¡LA FOTOSÍNTESIS INVITA!

Posted on 8 mayo, 2015 by Rodrigo Patiño

Los primeros organismos vivos crearon mecanismos para aprovechar la energía solar con el fin de desarrollar sus funciones metabólicas básicas...

Categories: Año internacional de la luz, Ciencia

Tags: Bioquímica, Ciencias Exactas, Ciencias Naturales

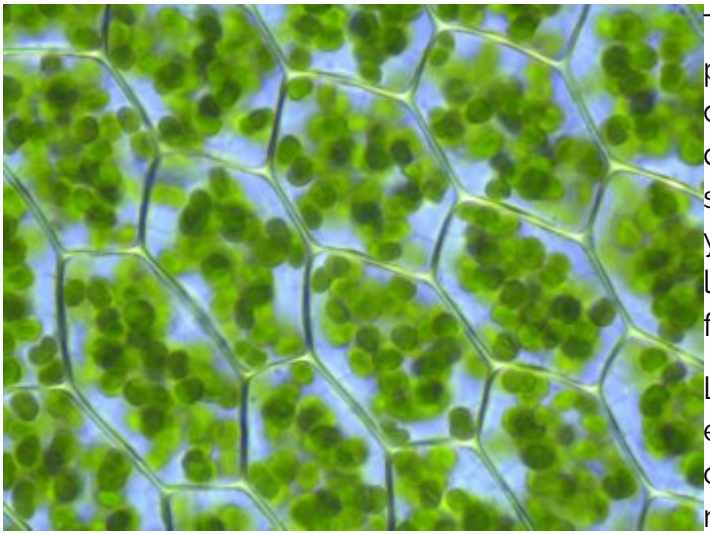
La energía que emana del Sol y es recibida en nuestro planeta desde sus orígenes, comenzó a emplearse desde hace millones de años como fuente de vida en la tierra.

Los primeros organismos vivos crearon mecanismos para aprovechar la energía solar con el fin de

desarrollar sus funciones metabólicas básicas. Poco a poco las células fueron especializándose y aparecieron los organismos que aprovechan la energía que otros transforman directamente de la radiación solar. Existe una clasificación que distingue a los organismos que son capaces por sí mismos de captar la energía solar (fotoautótrofos), de los que no tienen dicha capacidad (heterótrofos). Existen también algunas células que tienen la capacidad de comportarse como fotoautótrofas o heterótrofas, dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentren.

Los organismos fotoautótrofos, también conocidos como fotosintéticos, a su vez, se pueden clasificar en tres tipos:

1. las cianobacterias, organismos unicelulares primitivos
2. las algas, unicelulares (microalgas) o pluricelulares (macroalgas)
3. las plantas.


La clorofila es un pigmento de color verde que está contenido en las plantas.

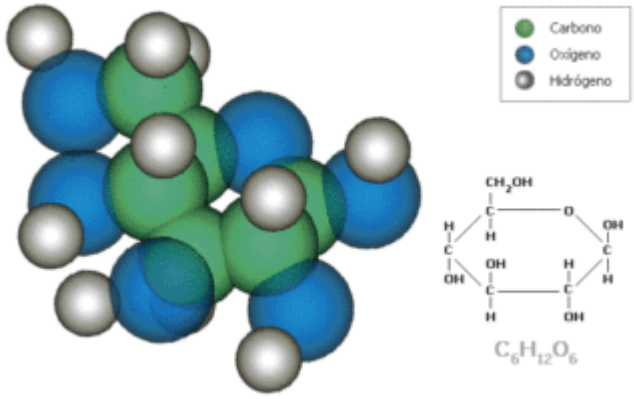
Todos estos organismos tienen en común la presencia de pigmentos coloridos capaces de capturar la radiación solar y transformarla en energía química. Los pigmentos más comunes y conocidos son las clorofilas verdes (principalmente la clorofila *a* y la clorofila *b*), aunque también existen otros como los carotenos (de tonos amarillos a rojizos) y las ficobilinas (de tonos azulados a rojizos).

Las moléculas de estos pigmentos, al recibir un estímulo de radiación luminosa, son capaces de cambiar su estructura, misma que sirve como reservorio instantáneo de energía.

Las moléculas de estos pigmentos, al recibir un estímulo de radiación luminosa, son capaces de cambiar su estructura, misma que sirve como reservorio instantáneo de energía. Esta energía también puede ser trasladada a moléculas que la utilizan para propiciar transformaciones químicas a través de transferencias de electrones conocidas como reacciones de oxidación-reducción. La energía luminosa es entonces convertida finalmente a energía química, la cual es utilizada posteriormente por los mismos organismos fotosintéticos, o bien por

organismos heterótrofos que se alimentan de los primeros.

La energía luminosa captada y transformada en la fotosíntesis se almacena en forma de moléculas que pueden transferir esta energía química a corto o largo plazo. La energía a corto plazo es utilizada directamente por las células para sus actividades metabólicas prioritarias, incluyendo el proceso fotosintético mismo. Las moléculas más comunes para hacer este intercambio de energía metabólica son la Nicotinamida Adenina Dinucleótido (NAD), la NAD-Fosfato (NADP) y la Adenosina Trifosfato (ATP). Estas moléculas son conocidas como las "monedas de cambio" para la transferencia de energía en muchas reacciones metabólicas importantes de una célula.



Molécula de la glucosa

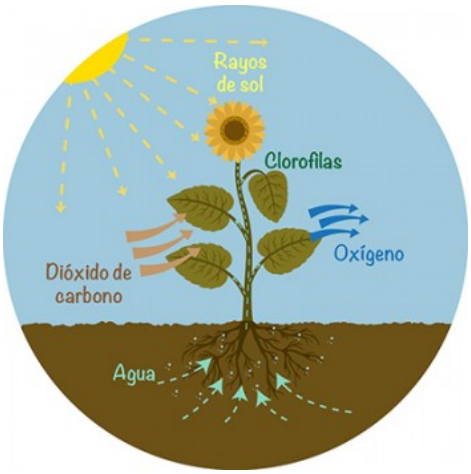
La energía almacenada a largo plazo puede ser utilizada en momentos en que la radiación solar no puede ser capturada (una noche, una temporada invernal, etc.) o bien aprovechada por organismos heterótrofos para sus propias funciones vitales. Las moléculas más comunes para almacenar la energía fotosintética a mediano plazo son las que se clasifican como monosacáridos, específicamente la glucosa. Estos monosacáridos se almacenan a largo plazo cuando forman disacáridos (como la sacarosa o azúcar común, formada por la unión de dos moléculas de glucosa) o polisacáridos (como el almidón, formado por cientos o hasta miles de moléculas de glucosa). Además de los sacáridos o carbohidratos, la energía química puede almacenarse a largo plazo a través de vías metabólicas bien específicas para formar lípidos (como los aceites) que, al utilizarse en las células, reditúan una energía aún mayor que los carbohidratos.

En concreto, las células de los organismos vivos requieren de energía para realizar sus funciones vitales. Esta energía es captada de la radiación luminosa por los organismos fotosintéticos para procesos inmediatos, incluyendo la obtención de moléculas energéticas para su uso a corto, mediano y largo plazo. La energía captada o almacenada sirve también para la obtención de otras biomoléculas estructurales o funcionales, tanto en los organismos autótrofos como en los heterótrofos. Entre los organismos fotosintéticos, la celulosa es un polisacárido estructural formado por la unión de cientos (incluso miles) de moléculas de glucosa. La celulosa es, de hecho, la molécula más abundante en la biósfera. En los organismos heterótrofos, las moléculas de energía a

largo plazo tienen estructuras diferentes que en los organismos fotosintéticos, destacando el glucógeno, un polisacárido formado por la unión de grasas lipídicas con moléculas de glucosa.

Mecanismo de la fotosíntesis

Se puede decir de manera muy general que la fotosíntesis es un proceso que incluye la conversión de dióxido de carbono (CO_2) a glucosa ($C_6H_{12}O_6$), mediante la utilización de la energía luminosa y una fuente donadora de electrones. En efecto, en este proceso los átomos de carbono (C) son reducidos, es decir, ganan electrones en su estructura. En la mayoría de los casos, la fuente donadora de electrones es la molécula de agua (H_2O), que a su vez también proporciona los átomos de hidrógeno (H) que contiene la glucosa, por lo que la fotosíntesis se puede resumir en la siguiente ecuación:



La fotosíntesis es un proceso que incluye la conversión de dióxido de carbono a glucosa.

$$6CO_2 + 12H_2O + luz \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$
$$\text{Dióxido de carbono} + \text{Agua} + \text{Luz} \rightarrow \text{Glucosa} + \text{Oxígeno} + \text{Agua}$$

El agua utilizada en el proceso fotosintético es también una fuente del oxígeno molecular (O_2). Los organismos fotosintéticos son los responsables de la generación del oxígeno atmosférico que encontramos en la actualidad y que representa el 21% del aire que respiramos. También se forman nuevas moléculas de agua con el oxígeno liberado por el dióxido de carbono. Existen algunos microorganismos que no utilizan agua, sino otras moléculas distintas como fuentes de electrones.

La fotosíntesis consiste en realidad de un conjunto grande de reacciones químicas que normalmente se dividen en dos grandes bloques; uno que requiere de la energía luminosa característica de los procesos fotosintéticos y otro bloque que no utiliza luz. En la llamada fase luminosa, el agua es descompuesta en sus componentes básicos, hidrógeno y oxígeno. Aunque la descomposición del agua requiere de una energía inicial que está dada por la radiación luminosa, el proceso total libera energía que es guardada temporalmente en forma de NADP y ATP. Estas moléculas son posteriormente utilizadas en la llamada fase oscura de la fotosíntesis, en la que el dióxido de carbono es tomado de la atmósfera para ser convertido en glucosa y agua. Es importante señalar que las reacciones de la fase oscura, aunque no requieren de la energía luminosa de forma directa, pueden llevarse a cabo incluso en presencia de la misma.

La mayoría de las células fotosintéticas realizan este proceso en organelos especiales llamados cloroplastos. Estos cloroplastos están formados por unas membranas llamadas tilacoides en las que

se encuentran los pigmentos coloridos como la clorofila, así como un importante número de enzimas (proteínas que catalizan las reacciones químicas que se llevan a cabo en las células) y otros componentes moleculares que asegurarán que el proceso se lleve a cabo. Las algas y plantas tienen cloroplastos; las cianobacterias no tienen estos organelos, pero sí tienen membranas tilacoides donde están insertadas las moléculas necesarias para llevar a cabo la fotosíntesis.

Fotosíntesis y combustibles fósiles

Recordando que en general los combustibles fósiles (el carbón mineral, el petróleo y el gas natural) tienen su origen en yacimientos de materia orgánica con una transformación lenta ––en la escala de millones de años––, es necesario considerar que estos recursos tienen su origen en los organismos fotoautótrofos que capturaron y almacenaron la energía solar en etapas geológicas precedentes a la actual. Podemos concluir entonces que los combustibles fósiles son el resultado de la acumulación de energía solar que fue retenida por organismos primitivos fotosintéticos que dieron lugar a yacimientos fósiles. Es necesario remarcar que también estos yacimientos representan una acumulación importante de carbono, primero tomado en forma de dióxido de carbono por procesos fotosintéticos que originaron la materia orgánica y posteriormente se transformaron en carbón mineral e hidrocarburos.

Los combutibles fósiles tienen su origen en los organismos fotoautótrofos que capturaron y almacenaron la energía solar en etapas geológicas precedentes a la actual.

Los hidrocarburos son una familia grande y variada de compuestos químicos formados por carbono e hidrógeno. Los más ligeros son gases como el metano (CH_4), el propano (C_3H_8) y el butano (C_4H_{10}); los siguientes en densidad forman líquidos que van desde fracciones ligeras (gasolinas) hasta fracciones bituminosas muy viscosas (asfaltenos). Los yacimientos petroleros están formados justamente por mezclas de hidrocarburos gaseosos y líquidos principalmente; estas mezclas pueden separarse en distintas fracciones durante la extracción o en un proceso posterior (refinamiento). Existen también yacimientos de gas natural, cuyo componente principal es el metano, además de los yacimientos de carbón mineral. En los últimos doscientos años, la sociedad humana ha hecho uso desmedido de estos yacimientos fósiles, con el interés principal de aprovechar la energía almacenada a través de muy diferentes formas, como parte de una dinámica de industrialización de los procesos de producción.

La energía que está retenida en los combustibles fósiles se libera a través del proceso conocido como combustión. En este proceso los átomos de carbono del combustible son oxidados (pierden electrones), convirtiéndose principalmente en dióxido de carbono, lo que se puede visualizar de manera simplificada como el inverso de la fotosíntesis:

$$\text{Combustible} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{Energía}$$

Como cualquier molécula, las de los combustibles fósiles liberan energía al oxidarse o descomponerse en moléculas más simples, con la particularidad de que también se libera el dióxido de carbono que originalmente había sido captado por los organismos fotoautotróficos. Si bien un proceso natural conduce a un ciclo de consumo y producción de dióxido de carbono, en realidad este ciclo se ha roto por las diferencias de escala de tiempo entre la captura fotosintética (millones de años) y su liberación a través de procesos industriales (dos siglos), ocasionando una rápida pérdida de los yacimientos fósiles del mundo, pero también una acumulación perniciosa de dióxido de carbono en la atmósfera. Si la combustión no se lleva a cabo de manera óptima, se pueden obtener otros productos de carbono adicionales, como el gas monóxido de carbono (CO), el carbón sólido (como el hollín) u otros compuestos más complejos. Junto con el carbono se encuentran en los combustibles fósiles otras materias que también pueden ser contaminantes del medio ambiente, en especial se habla de óxidos de nitrógeno y azufre, además de algunos metales.

Biocombustibles

El término biocombustible, de moda en la actualidad, se refiere al uso de combustibles provenientes, directa o indirectamente de organismos fotosintéticos, sólo que las escalas de tiempo de su generación y de su uso están en un ciclo más o menos sostenido. Así, por ejemplo, el biogás, formado principalmente por metano, surge de la descomposición natural de la materia orgánica, aunque existen procesos desarrollados para acelerar y mejorar el rendimiento de la producción. Por su lado, el bioetanol y otros alcoholes se forman de la fermentación de monosacáridos por microorganismos específicos, también de forma natural o asistida. De manera adicional, el biodiesel se obtiene de la transformación química de aceites vegetales y grasas animales. Finalmente, existen biocombustibles sólidos que incluyen principalmente la madera y el carbón vegetal. El uso de madera se remonta a los orígenes de la civilización humana: la celulosa, producida directamente por los árboles a partir de la fotosíntesis, se seca de manera natural o por algún otro proceso para luego ser utilizada directamente en la liberación de energía térmica. Esta celulosa puede convertirse también en carbón vegetal por un proceso térmico en ausencia de oxígeno, formando un material con mayor concentración de energía por unidad de masa que la madera. El carbón vegetal se usa también desde hace siglos y se sigue utilizando de manera importante en muchas comunidades rurales.

Todos estos biocombustibles pueden liberar energía y oxidar carbono mediante el mismo proceso químico de combustión que se mostró anteriormente para los combustibles fósiles. Como ya se dijo, la principal ventaja de estos biocombustibles es la escala de tiempo en la que son producidos y que es del mismo orden que la escala con que se consumen, aunque también se pueden disminuir las emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre. Sin embargo, si sustituyéramos en este momento todos los combustibles fósiles por madera y carbón vegetal para satisfacer la demanda energética mundial, muy pronto devastaríamos los bosques y selvas de nuestro planeta, lo cual pone en evidencia que el consumo de energía por nuestra sociedad actual no es sostenible en absoluto. La velocidad de industrialización en las últimas décadas, junto con el crecimiento urbano de la población, ha venido aumentando el consumo de energía en proporciones descomunales.

Para finalizar, podemos comentar que las sociedades en las que sigue siendo importante la fuerza de trabajo humano, el consumo energético se mantiene de bajo a moderado, en comparación con sociedades industrializadas o urbanas. En cierta forma, podemos visualizar a los alimentos (los sacáridos y los lípidos, básicamente) como un tipo especial de biocombustibles, siendo éstos de origen vegetal o animal, pero que también tienen su origen primario en la fotosíntesis. La energía que aprovecha el organismo humano gracias a los alimentos que consume, permite de una manera óptima utilizar los recursos energéticos de nuestro planeta, por lo que es importante revalorizar el trabajo de los individuos sobre el de las máquinas. La próxima vez que el lector piense en desplazarse de un punto a otro, podría plantearse si lo puede hacer a pie o en bicicleta, o al menos utilizar un transporte público. O cuando haga sus compras, también sería benéfico reflexionar sobre priorizar el consumo de productos frescos de origen local y de temporada, en lugar de comprar alimentos industrializados que han viajado desde el otro lado del mundo. O quizás ya es hora de que cada familia comience a producir al menos una parte de sus propios alimentos, ¡la fotosíntesis invita!. C^2