



METABOLISMO CELULAR

En un sentido amplio, **metabolismo** es el conjunto de todas las reacciones químicas que se producen en el interior de las células de un organismo. Mediante esas reacciones se transforman las moléculas nutritivas que, digeridas y transportadas por la sangre, llegan a ellas.

El metabolismo tiene principalmente dos finalidades:

- ❖ **Obtener energía química** utilizable por la célula, que se almacena en forma de **ATP (adenosín trifostato)**. Esta energía se obtiene por degradación de los nutrientes que se toman directamente del exterior o bien por degradación de otros compuestos que se han fabricado con esos nutrientes y que se almacenan como reserva.
- ❖ **Fabricar sus propios compuestos** a partir de los nutrientes, que serán utilizados para crear sus estructuras o para almacenarlos como reserva.

Al producirse en las células de un organismo, se dice que existe un metabolismo celular permanente en todos los seres vivos, y que en ellos se produce una continua reacción química.

Estas **reacciones químicas** metabólicas (repetimos, ambas reacciones suceden en las células) pueden ser de dos tipos: **catabolismo** y **anabolismo**.

El catabolismo (fase destructiva)

Su función es reducir, es decir de una sustancia o molécula compleja hacer una más simple.

Catabolismo es, entonces, el conjunto de reacciones metabólicas mediante las cuales las moléculas orgánicas más o menos complejas (glúcidos, lípidos), que proceden del medio externo o de reservas internas, se rompen o degradan total o parcialmente transformándose en otras moléculas más sencillas (CO_2 , H_2O , ácido láctico, amoníaco, etcétera) y liberándose energía en mayor o menor cantidad que se almacena en forma de **ATP (adenosín trifosfato)**. Esta energía será utilizada por la célula para realizar sus actividades vitales (transporte activo, contracción muscular, síntesis de moléculas)

Las reacciones catabólicas se caracterizan por:

- ✓ Son **reacciones degradativas**, mediante ellas compuestos complejos se transforman en otros más sencillos.
- ✓ Son **reacciones oxidativas**, mediante las cuales se oxidan los compuestos orgánicos más o menos reducidos, liberándose electrones que son captados por coenzimas oxidadas que se reducen.
- ✓ Son **reacciones exergónicas** en las que se libera energía que se almacena en forma de ATP.
- ✓ Son **procesos convergentes** mediante los cuales a partir de compuestos muy diferentes se obtienen siempre los mismos compuestos (CO_2 , ácido pirúvico, etanol, etcétera).

El anabolismo (fase constructiva)

Reacción química para que se forme una sustancia más compleja a partir otras más simples.

Anabolismo, entonces es el conjunto de reacciones metabólicas mediante las cuales a partir de compuestos sencillos (inorgánicos u orgánicos) se sintetizan moléculas más complejas. Mediante estas reacciones se crean nuevos enlaces por lo que se requiere un aporte de energía que provendrá del ATP.

Las moléculas sintetizadas son usadas por las células para formar sus componentes celulares y así poder crecer y renovarse o serán almacenadas como reserva para su posterior utilización como fuente de energía.

Las reacciones anabólicas se caracterizan por:

- Son **reacciones de síntesis**, mediante ellas a partir de compuestos sencillos se sintetizan otros más complejos.
- Son **reacciones de reducción**, mediante las cuales compuestos más oxidados se reducen, para ello se necesitan los electrones que ceden las coenzimas reducidas (NADH, FADH₂ etcétera) las cuales se oxidan.
- Son **reacciones endergónicas** que requieren un aporte de energía que procede de la hidrólisis del ATP.
- Son **procesos divergentes** debido a que, a partir de unos pocos compuestos se puede obtener una gran variedad de productos.

Rutas metabólicas

En las células se producen una gran cantidad de reacciones metabólicas (tanto catabólicas como anabólicas), estas no son independientes sino que están asociadas formando las denominadas rutas metabólicas. Por consiguiente una **ruta o vía metabólica** es una secuencia ordenada de reacciones en las que el producto final de una reacción es el sustrato inicial de la siguiente (como la **glucólisis o glicólisis**).

Mediante las distintas reacciones que se producen en una ruta un sustrato inicial se transforma en un producto final, y los compuestos intermedios de la ruta se denominan **metabolitos**. Todas estas reacciones están catalizadas por **enzimas específicas**.

Tipos de rutas metabólicas.

Las rutas metabólicas pueden ser:

- **Lineales**. Cuando el sustrato de la primera reacción (sustrato inicial de la ruta) es diferente al producto final de la última reacción.
- **Cíclicas**. Cuando el producto de la última reacción es el sustrato de la reacción inicial, en estos casos el **sustrato inicial** de la ruta es un compuesto que se incorpora en la primera reacción y el **producto final** de la ruta es algún compuesto que se forma en alguna etapa intermedia y que sale de la ruta.

Frecuentemente los metabolitos o los productos finales de una ruta suelen ser sustratos de reacciones de otras rutas, por lo que las rutas están enlazadas entre sí formando **redes metabólicas complejas**.

Cuadro sinóptico

Catabolismo	Anabolismo
Degrada biomolecular	Fabrica biomolecular
Produce energía (la almacena como ATP)	Consume energía (usa las ATP)
Implica procesos de oxidación	Implica procesos de reducción
Sus rutas son convergentes	Sus rutas son divergentes
Ejemplos: glucólisis, ciclo de Krebs, fermentaciones, cadena respiratoria	Ejemplos: fotosíntesis, síntesis de proteínas

Características de las rutas metabólicas.

Todas son irreversibles y globalmente exergónicas.

Las rutas en los dos sentidos nunca pueden ser iguales porque si lo fuesen uno de los dos nunca se podría realizar. Los pasos distintos permiten asegurar los procesos en los dos sentidos. Hay muchos pasos comunes pero no todos.

Las rutas metabólicas están localizadas en unos compartimentos específicos lo que permite regularlas eficazmente.

En todas las rutas hay una reacción inicial que es irreversible y que desprende mucha energía, necesaria para llegar al final de la misma.

Todas las rutas están reguladas. Cada reacción tendrá su enzima.

Tipos metabólicos de seres vivos

No todos los seres vivos utilizan la misma fuente de carbono y de energía para obtener sus Biomoléculas.

Teniendo en cuenta la fuente de carbono que utilicen existen dos tipos de seres vivos:

Autótrofos, utilizan como fuente de carbono el CO₂. (Vegetales verdes y muchas bacterias).

Heterótrofos, utilizan como fuente de carbono los compuestos orgánicos. (Animales hongos y muchas bacterias).

Ahora, teniendo en cuenta la fuente de energía que utilicen se diferencia dos grupos:

Fotosintéticos, utilizan como fuente de energía la luz solar.

Quimio sintéticos, utilizan como fuente de energía, la que se libera en reacciones químicas oxidativas (exergónicas).

Según cual sea la fuente de hidrógeno que utilicen pueden ser:

Litótrofos, utilizan como fuente de hidrógeno compuestos inorgánicos, como H₂O, H₂S, etc.

Organótrofos, utilizan como fuente de hidrógenos moléculas orgánicas.

Tomando en su conjunto todos estos aspectos, se pueden diferenciar cuatro tipos metabólicos de seres vivos:

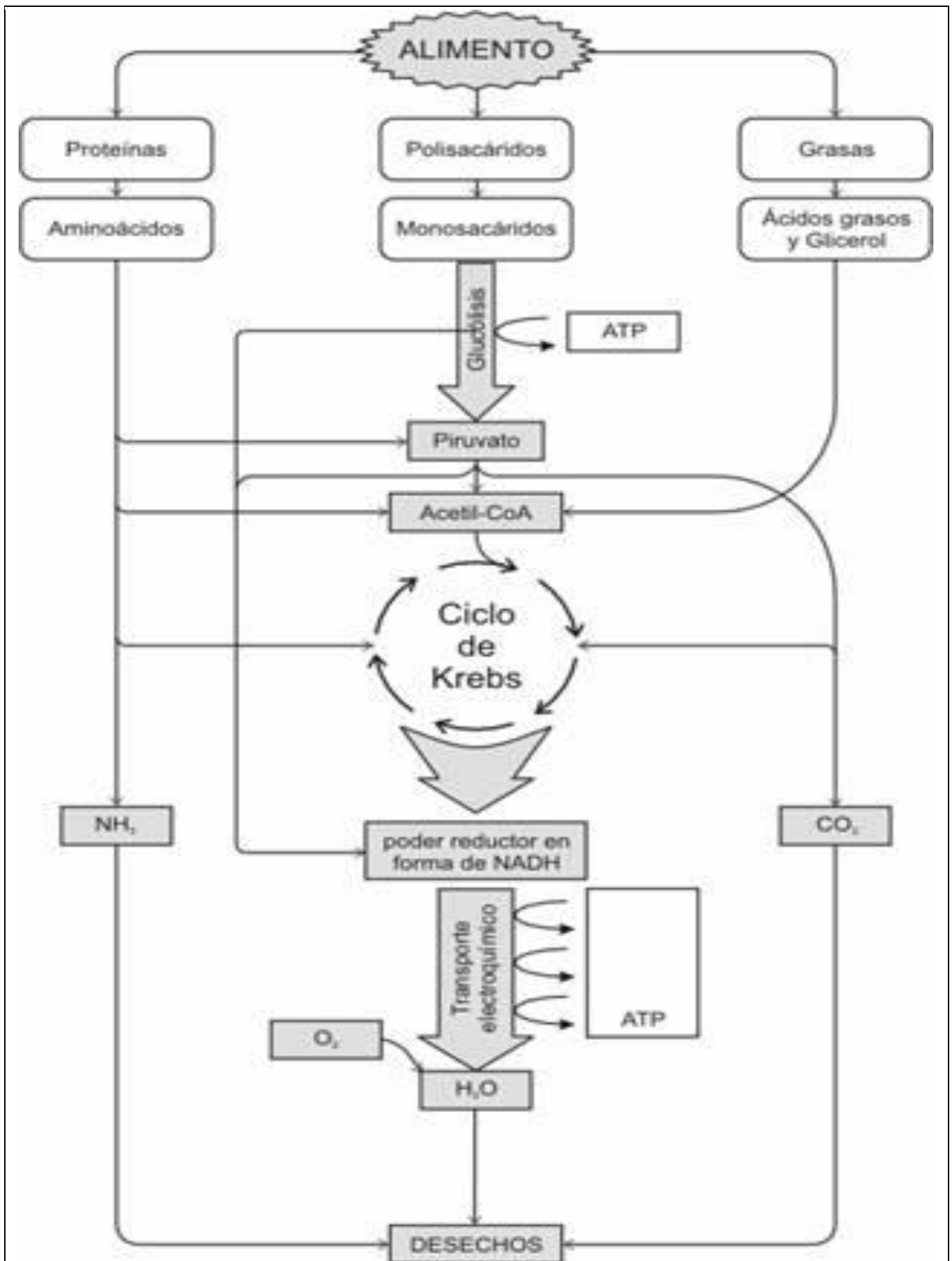
Fotolitótrofos o fotoautótrofos: También se denominan fotosintéticos. Son seres que para sintetizar sus biomoléculas utilizan como **fuente de carbono el CO₂**; como **fuente de hidrógeno, compuestos inorgánicos**, y como **fuente de energía, la luz solar**. A este grupo pertenecen: las plantas, las algas, las bacterias fotosintéticas del azufre, cianofíceas.

Fotoorganótrofos o fotoheterótrofos: Son seres que utilizan como **fuente de carbono compuestos orgánicos**, como **fuente de hidrógeno compuestos orgánicos** y como **fuente de energía la luz**. A este grupo pertenecen bacterias púrpuras no sulfuradas.

Quimiolitótrofos o quimioautótrofos: Se les denomina también quimio sintéticos. Son seres que utilizan como **fuente de carbono el CO₂**, como **fuente de hidrógenos compuestos inorgánicos** y como **fuente de energía la que se desprende en reacciones químicas redox de compuestos inorgánicos**. A este grupo pertenecen las llamadas bacterias quimio sintéticas como las bacterias nitrificantes, las ferrobacterias, etc.

Quimioorganótrofos o quimioheterótrofos: También se les denomina heterótrofos. Son seres que utilizan como **fuente de carbono compuestos orgánicos**, como **fuente de hidrógenos compuestos orgánicos** y como **fuente de energía la que se desprende en las reacciones redox de los compuestos orgánicos**.

A este grupo pertenecen los animales, los hongos, los protozoos y la mayoría de las bacterias.



Vías principales del catabolismo y anabolismo en la célula, Se observan las tres etapas, la primera tiene lugar en el lumen del tubo digestivo, la segunda en el citosol y la última en las mitocondrias.

A modo de recordatorio:

El metabolismo celular funciona sobre la base de dos tipos de reacciones químicas: catabolismo y anabolismo.

Catabolismo es desintegración (rutas convergentes), mientras que anabolismo significa reorganización (rutas divergentes).

El Catabolismo implica liberación de energía (reacciones exergónicas), mientras que el anabolismo implica captura de energía (reacciones endergónicas).

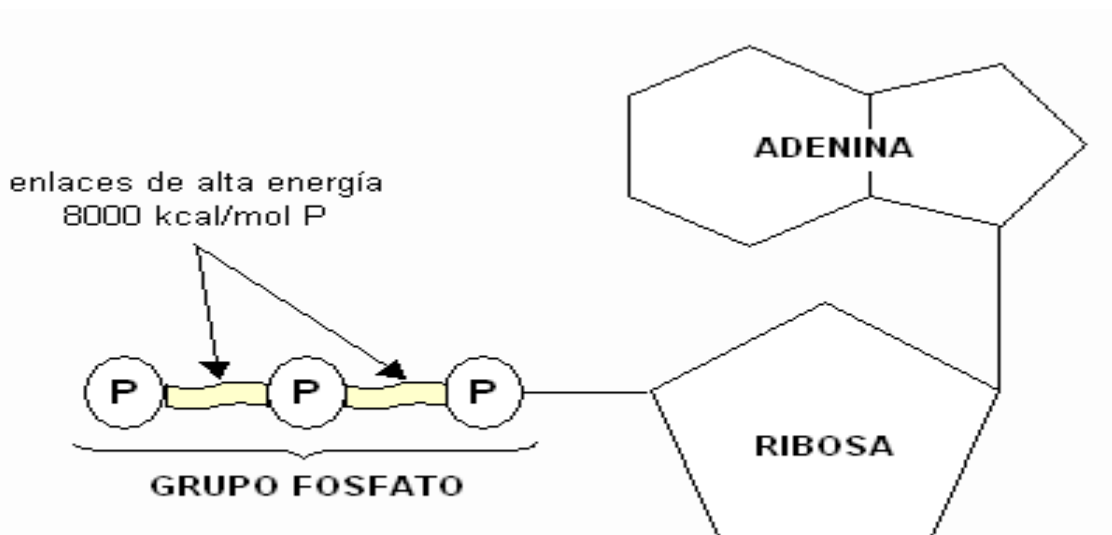
En el catabolismo ocurre una desorganización de los materiales, en tanto que en el anabolismo ocurre una reorganización más compleja de los materiales

SINTESIS DE ATP

El ATP pertenece al grupo de los nucleótidos, por lo tanto está compuesto por una base nitrogenada (adenina), una pentosa (ribosa) y un grupo fosfato (tres radicales fosfato con enlaces de alta energía).

ATP significa Adenosina Tri Fosfato, o Trifosfato de Adenosina. Tómese en cuenta que fósforo se abrevia con la letra P.

Recuerde que la palabra fosfato significa que el fósforo está participando con carga de -5 (si fuera carga -3 sería fosfito). Vea el siguiente esquema del ATP:

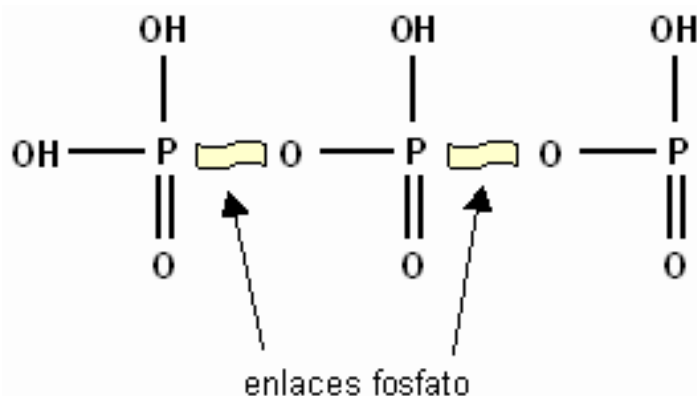


Esquema de la molécula de ATP

El ATP es una molécula que almacena bastante energía, la misma se almacena en los enlaces fosfato que son dos para cada molécula de ATP (vea la figura). Cada uno de ellos equivale a 8000 kcal/mol, por lo tanto si tomamos en cuenta que son dos enlaces, tendríamos un potencial de 16000 kcal/mol de energía para cada molécula de ATP. Sirva de comparación que una molécula de glucosa tiene apenas 2260 kcal/mol de energía, pequeña cantidad comparada con el ATP.

Otro aspecto importante es que estos enlaces fosfato se rompen fácilmente, por lo cual su energía almacenada es bastante disponible para los procesos bioquímicos.

Vea el siguiente gráfico de los radicales fosfatos y sus enlaces:

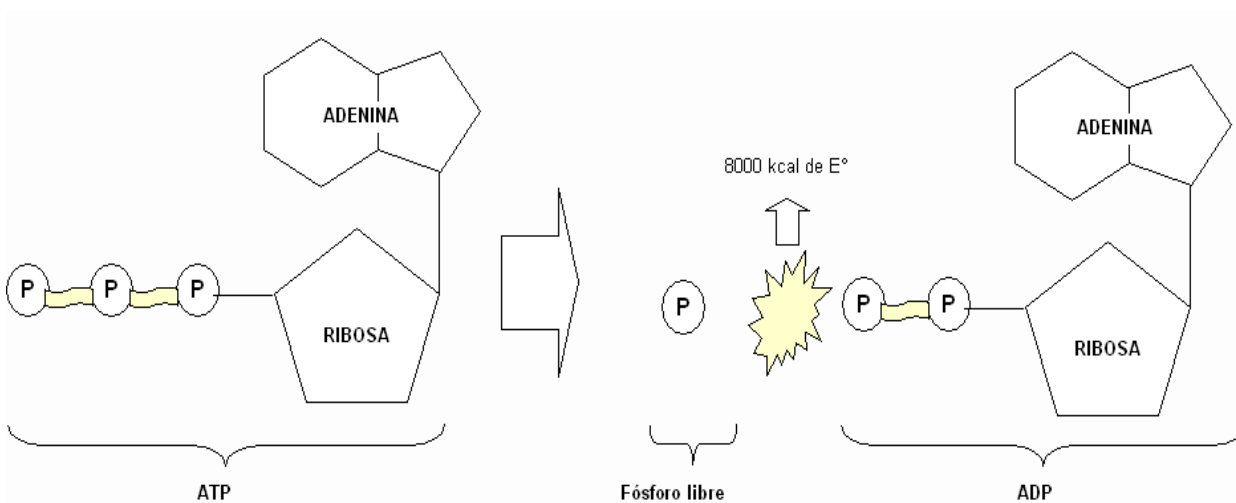


Liberación de energía del ATP:

La energía almacenada en los enlaces de fosfato se libera a través de un proceso catabólico.

Recuerde que catabolismo es un tipo de metabolismo que consiste en la transformación de una molécula compleja en otras más sencillas con liberación de energía.

Pues este es el caso del ATP, el cual tiende a liberar su grupo fosfato para transformarse en Adenosina Di Fosfato o ADP. Vea el siguiente gráfico:



De esta forma es que el ATP, libera energía transformándose en $ADP + P + E^\circ$.

Esta reacción es reversible, o sea el ATP del organismo se reconstituye a partir de ADP para almacenar la energía presente en los alimentos que consumimos.

Usualmente el ATP se transforma en ADP para liberar energía, y el ADP en ATP para almacenar energía.

Sin embargo bajo ciertas condiciones el ADP se transforma en AMP (Adenosina Mono Fosfato), liberando así un excedente de energía al romper el segundo enlace fosfato, pero esta condición no es muy usual.

ATP, moneda universal de energía en los sistemas biológicos.

Es importante recalcar que esta "transacción" energética (almacenamiento y liberación) utilizando ATP es común en todos los sistemas biológicos, desde los procariontas hasta los organismos más complejos del grupo pluricelular.

Debido a esto es que se conceptúa al ATP como la "moneda universal" de las transacciones energéticas en todos los sistemas biológicos.

Usos comunes del ATP

El ATP a parte que sirve para el almacenamiento "a cortísimo plazo" de la energía, es utilizado por el organismo para los siguientes procesos (todos ellos trabajos, recuerde que trabajo es toda utilización de energía):

- Transporte activo en las membranas celulares, para el movimiento de solutos en contra del gradiente de concentración. De toda la utilización de ATP por las células, se le atribuye a este proceso un 30% de participación.
- Síntesis de compuestos químicos (anabolismo), recuerde que muchos de los procesos bioquímicos requieren energía para ejecutarse o sea son procesos endergónicas. El ATP provee la energía para la ejecución de dichas reacciones. Se atribuye a estos procesos un 70% de participación en el uso global de ATP a niveles celulares.
- Trabajo mecánico, específicamente movimiento muscular, de cilios - flagelos y movimientos ameboides.

Metabolismo energético: Síntesis de ATP

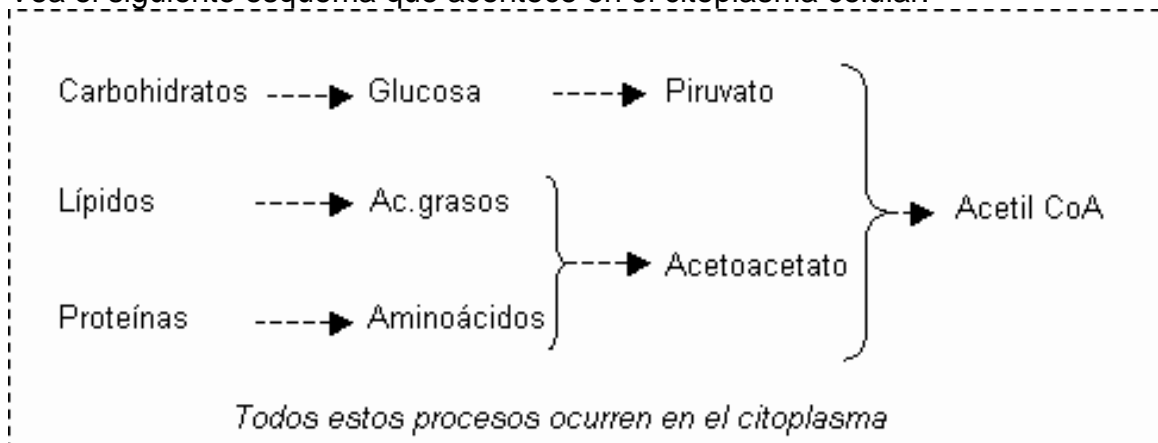
Lugar de síntesis

El lugar donde se sintetiza el ATP radica en las crestas mitocondriales. En los procariontas, este trabajo se realiza en la membrana celular.

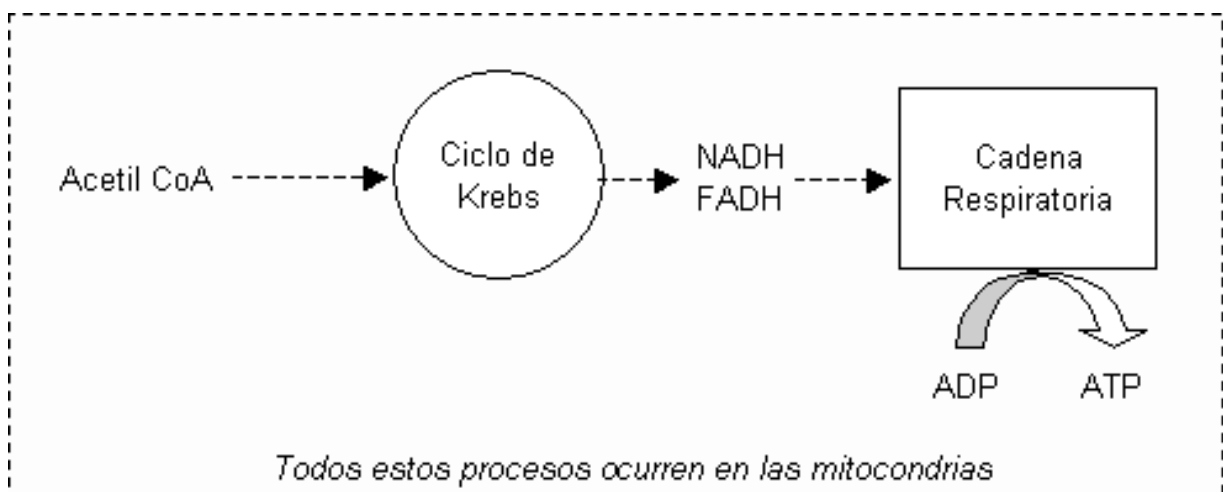
En el citoplasma también se produce ATP, pero en proporciones considerablemente menores o muy poco significativas.

la energía de los alimentos y su transformación en ATP

Todos los grupos alimenticios (carbohidratos, lípidos y proteínas) pueden transformarse en ATP. Sin embargo los procesos que atraviesan son diferentes. Vea el siguiente esquema que acontece en el citoplasma celular:



En un primer paso, todos los grupos alimenticios se simplifican al dividirse en sus compuestos más sencillos, tal es el caso de los diversos carbohidratos que acaban simplificándose en glucosa, o las proteínas en aminoácidos. Posteriormente estas "unidades menores" o simplificadas sufren transformaciones para convertirse en piruvato (o ácido pirúvico) para el caso de los carbohidratos y en acetoacetato para el caso de los lípidos y las proteínas. Al final de este proceso que ocurre en el citoplasma celular, tanto el piruvato como el acetoacetato se transforman en acetil CoA, compuesto que ingresa a las mitocondrias para participar en la síntesis de ATP.



En un segundo paso, que ocurre en las mitocondrias, el acetil CoA es utilizado en un proceso denominado "Ciclo de Krebs" (en honor a Hans Krebs su descubridor), del cual resultan principalmente dos tipos de compuestos denominados NADH y FADH, los cuales son "vehículos biológicos de transferencia de electrones". Es pues durante este ciclo de Krebs que se libera bastante energía en procesos de óxido-reducción, de la cual concluyen estos "transportadores de electrones". Posteriormente el NADH y FADH ingresan a un proceso denominado "cadena respiratoria" del cual ya resulta la síntesis de ATP.