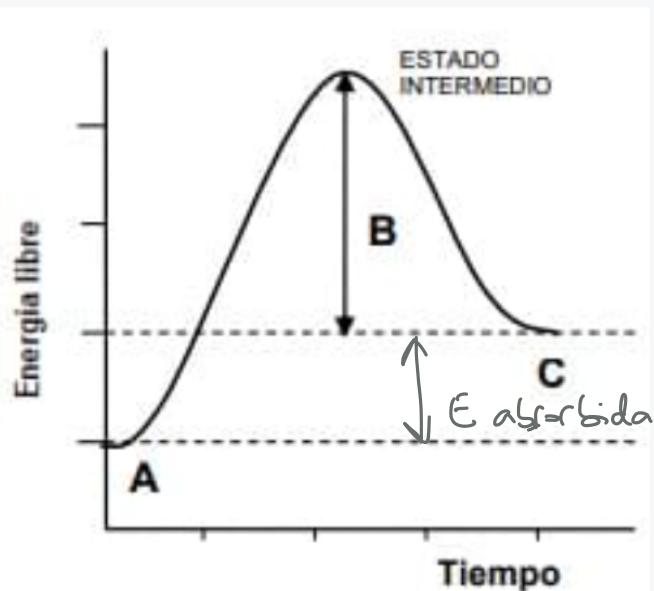
2.5. CLASIFICACIÓN DE LAS ENZIMAS

- **Oxidoreductasas:** reacciones de oxidación-reducción del sustrato.
- **Transferasas:** reacciones de transferencia de radicales entre moléculas.
- **Hidrolasas:** reacciones de hidrólisis de enlaces en presencia de H_2O .
- **Liasas:** separan grupos sin intervención de H_2O .
- **Isomerasas:** regulan reacciones de isomerización \Rightarrow Cambio posición de algún grupo de una parte a otra de la misma molécula.
- **Ligasas o sintetasas:** crean nuevos enlaces gracias al ATP.

3. EJERCICIOS

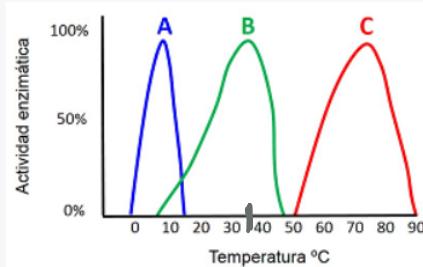
En relación con los intercambios energéticos de los procesos metabólicos:

- a) La siguiente gráfica representa la energía de una reacción metabólica. Identifique los compuestos A y C y la variable B. Justifique si se trata de una reacción endergónica o exergónica (1 punto).
- b) Defina catabolismo y anabolismo. Indique un ejemplo de una ruta metabólica de cada uno de estos procesos (1 punto)



- a) A: sustrato / reactivo
 C: producto
 B: energía de activación
 reacción endergónica $\Rightarrow E(\text{productos}) > E(\text{sustento}) \Rightarrow$ se ha absorbido E
- b) catalisis: conjunto de rutas metabólicas de degradación de moléculas complejas a moléculas sencillas. Ej: glicólisis, ciclo urea.
 anabolismo: conjunto de rutas metabólicas de síntesis de moléculas complejas a partir de moléculas sencillas, Ej: fotosíntesis.

Pregunta 1. La gráfica representa la actividad de tres enzimas A, B y C en relación con la temperatura.



- Indica el nivel de actividad de los enzimas A, B y C a 37 °C. (Calificación 0.5 puntos)
- Si el enzima B permanece a 100 °C durante varias horas y después vuelve a 37 °C, ¿recupera su actividad? Razona tu respuesta. (Calificación 0.5 puntos)
- ¿Qué es lo que determina la alta especificidad de un enzima por un determinado sustrato? (Calificación 0.5 puntos)
- La ADN polimerasa cataliza la incorporación de un nucleótido a una hebra de ADN con n nucleótidos para dar una hebra con n+1 nucleótidos. Indica en esta reacción quién o quiénes son los sustratos y quién o quiénes son los productos (Calificación 0.5 puntos)

a)

A: Baja o nula \Rightarrow t. óptima: $\approx 10^\circ\text{C}$

B: Máxima actividad \Rightarrow t. óptima: $\approx 40^\circ\text{C}$

C: Baja o nula \Rightarrow t. óptima: $\approx 70^\circ\text{C}$

b)

No. Desnaturalización proteínas \Rightarrow pérdida estructura 3D.
(irreversible)



No vuelve a ser funcional.

c)

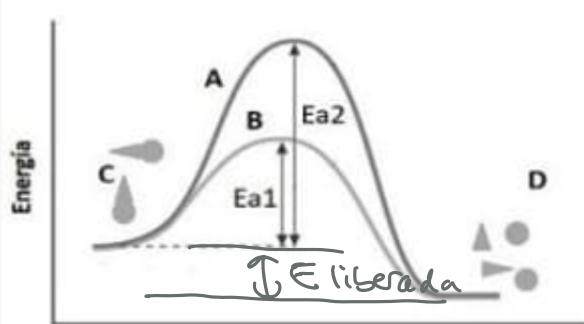
La estructura tridimensional del centro activo de la enzima.

C.A. tiene una forma complementaria y química específica para el sustrato \Rightarrow la enzima reconoce y se une únicamente a su sustrato correspondiente \Rightarrow "llave - cerradura".

d)

sustratos: nucleótidos libres y la cadena de ADN molde. (n nucleótidos)
productos: cadena de ADN elongada (n+1 nucleótidos)
enzima: ADN polimerasa.

Los enzimas son catalizadores biológicos que aceleran la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar en los organismos vivos y una vez transcurrida la reacción se pueden recuperar inalterados. En relación con la figura adjunta, responda las siguientes cuestiones:



$E(\text{sust}) > E(\text{producto})$
 ↓
 se ha liberado energía
 ↓
 reacción exogénica

- (0,5 puntos) ¿Qué indican las curvas señaladas por las letras A y B?
- (0,5 puntos) ¿Cómo se denominan los elementos indicados por las letras C y D?
- (1,0 puntos) ¿A qué se refieren las flechas marcadas con Ea1 y Ea2?
- (0,5 puntos) Explique por qué el valor de Ea2 es mayor que el de Ea1.

a) A: ΔE reacción sin enzima

$$\Delta E: E_f - E_i$$

B: ΔE reacción con enzima

b) C: sustratos

D: productos

c) Ea1: energía de activación de la reacción con enzima.
 Ea2: energía de activación de la reacción sin enzima

d) $Ea2 > Ea1 ?$

$Ea2$ es la Ea sin enzima \Rightarrow reacción es más lenta \Rightarrow se necesita más energía (ΔE) para que se dé la reacción.

Con enzima: $\downarrow Ea \Rightarrow \uparrow v_{\text{reacción}}$ \Rightarrow se necesita menos energía para que se dé la reacción

¿CÓMO PUEDEN LAS ENZIMAS AUMENTAR LA PROBABILIDAD DE REACCIÓN ENTRE SUSTRATO Y ENZIMA?

- Desprendiendo calor durante la unión.
- Reduciendo la concentración de sustratos.
- Atrayendo a los sustratos hacia la enzima.
- Aumentando la energía de activación necesaria.

¿CUÁL ES UNA CARACTERÍSTICA DEL CENTRO ACTIVO DE LAS ENZIMAS?

- No tiene estructura tridimensional.
- Está compuesto principalmente por lípidos.
- Es una parte muy pequeña del volumen total de la enzima.
- Es la mayor parte de la enzima.

¿CUÁL ES LA FUNCIÓN DE LAS LIGASAS O SINTETASAS?

- Catalizan reacciones de isomerización.
- Transferen radicales o grupos funcionales de un sustrato a otro.
- Unen moléculas o radicales mediante la energía proporcionada por la desfosforilación de una molécula de ATP.
- Catalizan reacciones en las que se rompen enlaces C–C, C–N o C–O.

UNA ENZIMA CATALÍTICAMENTE ACTIVA ES:

- Una holoenzima. → apoenzima + cofactor
- Una apoenzima.
- Un cofactor.
- Una coenzima.

¿QUÉ TIPO DE ENZIMAS CATALIZAN REACCIONES DE OXIDACIÓN O REDUCCIÓN?

- Oxidorreductasas.
- Transferasas.
- Hidrolasas.
- Isomerasas.

¿CÓMO SE LLAMA LA MOLÉCULA QUE SE UNE AL SITIO ALOSTÉRICO DE UNA ENZIMA ALOSTÉRICA?

- Proteína.
- Cofactor.
- Sustrato.
- Modulador o efector alostérico.

La parte proteica de un enzima recibe el nombre de ...?

- Cofactor
- Coenzima
- Grupo prostético
- Holoenzima
- Apoenzima

¿CUÁL ES LA FUNCIÓN DE LOS MODULADORES NEGATIVOS EN UNA ENZIMA ALOSTÉRICA?

- Estabilizar el centro activo.
- Inactivar la enzima.
- Aumentar la velocidad de reacción.
- Activar la enzima.

¿QUÉ FRASE ES CIERTA EN RELACIÓN A LAS COENZIMAS?

- Forman la estructura espacial específica.
- Actúan asociadas débilmente a enzimas.
- Actúan como apoenzimas.
- Realizan la reacción química.