



TEMA 12. SERES VIVOS: MATERIA Y ENERGÍA

12.1. MATERIA, ENERGÍA Y SERES VIVOS: EL METABOLISMO.

Las actividades que realiza una célula necesitan energía, y la mayoría de ellas precisa también de materia. Así, las células tienen que crecer, mantener sus estructuras, transportar sustancias a través de la membrana, moverse, reproducirse, etc. y para ello llevan a cabo una gran cantidad de reacciones químicas. [Repasa el concepto de reacción química].

El conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en el interior de una célula constituye su **metabolismo**. Algunas reacciones metabólicas degradan la materia orgánica para producir energía. Estas reacciones constituyen el **catabolismo**. Otras reacciones transforman materia orgánica sencilla en componentes celulares más complejos; estas reacciones constituyen el **anabolismo** y requieren energía.

Catabolismo

El catabolismo (del griego *katabolé*= *echar abajo*) es la fase degradativa o destructiva del metabolismo ya que consiste en la *oxidación* de los nutrientes orgánicos (glúcidos, lípidos y proteínas) dando lugar a compuestos más pequeños y sencillos (por ejemplo, ácido láctico, etanol, CO₂, H₂O y NH₃) con la finalidad de obtener la energía que llevaban encerradas estas moléculas.

Uno de los más importantes ejemplos de reacciones catabólicas es la oxidación de la glucosa con oxígeno, que se transforma en dióxido de carbono y agua, proceso conocido como *respiración celular*, o la formación de alcohol etílico, dióxido de carbono y agua sin emplear oxígeno, denominándose al proceso *fermentación alcohólica* (Hay otras muchas reacciones que también son respiración celular y existen otras fermentaciones distintas de la alcohólica).

Anabolismo

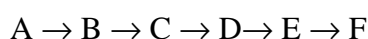
El anabolismo (del griego *anabolé*= *subida*) es la fase constructiva o de **biosíntesis** de la célula. La fabricación (síntesis) de moléculas por parte de los seres vivos entra dentro de este conjunto amplio de reacciones. Es posible sintetizar moléculas orgánicas sencillas a partir de moléculas inorgánicas, utilizando en este caso una fuente de energía externa como es la luz (con dióxido de carbono y agua se consigue glucosa), este proceso anabólico es la fotosíntesis. Pero también las moléculas pequeñas y sencillas se transforman en moléculas mayores y más complejas, como por ejemplo muchos lípidos, los polisacáridos, las proteínas y los ácidos nucleicos (la unión de moléculas de glucosa para formar glucógeno o almidón; unión de aminoácidos para dar lugar a proteínas -muchos culturistas toman “anabolizantes” para desarrollar musculatura; para los deportistas profesionales está prohibido y se considera dopaje-). La transformación de unas biomoléculas en otras también debe considerarse anabolismo (por ejemplo, transformar glucosa en grasa o bien modificar un tipo de aminoácido para convertirlo en otro diferente). La energía necesaria para llevar a cabo estas reacciones se obtiene de la que se libera en las reacciones catabólicas.



12.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS REACCIONES METABÓLICAS. EL ATP Y LAS ENZIMAS.

- Todas las reacciones metabólicas están **catalizadas por enzimas**. Las enzimas son proteínas que aumentan la velocidad de dichas reacciones químicas. De hecho, sin ellas las reacciones son tan lentas que en realidad es como si no tuvieran lugar. Por ello, las enzimas permiten y controlan las reacciones).

- Casi nunca a partir de unas sustancias de partida o sustratos se obtiene un producto que resulte de utilidad a la célula. Generalmente se requieren varias reacciones en cadena: las reacciones metabólicas se organizan en **rutas**, de manera que el producto de una reacción sirve como sustrato de la siguiente. Por lo tanto, para llegar a un producto final hay que pasar por una serie de reacciones intermedias, cada una de ellas catalizada por una enzima diferente.



-En cualquier reacción química, fuera y dentro de los seres vivos, la energía está presente. En unos casos se desprende y en otros hay que aportarla.

- En las células, el **ATP** está siempre presente en los desprendimientos o consumos de energía de las reacciones metabólicas. En unos casos habrá **síntesis** (formación) y en otros **hidrólisis** (descomposición). Como de costumbre en nuestro universo siempre que haya un trasvase o transformación energética se producirá una pérdida de energía en forma de calor.

- En muchas reacciones metabólicas los electrones de un átomo o molécula pasan a otro. Estas reacciones, conocidas como **reacciones de oxidación-reducción**, tienen gran importancia en los seres vivos. Así, en los organismos, las reacciones que incorporan energía (fotosíntesis) y las reacciones que liberan energía (respiración) son reacciones de oxidación-reducción. Los electrones contienen energía que es la que se aprovecha para realizar las reacciones (en muchas de ellas no basta con la enzima correspondiente). [Perder electrones es oxidarse; ganar electrones es reducirse. Si un átomo pierde electrones es porque otro los gana].

El ATP

Todos los seres vivos tienen que incorporar energía del medio ya que no pueden crearla. Los productores utilizan la energía de la luz y la introducen en los enlaces químicos de la materia orgánica que fabrican mediante la fotosíntesis (nutrición autótrofa). El resto de seres vivos toma la energía contenida en la materia orgánica de los alimentos (nutrición heterótrofa).

En el interior de la célula, la energía captada por los seres vivos (ya sea la de la luz o la contenida en la materia orgánica) no se utiliza directamente, sino que se transfiere y se almacena durante algún tiempo en un importante compuesto orgánico, llamado adenosín trifosfato o **ATP**. El ATP actúa como transportador de energía química en todas las células de **TODOS** los seres vivos. Esta energía química almacenada en el ATP se empleará para llevar a cabo las actividades celulares.

Químicamente el ATP es un derivado de **nucleótido** que está formado por adenina, ribosa y tres grupos de ácido ortofosfórico, que normalmente llamaremos grupos fosfato. Los dos enlaces entre los grupos fosfatos son importantes en la función del ATP, pues son muy energéticos, es decir, para formarlos hace falta suministrar mucha energía que se liberará cuando se rompan.



Cuando un grupo fosfato del ATP se separa por hidrólisis (añadiendo agua y en presencia, claro está, de la enzima correspondiente) se forma ADP (adenosín difosfato) y se libera energía:



Puede ocurrir también que se liberen dos grupos fosfato, produciéndose AMP (adenosín monofosfato) y libera igual cantidad de energía.



Se escribe P_i para indicar ácido ortofosfórico y no confundirlo con el elemento químico P (fósforo),

El ATP se puede formar en las células a partir de:

- La energía de la luz durante la fotosíntesis (en células autótrofas fotosintéticas).

- La energía liberada en las reacciones de oxidación de los nutrientes orgánicos (reacciones catabólicas), esto ocurre tanto en las células autótrofas como en las heterótrofas (en las células eucariotas sucede en las mitocondrias).

La energía del ATP se emplea en todas las actividades celulares que requieren energía, tales como:

- las reacciones anabólicas o de biosíntesis.
- el *transporte activo* de moléculas e iones a través de la membrana citoplasmática (transporte en contra de gradiente).
- los movimientos celulares (contracción muscular, movimiento de cilios y flagelos, etc.)
- La transmisión del impulso nervioso a través de las neuronas.

Podemos considerar al ATP como una “batería recargable” la única batería que permite que funcione la célula, si bien para cargarla de energía es preciso descomponer glucosa o utilizar la luz. (Por eso, en realidad no está bien dicho que mediante la fotosíntesis o mediante la oxidación de la glucosa se obtiene ATP: lo que la célula hace es recargar la molécula descargada o AMP. Estas moléculas ya fueron fabricadas mediante procesos anabólicos).

LAS ENZIMAS

La mayor parte de las reacciones químicas ocurren muy lentamente a temperatura ambiente. En un laboratorio, una reacción puede acelerarse mediante dos mecanismos: calentando los reactivos o empleando catalizadores (lo normal es utilizar ambos). En las células sólo se puede elevar la temperatura hasta cierto punto (nunca más allá de 40°C) y siempre son aceleradas mediante las enzimas (en realidad los seres homeotermos mantienen una temperatura constante que facilita las reacciones).

Las enzimas son **catalizadores biológicos** que facilitan las reacciones químicas que tienen lugar en los seres vivos. Sin ellas, las reacciones químicas serían tan lentas que la vida se detendría.

Como todos los catalizadores, las enzimas aumentan la velocidad de una reacción química disminuyendo la cantidad de energía necesaria para activarla (energía de activación) y posibilitando que comience.



En las reacciones enzimáticas la sustancia o sustancias que reaccionan y sobre las cuales actúa la enzima se llaman **sustratos**. Las enzimas se unen temporalmente a sus sustratos formando un complejo **enzima-sustrato**. Luego se rompen esos complejos, liberando el **producto** de la reacción y recuperándose la enzima intacta, por lo que puede volver a actuar.



La unión del sustrato a la enzima tiene lugar en una pequeña parte de la molécula de enzima que tiene forma de hueco o cavidad, denominada **centro activo**. En el centro activo existen unos aminoácidos encargados de reconocer el sustrato para la formación del complejo ES y otros encargados de la fase catalítica es decir, de la transformación del sustrato en producto.

Muchas reacciones enzimáticas son **reversibles** y las enzimas, como todos los catalizadores, aceleran la reacción tanto en un sentido como en otro. Puesto que sin enzimas no hay reacciones, estas moléculas son las responsables de que haya metabolismo y en definitiva de que la célula y el organismo funcione. La carencia de una sola enzima puede ocasionar enfermedades o defectos muy graves (Se conocen como metabolopatías y tienen un origen genético: un error en el ADN hace que la enzima sea defectuosa. Ej: la fenilcetonuria)

Principales propiedades de las enzimas:

- Químicamente **son proteínas**. Algunas proteínas enzimáticas necesitan otras moléculas, tales como vitaminas, nucleótidos (coenzimas) o iones minerales, para llevar a cabo su función.

- Son **específicas**. Esto quiere decir que cada enzima cataliza sólo una reacción particular o un tipo de reacciones muy relacionadas. Así, la sacarasa únicamente actúa sobre la sacarosa y la lactasa sobre la lactosa (las bacterias del yogur degradan la lactosa pero no pueden aprovechar la sacarosa); los humanos tenemos amilasas que descomponen el almidón, pero no tenemos celulasa, por lo que no digerimos la celulosa (aunque sabemos que almidón y celulosa son moléculas muy semejantes constituidas por unidades de glucosa).

- **No se consumen** en la reacción. Como consecuencia de ello, pueden utilizarse muchas veces.

- **Se inactivan por el calor**. Esto es debido a que son proteínas. La mayoría de las enzimas se desnaturalizan a temperaturas superiores a 45°C y por tanto pierden su función.

- Son **sensibles a los cambios de pH**. La mayoría de las enzimas trabajan a pH neutro y los cambios de pH afectan a su actividad. En todo caso, por debajo y por encima de su pH óptimo, las enzimas disminuyen su actividad.

- Son **catalizadores muy eficientes**. Una molécula de enzima puede catalizar la transformación de miles a millones de moléculas de sustrato por minuto. Por tanto, sólo se necesita un pequeño número de moléculas de enzima para llevar a cabo una reacción.

(Muchas enzimas se nombran añadiendo el sufijo -asa al nombre del sustrato, o tipo de sustrato, sobre el que actúan. Así, la enzima que actúa sobre la sacarosa se llama sacarasa).

INCORPORACIÓN Y GASTO DE ENERGÍA EN LOS SERES VIVOS

La vida depende de una incorporación continua de energía. En la mayoría de los casos, la fuente principal de energía es el Sol. Los productores absorben la energía solar durante la fotosíntesis y la incorporan a la materia orgánica que fabrican. Parte de esta energía



almacenada en la materia orgánica pasa a los consumidores, que se alimentan de los productores o de otros consumidores, y a los desintegradores (recuerda el flujo de materia y energía en los ecosistemas).

Los seres vivos utilizan la energía contenida en la materia orgánica para realizar todas sus funciones vitales. Para ello, llevan a cabo la **oxidación** o **combustión** de dicha materia orgánica, mediante un proceso conocido como **respiración** (catabolismo). La respiración se da en la mayor parte de los organismos pero hay otro mecanismo de obtención de energía llamado **fermentación** que es empleado por ciertas bacterias y hongos e incluso por algunas de nuestras células en circunstancias especiales. La fermentación es también una oxidación pero sin empleo de oxígeno.

Por tanto, los seres vivos incorporan energía del medio, luego la almacenan durante un tiempo y finalmente la utilizan en sus funciones vitales. Durante este proceso parte de dicha energía se convierte en trabajo y otra parte siempre se transforma en calor, no pudiendo volver a ser utilizada. Es por ello, y ya se vio al hablar de la energía en los ecosistemas, que necesitamos un continuo aporte energético (la materia se recicla, pero la energía no).

12.3. LA PRODUCCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA: FOTOSÍNTESIS Y QUIMIOSÍNTESIS.

La fotosíntesis (foto=luz; síntesis=fabricación) es el proceso en virtud del cual algunos organismos, como cianobacterias y plantas verdes (algas y “plantas superiores”), son capaces de captar la energía luminosa y transformarla en energía química (encerrada en la materia orgánica y en el ATP).

Las plantas verdes utilizan la energía química conseguida mediante la fotosíntesis, para producir una gran variedad de compuestos orgánicos a partir de agua, sales minerales y dióxido de carbono. Esta síntesis es el resultado de reacciones químicas que se desarrollan en los cloroplastos, que son orgánulos que contienen la clorofila y que se localizan en el citoplasma de las células clorofílicas. Además, esta síntesis va acompañada de una producción de oxígeno que es expulsado al exterior.

Los primeros productos de la fotosíntesis son moléculas orgánicas sencillas a partir de las cuales se efectúa la síntesis de glúcidos, lípidos y proteínas más complejos. La materia prima que se precisa para la fotosíntesis la constituyen: **agua** y **sales minerales** que proceden del suelo y son llevadas a las células de las hojas por los vasos conductores, que se extienden desde la raíz al tallo y las hojas; también es imprescindible el **CO₂**, que penetra en la hojas a través de los estomas y se difunde a las células clorofílicas. La energía, imprescindible para el proceso, la proporciona la **luz solar**.

La clorofila (pigmento que da color verde a la planta) se encarga de captar la energía luminosa para que pueda ser transformada en energía química. Una parte quedará almacenada en los enlaces del ATP, y será utilizada en las reacciones químicas propias de este complejo proceso de fotosíntesis.

Las reacciones químicas de la fotosíntesis se agrupan, para su estudio, en dos fases: fase luminosa y fase oscura.

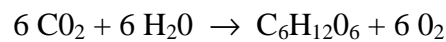
La **fase luminosa** se llama así porque para su realización es indispensable la presencia de luz. El primer paso para la conversión de la energía luminosa en energía química es la absorción de la luz. Las moléculas encargadas de absorber la energía de la luz son los pigmentos fotosintéticos, siendo el más importante la clorofila.



Cuando la luz incide sobre una molécula de clorofila, la energía es transferida a dos de sus electrones (los fotones golpean la clorofila y le arrancan dos electrones) y posteriormente es utilizada para formar ATP. De esta forma la energía luminosa queda fijada en los enlaces químicos del ATP. La energía captada por la clorofila se utiliza también para descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno (Fotólisis del agua). Los hidrógenos se utilizarán en la fase siguiente, el oxígeno es liberado al medio (como un residuo) y los dos electrones de los hidrógenos serán cedidos a la clorofila para que recupere los que perdió.

La **fase oscura** se denomina así porque no depende directamente de la luz, aunque no es obligado que tenga lugar en la oscuridad. En esta segunda etapa de la fotosíntesis, se utilizan los hidrógenos, los electrones y la energía del ATP, obtenidos en la fase luminosa, para reducir el carbono procedente del CO₂ y formar glucosa [reducir: darle electrones y además protones (H⁺). Tomando seis moléculas de dióxido de carbono, y añadiendo hidrógenos se produce la glucosa]

La reacción global que resume todo el conjunto de reacciones químicas de la fotosíntesis es la siguiente:



Las moléculas de glucosa producidas por la fotosíntesis son rápidamente utilizadas para formar almidón que se almacena en las células en forma de gránulos. Un aumento de la concentración de glucosa en el interior de las células afectaría a los procesos osmóticos y el almidón, sin embargo, no. El almidón es regularmente degradado a maltosa y este azúcar soluble es transportado fuera de la célula y por medio de los vasos conductores distribuido a todas las partes de la planta no fotosintéticas, como por ejemplo, los frutos maduros, las raíces y los órganos de almacenamiento subterráneo.

Las células utilizan los azúcares de muchas formas:

- Respiración. La glucosa puede oxidarse para obtener energía.

- Almacenamiento. Los azúcares que no se necesitan inmediatamente para la respiración son transformados otra vez en almidón y, almacenados. Algunas plantas almacenan gránulos de almidón en las células de sus tallos o raíces. Otras plantas, como la patata, tienen órganos de almacenamiento especiales (tubérculos) para sus reservas de almidón. Los azúcares también pueden almacenarse en los frutos de algunas plantas; las uvas, por ejemplo, contienen gran cantidad de glucosa. Incluso las semillas de los cereales contienen almidón.

- Síntesis de otras sustancias. Como celulosa para las paredes celulares, lípidos para sus membranas, proteínas para sus citoplasmas, pigmentos para sus pétalos, etc. Para fabricar proteínas una planta necesita nitrógeno y azufre, además de carbono, hidrógeno y oxígeno. Estos elementos los obtiene del medio en forma de sales minerales. El nitrógeno para esta síntesis viene de los **nitratos** que son absorbidos del suelo por las raíces. El azufre es absorbido del suelo en forma de **sulfatos**. El fósforo es necesario para el ADN y para el ATP y se toma como **fosfato**. También precisan sodio, potasio, calcio... (¿Qué contienen los abonos que echan vuestros padres al olivar?)

La **quimiosíntesis**, al igual que la fotosíntesis es un proceso de nutrición autótrofa: se parte de materia inorgánica sencilla como fuente de materia pero como fuente de energía va a emplear la que se desprende de ciertas reacciones químicas de sustancias presentes en el medio. Estos procesos son realizados sólo por algunos grupos de bacterias. Por citar un ejemplo, algunas especies utilizan el H₂S procedente de emisiones volcánicas submarinas o aguas termales para obtener energía mediante la oxidación a azufre (el S²⁻ pasa a S⁰ e incluso



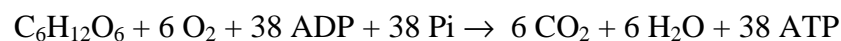
puede ser oxidado con oxígeno quedando como S^{2+}). Estos dos electrones arrancados aportarán una energía que será empleada de modo semejante a la de la luz en la fotosíntesis. Se han descubierto no hace muchas décadas ecosistemas submarinos en los que el nivel trófico de los **productores** está ocupado por estas bacterias, alrededor de las cuales viven multitud de organismos. Estos ecosistemas se encuentran en los rift de las dorsales oceánicas, allí donde la actividad volcánica es muy elevada y hay numerosas emisiones de gases disueltos en el agua marina caliente (“humeros”).

12.4. LA RESPIRACIÓN.

La respiración es un proceso químico que tiene lugar en las células. No debe ser confundida con los procesos de intercambio de gases, que tienen lugar en los pulmones. De ahí que se denomine también respiración celular. Todas las células tienen que obtener energía de los nutrientes orgánicos, **incluidas las células vegetales**. Para ello, los degradan mediante procesos de oxidación y transfieren la energía al ATP. La energía almacenada en el ATP es la que luego utiliza la célula para llevar a cabo todas sus actividades.

El proceso más frecuente mediante el cual las células obtienen energía de los nutrientes se llama respiración. Consiste en la oxidación completa de los nutrientes orgánicos utilizando el oxígeno. Por tanto, es un proceso *aeróbico*.

El principal nutriente que utilizan las células para obtener energía es la glucosa. Durante la respiración la glucosa se oxida completamente a CO_2 y H_2O siendo la reacción global de este proceso la siguiente:



La molécula de glucosa no se degrada directamente como parece en la ecuación dada anteriormente, sino en una serie de etapas o reacciones, cada una de ellas catalizada por una enzima diferente. De esta forma la energía se libera poco a poco y se utiliza para formar 38 moléculas de ATP.

La energía almacenada en el ATP la utilizan los seres vivos para lo siguiente:

- Los animales para el movimiento (contracción muscular), para transmitir impulsos nerviosos, para transportar sustancias en el interior del cuerpo.
- Las plantas para tomar las sales minerales del suelo, para abrir y cerrar los estomas, para transportar nutrientes y para realizar muchas reacciones de anabolismo.
- Todos los seres vivos necesitan energía para su crecimiento, para la división celular, para el transporte activo de iones y moléculas, y para mantenerse vivos.

Otra parte de la energía de la glucosa se disipa en forma de calor. En los animales endotermos (aves y mamíferos) este calor es retenido para mantener la temperatura de su cuerpo. En las plantas el calor se pierde emitiéndose al medio (fundamentalmente por evaporación de agua) tan rápido como se produce (las actividades de los vegetales no requieren un gasto tan grande de energía como las de los animales por lo que se emite muy poco calor).

En las **mitocondrias** tiene lugar la mayor parte de las reacciones de la respiración aeróbica. Por tanto, es en este orgánulo donde se genera la mayor parte del ATP que la célula utiliza como fuente de energía para todas sus actividades.

12.5. LA FERMENTACIÓN.

Cuando se obtiene energía de los nutrientes orgánicos sin la intervención del O_2 , el proceso se denomina fermentación y se trata de un proceso **anaeróbico**. Dado que la vida surgió en una atmósfera que carecía de oxígeno, la fermentación es el proceso más antiguo mediante el cual los seres vivos obtienen energía de los nutrientes. La fermentación consiste en



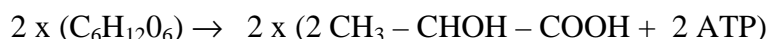
una degradación parcial de los nutrientes orgánicos obteniendo energía en forma de ATP y dando como productos finales compuestos orgánicos más simples que los iniciales (más oxidados, esto es, con menos electrones y protones). Los nutrientes o combustibles más utilizados para la fermentación son los azúcares, principalmente, la glucosa.

Fermentación alcohólica. Las levaduras degradan la glucosa obteniendo ATP y dando como productos finales etanol y CO₂. Se trata de la fermentación alcohólica cuya reacción global es la siguiente:



Al igual que la respiración aeróbica, la fermentación es un proceso que consta de diversas reacciones, cada una de las cuales está catalizada por una enzima diferente. Dichas reacciones se realizan en el citoplasma de la célula. En la fermentación se produce mucha menos energía que en la respiración (sólo 2 moléculas de ATP en lugar de 38). Esto es porque el alcohol es un compuesto orgánico que todavía contiene una gran cantidad de energía, que la levadura es incapaz de utilizar. (El alcohol es una molécula más oxidada que la glucosa pero menos que el dióxido de carbono). Para la célula de levadura el producto importante de la fermentación es el ATP cuya energía utilizan para su crecimiento y actividades vitales; el alcohol y el CO₂ son productos de desecho.

Fermentación láctica. Esta fermentación la realizan algunas bacterias del género Lactobacillus y Streptococcus. Para ello, descomponen la lactosa, azúcar de la leche, según la reacción global siguiente:



En esta fermentación la glucosa se degrada a ácido láctico y se obtienen en el proceso 2 moléculas de ATP. Los lactobacilos se encuentran en los productos lácteos e intervienen en la elaboración de derivados de la leche, tales como el queso, el yogur, la cuajada, etc. (cada molécula de lactosa es previamente dividida en sus dos monosacáridos integrantes).

También se produce esta reacción en las células musculares. Así, durante una actividad física intensa no llega suficiente oxígeno a las células musculares las cuales obtienen su energía mediante fermentación, degradando la glucosa a ácido láctico. La producción de ácido láctico en las células musculares es la causa de la fatiga muscular y también, parece ser, las agujetas. (Ejercicios anaeróbicos)

(Como no están las cosas para tirar nada, las moléculas de ácido láctico son más tarde recompuestas a glucosa en el hígado con un pequeño gasto de energía).