

# 11

## INTRODUCCIÓN AL METABOLISMO CELULAR

---

### CONCEPTOS FUNDAMENTALES

---

#### CONCEPTOS GENERALES

##### **Metabolismo**

Concepto. Tipos de reacciones metabólicas: catabólicas y anabólicas, interdependencia entre ellas.

##### **Clasificación de los organismos en relación con los tipos de metabolismo**

Autótrofos (fotosintéticos o fotoautótrofos y quimiosintéticos o quimioautótrofos) y heterótrofos (quimioheterótrofos).

##### **Reacciones de óxido-reducción en el metabolismo celular**

Reconocimiento de este tipo de reacciones en el metabolismo. Relación entre el grado de oxidación o reducción de los compuestos orgánicos y su contenido energético.

##### **Función de las coenzimas NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>+</sup>, FMN y FAD en el metabolismo**

Ejemplos de rutas metabólicas donde se obtienen estas coenzimas reducidas y oxidadas.

##### **Función del ATP en el metabolismo celular**

Sistema ATP - ADP como sistema de transferencia de energía en los seres vivos. Representación esquemática de la molécula de ATP. Distintos mecanismos de obtención de ATP: fosforilación a nivel del sustrato (ej. glucólisis, ciclo de Krebs), fosforilación mediante enzimas ATP-sintetasas (respiración aerobia y fotosíntesis).

---

#### METABOLISMO CELULAR

Se conoce como metabolismo al conjunto de reacciones altamente organizadas que ocurren en el interior de las células, mediante las cuales la célula:

- Obtiene energía a partir de los materiales captados del medio.
- Fabrica moléculas de recambio para sustituir las gastadas.
- Sintetiza otras moléculas necesarias para el crecimiento o para realizar cualquier otra función celular.

#### TIPOS DE NUTRICIÓN

Los organismos pueden dividirse en dos grandes grupos según la fuente de carbono que utilizan en su nutrición: son los autótrofos, que utilizan materia inorgánica como fuente de carbono, y los heterótrofos, que lo obtienen de la materia orgánica.

Por otra parte, pueden dividirse en función de la fuente de energía que utilizan en fotótrofos (luz) o quimiótrofos (reacciones de oxidación-reducción).

#### OXIDACIONES BIOLÓGICAS

En esencia, las reacciones químicas son transformaciones energéticas en las cuales la energía almacenada en los enlaces químicos se transfiere a otros enlaces recién formados. En tales transferencias los electrones pasan de un nivel energético a otro.

En muchas reacciones los electrones se transfieren de un átomo o molécula a otro. Estas reacciones, muy importantes en los sistemas vivos, se conocen como reacciones de oxidación-reducción (redox). La pérdida de uno o más electrones se conoce como oxidación y se dice que la molécula o el átomo que los ha perdido se ha oxidado. La reducción, por el contrario, es la ganancia de uno o más electrones. La oxidación y la reducción siempre ocurren simultáneamente, porque el electrón que pierde el átomo oxidado es aceptado por otro átomo, que se reduce en el proceso.

Frecuentemente los electrones que se transfieren en las reacciones redox de los seres vivos van acompañados de un protón (es decir, forman un átomo de hidrógeno), por lo que podemos considerar como una oxidación la pérdida de átomos de hidrógeno y como una reducción la ganancia de éstos.

Los compuestos orgánicos tienen un mayor contenido energético cuanto más reducidos estén, de lo que se puede deducir que las reacciones biológicas de oxidación liberarán energía.

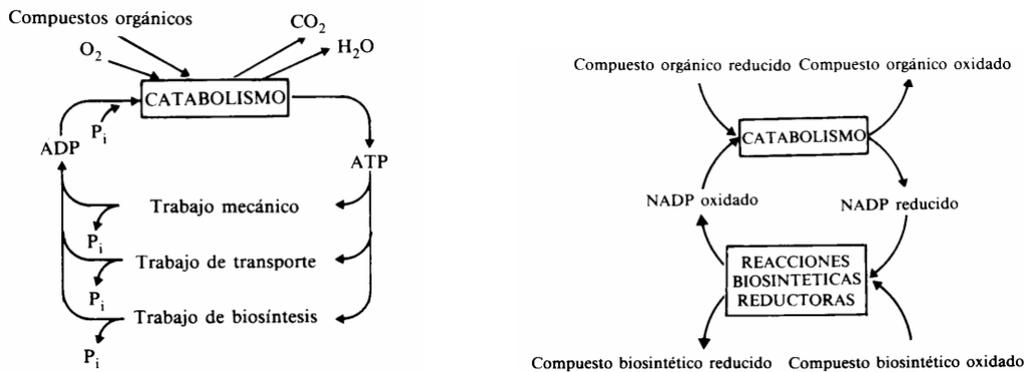
## PAPEL DEL ATP Y DEL NADPH EN EL METABOLISMO CELULAR

La estrategia básica del metabolismo es formar ATP, NADPH y precursores macromoleculares. La energía química de las sustancias alimenticias está en las diversas uniones covalentes entre los átomos de una molécula. Dentro de la célula viva, esta gran cantidad de energía no puede ser desprendida de golpe, pues la célula no la podría utilizar de una manera eficaz. Por eso, la célula degrada las moléculas poco a poco, de manera gradual y controlada mediante la intervención de enzimas.

Las reacciones catabólicas provocan la oxidación de los sustratos, por deshidrogenación, y los enzimas que catalizan estas reacciones son deshidrogenasas ligadas a los coenzimas NAD, NADP y FAD, principalmente. Los electrones desprendidos en estas reacciones de oxidación son captados por otras moléculas transportadoras de electrones que se encuentran organizadas de tal manera que la oxidación de un transportador libera más energía de la necesaria para reducir al siguiente. Si el excedente de energía es suficiente se utiliza para fosforilar el ADP y formar ATP.

Pero no toda la energía desprendida se utiliza para formar ATP. Un segundo camino para transportar la energía de las reacciones de oxidorreducción del catabolismo es en forma de NADPH, coenzima que transporta dos electrones de alto potencial y sirve como dador de hidrógeno y electrones en las biosíntesis reductoras (anabolismo).

Así el NADPH actúa como transportador de electrones ricos en energía, desde las reacciones catabólicas hasta las anabólicas que los necesitan, de la misma manera que el ATP es un transportador de grupos fosfato ricos en energía desde las reacciones del catabolismo a las reacciones del anabolismo.



## CATABOLISMO Y ANABOLISMO

El metabolismo se produce en dos fases principales: catabolismo y anabolismo. El catabolismo es la fase degradativa del metabolismo, en la cual moléculas nutritivas complejas y relativamente grandes (glúcidos, lípidos y proteínas) que provienen o bien del entorno o bien de sus propios depósitos de reserva, se degradan para producir moléculas más sencillas como el ácido láctico, ácido acético, CO<sub>2</sub>, amoníaco o urea. El catabolismo va acompañado de la liberación de energía química inherente a la estructura de las moléculas orgánicas nutritivas y a su conservación en forma de moléculas de adenosín trifosfato (ATP).

El anabolismo constituye la fase constructiva o biosintética del metabolismo, en la cual tiene lugar la biosíntesis enzimática de los componentes moleculares de las células tales como los ácidos nucleicos, las proteínas, los polisacáridos y los lípidos a partir de sus precursores sencillos. La biosíntesis de las moléculas orgánicas a partir de éstos, precisa el consumo de energía química aportada por el ATP generado durante el catabolismo. El catabolismo y el anabolismo se desarrollan simultáneamente y de modo concurrente en las células, pero son regulados independientemente.

## RUTAS CATABÓLICAS, ANABÓLICAS Y ANFIBÓLICAS

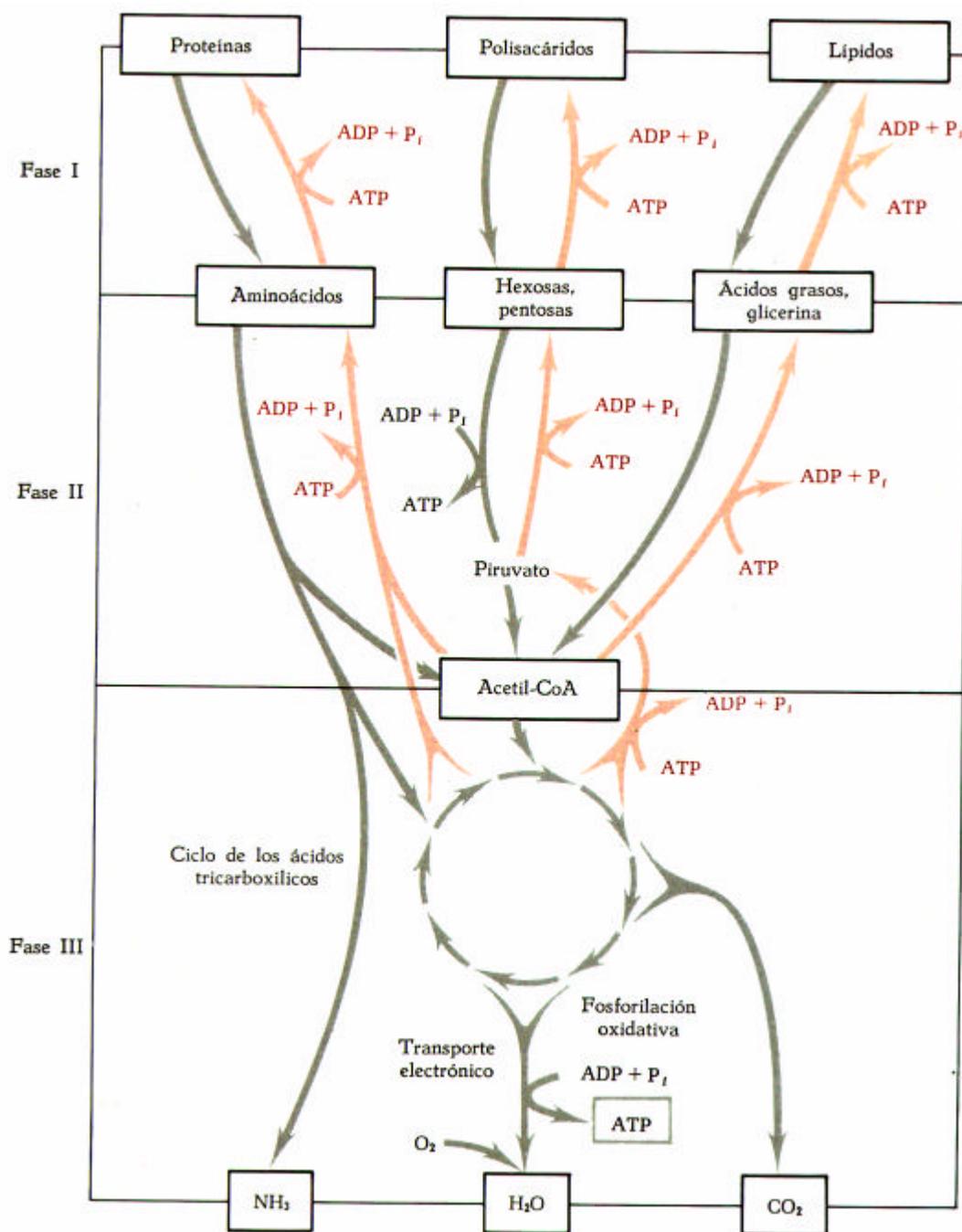
El conjunto de reacciones que integran el metabolismo pueden organizarse según secuencias ordenadas conocidas como rutas o vías metabólicas. Cada ruta desempeña una función determinada, aunque ciertas rutas tienen pasos en común. Todas las reacciones del metabolismo están catalizadas enzimáticamente. Además, en la célula, cada proceso metabólico tiene una localización concreta, con lo que se consigue una regulación más precisa de cada uno de los procesos.

La degradación enzimática de cada uno de los elementos nutritivos mayoritarios (polisacáridos, lípidos y proteínas) tiene lugar por medio de cierto número de reacciones enzimáticas consecutivas organizadas en tres fases principales.

En la fase I del catabolismo, las grandes moléculas nutritivas se degradan, liberando sus constituyentes principales. Así los polisacáridos se degradan rindiendo hexosas o pentosas, los lípidos producen ácidos grasos, glicerina y otros componentes, y las proteínas se desintegran en sus aminoácidos. En la fase II del catabolismo todos los productos de la fase anterior se convierten en un número menor de intermediarios todavía más sencillos. Así, las hexosas las pentosas y la glicerina se degradan pasando por el ácido pirúvico para rendir una molécula más sencilla, el grupo acetilo del acetyl-CoA. De modo análogo los diversos ácidos grasos y aminoácidos se escinden para formar acetyl-CoA y unos pocos productos finales diferentes. Finalmente, los grupos acetilo del acetyl-CoA, así como otros productos de la fase II, se canalizan hacia la fase III, ruta catabólica final común en la que en último término resultan oxidados a dióxido de carbono y agua.

La biosíntesis tiene lugar también en tres etapas. En la etapa III se generan pequeñas moléculas precursoras que se convierten en la fase II en moléculas sillas; éstas, a su vez, se ensamblan en la fase I para construir macromoléculas.

Se puede observar que las rutas catabólicas tienen un origen difuso y luego convergen en una ruta final común en la fase III. En contraposición, las rutas biosintéticas son divergentes; se inician a partir de unos pocos precursores en la fase III y posteriormente se ramifican conduciendo a la formación de muchas clases diferentes de biomoléculas. Por otro lado, las rutas catabólicas y anabólicas entre un precursor determinado y un producto dado, no son meramente inversas una de otra. Aunque la existencia de dos conjuntos de rutas metabólicas, uno para el catabolismo y otro para el anabolismo, pueda parecer un despilfarro, esta ordenación tiene una ventaja importante que consiste en que la regulación de ambos grupos de reacciones será también independiente, con lo que el control del metabolismo será mucho más eficiente. Otra diferencia entre las rutas anabólicas y catabólicas opuestas es su localización en el interior celular. Aunque las correspondientes rutas del catabolismo y el anabolismo no son idénticas, la fase III constituye una ruta común que se conoce como ruta anfibólica. Esta ruta puede utilizarse catabólicamente para producir la degradación completa de las pequeñas moléculas de la fase II, o bien anabólicamente para suministrar pequeñas moléculas utilizables como precursores en las reacciones biosintéticas.



**Las tres fases del metabolismo.** Las rutas catabólicas convergen hacia productos finales comunes y conducen a la síntesis de ATP en la fase III. Las rutas anabólicas o biosintéticas parten de unos pocos precursores en la fase III y emplean la energía del ATP para formar muchos componentes celulares distintos.