

## Capítulo 3

### Conceptos generales sobre bioenergética

Adriana Caballero Roque. Daisy Escobar Castillejos

#### Definición de bioenergética

**E**s el estudio del procesamiento, el consumo de energía dentro de los sistemas biológicos, la transformación y el empleo de la energía por las células vivientes, lo que permite entender las complejidades del metabolismo (7).

#### Transformaciones energéticas en los seres vivos

La energía para los procesos biológicos procede del sol, la energía lumínica puede ser capturada por pigmentos existentes en los vegetales y en algunos microorganismos y transformarse mediante la fotosíntesis en otras formas de energía, principalmente química utilizable para la síntesis de sus propios componentes a partir de sustancias muy simples del medio, estos organismos son llamados autótrofos, los organismos que necesitan incorporar moléculas complejas ya elaboradas se denominan heterótrofos.

Las transformaciones químicas de los autótrofos y heterótrofos, exige la formación de compuestos intermediarios especiales, de alto contenido energético que actúan como reservorio y transportadores de la energía a utilizar en la realización del trabajo de la célula.

## Energía obtenida de los alimentos

El contenido total de energía de un alimento es la cantidad de energía liberada cuando el alimento se quema por completo al aire hasta dar CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (es el calor de la combustión).

El organismo utiliza la energía obtenida de los alimentos para tres procesos principales:

1. El metabolismo basal (MB): es la energía que se emplea para realizar las funciones corporales normales como la circulación de la sangre, la respiración, entre otras. El MB habitualmente supone del 50 al 70% del gasto energético total. El MB disminuye después de los 20 años de edad aproximadamente.
2. Efecto térmico de los alimentos: es la energía que se necesita para la digestión y absorción de los alimentos y equivale del 5 al 10% del gasto energético.
3. Actividad física: es la energía que se utiliza dependiendo la intensidad y duración del ejercicio.

Factores como el crecimiento, embarazo y lactancia, pueden afectar los requerimientos de energía del organismo (20).

## El ATP, la molécula esencial de la bioenergética

El principal compuesto intermediario rico en energía es el adenosin trifosfato (ATP) (11).

El ATP es un nucleótido que consta de una adenina, una ribosa y una unidad trifosfato, es una molécula rica en energía, es el centro del flujo de energía química en las células vivas.

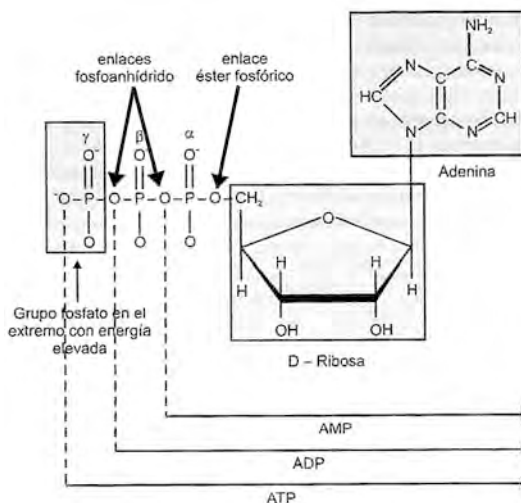


Figura 16. Fórmula química del ATP. Fuente: Melo *et al.*, 2004.

Para entender el mecanismo molecular por el cuál se sintetiza el ATP, es necesario revisar el concepto de oxidación y reducción. Cuando se transfieren los electrones de un compuesto a otro, se dice que tiene lugar una reacción de óxido- reducción (redox), en este proceso se pierden y se ganan electrones, en la mayor parte de las reacciones de este tipo de las vías metabólicas, se rompen en laes de C-H.

### La cadena respiratoria

Se le llama cadena respiratoria o cadena transportadora de electrones al grupo de enzimas mitocondriales, acopladas, que actúan en estrecho contacto físico para catalizar este transporte electrónico. El nombre de cadena transportadora de electrones se refiere a la definición de oxidación y reducción como pérdida o ganancia de electrones, de forma que un sistema que promueve oxidaciones biológicas implica la transferencia de electrones, ese sistema utiliza una secuencia o cadena de reacciones acopladas, que utiliza oxígeno (O<sub>2</sub>), proveniente de la respiración.

En las mitocondrias de las células se encuentran unos componentes (llamados *transportadores electrónicos*) y que son capaces de aceptar y ceder electrones.

Estos transportadores electrónicos son: la nicotinamida (NAD), las flavoproteínas (FAD), quinonas (Coenzima Q), hemo proteínas (Citocromos), proteínas de hierro (Fe) y azufre (S).

El que mayor capacidad tiene para ceder electrones es el NADH (reducido), seguido por el FAD, la coenzima Q, los citocromos b, c y el oxígeno (19).

### Fosforilación oxidativa

Se llama así al proceso de formación de ATP que requiere flujo de electrones, oxígeno y una reacción que lleve a cabo la unión entre ADP y el fosfato. Fosforilación porque el ADP se fosforila y oxidación porque se esta consumiendo oxígeno durante todo el proceso.

La formación de ATP requiere de energía que es aportada por el flujo constante de electrones a través de la cadena respiratoria, esta sirve como un sistema de transporte de electrones de una serie grande de moléculas derivadas de los alimentos, al oxígeno, si este falta, el flujo se detiene y con él la síntesis de ATP.

Para formar ATP deben estar presentes el ADP y el fosfato. Si falta alguno de estos componentes, será imposible la síntesis de ATP, aún cuando exista suficiente flujo de electrones y suficiente cantidad de oxígeno.

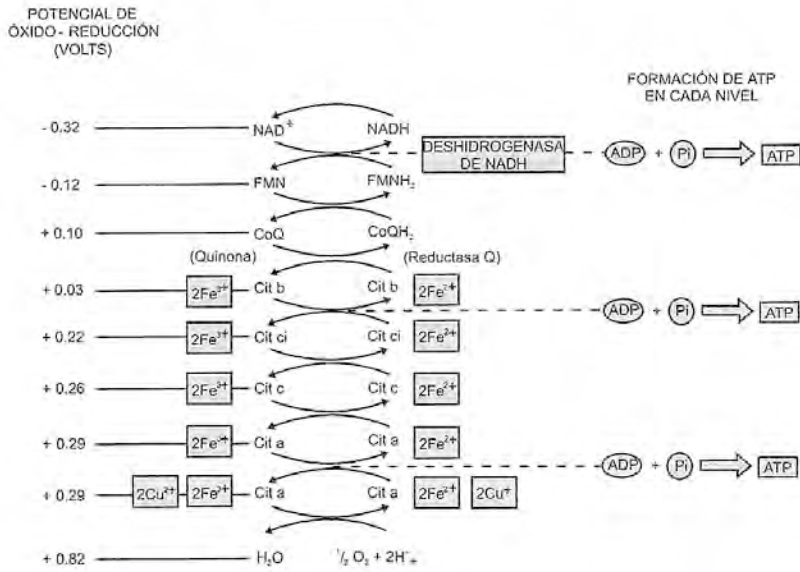


Figura 17. Cadena de transporte electrónico y fosforilación oxidativa. Fuente: Melo *et al.*, 2004

## Ciclo de los ácidos tricarboxílicos

El ciclo de los ácidos tricarboxílicos también llamado ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs (en honor al bioquímico inglés Sir Hans Krebs) esta constituido por una serie de reacciones que oxidan al grupo acetilo del acetil Co.A a dos moléculas de dióxido de carbono, con la consiguiente generación de tres moléculas de NADH, una de FADH<sub>2</sub> y una de GTP.

La principal función de este ciclo es actuar como vía común final de la oxidación de carbohidratos, lípidos y proteínas, esto debido a que la glucosa, los ácidos grasos y muchos aminoácidos son metabolizados a acetil Co.A o a intermediarios del ciclo. Este ciclo consta de ocho pasos en las que participan ocho enzimas, se inicia con el oxalacetato y el radical acetilo del la acetil Co.A para formar citrato y termina con la nueva formación de oxalacetato.

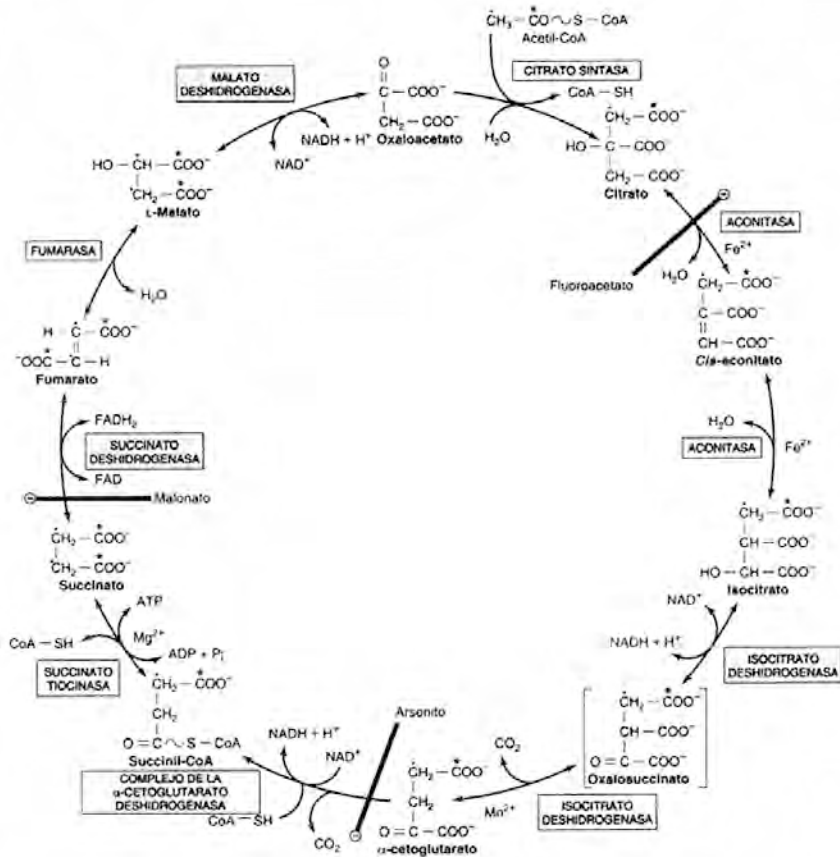


Figura 18. Fórmulas químicas del ciclo de Krebs. Fuente: Murray *et al.*, 2004.

## Balance energético del ciclo de Krebs

Por cada molécula de acetil Co-A catabolizada en el ciclo de Krebs, se producen tres moléculas de NADH una de FADH y una de GTP.

Una molécula de NADH genera la formación de tres ATP, una de FADH produce dos ATP y una de GTP, solo un ATP, en el proceso de fosforilación oxidativa posterior al ciclo de Krebs.

$$3 \text{ NADH} \times 3 = 9$$

$$1 \text{ FADH} \times 2 = 2$$

$$1 \text{ GTP} \times 1 = 1$$

En cada ciclo del ácido cítrico se generan 12 moléculas de ATP, por cada acetil Co-A.

En la degradación de glucosa a dos moléculas de piruvato se ganan 2 moléculas de ATP.

En la transformación de una molécula de piruvato a una molécula de acetil Co-A, se produce un NADH que equivale a 3 moléculas de ATP, un FADH que equivale a 2 moléculas de ATP, por lo tanto, en la degradación de una molécula de glucosa (se producen 2 moléculas de piruvato que se transforman en 2 moléculas de acetil Co-A) hasta dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), se obtienen 38 moléculas de ATP.

