



BIOLOGIA 1

Bloque III. Describes el metabolismo de los seres vivos

Tipos de energía	36
Reacciones endotérmica y exotérmica	37
Características y síntesis del adenosín trifosfato (ATP)	38
Metabolismo	40
- Enzimas.....	42
- Procesos anabólicos.....	43
Fotosíntesis	43
- Procesos catabólicos.....	45
Respiración celular	45
Fermentación	47

Tipos de energía

Todos los seres vivos necesitan de energía para realizar sus procesos vitales, puede resultar hasta obvio que para su crecimiento las células requieran energía, sin embargo, las células que no crecen requieren también de energía para realizar los procesos que las mantienen vivas. Las células tienen muchas formas de obtener energía, aunque ésta no se utilice en los procesos celulares, se desarrollan procesos mediante los cuales la energía se transforma, gracias a una serie de *rutas metabólicas energéticas* de transformación que varían según el sistema celular que lo realiza.

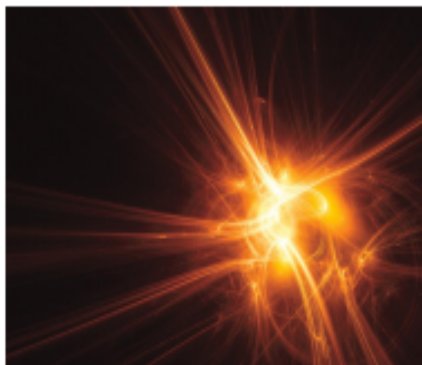
Los seres vivos obtienen energía mediante diversos procesos, según sea el caso de cada uno de los organismos, sin embargo, la energía es la misma siempre, únicamente cambia de forma, la termodinámica estudia estos cambios y se rige bajo las siguientes leyes:

1. La energía, en un sistema cerrado, no se crea ni se destruye, sólo cambia de forma.
2. No toda la energía puede ser usada, la porción de energía que no puede ser usada, se denomina **entropía**.

Las dos leyes anteriores se denominan, respectivamente, primera y segunda ley de la termodinámica y se aplican a los procesos de transformación de energía en los seres vivos.

Para entender los cambios de energía que los procesos metabólicos generan, es importante conocer a qué se refiere este concepto. Definimos energía como la capacidad de realizar un trabajo y se puede clasificar en energía cinética y energía potencial.

- a. La energía cinética es la que se produce a consecuencia del movimiento de un cuerpo o de sus moléculas, tal es el caso del movimiento que se genera en el interior de la célula con el intercambio de moléculas del espacio intracelular al extracelular; o el movimiento de un deportista, mientras se ejercita.



- b. La energía potencial es aquella que tiene un cuerpo en reposo y que puede convertirse en energía cinética en el momento que adquiere movimiento; la cantidad de energía potencial de un cuerpo está determinada por su posición y su masa.

En relación al origen de la energía potencial podemos tener diferentes tipos, algunos de ellos son:

- **Energía eléctrica:** es la que se genera por la existencia de una diferencia de potencial de cargas eléctricas entre dos puntos, lo que permite generar una corriente entre ambos, es ampliamente utilizada en la industria y en los servicios domésticos. En el caso de los seres vivos, este tipo de energía está presente en algunos animales, como las anguilas, que la producen como mecanismo de defensa.
- **Energía radiante:** es la energía que poseen las ondas electromagnéticas como la luz, las ondas de radio, los rayos ultravioleta.
- **Energía luminosa:** es la que se transporta en la luz y que se puede transformar, por ejemplo, en energía térmica, cuando un metal se calienta por estar expuesto a la luz del Sol. También se encuentra en algunos animales, como las luciérnagas, que generan luz para llamar la atención de otras luciérnagas.
- **Energía nuclear:** es la que se produce de la fragmentación de átomos de los elementos como el plutonio o el helio, generan una cantidad impresionante de energía, por ejemplo en el caso de la energía que produce el Sol, se genera derivado de la fusión de átomos de helio y es tal la energía que produce, que ha sido capaz de mantener la vida en nuestro planeta por millones de años.
- **Energía química:** se produce por la transformación de moléculas. Se genera mediante reacciones químicas, en las que se requiere o produce calor. Este tipo es el que se utiliza al interior de las células de los seres vivos sin importar cuál sea su tipo de metabolismo, las reacciones químicas predominantes en este proceso son las de óxido-reducción.

Para comprender mejor el tema que estamos revisando, es importante conocer los diferentes tipos y fuentes de energía, pues ésta es necesaria en los procesos vitales como el metabolismo celular, el mantenimiento de tejidos, el transporte de fluidos, el crecimiento, la reproducción, la locomoción, entre otros. Es así que sin la energía, no sería posible el poder mantener la vida de los seres vivos.



Reacciones endotérmicas y exotérmicas

En los seres vivos ocurren de manera cotidiana y en todo momento una gran cantidad de reacciones químicas, como si se tratara de laboratorios vivientes. Estas reacciones químicas permiten realizar funciones vitales y otras actividades como desplazarse, respirar, pensar, por mencionar algunas.

En todas las reacciones químicas se producen cambios de energía, misma que puede ser liberada o absorbida dependiendo de la reacción de la que se trate; en los seres vivos generalmente es de energía térmica.

Cuando una reacción química se desprende o libera energía térmica al entorno, se dice que es una *reacción exotérmica* cuando la energía es absorbida del entorno para que se pueda efectuar la reacción química se denomina *reacción endotérmica*.

En una reacción exotérmica la energía que se libera de los reactivos es mayor de la que se requiere para llevarla a cabo, por tal motivo el excedente de energía se transmite al ambiente.

En una reacción endotérmica, la cantidad de energía que poseen los reactivos es mucho menor que la que se requiere para formar los productos de la reacción, por lo que es indispensable suministrar energía térmica (calor) para que la reacción pueda llevarse a cabo.

En los seres vivos generalmente las reacciones metabólicas ocurren en un ambiente de presión estable, esto condiciona que no toda la energía que se libera en forma de calor quede dentro del sistema, sino que se utiliza para generar un trabajo. Esta energía potencial que se produce con la finalidad de realizar el trabajo se denomina *entalpía*.

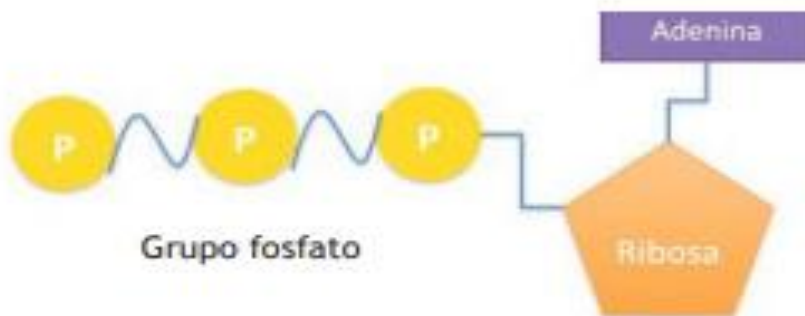
Sin embargo, la energía potencial empleada en la realización de un trabajo no es la única disponible, ya que existe la *energía de enlace*, que está almacenada en los enlaces químicos de las moléculas que no reaccionan. A la energía de enlace se le denomina *entropía*. Tanto la entropía como la entalpía están relacionadas entre sí por un tercer tipo de energía, conocida como energía libre.

En los organismos vivos las reacciones exotérmicas y endotérmicas están generalmente relacionadas, ya que son complementarias, puesto que la energía que libera una reacción exotérmica es utilizada para realizar una reacción endotérmica y así sucesivamente.

Un ejemplo de una reacción exotérmica es el proceso de combustión y un proceso de reacción endotérmica es la fotosíntesis.

Características y síntesis del adenosín trifosfato (ATP)

El ATP es una molécula conformada por tres partes, la primera la adenina que es una base nitrogenada, la segunda la ribosa que es un azúcar, y la tercera parte por tres grupos fosfatos.



Esquema de la estructura del ATP en el que se observan sus tres componentes: Adenina, ribosa y fosfatos.

Adenosín trifosfato (ATP)

En todas las células vivas, la energía está almacenada en una pequeña molécula llamada adenosín trifosfato (ATP), el cual conserva la energía disponible por muy cortos periodos. Puede considerarse como la moneda energética de la célula, para lo cual utilizaremos el siguiente ejemplo:

Cuando se trabaja para ganar dinero, se podría decir que esta energía está simbólicamente almacenada en el dinero ganado. La energía que la célula requiere para uso inmediato está guardada de manera temporal en el ATP, como si fuera dinero en efectivo. Cuando se gana un dinero extra, puede guardarse en una alcancía. De manera similar, una célula puede almacenar la energía en los enlaces químicos de lípidos, almidones o glucógeno. Al igual que nosotros, la célula no puede gastar más de lo que gana, así que debe realizar algunas actividades para evitar quedarse sin energía, lo que significaría su muerte. Así como el dinero que se gana no se almacena completo por mucho tiempo, el ATP se consume pronto y debe de reemplazarse de inmediato.



Cuando el grupo fosfato terminal de la cadena se desprende de la molécula del ATP, decimos que se hidroliza y dicho grupo fosfato es capaz de unirse a otra molécula para aportar energía a una reacción en un proceso metabólico. Es la energía que la célula puede utilizar para realizar sus funciones vitales o para catalizar reacciones endotérmicas (Solomon, 2013).

Por otro lado, el adenosín difosfato es un compuesto intermedio en la generación de energía, se puede decir que es la parte del ATP sin un fosfato. Es una molécula indispensable en la producción de energía celular, ya que es quien capta los fosfatos que se desprenden del ATP. Se puede ejemplificar fácilmente el origen del ATP con la siguiente reacción: $\text{ADP} + \text{P} \rightarrow \text{ATP}$.

Un ejemplo de reacción exotérmicas-endotérmicas es la llamada ciclo del ATP, debido a que la liberación de un grupo fosfato de la molécula de ATP genera energía, y por el contrario la unión de un grupo fosfato a una molécula de ADP requiere de energía. Estas reacciones se ejemplifican en el siguiente esquema:



Esquema del proceso de hidrólisis del ATP a ADP, y de síntesis de ATP por fosforilación del ADP.

El proceso de transformación de ATP en ADP y la respectiva liberación de energía y la nueva formación de ATP es casi instantáneo, la síntesis de la molécula de ATP en las células eucariotas se lleva a cabo principalmente en el interior de las mitocondrias. Una condición interesante es que la proporción de existencia de ATP y ADP es de 10 a 1, ya que las células deben asegurar que la energía esté disponible siempre, y aunque la proporción es mucho mayor, la célula no es capaz de almacenar grandes concentraciones de ATP. El ser humano guarda en los músculos pequeñas cantidades de ATP a nivel de una molécula que se llama creatina fosfato; como dato sorprendente en un día es que una persona sana en reposo un día utiliza alrededor de 45kg de ATP.



Metabolismo

Entendemos por metabolismo la suma de todas aquellas reacciones químicas que se desarrollan al interior de los seres vivos.

El metabolismo consiste en una gran cantidad de reacciones químicas enlazadas, para formar rutas metabólicas que generan moléculas simples a partir de moléculas complejas o viceversa. Como ejemplo: podemos mencionar el caso de la degradación del glucógeno almacenado para aportar glucosa a la sangre y, por el contrario, la formación de lípidos a partir de la degradación de glucosa.

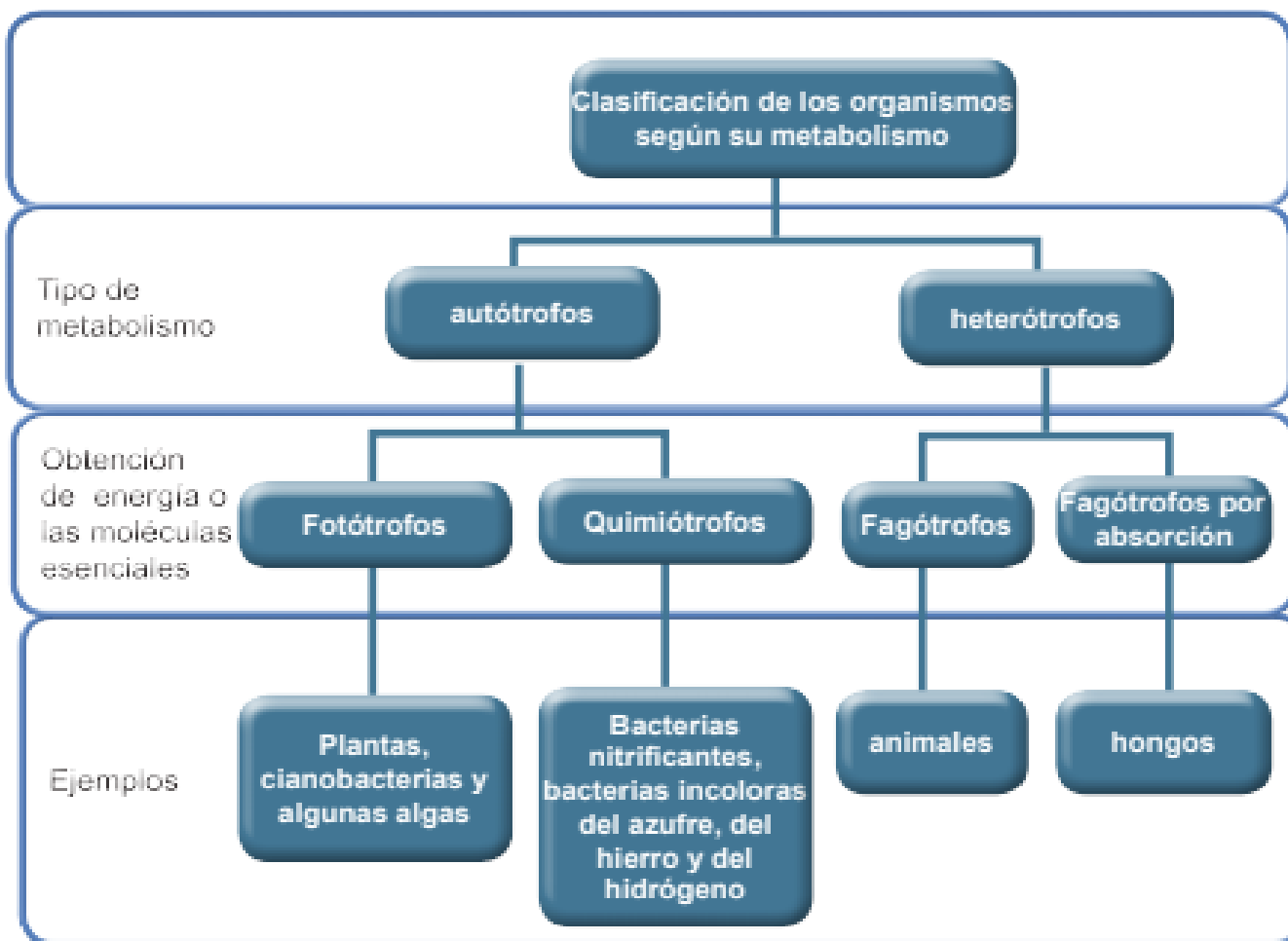
Los seres vivos han desarrollado, gracias a la adaptación, diversas maneras de obtener los nutrientes que requieren ya sea por degradación de moléculas, o por la construcción de ellas.

Se denomina organismos autótrofos a todos aquellos que tienen la capacidad de producir moléculas orgánicas a partir de compuestos inorgánicos.

Existe un tipo de organismos autótrofos que para la síntesis de las biomoléculas requieren la luz del sol, por lo cual se les denominan fotótrofos y a aquellos que tienen la capacidad de utilizar la energía que se desprende de reacciones químicas inorgánicas se les denomina quimiótrofos, por ejemplo, las bacterias que crecen en la materia en descomposición que se nutren de los gases que ahí se generan.

Los organismos heterótrofos son aquellos que utilizan moléculas orgánicas para producir la energía que requieren para sus procesos vitales. Existen diversos tipos de organismos heterótrofos, como es el caso de aquellos que adquieren las moléculas por medio de la dieta, al "comerlas", y a ellos se les denomina fagótrofos. Existen otro tipo de organismos que adquieren las biomoléculas del ambiente, absorbiendo los productos que requieren en su forma más simple, como azúcares simples, agua y proteínas. A estos se les llama heterótrofos por absorción.

En el siguiente esquema puedes observar una clasificación más completa de los organismos según su metabolismo, así como ejemplos de cada uno de ellos:



Clasificación de los seres vivos por su tipo de metabolismo.

Tanto el anabolismo como el catabolismo requieren de la participación de diferentes moléculas, entre ellas, algunas proteínas que facilitan el proceso de construcción o degradación de otras moléculas y que se les denomina enzimas.

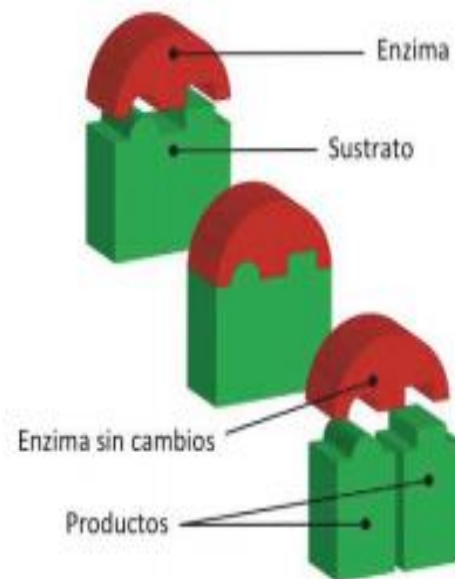
Enzimas

Las reacciones químicas que se producen en los organismos vivos, usualmente pueden requerir de algunas moléculas mediadoras o catalizadoras para que puedan efectuarse, este tipo de moléculas indispensables para que las reacciones se lleven a cabo son un tipo de proteínas especiales y por su función **catalizadora** se denominan enzimas. Así mismo, las moléculas sobre las que actúan dichas enzimas se les denomina sustratos. Por ejemplo la degradación de la lactosa contenida en la leche, es degradada por una enzima llamada lactasa, siendo el sustrato en esta reacción la lactosa.



Catalizador. Elemento o molécula que facilita las reacciones químicas.

Las enzimas al tener una naturaleza proteica poseen una región de aminoácidos en el que reconocen a su sustrato, ésta región es llamada sitio activo o sitio catalítico y es el sitio más importante de la enzima.



Función enzimática

El mecanismo de acción enzimático se lleva a cabo cuando una enzima se une a una molécula específica, denominada sustrato, para fragmentarla en dos o más productos.

Existen muchos procesos en los seres vivos que requieren de la participación de las enzimas, quizás uno con el que estés más familiarizado es el proceso digestivo, en el que puedes encontrar diversas enzimas producidas por el aparato digestivo. A continuación se mencionan algunos ejemplos:

Sitio	Enzima	Sustrato
Boca	Amilasa salival	Almidón
Estómago	Pepsina	Proteínas
Páncreas	Lipasa	Lípidos
Intestino delgado	Lactasa	Lactosa

Tabla con ejemplos de enzimas y sustratos

Procesos anabólicos

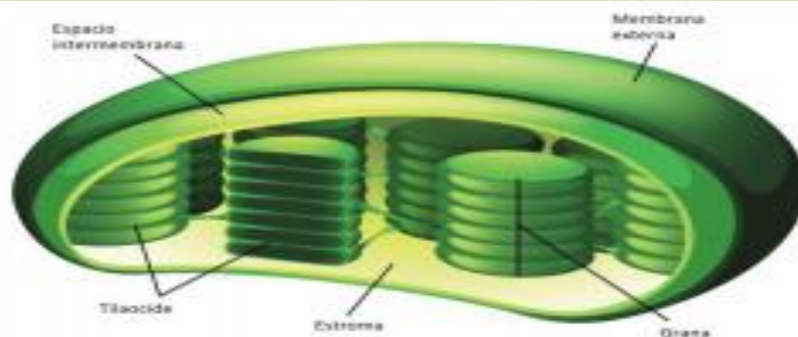
La Fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas utilizan energía luminosa para convertirla en energía química y que se almacena en forma de moléculas orgánicas. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas:

1. Primera etapa. Esta fase es totalmente dependiente de la luz, motivo por el cual se le ha denominado "fase luminosa", en esta fase se produce el oxígeno.
2. Segunda etapa es la producción de moléculas con la energía almacenada en las moléculas de ATP y NADPH, es la fase de la quimiosíntesis, es independiente de la luz solar, motivo por el cual se le ha denominado "fase oscura".

En las células que realizan fotosíntesis existen unos organelos denominados cloroplastos, que están formados por una membrana externa y una interna, entre las que se encuentra un espacio conocido como espacio intermembrana. En el interior de los cloroplastos se encuentra un fluido denominado estroma, en el cual están contenidas las enzimas que intervienen en la formación de moléculas de carbohidratos. En el estroma también se encuentra suspendido un tercer sistema de membranas que al interconectarse forman el **tilacoide**, en el cual existen formaciones denominadas "grana" que son pliegues entrelazados sobre sí mismos a manera de "pila de monedas" en las cuales se desarrollan los procesos de la fotosíntesis.





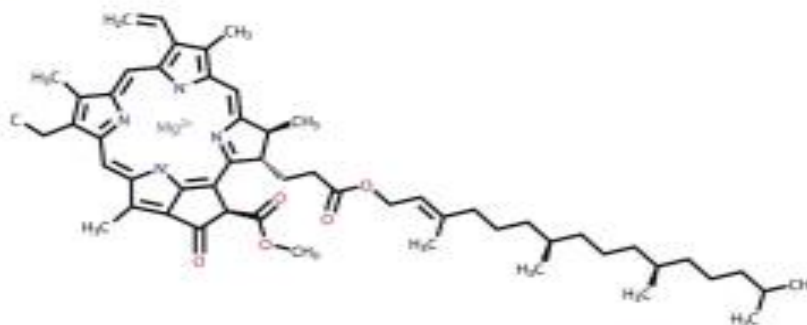
Estructura de los cloroplastos.

Los pigmentos fotosintéticos de las plantas son un grupo de sustancias químicas que se desestabilizan con la influencia de los rayos del sol; el más común y fundamental de los pigmentos entre las plantas es la clorofila.

La molécula de clorofila está constituida por un anillo de porfirina que absorbe la energía luminosa y una cadena hidrocarbonada que le proporciona fijación a las estructuras de la membrana tilacoide.

Cuando la energía luminosa impacta en la clorofila, un electrón del sistema fotótrofo se estimula y salta a un orbital de mayor energía, el cual tiene la capacidad de desencadenar reacciones químicas apareadas en las que se produce ATP. Cuando la energía es transferida a una cadena transportadora, el electrón regresa a sus órbitas de energía habitual en espera de ser estimulado nuevamente.

Como producto final de su metabolismo, los organismos autótrofos producen oxígeno y agua, así que, para que exista un equilibrio natural de este proceso existen también seres vivos que requieren como principal sustrato el oxígeno, tal es el caso de todos los animales.

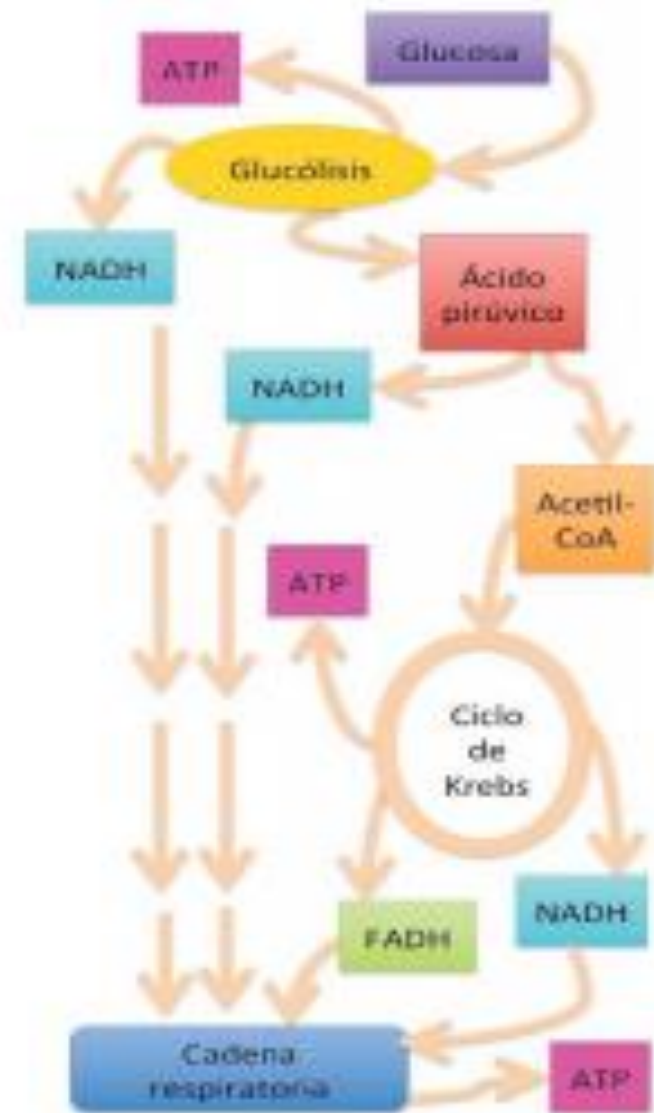


Estructura de la molécula de clorofila.

Procesos catabólicos

Respiración celular

La respiración celular es el proceso por medio del cual las células producen energía a partir del catabolismo de biomoléculas como la glucosa, los ácidos grasos e incluso las proteínas. En el caso de la glucosa, este proceso se integra por una serie de reacciones químicas que producen ATP; el proceso inicia con la degradación de la glucosa, fenómeno que ocurre en el citosol y es llamado glucólisis; concluye con procesos metabólicos que se llevan a cabo a nivel de la membrana interna y matriz de la mitocondria, que reciben el nombre de ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones y fosforilación oxidativa.



Glucólisis, ciclo del ácido cítrico (Krebs) y cadena transportadora de electrones (respiratoria) y su relación entre sí.



Muchos organismos eucariontes y procariontes realizan respiración aeróbica, una forma de respiración en la que se requiere oxígeno molecular (O_2), durante este tipo de respiración los nutrientes se catabolizan para producir dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). La mayoría de las células utilizan la respiración aeróbica para obtener energía principalmente a partir de la glucosa, bajo la siguiente ecuación metabólica.



Es importante mencionar que la energía que se genera como producto en esta acción es en forma de ATP.

Los procesos metabólicos con los cuales se realizan las reacciones químicas de la respiración oxidativa se pueden clasificar en cuatro etapas, las cuales son secuenciadas y se enuncian en la siguiente tabla (Solomon, 2012):

Etapa	Resumen	Moléculas de inicio de reacción (reactivos)	Moléculas el final de la reacción (productos)
Glucólisis	La glucosa se degrada a piruvato con una ganancia de 2 moléculas de ATP.	Glucosa, ATP, NAD^+ , fosfato	Piruvato, ATP, $NADH + H$
Formación de acetil coenzima A	El piruvato se degrada y se combina con la coenzima A, los átomos de hidrógeno se transfieren a los portadores y se libera CO_2	Piruvato, coenzima A, NAD^+	Acetil coenzima A, CO_2 , $NADH + H$
Ciclo del ácido cítrico, o ciclo de Krebs	Parte de la acetil coenzima A se degrada a CO_2 , los átomos de hidrogeno se transfieren a los portadores y se forma ATP.	Acetil coenzima A, H_2O , NAD^+ , FAD^+ , ADP, fosfato	ATP, H_2O , $NADH + H$, $FADH_2$
Transporte de electrones	La cadena de moléculas transportadoras de electrones, generan un gradiente de protones, el destino final son las moléculas de oxígeno, así se forma el agua. El ATP, se forma a medida que se transportan los electrones en un proceso final llamado cadena transportadora de electrones.	$NADH + H$, $FADH_2$, O_2 , ADP y fosfato	ATP, H_2O , NAD^+ , FAD^+

En resumen, cada molécula de glucosa que inicia el proceso de generación de energía y que termina donando los electrones a la cadena transportadora de electrones en el interior de la mitocondria produce 34 moléculas de ATP aproximadamente.

Fermentación

Es el proceso celular de producción de energía que se realiza sin la presencia de oxígeno, tal es el caso de los organismos **anaerobios** que se encuentran sumergidos en aguas estancadas o en el intestino de algunos animales, entre otros. También el proceso de producción de energía anaeróbica es realizada por algunas células de animales como las células del músculo, en el que a través de este proceso se produce el lactato muscular, que es la sustancia que se produce de la degradación del ácido pirúvico y que interviene en el proceso de producción de energía en la respiración aeróbica y anaeróbica.



Anaerobio. Condición en ausencia del oxígeno.

La fermentación sólo genera dos moléculas de ATP, a diferencia de la gran ganancia de ATP que se produce en la respiración aeróbica.

En los seres vivos también existe un proceso anaeróbico en el que no participan las mitocondrias ni la cadena respiratoria, denominado fermentación. Dicho proceso se realiza por algunos microorganismos como bacterias, hongos y levaduras, bajo la siguiente reacción química (resumida):

