

## Enzimas

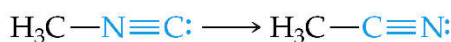
### RAPIDEZ DE UNA REACCIÓN QUÍMICA Y ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

Algunos procesos químicos, como las etapas iniciales de la visión, la fotosíntesis y las reacciones nucleares en cadena, ocurren muy rápidamente. Otros, como la polimerización del cemento y la conversión del grafito en diamante, necesitan millones de años para completarse. Una manera de cuantificar esto es a partir de la rapidez de reacción, que se define como el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto del tiempo (M/s).

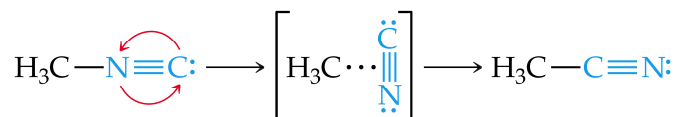
En un nivel práctico, el conocimiento de la rapidez de las reacciones es de gran utilidad para el diseño de fármacos, el control de la contaminación y el procesamiento de alimentos.

La rapidez de una reacción química depende de la barrera de energía que debe salvarse en el proceso de convertir reactivos en productos. En una reacción química, las moléculas necesitan cierta energía mínima para romper enlaces existentes y formar los nuevos. Esta energía se denomina energía de activación ( $E_a$ ) y se define como la mínima cantidad de energía que se requiere para iniciar una reacción química.

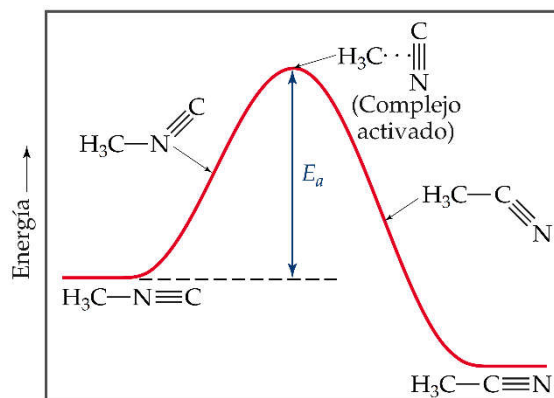
Consideremos por ejemplo la reacción de conversión de metil-isonitrilo a acetonitrilo.



Como puede verse, lo que debe ocurrir durante la reacción es el cambio de posición del carbono y el nitrógeno en el grupo nitrilo ( $\text{C}\equiv\text{N}$ ), y lo podemos imaginar en forma de un "giro" de esta parte de la molécula. Luego de haberse estudiado a detalle se encontró que esta reacción transcurre en etapas:



Observamos que, en la conversión, existe un momento en el que la parte  $\text{N}\equiv\text{C}$  de la molécula se encuentra "de costado". Es correcto suponer que es necesario suministrar energía a la molécula para que se alargue el enlace entre el grupo  $\text{H}_3\text{C}$  y el grupo  $\text{N}\equiv\text{C}$  para que este grupo pueda girar. Una vez que éste ha girado lo suficiente se comienza a formar el enlace  $\text{C}-\text{C}$  y la energía de la molécula desciende. Estas variaciones de energía pueden observarse en el siguiente diagrama:



Trayectoria de reacción

La barrera que existe para que se dé esta reacción es la energía que se necesita para forzar a la molécula a que pase por el estado intermedio, que es relativamente inestable, y así llegar al producto final. La diferencia

entre la energía de la molécula inicial y la máxima energía a lo largo de la trayectoria de reacción es la energía de activación. La disposición particular de los átomos en la cima de la barrera se conoce como el complejo activado o estado de transición

## CATALIZADORES

Un catalizador es una sustancia que aumenta (o disminuye) la rapidez de una reacción química sin consumirse ni modificarse en la reacción. Los catalizadores aumentan la rapidez de una reacción química al proporcionar una ruta con menor  $E_a$ .

Un catalizador puede disminuir la  $E_a$  en tres formas:

- 1) Las reacción catalizada y no catalizada pueden tener mecanismos diferentes, pero similares, y el catalizador proporciona una forma de convertir el reactivo en una especie menos estable.
- 2) Las reacciones catalizada y no catalizada pueden tener mecanismos diferentes, pero similares, y el catalizador proporciona una forma de hacer más estable el estado de transición.
- 3) El catalizador puede cambiar por completo el mecanismo de la reacción y proporcionar una ruta alterna, con menor  $E_a$  que la de la reacción no catalizada.

Cuando se afirma que un catalizador no se consume ni cambia en una reacción no se está diciendo que no participe en la reacción. Un catalizador debe participar en la reacción para hacerla más rápida. Lo que se quiere decir es que un catalizador exhibe la misma forma después de la reacción que la que tenía antes de la misma (si un catalizador se consume en un paso de la reacción, debe regenerarse en un paso posterior). Como el catalizador no se consume durante la reacción, sólo se necesita una pequeña cantidad de este.

## ENZIMAS

Los catalizadores biológicos conocidos como enzimas catalizan casi todas las reacciones químicas que tienen lugar en los organismos vivos.

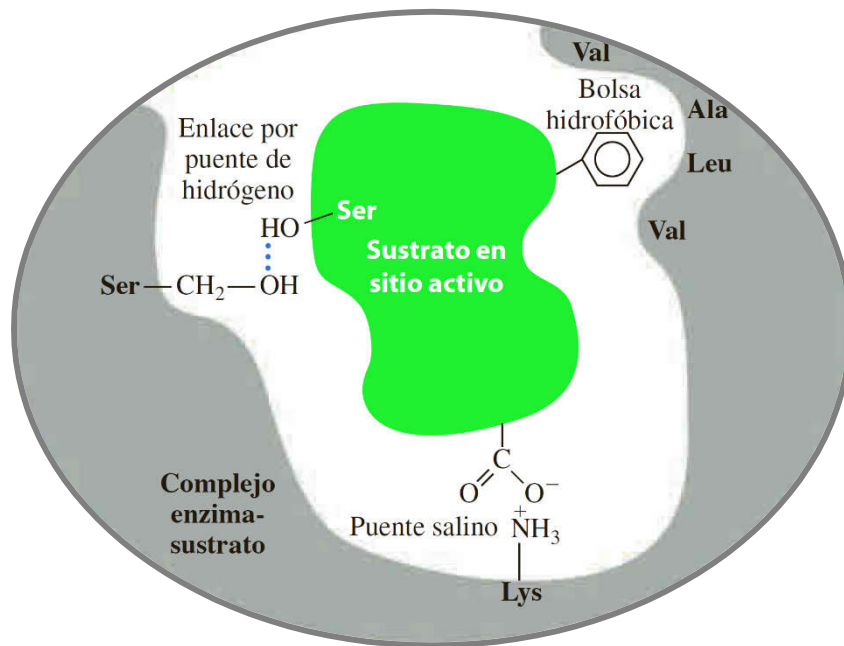
Una reacción no catalizada en una célula tiene lugar con el tiempo, pero no a una velocidad suficientemente rápida para la supervivencia. Por ejemplo, la hidrólisis de proteínas en los alimentos ocurriría con el tiempo sin un catalizador, pero las reacciones no ocurrirían con suficiente rapidez para satisfacer los requisitos corporales de aminoácidos. Las reacciones químicas en las células ocurren a velocidades increíblemente rápidas bajo condiciones leves, cerca de un pH de 7.4 y una temperatura corporal de 37 °C. Las enzimas permiten que las células utilicen energía y materiales de manera eficiente mientras responden a las necesidades celulares.

Como catalizadores, las enzimas reducen la energía de activación de una reacción química. Se necesita menos energía para convertir moléculas reactantes en productos, lo que aumenta la velocidad de una reacción bioquímica comparada con las velocidades de las reacciones no catalizadas. Algunas enzimas pueden aumentar la velocidad de una reacción biológica por un factor de mil millones, un billón o incluso miles de millones de billones en comparación con la velocidad de la reacción no catalizada. Por ejemplo, una enzima en la sangre llamada anhidrasa carbónica cataliza la interconversión rápida de dióxido de carbono y agua en bicarbonato y  $H^+$ . En un segundo, una molécula de anhidrasa carbónica puede catalizar la reacción de aproximadamente un millón de moléculas de dióxido de carbono. La anhidrasa carbónica también cataliza la reacción inversa, y convierte bicarbonato y  $H^+$  en dióxido de carbono y agua.

Casi todas las enzimas son proteínas globulares. Cada una tiene una forma tridimensional única que reconoce y une un pequeño grupo de moléculas reactantes que se llaman sustratos. La estructura terciaria de una enzima tiene una importante función en la manera como dicha enzima cataliza reacciones.

En una reacción catalizada, una enzima tiene que unirse a un sustrato en una forma que favorezca la catálisis. Una enzima característica es mucho más grande que su sustrato. Sin embargo, dentro de la estructura terciaria de la enzima hay una región llamada sitio activo, donde se mantienen el o los sustratos mientras se

realiza la reacción. Con frecuencia el sitio activo es una pequeña bolsa, dentro de la estructura terciaria más grande, que embona exactamente con el sustrato. En el interior del sitio activo de una enzima, grupos R de aminoácidos específicos interaccionan con grupos funcionales del sustrato para formar enlaces por puente de hidrógeno, puentes salinos e interacciones hidrofóbicas.



Puesto que el sitio activo de una enzima se acomoda a un tipo particular de sustrato, las enzimas generalmente catalizan sólo tipos específicos de reacciones. Algunas enzimas muestran especificidad absoluta al catalizar sólo una reacción para un sustrato específico. Otras enzimas catalizan una reacción para dos o más sustratos similares. Incluso hay otras enzimas que catalizan una reacción para un tipo de enlace específico.

## NOMENCLATURA DE LAS ENZIMAS

Las enzimas se nombran comúnmente en relación con la reacción que catalizan y/o al compuesto o tipo de compuesto sobre el que actúan. Por ejemplo, la enzima *lactato deshidrogenasa* acelera la remoción de hidrógeno del lactato (una reacción de oxidación). La *fosfatasa ácida* cataliza la hidrólisis de enlaces fosfoéster en condiciones ácidas.

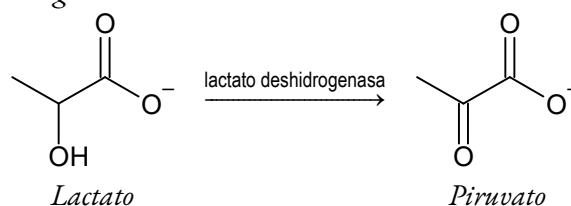
Como puede verse en estos ejemplos, los nombres de la mayoría de las enzimas terminan en *asa*. Sin embargo, algunas enzimas tienen nombres más antiguos, que se les asignaron antes de que sus acciones fueran entendidas claramente. Entre ellas se encuentran la *pepsina*, la *tripsina* y la *quimotripsina*, que son enzimas del tracto digestivo.

## CLASIFICACIÓN DE LAS ENZIMAS

Las enzimas pueden clasificarse en seis grupos generales, de acuerdo con el tipo de reacción que catalizan. Estos grupos son:

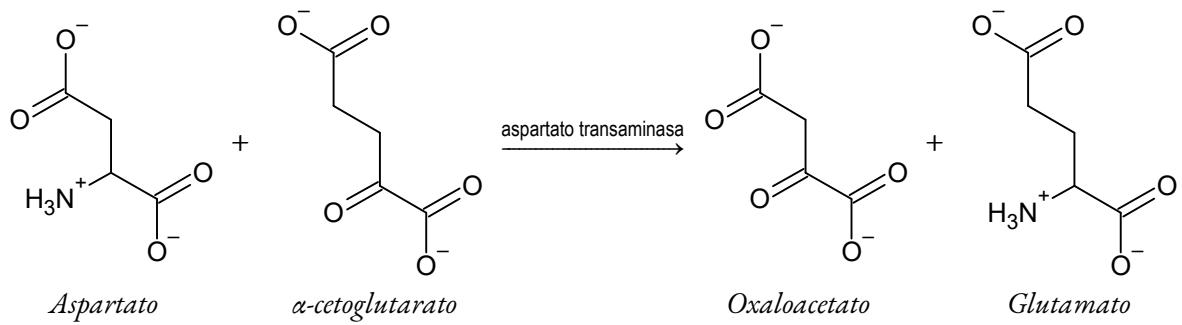
**1) Oxidorreductasas:** catalizan oxidaciones y reducciones.

Ejemplo: *lactato deshidrogenasa*



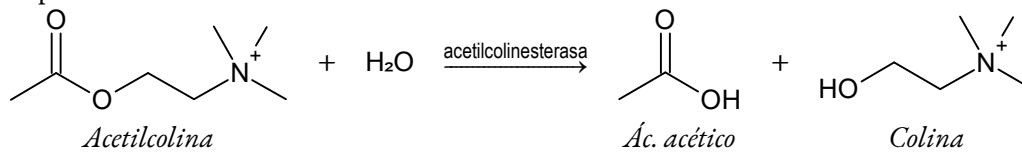
2) **Transferasas:** catalizan la transferencia de un grupo de átomos de una molécula a otra.

Ejemplo: *aspartato transaminasa*



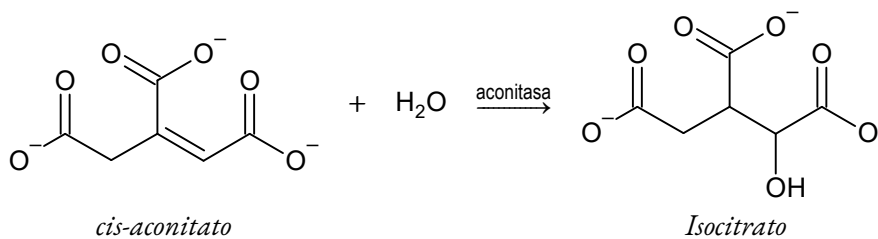
3) **Hidrolasas:** catalizan reacciones de hidrólisis.

Ejemplo: *acetilcolinesterasa*



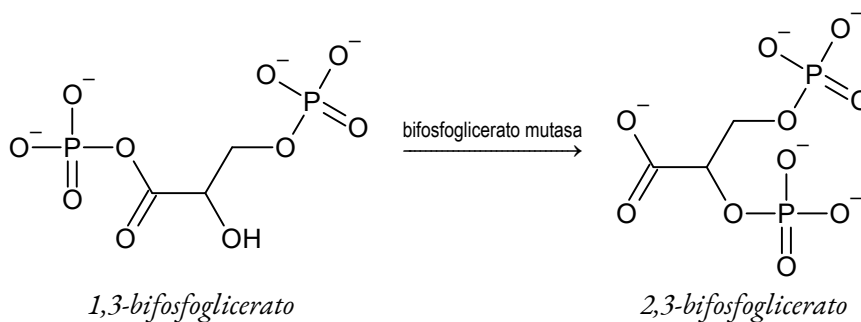
4) **Liasas:** catalizan la adición de dos grupos a un doble enlace o la remoción de dos grupos de átomos adyacentes para crear un doble enlace.

Ejemplo: *aconitasa*



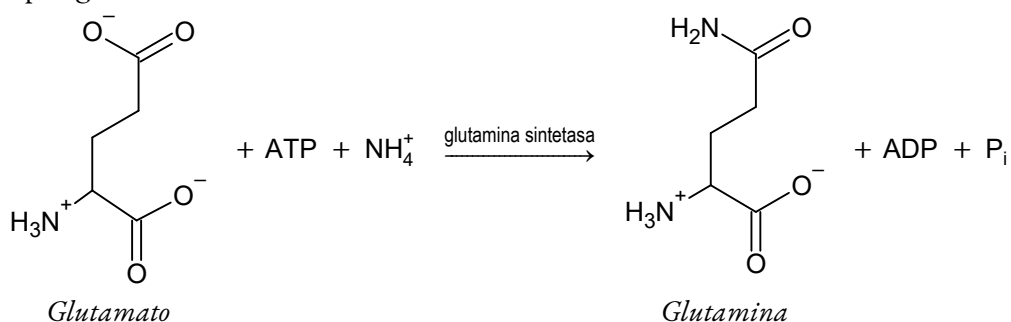
5) **Isomerasas:** catalizan reacciones de isomerización.

Ejemplo: *bifosfoglicerato mutasa*



6) **Ligasas o sintetisas:** catalizan la unión de dos moléculas.

Ejemplo: *glutamina sintetasa*



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bettelheim, F. (2010). *Introduction to organic and biochemistry*. Belmont, CA: Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Brown, T., LeMay, H., Bursten, B. y Burdge, J. (2004). *Química: la ciencia central*. México: Pearson Educación.
- Timberlake, K. (2013). *Química general, orgánica y biológica: estructuras de la vida*. México: Pearson Educación.
- Yurkanis Bruice, P. (2008). *Química orgánica*. México: Pearson Educación.