



PAU
Mayores de 25 años

Contenidos

Biología

Metabolismo, herencia y genética molecular: Nutrición y metabolismo

1. Concepto de nutrición

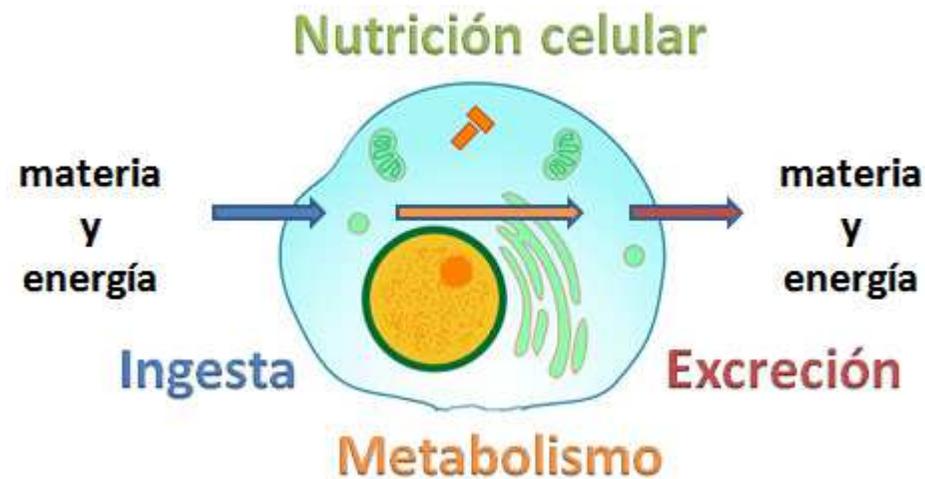


Nutrición y metabolismo en Prezi

Importante

células. Consiste en un conjunto de procesos que permiten a la célula obtener la materia y energía que necesitan para crecer, reponer sus estructuras, dividirse o desplazarse.

Son varias las acciones que permiten nutrirse a la célula. En primer lugar necesita **incorporar los nutrientes**, que pueden ser orgánicos (glúcidos, lípidos, proteínas) o inorgánicos (agua, sales minerales). Los primeros, además de materia, tienen energía en sus enlaces que las células pueden fácilmente aprovechar. Después, es necesario utilizarlos convenientemente en un conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en el citosol o en los diferentes orgánulos y que llamamos **metabolismo**. También incluimos en la nutrición aquellos mecanismos por los cuales la célula **excreta** al medio exterior las sustancias de desecho que resultan de su actividad metabólica.



Existen dos tipos diferentes de nutrición celular:

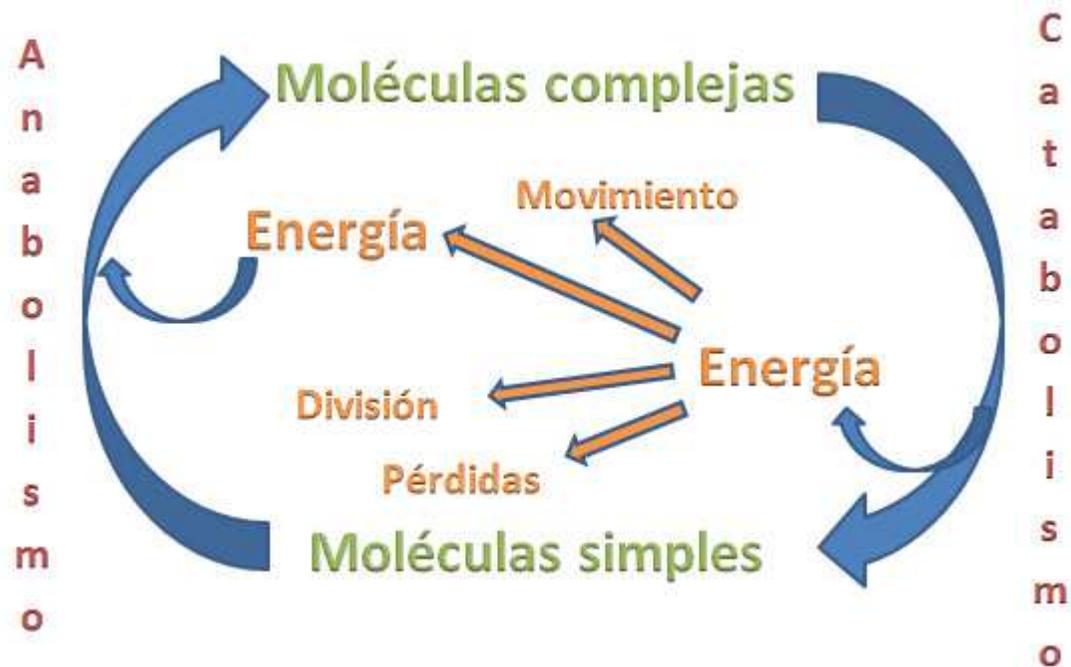
- **Nutrición heterótrofa** : aquella que incorpora como nutrientes sustancias orgánicas, de las que puede obtener energía además de materia. Estas células necesitan pues, que haya otros seres vivos que aporten estas sustancias orgánicas, de ahí que se llamen heterótrofas ("que se alimenta de otros"). Las células de los animales, los hongos y muchos microorganismos tienen este tipo de nutrición.
- **Nutrición autótrofa** : aquella que permite sintetizar todas las sustancias que necesita la célula incorporando únicamente sustancias inorgánicas. Requiere en este caso una fuente de energía diferente, que bien puede ser la luz o diferentes sustancias químicas. Estas células no necesitan de otros seres vivos para nutrirse, de ahí el término autótrofo, que significa "que se alimenta por sí mismo". Las células fotosintéticas de las plantas, algas y de algunas bacterias se nutren de esta manera.

2. Metabolismo celular

Partimos de que todas las células necesitan incorporar nutrientes (orgánicos las heterótrofas e inorgánicos las autótrofas), pero ¿qué hacen para transformar estos nutrientes en las moléculas que ellas necesitan para formar sus componentes? ¿Cómo obtienen la energía para moverse, transportar sustancias o construir sus estructuras? La respuesta es la misma: lo consiguen gracias al metabolismo.

Como acabamos de ver, en el interior de la célula se produce un gran número de reacciones químicas, al conjunto de las cuales llamamos metabolismo. Existen dos tipos posibles de reacciones: aquellas cuyos productos son más complejos que sus sustratos y que por lo tanto almacenan más energía, y aquellas en las que, por el contrario, los productos son más simples que los sustratos por lo que desprenden energía. De ahí que diferenciamos dos tipos de metabolismo:

- **Anabolismo:** Conjunto de reacciones por las que una célula es capaz de originar biomoléculas complejas y ricas en energía a partir de moléculas más sencillas y pobres en energía. También se conoce como **biosíntesis** y conlleva un gasto energético.
- **Catabolismo:** Conjunto de reacciones químicas por las que una célula utiliza las biomoléculas ricas en energía para formar moléculas más sencillas y pequeñas. En estas reacciones se obtiene energía que se utiliza en las tareas celulares (movimiento, reproducción, crecimiento, etc.)



Todo está enlazado. Parte de la energía que se desprende en el catabolismo puede emplearse en el anabolismo. Del mismo modo, parte de las

moléculas complejas creadas en el anabolismo, pueden usarse en el catabolismo.

Importante

El **metabolismo** es el conjunto de reacciones químicas que se producen en el interior de la célula, en las que interviene la materia procedente del medio con el fin de incorporarse a la célula o bien producir energía.

Existen una gran cantidad de procesos ligados al anabolismo y al catabolismo. Destacamos tres de ellos:

- La **respiración** celular, que se lleva a cabo en las mitocondrias de todas las células (catabolismo).
- La **fermentación** , que se lleva a cabo en el citoplasma de algunas células (catabolismo).
- La **fotosíntesis** , que se lleva a cabo en los cloroplastos de células vegetales (anabolismo).

Estos procesos presentan una serie de características comunes:

- Están controlados por enzimas que son catalizadores biológicos.
- Consisten en una secuencia de reacciones en las que los productos de una reacción son los sustratos de la siguiente.
- El ATP participa en estos procesos degradándose o formándose.

Comprueba lo aprendido

Señala si la respuesta es verdadera o falsa:

1. El ATP es una molécula que transporta energía en la célula desde donde se producen las reacciones anabólicas a donde se necesita.

Verdadero Falso

2. El metabolismo comprende los procesos de transformación de materia y energía que ocurren en la célula.

Verdadero Falso

3. El anabolismo y el catabolismo son procesos asociados.

Verdadero Falso

2.1. La moneda energética: ATP

Una célula no puede utilizar la energía de cualquier forma. La energía desprendida en la descomposición de las moléculas energéticas (glúcidos y lípidos) es almacenada en forma de un intermediario energético. Esta molécula se llama **ATP** (adenosín trifosfato). Se trata de un nucleótido formado por tres ácidos fosfóricos.

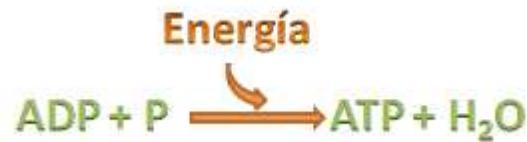
La energía se encuentra almacenada en los enlaces entre los grupos fosfato de tal manera que cuando estos se rompen se libera energía que se utiliza en las reacciones anabólicas. El ATP pasa a ser entonces **ADP** (adenosín difosfato)

Por el contrario, para unir de nuevo los fosfatos se requiere energía, en este caso se obtiene de la energía liberada en los procesos catabólicos (el ADP pasa a ser ATP).

Utiliza la animación y comprueba cómo ocurre esta reacción.

Animación en Flickr modificada de [Anna Tanczos](#) bajo [CC](#)

El proceso de formación del ATP se llama **fosforilación** y consiste en la adición de un grupo fosfato al ADP para formar ATP:



La formación del ATP puede realizarse de diferentes maneras:

- **Fosforilación a nivel de sustrato** : la energía que se necesita para la síntesis de ATP se libera al romperse un sustrato que se forma en el curso de una reacción.
- **Fosforilación oxidativa** : utiliza para fabricar el ATP la energía liberada por la oxidación de nutrientes. Veremos un poco más de ella en el apartado siguiente.

Importante

El ATP es la molécula universal de intercambio de energía y permite conectar los procesos anabólicos que gastan ATP con los procesos catabólicos que lo fabrican.

Reflexiona

Viendo estas dos imágenes, ¿sabrías decir cuál de ellas corresponde al anabolismo y cuál al catabolismo? ¿En cuál de ellas se forma ATP? ¿En cuál se destruye?



Ejercicio resuelto

Ya conoces la estructura de la molécula utilizada por la célula como moneda energética.
¿Cual es la importancia del ATP en el metabolismo?

2.2. Los electrones viajeros

En las reacciones químicas del metabolismo, algunas sustancias pierden electrones y otras los ganan. Decimos que una sustancia se **oxida** cuando pierde electrones y que se **reduce** cuando los gana. Evidentemente, cada vez que ocurre una oxidación, hay una reducción, por lo que ambos procesos van unidos.

Cuando los electrones se van, suelen ir acompañados de un protón (H^+). La unión de (e^-) + (H^+) constituye un átomo de hidrógeno (H). Es por ello que la oxidación o pérdida de electrones, suele ser también una deshidrogenación, o pérdida de átomos de hidrógeno. La reducción, por su parte, suele ser una hidrogenación. Podemos saber fácilmente cuándo una sustancia se oxida o se reduce mirando qué ha pasado con sus hidrógenos.

El catabolismo, además de energía, libera electrones ya que las moléculas más complejas se oxidan. De la misma forma que mononucleótidos trifosfatos (como el ATP o el GTP) llevan la energía, algunos dinucleótidos se han especializado en transportar electrones. Así tenemos los siguientes coenzimas especializados en esta función:

Nombre del coenzima	Formas:	Oxidada	Reducida
Nicotinamín adenín dinucleótido	→	NAD ⁺	→ NADH
Nicotinamín adenín dinucleótido fosfato	→	NADP ⁺	→ NADPH
Flavín Adenín dinucleótido	→	FAD	→ FADH ₂

Estos coenzimas, entre los que destaca el NADH, sin participar directamente en la reacción la hacen posible captando y cediendo electrones. Se dice que tienen **poder reductor** porque, en un momento determinado, ceden electrones a otras moléculas y las reducen.

Pero además, participan en un mecanismo muy peculiar de formación del ATP, la fosforilación oxidativa, en la que los electrones son transferidos desde un donante de electrones a un aceptor de electrones, que suele ser el oxígeno, a través de reacciones redox en las que se libera energía. Esta energía es aprovechada por una importante enzima, la ATP sintasa, para crear ATP.

3. Respiración celular

Todos los seres vivos necesitan obtener energía para realizar las funciones vitales. Esta energía se obtiene de moléculas orgánicas que pueden provenir del exterior, es el caso de los heterótrofos, o ser fabricadas por ellos mismos, que sería el caso de los autótrofos. Para ello, es necesario oxidarlas y transferir su energía al ATP.

El proceso por el que la mayor parte de los seres vivos obtienen la energía de los nutrientes se denomina respiración. Es un proceso en el que la materia orgánica se oxida totalmente hasta CO_2 . Para ello necesita que haya O_2 .

La molécula de glucosa es el principal "combustible" celular, aunque no el único. Siempre que tenemos glucosa podemos poner en marcha la máquina de la respiración celular. La respiración celular tiene lugar en la mitocondria, este orgánulo que ya conoces presenta una doble membrana de manera que la membrana interna se introduce hacia la matriz, o espacio interno, formando las crestas mitocondriales.

Para que puedas entender el significado de oxidación, lo podríamos considerar como algo parecido a una combustión: cuando quemamos un trozo de madera, extraemos la energía que contiene, en este caso en forma de calor, y se libera CO_2 . Pues bien, en la célula ocurre algo parecido, se oxidan las moléculas, se obtiene energía, en este caso en forma de ATP, y se libera CO_2 .

La respiración celular requiere la presencia de oxígeno en la mayoría de los casos, por lo que hablamos de respiración aerobia.



Importante

La **respiración celular** es un proceso químico que consiste en la oxidación completa de la materia orgánica utilizando **oxígeno**.

El proceso de la respiración celular utiliza como fuente de energía glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) que se oxida a CO_2 y H_2O según la siguiente reacción:



El proceso de oxidación de la glucosa se realiza mediante una secuencia de reacciones que comienzan en el citoplasma y que acaban en la mitocondria produciendo una gran cantidad de ATP.

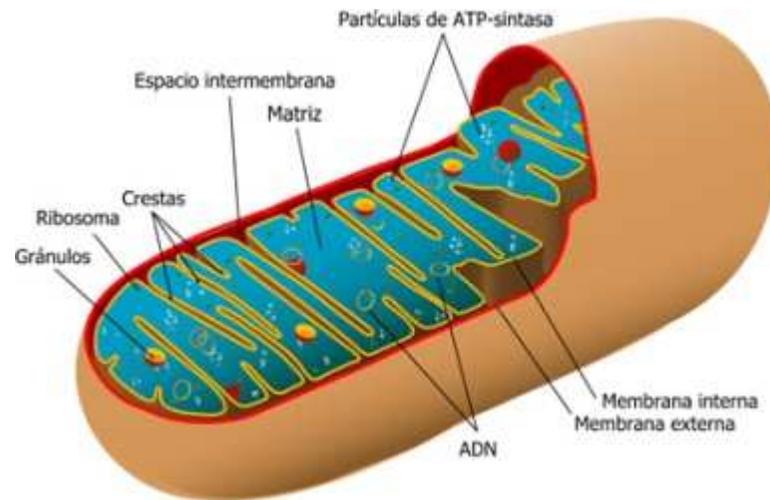


Imagen en Wikimedia Commons de [Aibdescalzo](#) bajo [Dominio Público](#)

Importante

Es muy importante que no confundas, en ningún momento, la respiración celular con lo que vulgarmente llamamos "respirar" que no es más que la ventilación pulmonar, la entrada y salida del aire de los pulmones.

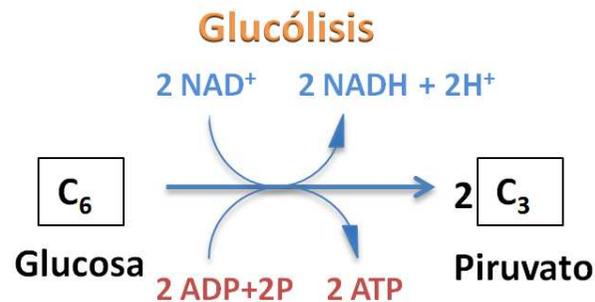
De hecho la ventilación pulmonar se realiza para introducir en el organismo el oxígeno que será el aceptor final de la cadena transportadora de electrones y para retirar el dióxido de carbono que se produce en el ciclo de Krebs.

3.1. Etapas

Vamos a estudiar cómo se produce la oxidación total de una molécula de glucosa y la consiguiente obtención de energía. Esto ocurre en tres etapas, aunque la respiración celular, propiamente dicha, solo incluye las dos últimas.

1. Glucólisis

Ocurre en el citoplasma, en ausencia de oxígeno, y es una ruta metabólica en la que la glucosa (de 6 carbonos) se convierte en dos moléculas de ácido pirúvico (de 3 carbonos cada una). Se trata de un proceso de oxidación parcial ya que no se obtiene CO_2 . En esta ruta se originan 2 moléculas de ATP y dos NADH.

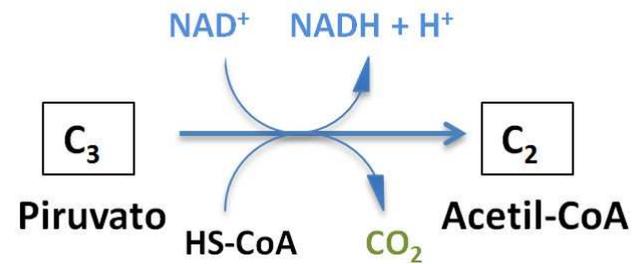


Muchos organismos, normalmente unicelulares, que viven en ausencia de oxígeno, poseen este mecanismo como única fuente de energía, obteniendo tan solo dos moléculas de ATP de cada glucosa que catabolizan.

2. Ciclo de Krebs

El ácido pirúvico originado en la glucólisis entra en la mitocondria, pierde un átomo de carbono en forma de CO_2 y se une con el coenzima A formando el acetil-CoA. Es lo que se denomina **descarboxilación oxidativa del piruvato**.

Descarboxilación oxidativa del piruvato



El acetil-coenzimaA entra en una ruta metabólica circular, el ciclo de Krebs propiamente dicho. No obstante, existen otros mecanismos para obtener acetil-CoA; por ejemplo de los ácidos grasos a través de una ruta que se conoce como **β -oxidación** y que tiene lugar en la matriz mitocondrial.

En el ciclo de Krebs se produce la oxidación total de la materia orgánica, es decir se oxida la molécula de glucosa hasta obtener CO_2 . Además se produce poder reductor ($FADH_2$ y $NADH$) y algo de ATP (en la imagen verás que lo que se produce es GTP, que es otro nucleótido equivalente al ATP).

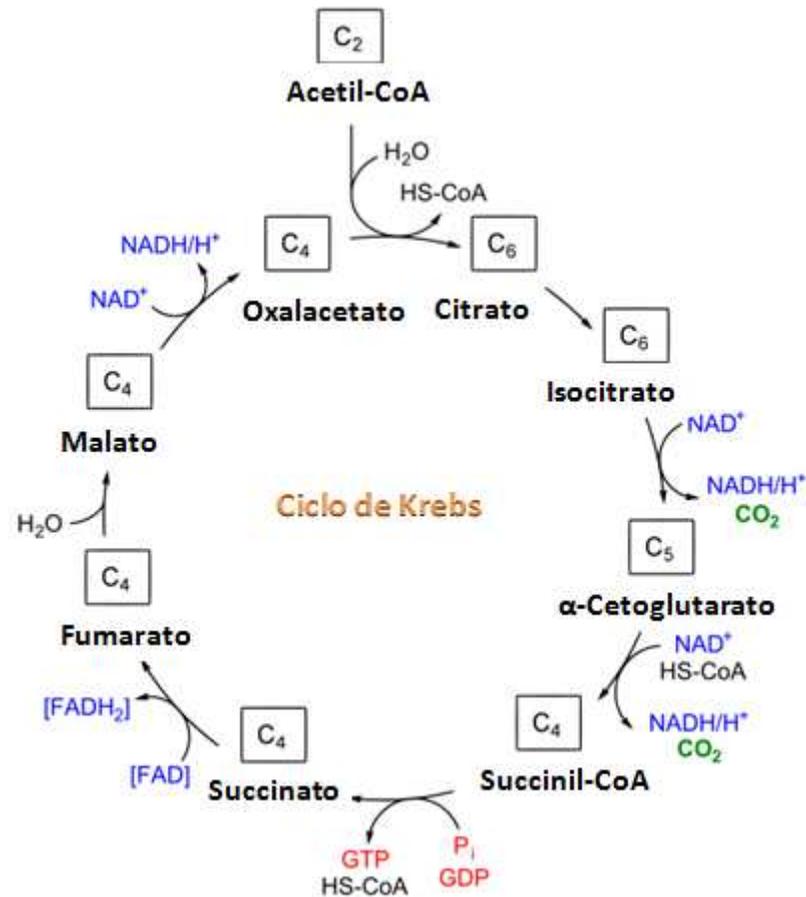


Imagen en Wikimedia Commons modificada de [Yikrazuul](#) bajo [CC](#)

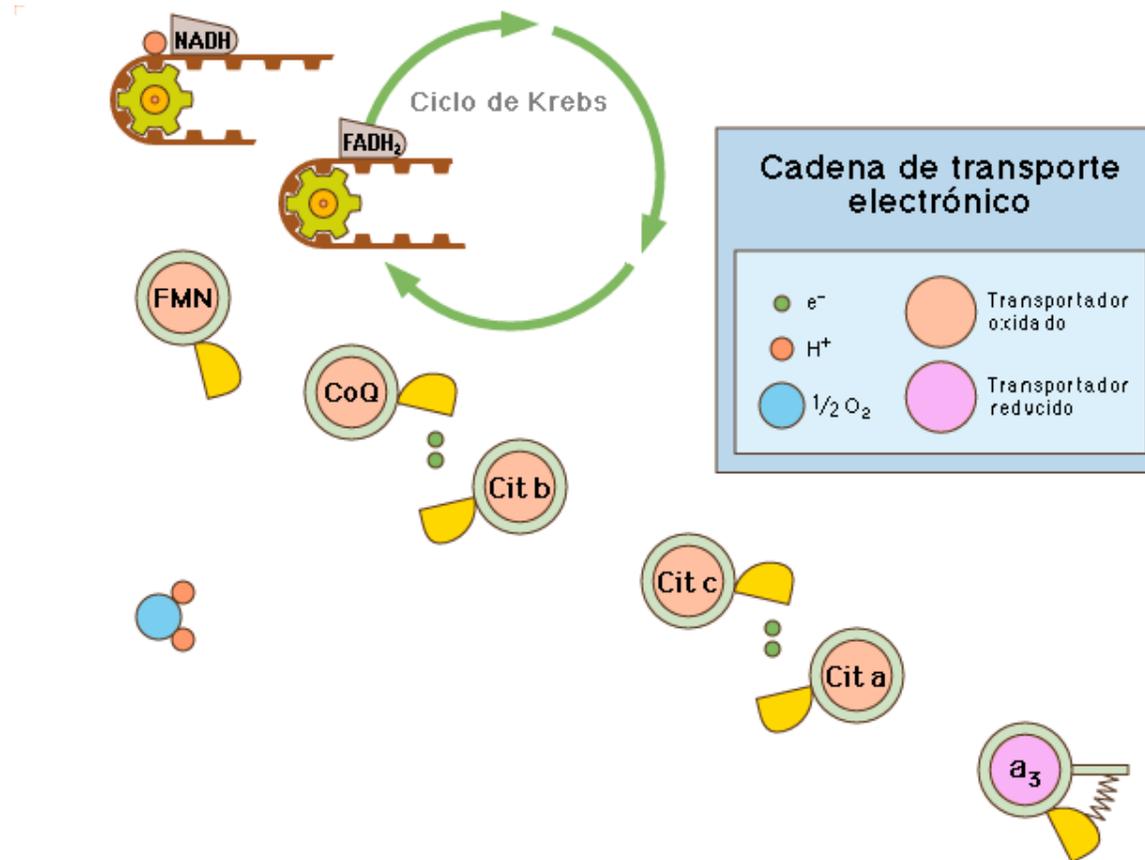
En este punto todos los carbonos de la molécula de glucosa se han oxidado hasta CO₂, el cual se excreta como desecho fuera de la célula. Pero aún no se ha acabado el proceso, porque ahora, con el poder reductor obtenido en las reacciones anteriores, se crea mucho más ATP.

3. Transporte de electrones en la cadena respiratoria

En esta última etapa, los coenzimas reducidos liberados en las reacciones anteriores (NADH y FADH₂) ceden sus electrones a la cadena respiratoria. Se trata de un conjunto de moléculas incluidas en la membrana interna mitocondrial, que, de forma ordenada, van aceptando y soltando los electrones que les ceden los coenzimas. Como si de una escalera se tratase, los electrones van bajando peldaño a peldaño,

liberando energía en cada paso que se utiliza para bombear protones (H^+) al espacio intermembranoso. Los electrones terminan siendo cedidos al oxígeno, el aceptor final de los mismos, que se reduce pasando a ser agua.

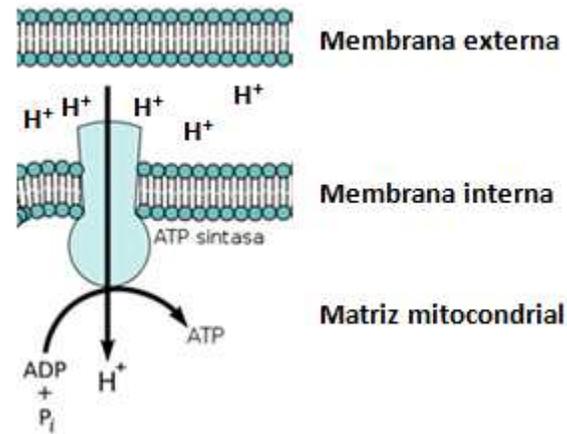
Fíjate en la imagen, y comprueba cómo la cadena transportadora de electrones consiste en una serie de reacciones enlazadas en cascada en las que se van transfiriendo los electrones y los protones desde una molécula a otra hasta llegar al aceptor final, el oxígeno, que se reduce hasta agua (recuerda que las moléculas que captan electrones se reducen).



Animación en [Proyecto Biosfera](#) bajo [CC](#)

Como resultado de la actividad de esta cadena de transporte, hemos dicho que se acumulan H^+ en el espacio intermembranoso mitocondrial. Cuando su concentración es elevada, los protones vuelven a la matriz atravesando el canal, el único posible, que les abre un complejo multiproteico llamado **ATP sintasa**. Estas enzimas, como si fueran un molino de agua que obtiene energía, aprovechan el paso de los H^+

para crear ATP. Esta forma de crear ATP es la que hemos llamado **fosforilación oxidativa** .



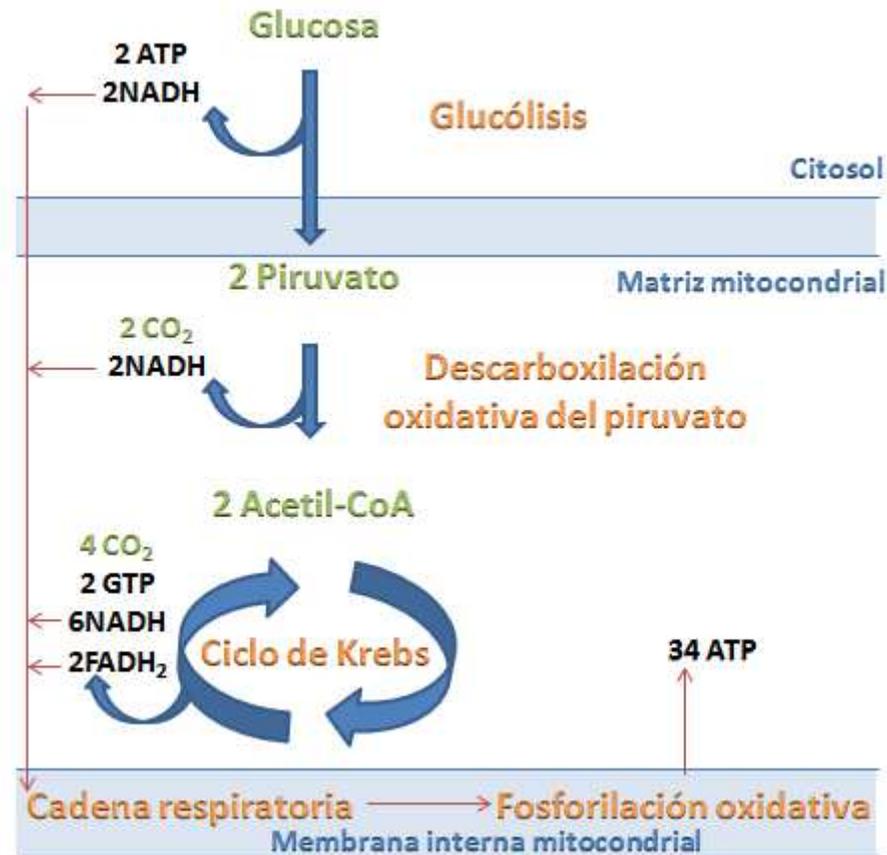
Actividad de la ATP sintasa

Imagen en Wikimedia Commons modificada de [Fvasconcellos](#) bajo [Dominio Público](#)

Como resultado de la fosforilación oxidativa, el poder reductor originado en las etapas anteriores se convierte en ATP, de tal forma que por cada NADH se forman 3 ATP y por cada $FADH_2$ se forman 2 ATP.

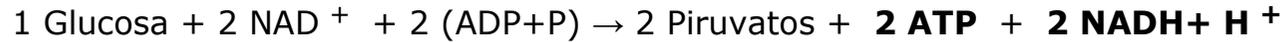
3.2. Balance energético

Visto todo el proceso, ha llegado la hora de hacer balance. ¿Cuánta energía se obtiene de la oxidación completa de una molécula de glucosa en la respiración celular? Puesto que la energía podemos medirla en el número de ATP que se produce, y sabemos que éste se crea o bien directamente en la reacción (fosforilación a nivel de sustrato) o bien a partir del poder reductor en la cadena de transporte de electrones (fosforilación oxidativa), vamos a hacer un resumen de todos los procesos que suceden en la degradación de la molécula de glucosa:

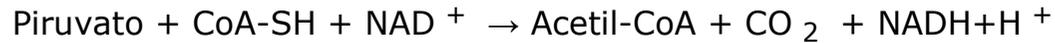


Por lo tanto, el balance final de la oxidación de la glucosa por respiración es:

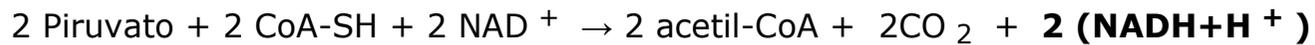
En la glucólisis :



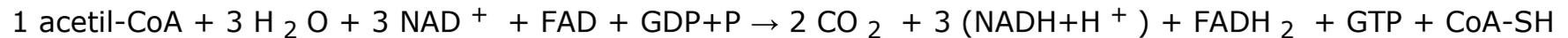
En la descarboxilación oxidativa del piruvato :



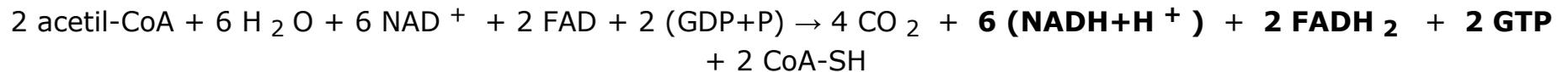
Como se forman 2 moléculas de piruvato en la glucólisis, habrá que multiplicar por 2:



En el ciclo de Krebs :



Como hay 2 moléculas de acetil-CoA, el ciclo de Krebs se realiza dos veces:

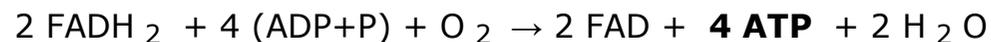


Cadena respiratoria :

Cada $(\text{NADH} + \text{H}^+)$ que cede los electrones a la cadena respiratoria produce **3 ATP** . Como hay 10 NADH, se multiplica por 10:



Cada FADH_2 que cede los electrones a la cadena respiratoria produce **2 ATP** . Como hay 2 FADH_2 , se multiplica por dos:



Importante

Sumando todas las moléculas de ATP que hemos obtenido tendremos el balance general de todo el proceso:



Comprueba lo aprendido

Una vez que hemos estudiado el catabolismo de glúcidos, ¿puedes decir si son ciertas o no estas afirmaciones?

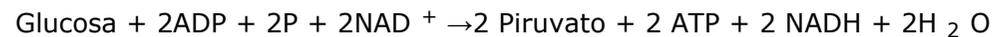
1. El ciclo de Krebs se realiza en la membrana mitocondrial interna, mientras que la cadena de transporte de electrones está localizada en la matriz mitocondrial.

Verdadero Falso

2. En el ciclo de Krebs, como producto liberado, se generan NADH y FADH₂ (coenzimas reductoras). Estas, al oxidarse, ceden los electrones a la cadena de transporte electrónico.

Verdadero Falso

3. La siguiente vía metabólica, fundamental en el metabolismo de células animales, es la glucólisis, producida en el citoplasma celular:



Verdadero Falso

4. Fermentación

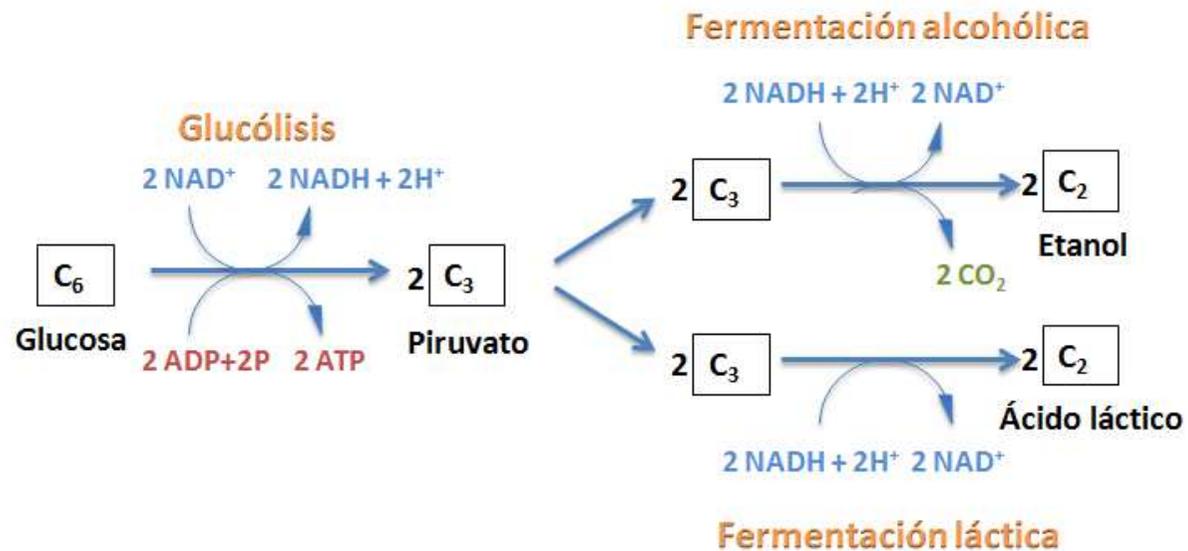
Todos los organismos necesitan generar ATP para mantener en funcionamiento sus células. No obstante, no todos los seres vivos viven en condiciones aerobias (en presencia de oxígeno) por lo que no pueden hacer la respiración. Es el caso de las levaduras por ejemplo. También a veces la demanda de oxígeno de nuestros tejidos, sobre todo los musculares, sobrepasa la disponibilidad de este gas en la sangre y no pueden hacer la respiración. ¿Qué hacen entonces para obtener ATP?

Pues obtienen el ATP de la glucólisis, como las células aeróbicas. La diferencia está en que después no continúan con la respiración sino que realizan otro proceso cuyo principal objetivo es usar el piruvato y el poder reductor generado para que la glucólisis no se paralice. Este proceso anaeróbico es la **fermentación**. El resultado de la oxidación incompleta del piruvato son moléculas orgánicas parcialmente oxidadas como alcoholes (metanol, etanol, etc.) y ácidos (láctico, acético, etc.). Evidentemente, el balance energético de este proceso (incluyendo la glucólisis) es mucho menor que el obtenido en la respiración aerobia, ya que sólo se obtienen 2 ATP por cada glucosa.

El proceso fermentativo ocurre también mediante reacciones en cadena y se produce en el citoplasma celular. La fermentación es un proceso que realizan habitualmente bacterias y levaduras (hongos unicelulares) en condiciones anaerobias y que ha sido utilizado por el hombre en su beneficio.

Existen varios tipos de fermentaciones pero las más importantes para el hombre son:

- **Fermentación láctica:** genera ácido láctico y la llevan a cabo varias bacterias como las del género *Lactobacillus* o nuestras células musculares cuando falta oxígeno. Gracias a ella fabricamos yogur, queso, etc.
- **Fermentación alcohólica:** genera etanol y la llevan a cabo entre otras, levaduras del género *Saccharomyces*. Se utiliza para fabricar pan y bebidas alcohólicas como la sidra, la cerveza o el vino.



Comprueba lo aprendido

Ahora que conoces la respiración celular y la fermentación, ¿serías capaz de saber si las siguientes afirmaciones son ciertas?

1. El catabolismo de glúcidos puede hacerse como respiración o como fermentación.

Verdadero Falso

2. El rendimiento energético, en moléculas de ATP, es mayor en la fermentación.

Verdadero Falso

3. La fermentación solo puede realizarse en presencia de oxígeno.

Verdadero Falso

4. La fermentación es la principal vía de obtención de energía metabólica en todos los organismos que la realizan.

Verdadero Falso

5. En la fermentación se recupera el NAD^+ que durante el proceso de glucólisis era consumido.

Verdadero Falso

6. Un ejemplo de fermentación realizada por bacterias es la fermentación láctica.

Verdadero Falso

5. Fotosíntesis

Desde pequeños hemos escuchado que las plantas realizan la fotosíntesis, pero... ¿sabemos realmente en qué consiste este proceso metabólico? ¿Son sólo las plantas las que pueden llevarla a cabo? ¿Es malo dormir con plantas? En este apartado responderemos a estas y a otras preguntas relacionadas con la fotosíntesis.

Para llegar a comprenderla empezaremos recordando la estructura del cloroplasto, orgánulo celular encargado de llevar a cabo este proceso anabólico. En la imagen inferior puedes ver los elementos más importantes que componen un cloroplasto. Recuerda que existen tres membranas importantes que delimitan otros tantos espacios en el interior del orgánulo: entre las membranas externa e interna tenemos el espacio intermembrana, entre la interna y la tilacoidal, tenemos el estroma, y dentro de la membrana tilacoidal, tenemos el espacio intratilacoidal.

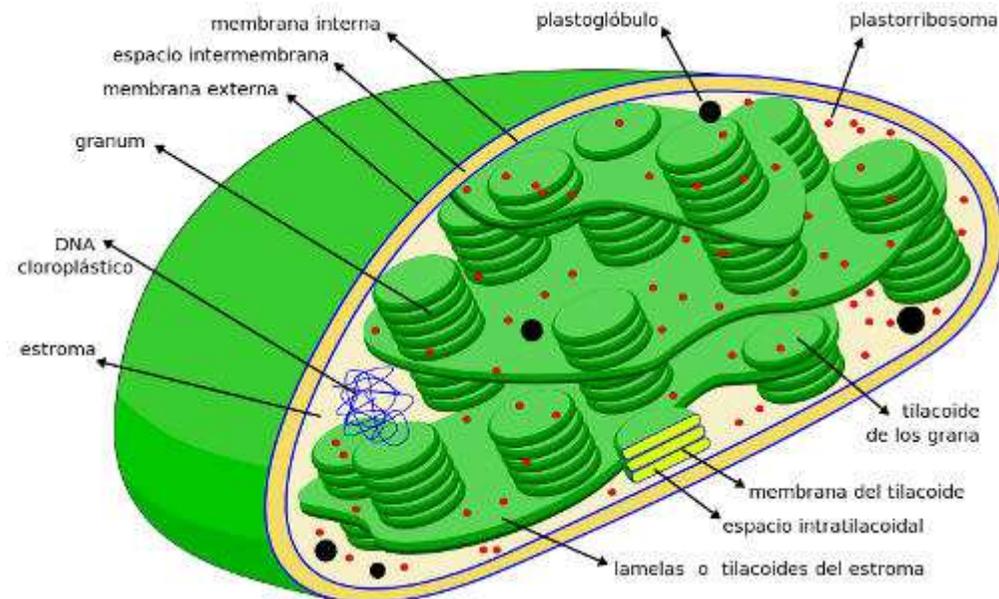


Imagen en Wikimedia Commons modificada de [Miguel Sierra](#) bajo [CC](#)

Para ir aclarando conceptos, puedes ir visualizando el siguiente vídeo:



Importante

La **fotosíntesis** es un proceso químico que consiste en la transformación de materia inorgánica en orgánica, utilizando para ello energía luminosa que es transformada en energía química.

5.1. Concepto y significado biológico

Las células realizan multitud de procesos anabólicos, por ejemplo, en los ribosomas se sintetizan proteínas a partir de aminoácidos o en las células hepáticas se crea el glucógeno a partir de las moléculas de glucosa. No obstante, existen otros procesos anabólicos especiales que son capaces de crear moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas. La **fotosíntesis** es el más representativo de ellos.

La fotosíntesis es un proceso químico por el que plantas, algas y muchas bacterias son capaces de captar la energía luminosa y transformarla en energía química (ATP y poder reductor). Ésta es utilizada para sintetizar compuestos orgánicos (glucosa) a partir de inorgánicos (agua, dióxido de carbono y sales minerales)

En las células eucariotas existen orgánulos especializados en este proceso: los **cloroplastos** . El trabajo en su interior se divide en dos fases:

- **Fase luminosa** . En ella se utiliza la energía luminosa para obtener ATP y oxidar la molécula de agua descomponiéndola en hidrógeno y oxígeno. El primero se unirá al dióxido de carbono en la siguiente fase, reduciéndolo, y el oxígeno no tiene utilidad en el proceso y se libera al exterior.

La molécula responsable de canalizar la energía luminosa e iniciar estas reacciones es la **clorofila** .

- **Fase oscura** . En ella se utiliza el ATP e hidrógeno obtenido en la fase anterior para reducir la molécula de CO_2 y así formar glucosa.



Importante

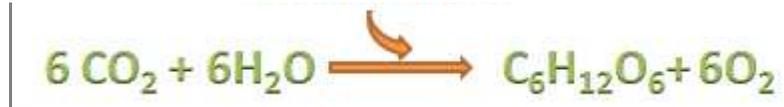
La **fotosíntesis** es un proceso mediante el cual los organismos fotoautótrofos son capaces de transformar la energía de la luz solar en energía química (ATP y NADPH) y utilizarla para sintetizar compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos.

Transcurre en dos etapas llamadas:

- Fase luminosa.

- Fase oscura.

y la ecuación que la resume es:



Reflexiona

Después de todo lo que has leído sobre la fotosíntesis y los organismos fotosintéticos, ¿qué opinas de la creencia popular de que es malo compartir la habitación en la que dormimos con una planta?

Una vez que conocemos el proceso podemos intentar profundizar en lo importante que resulta para el planeta, y para la vida en general, que la fotosíntesis tenga lugar.

- **Transforma la materia inorgánica en orgánica.** Este es el hecho más significativo ya que sitúa a los organismos fotosintéticos en la base de la cadena trófica de la mayoría de los ecosistemas. Sin ellos la materia orgánica habría terminado por agotarse, pero ellos consiguen fabricar materia orgánica de donde no hay.
- **Convierte la energía luminosa en energía química** que pueden utilizar tanto los organismos fotosintéticos como todos los demás.
- **Libera oxígeno** . La importancia de este hecho se comprende fácilmente solo recordando que la mayoría de los seres vivos toman el oxígeno del aire, luego es muy importante que algunos organismos repongan el que se consume. Aunque no hay que olvidar que al tener mitocondrias las células vegetales también consumen O_2 , pero el balance siempre es a favor de la liberación del gas . Además, en la fotosíntesis está el origen de la atmósfera oxidante actual sin la cual no hubiera podido evolucionar la vida en la forma en que lo ha hecho.
- **Consume dióxido de carbono** . Después de que se haya demostrado que la causa directa del incremento de la temperatura global de planeta es la acumulación de gases de efecto invernadero, sobre todo el CO_2 , los organismos fotosintéticos se han convertido en una esperanza para su reducción. La reforestación se ha convertido en una necesidad para el planeta. No hemos de olvidar, al igual que antes, que las células vegetales también respiran y por lo tanto liberan CO_2 . Pero no hay duda de que si conseguimos incrementar la masa forestal del planeta reduciremos dióxido de carbono, otra cosa que eso sea efectivo frente a la producción humana.
- **De ella procede la energía de los combustibles fósiles** que tanto usamos hoy en día.

5.2. Etapas

Para realizar la fotosíntesis necesitamos CO_2 atmosférico que entrará en la célula a través de los estomas de la hoja, agua que asciende desde la raíz y energía solar, que es captada por unos pigmentos, principalmente la clorofila, presentes en la membrana tilacoidal. La fotosíntesis se realiza en dos fases:

1. Fase luminosa

Es la primera fase, en ella se genera **ATP** y, poder reductor, **NADPH** y **tiene lugar en la membrana de los tilacoides** . Se llama luminosa o clara porque se necesita la luz para realizarla.

Los responsables de esta fase son los fotosistemas (complejos de proteínas transmembranas que incluyen pigmentos fotosintéticos lipídicos como las clorofilas y los carotenoides); los sistemas de transporte electrónico y las ATP sintetas (trabajan de forma similar a como lo hacen en la respiración mitocondrial).

Los procesos más importantes que suceden son:

- La **fotólisis del agua** , es decir, la ruptura de la molécula de agua porque aporta dos electrones y dos protones. Esta ruptura supone la liberación de oxígeno como desecho y de electrones y protones que se emplearán para formar **ATP** y **NADPH** en los siguientes procesos.
- La **fotofosforilación del ADP** , en la que gracias a la acumulación de protones en el interior del tilacoide, la ATP sintetasa crea ATP.
- La **fotorreducción del NADP^+** , que al recibir dos electrones pasa a ser NADPH.

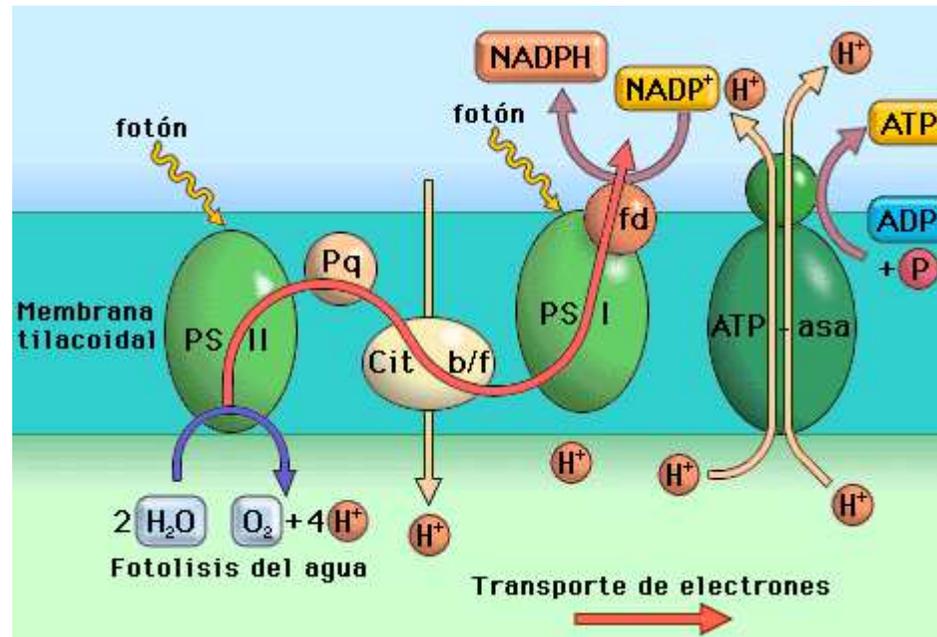


Imagen en [Proyecto Biosfera](#) bajo [CC](#)

2. Fase oscura

En ella el NADPH y el ATP, fabricados en la fase anterior, se emplean para **fabricar glucosa** a partir del **CO₂ atmosférico**. Esta fase **ocurre en el estroma** mediante el **ciclo de Calvin**. Aunque se llame oscura, ocurre con y sin luz. Consume energía.

Si te fijas en la imagen inferior verás como el CO₂ se va incorporando a este ciclo para formar materia orgánica.

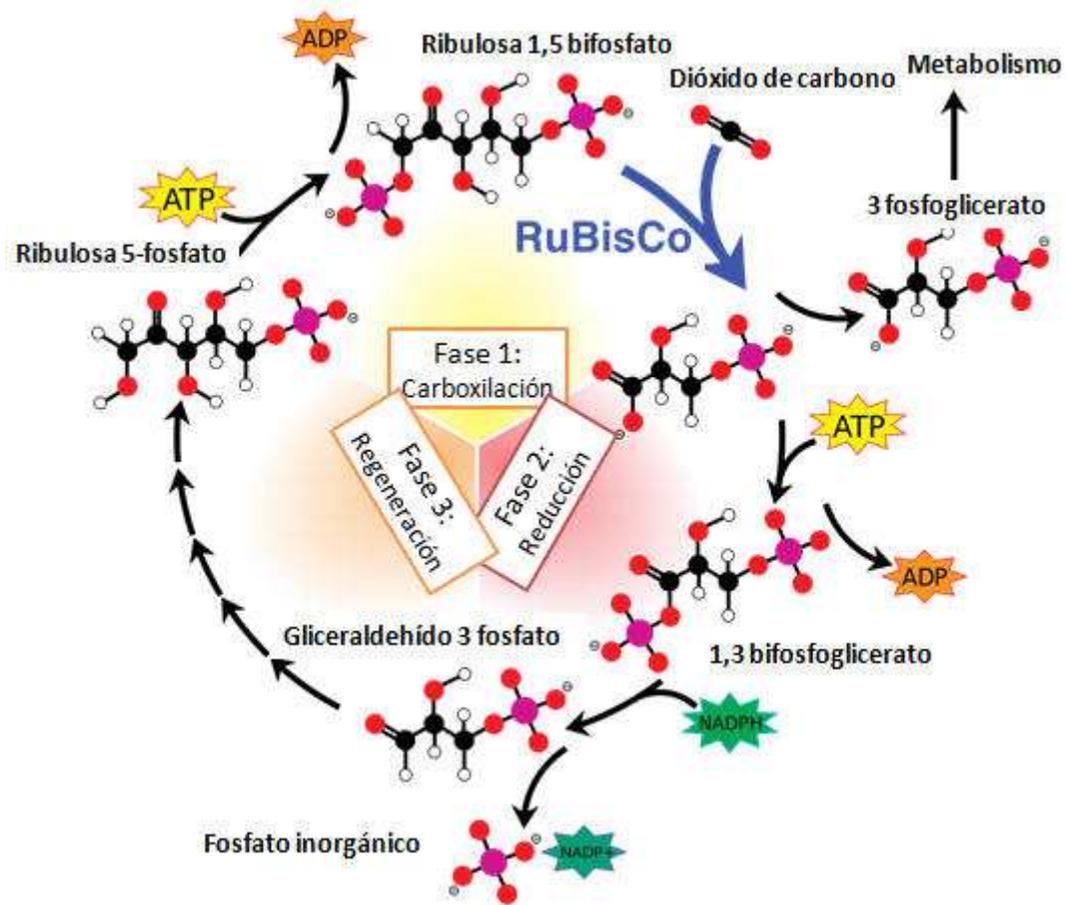


Imagen en Wikimedia Commons de [Mike Jones](#) bajo [CC](#)

Te mostraremos una animación en la que se resume el proceso paso a paso:

Animación de [Lourdes Luengo](#) bajo [CC](#)

Reflexiona

Después de conocer la diferencia entre anabolismo y catabolismo, ¿podrías decir por qué las células vegetales tienen cloroplastos y mitocondrias y las animales no tienen cloroplastos pero sí mitocondrias?

Comprueba lo aprendido **so**

Señala si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

1. Las plantas liberan oxígeno al medio.

Verdadero Falso

2. En la fase luminosa se produce energía.

Verdadero Falso

3. La fase oscura consume CO_2 .

Verdadero Falso

4. La fase oscura sólo puede darse por la noche.

Verdadero Falso

6. Apéndice

Ahora que ya tienes los conocimientos básicos para entender muchas de las cosas relacionadas con el metabolismo, no dejes pasar la oportunidad de profundizar un poco más y de ver cómo estas reacciones celulares inciden directamente en muchos aspectos de nuestras vidas.



Imagen en Flickr de [Shena](#) bajo [CC](#)

6.1. Curiosidades

Curiosidad

¿Sabes qué es la intolerancia a la lactosa?

Cuando comemos e ingerimos disacáridos, estos deberán ser degradados a monosacáridos para poder ser absorbidos por el intestino. Por ejemplo, la lactosa de la leche es degradada a glucosa y galactosa por una enzima llamada lactasa.



Muchos adultos —casi toda la población china, árabe, judía...— y una gran parte de los niños no sintetizan esta la lactasa, por lo que al tomar leche, cuyo azúcar principal es la lactosa, no pueden degradarla y muestran unos síntomas como dolor abdominal, diarrea, distensión del abdomen y flatulencia, pérdida de peso o malnutrición.

Si deseas conocer más detalles sobre la intolerancia a la lactosa, haz clic en este [enlace](#) .

Curiosidad

Las levaduras del género *Saccharomyces* realizan la fermentación alcohólica. Estas levaduras son capaces de fabricar el alcohol para producir vino, cerveza o la masa del pan. Los procesos industriales son distintos, pero el azúcar y el organismo que realiza la acción es el mismo.

En el caso del pan, durante la fermentación de la masa, ésta se hincha debido a la liberación del CO_2 y el alcohol se queda en la masa. Esto no significa que el pan contenga alcohol, ya que cuando cocemos la masa el alcohol se evapora.

Curiosidad

¿Sabes por qué las hojas de las plantas caducifolias se vuelven marrones antes de caerse en otoño?

El color verde de las hojas se debe a la presencia de la clorofila que es un pigmento de color verde, pero en los fotosistemas existen otros pigmentos como la xantofila. En otoño la intensidad de la luz disminuye al llegar los rayos solares más oblicuos, esto hace que deje de fabricarse la clorofila y, entonces, se hacen visibles los otros pigmentos que dan colores marrones y amarillos.

Imagen en Wikimedia Commons

Curiosidad



Imagen en NASA de
[Jacques Desclotres](#) de [Uso Libre](#)

La presencia de clorofila se puede medir por sistemas de teledetección, que informan sobre la distribución de la producción primaria en vegetales, incluidas las oscilaciones estacionales y las fluctuaciones interanuales. De esta forma, la medición de la clorofila ayuda a la investigación del cambio climático y ecológico a escala global.

La medición se hace aprovechando que la clorofila absorbe energía solar de longitud de onda del espectro visible (azul, violeta y rojo) y refleja el resto (verde y amarillo). La radiación emitida es captada por los sensores de los satélites.

6.2. Para saber más

Para saber más

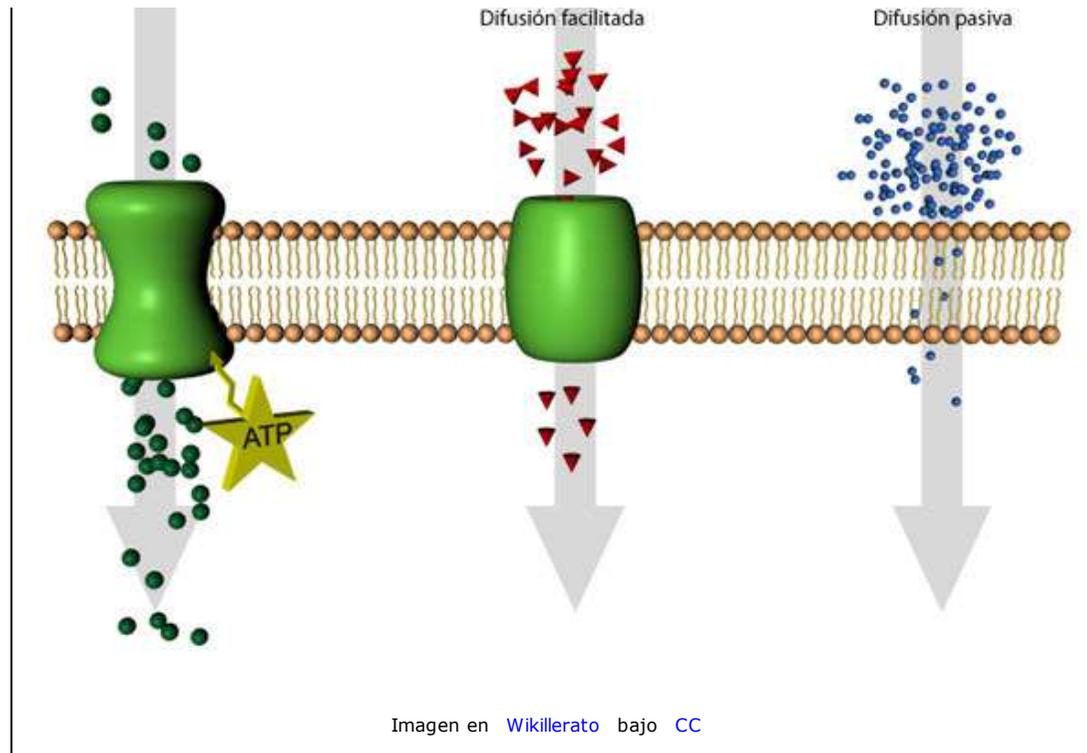
Transporte de partículas a través de la membrana

Para tomar las sustancias nutritivas del medio, la célula debe primero hacerlas pasar a través de su membrana, y no siempre puede ser de la misma forma. Algunas pasan muy fácilmente, el transporte de otras cuesta un poco más de trabajo y algunas ni siquiera entran. Por ello decimos que la membrana plasmática presenta una permeabilidad selectiva. Si la sustancia es grande o viaja en contra de su gradiente de concentración (va de donde hay menos a donde hay más), hay que gastar energía y emplear mecanismos un poco más complejos. Veamos de qué formas puede una sustancia entrar o salir de la célula:

Si son **moléculas de pequeño tamaño** existen dos sistemas de transporte:

- **Transporte pasivo** o difusión: no consume energía. Las sustancias pasan a favor de gradiente de concentración. A su vez puede ser por **difusión simple** (paso directo de sustancias pequeñas polares y apolares como el agua, el CO_2 o el O_2) o por **difusión facilitada** (si necesita de la ayuda de proteínas transmembrana).

- **Transporte activo** : consume energía en forma de ATP ya que las moléculas viajan en contra de su gradiente de concentración. Se emplean unas proteínas de membrana llamadas "bombas".



Si son moléculas o estructuras de **mayor tamaño**, se produce el transporte por **endocitosis** (hacia dentro, en el que hay una invaginación de la membrana plasmática formando una vesícula que incluye aquello que se quiere incorporar a la célula) o **exocitosis** (hacia fuera, donde una vesícula del interior de la célula se fusiona con la membrana plasmática liberando al medio extracelular aquellas sustancias que lleva en su interior).

Para saber más

Los seres humanos podemos recurrir a la fermentación láctica (respiración anaerobia) para obtener un aporte extra de energía. Esto ocurre cuando realizamos un ejercicio físico intenso en el que por falta de hábito y preparación nuestros músculos no reciben el aporte de oxígeno que necesitan.

El ácido láctico generado puede cristalizar en las células musculares generando microcristales que actúan como agujas. Estos producen dolor (agujetas) hasta que son reabsorbidas por el organismo.

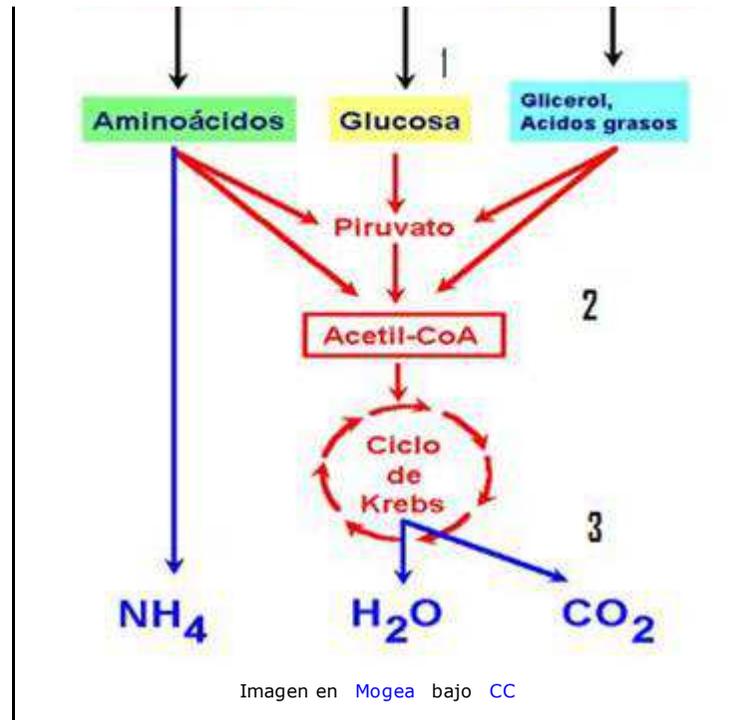


Para saber más

Catabolismo de lípidos y proteínas

Aunque los glúcidos son los principales objetos de la respiración celular (en la que las moléculas orgánicas se oxidan completamente hasta CO_2), en realidad el **sustrato orgánico a degradar** puede ser otro. Podemos encontrar catabolismo de glúcidos, de lípidos, proteínas o ácido nucleicos. Al producirse una degradación de estos compuestos, primero se transforman en moléculas más sencillas —monosacáridos, ácidos grasos o aminoácidos—, los cuales a su vez se reducirán aún más a moléculas mucho más sencillas. En general, podemos distinguir tres etapas en este proceso:

1. Degradación de las macromoléculas en sus unidades constitutivas.
2. Degradación de esas unidades en moléculas más simples: Piruvato y Acetil-CoA.
3. Oxidación total de esas unidades en el ciclo del ácido cítrico (Ciclo de Krebs).



Para saber más

Fabricación de bebidas alcohólicas

Fue **Louis Pasteur** quien descubrió el proceso de fermentación, a la que llamó "la vida sin el aire", ya que observó que era realizada por seres vivos que no necesitan oxígeno para vivir; los llamó **anaerobios**, y entre ellos están levaduras y algunas bacterias.

Pasteur descubrió que la acidificación del vino y la cerveza podían evitarse, ya que el calor destruía las bacterias, por lo que antes de añadir la levadura que fermentaba el zumo, lo calentó para eliminar las bacterias. Este proceso recibe hoy el nombre de **pasteurización** .

Si quieres saber más sobre la fabricación la producción de bebidas alcohólicas, pincha este [enlace](#) .

Obra colocada bajo licencia [Creative Commons Attribution Share Alike 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)