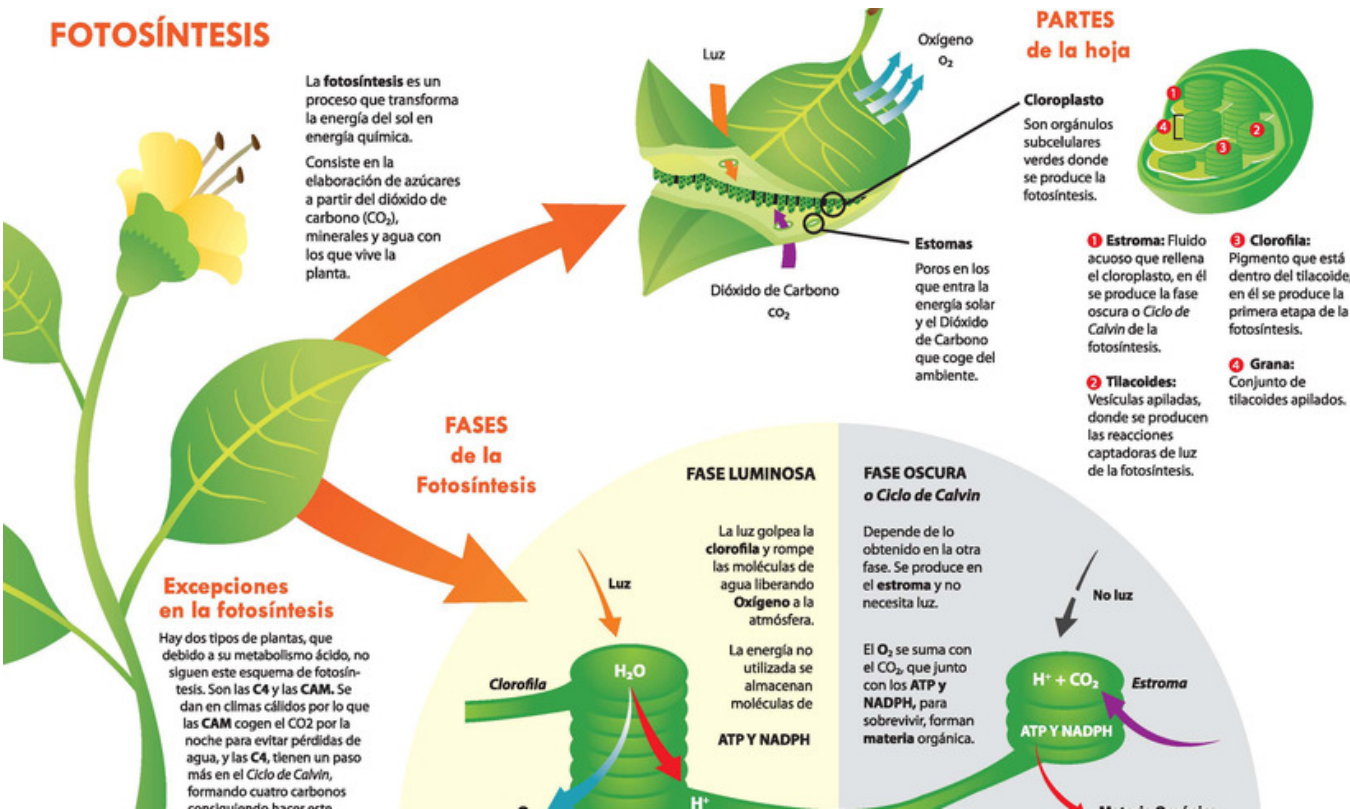


Fisiología vegetal: La Fotosíntesis, el proceso que alimenta al mundo

24 Noviembre 2016



La siguiente información fue seleccionada por Portalfruticola.com (http://www.portalfruticola.com) de una investigación de Jorge Enrique Sáenz Guarín desde la Universidad Nacional de Colombia (/7577/1/jorgeenriquesaenzguarin.2012.pdf)

La fotosíntesis

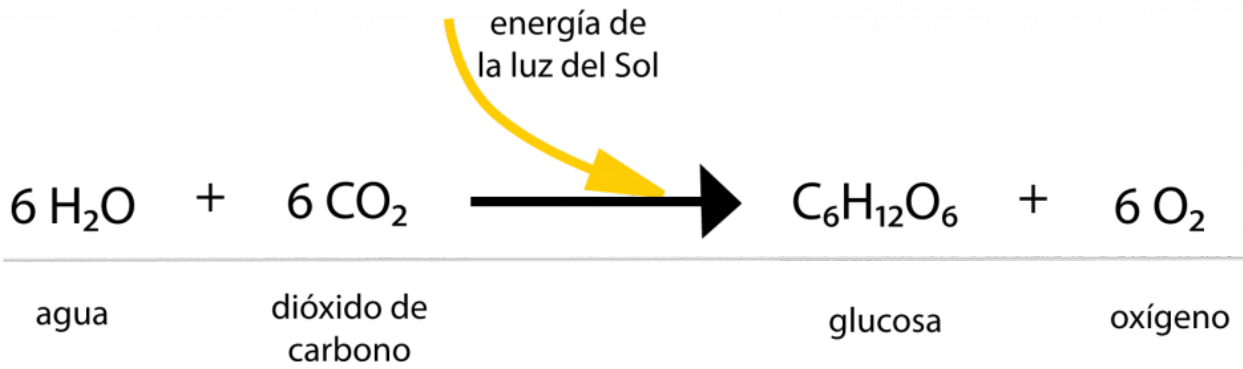
La fotosíntesis es el único mecanismo de entrada de energía para la biosfera (con excepción de los procesos que realizan algunas bacterias quimio-sintéticas que obtienen energía de la oxidación de sustratos inorgánicos). La fotosíntesis incluye reacciones de oxido-reducción. Básicamente en el proceso de oxidación la molécula de agua libera electrones con producción de oxígeno y la reducción del dióxido de carbono para formar carbohidratos (Salisbury y Ross, 1994).

La fotosíntesis es importante para el hombre, entre otros aspectos, porque mediante ella se producen alimentos y oxígeno (Barceló et al., 1983). Pero además, de forma directa o indirecta ella alimenta casi la totalidad del mundo vivo en el planeta (Campbell y Reece, 2005).

Los primeros organismos foto-sintetizadores probablemente aparecieron hace tres mil o tres mil quinientos millones de años. A medida que ellos proliferaron fueron estableciendo interdependencias y relaciones que no solo los transformaron sino que cambiaron el aspecto del planeta. Los organismos antiguos vivían en un medio sin oxígeno libre en la atmósfera, que estaba compuesta en gran porcentaje por hidrógeno. El oxígeno, inclusive sería tóxico para estos organismos primitivos, como lo es actualmente para los anaerobios. La energía era adquirida por procesos como la fermentación o la glucólisis, que debieron propiciar la acumulación paulatina de dióxido de carbono en la atmósfera primitiva. Si los seres vivos utilizaban directamente la energía solar, usando dióxido de carbono y liberando oxígeno, seguramente aprovechaban los recursos de su medio de forma más eficiente, marcando un hito en la historia y evolución de la vida en el planeta. La condición para realizar la fotosíntesis es la absorción de fotones, partículas cuánticas por parte de ciertos pigmentos (Curtis y Barnes, 2001).

La fotosíntesis es un proceso endergónico porque se necesita la participación de la energía radiante del sol para iniciar la cadena de reacciones que llevan a la formación de los compuestos orgánicos que almacena el organismo.

La reacción global de la fotosíntesis es:



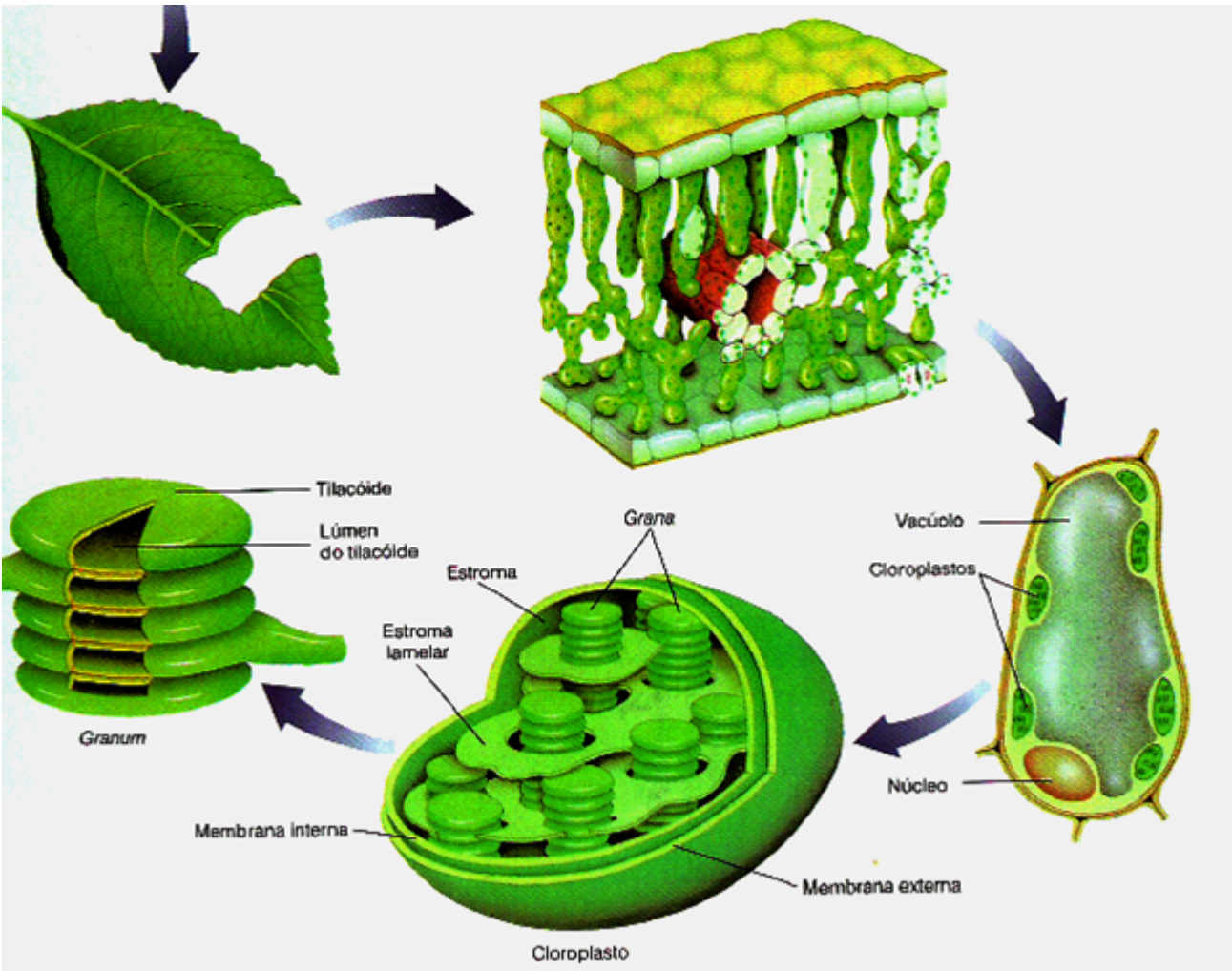
disponibilidad de agua, de nutrientes minerales y de dióxido de carbono. La fotosíntesis de una sola hoja se apoya en más de cincuenta reacciones individuales, cada una dependiente de las variables ambientales (Cogua, 2011).

De la capacidad que las plantas manifiesten para compensar los efectos ambientales, depende su rendimiento y supervivencia en un medio ambiente determinado. La tasa de fotosíntesis puede variar en las próximas décadas dependiendo de las respuestas adaptativas a los niveles cambiantes de CO₂, que incluyen desde respuestas directas al propio CO₂ hasta respuestas indirectas debidas a los cambios de temperatura y del régimen hídrico que pueden ocurrir en el futuro (Cogua, 2011).

Los cloroplastos

Los organelos celulares donde ocurre la fotosíntesis son los cloroplastos. Su ubicación se ilustra en la Figura 1.1 el tamaño y la forma de los cloroplastos varía; ellos se originan a partir de estructuras conocidas como protoplastidios (cloroplastos jóvenes), dividiéndose a medida en que se desarrolla el embrión. Los cloroplastos se encuentran envueltos por un juego doble de membranas controladoras del tránsito hacia afuera y hacia adentro de las moléculas. Internamente están constituidos por un material gelatinoso rico en enzimas denominado estroma. Es aquí donde ocurre la reacción de conversión del dióxido de carbono en carbohidratos. Los cloroplastos poseen membranas laminares y en forma de sacos cerrados aplanados, como vesículas, llamados tilacoides. Los tilacoides forman pilas denominadas grana, que están comunicados entre sí por otros tilacoides de forma más alargada. En las membranas tilacoidales están las clorofilas y otros pigmentos que participan en la absorción de la luz, enzimas para el transporte de electrones y el factor de acoplamiento para la formación de ATP. Los principales pigmentos presentes en las membranas tilacoides son la clorofila a y la clorofila b. a su vez se encuentran otros pigmentos llamados carotenos y xantofilas (Salisbury y Ross,1994).

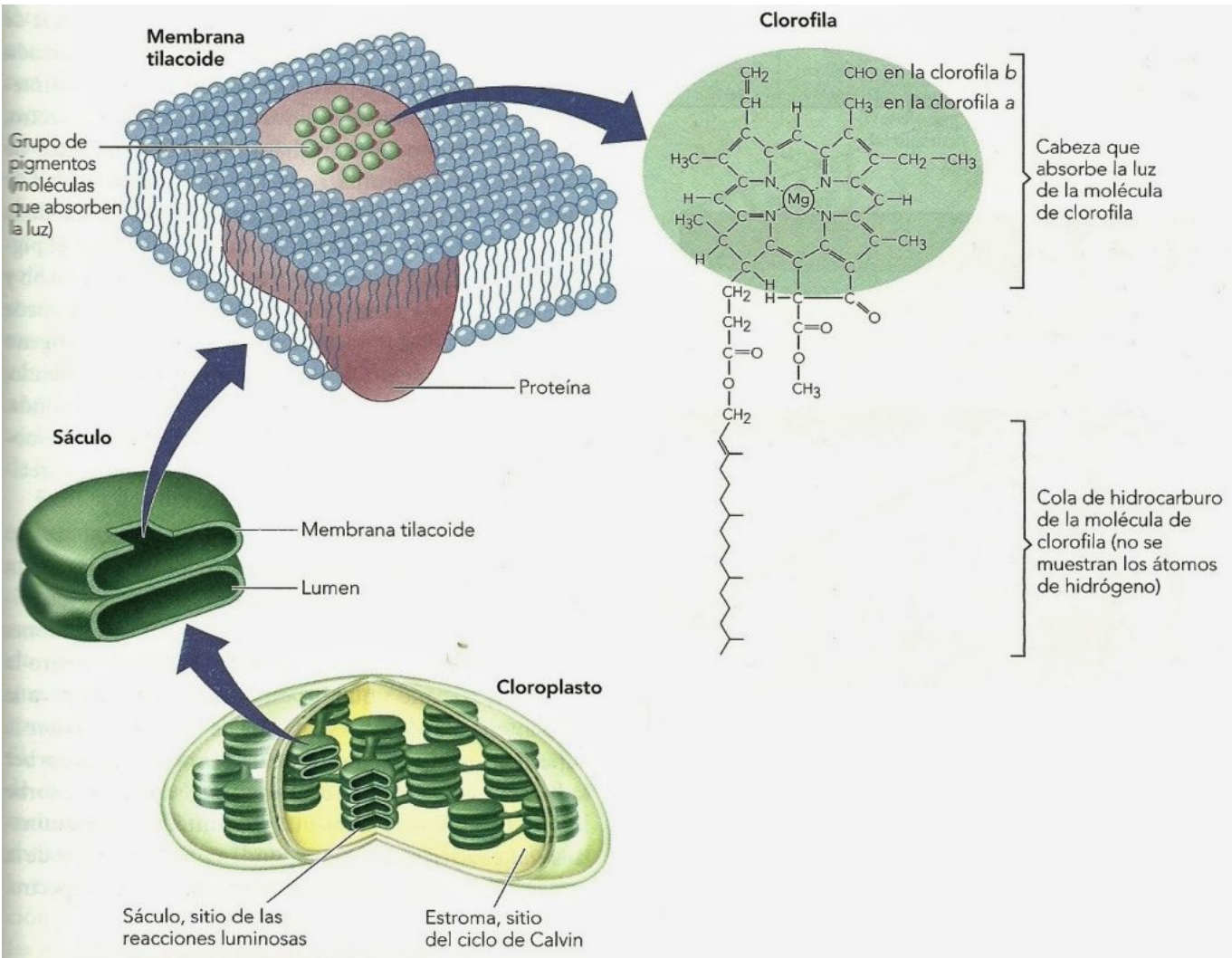
Los cloroplastos y su ubicación celular



Los pigmentos fotosintéticos Para que la energía luminosa pueda ser utilizada por los seres vivos, debe ser absorbida por los pigmentos fotosintéticos. Estos pigmentos son sustancias capaces de absorber la luz, en determinadas longitudes de onda, así, por ejemplo, la clorofila es el pigmento que le da el característico color verde a las plantas, absorbe la luz en longitudes de onda correspondientes al violeta, al azul y al rojo, reflejando la luz verde (Azcon y Talon, 1993).

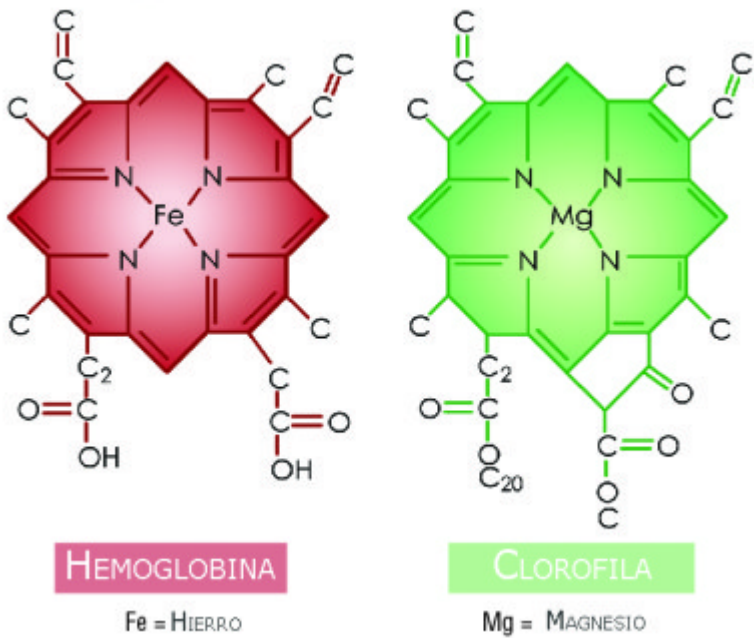
La clorofila

Estructura de la molécula de clorofila



La clorofila es un compuesto del tipo tetrapirrol, es decir, consta de cuatro anillos de pirrol unidos por puentes de metilo que constituyen la porfirina. El tetrapirrol es la estructura básica de la porfirina, que al igual que en la clorofila, es parte de la hemoglobina y el citocromo.

En el centro de la estructura se halla un elemento metálico (el magnesio). El anillo IV se esterifica con un alcohol (el fitol), compuesto por una serie de veinte carbonos con un doble enlace. Es esta “cola” de naturaleza cerosa la que hace que el pigmento sea insoluble en agua, pero soluble en algunos solventes orgánicos. De aquí la naturaleza doble de la clorofila con el centro de la porfirina hidrófilo y el fitol hidrófobo (Azcon y Talon, 1993).



Clorofilas a y b

Como ya se mencionó la clorofila a es el pigmento relacionado de forma directa con la conversión de energía luminosa en energía química. Sin embargo, también se encuentra otro tipo de clorofila, la clorofila b y los pigmentos denominados carotenoides, los cuales son rojos, anaranjados o amarillos, que en las hojas verdes se enmascaran por la abundancia de clorofilas. Estos pigmentos accesorios a la clorofila, le permiten a las plantas absorber una gama más amplia del espectro de luz disponible para realizar fotosíntesis, actuando como receptores que transfieren energía. Como se muestra en la Figura 1.3 Existe igualmente la clorofila c, que se halla en algas pardas. En algas rojas se ha encontrado clorofila d. Finalmente hay un tipo de clorofila (bacterioclorofila) que es el pigmento de las bacterias fototróficas (Cogua, 2011).

Los carotenoides

LOS CAROTENOIDES

Los pigmentos amarillos y rojos conocidos como carotenoides tienen un sistema de dobles enlaces conjugados formado por átomos de carbono, son compuestos insolubles en agua, aunque si en solventes grasos. Se dividen en hidrocarburos insaturados o carotenos y en derivados oxigenados llamados xantofilas. En las plantas se encuentra un carotenoide llamado beta-caroteno. Estos son pigmentos de color rojo, anaranjado o amarillo (Curtis y Barnes, 2001). Los carotenoides participantes de la fotosíntesis, se denominan carotenoides primarios, a diferencia de los que se encuentran en flores y frutos conformando cromoplastos, y en heterótrofos como bacterias, levaduras y hongos (Cogua, 2011).

Organización de los pigmentos en los tilacoides

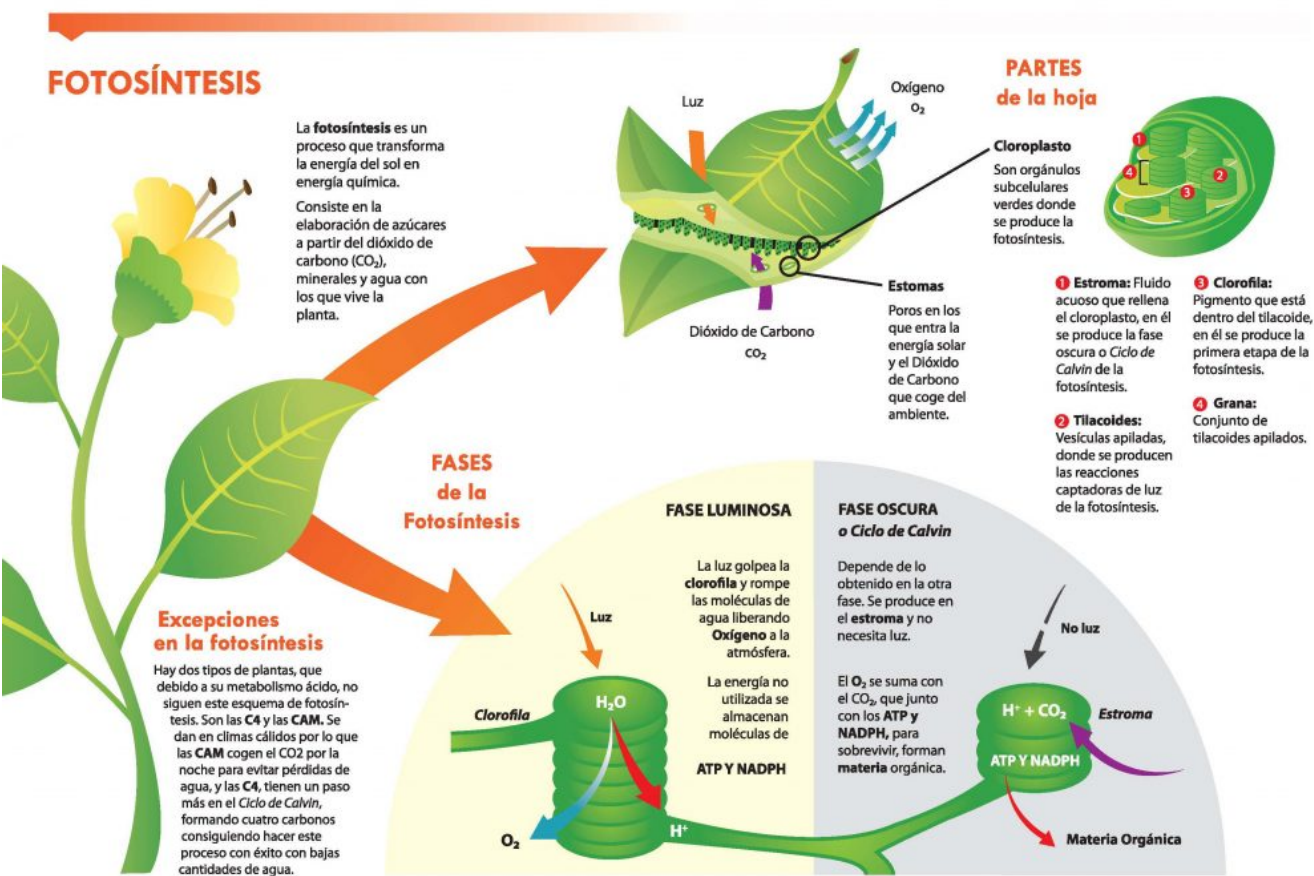
Como se señaló anteriormente, la unidad fotosintética estructural en los eucariotas son los cloroplastos, ubicados principalmente en las hojas. Los tejidos internos de cada hoja se encuentran tapizados por células epidérmicas, cubiertas por la cutícula, una capa cerosa. El oxígeno y el dióxido de carbono ingresan a las hojas a través de poros especiales llamados estomas. Un porcentaje alto de la fotosíntesis se realiza en las células del parénquima de empalizada, que se encuentra bajo la epidermis y constituye el mesófilo. Los cloroplastos se orientan en el interior de las células para facilitar que las membranas de los tilacoides capturen la luz por (Curtis y Barnes, 2001).

Etapas de la fotosíntesis

El fisiólogo inglés F. F. Blackman tras desarrollar diferentes experimentos, sugirió que en el proceso fotosintético se presentan por lo menos dos factores limitantes: La intensidad lumínica y la temperatura. Por lo cual existe un grupo de reacciones que es dependiente de la luz pero independiente de la temperatura, como se observa en el esquema global de la fotosíntesis figura 1.4 (Curtis y Barnes, 2001).

En las experiencias de Blackman las reacciones que dependían de la temperatura incrementaban su velocidad, solamente hasta alrededor de los 30°C. Luego la velocidad disminuía. Con base en la evidencia experimental hallada se dedujo que estas reacciones eran controladas por enzimas, pues es la forma en que se espera que las enzimas respondan a la temperatura. Esto contribuyó a diferenciar una etapa de reacciones lumínicas, dependiente de la luz y una etapa enzimática, independiente de la luz, o de reacciones “oscuras”. Estas últimas reacciones necesitan de los productos químicos sintetizados en las reacciones “lumínicas”, pero pueden ocurrir tanto en la luz como en la oscuridad (Curtis y Barnes, 2001).

Esquema global de la fotosíntesis



Absorción de luz

Las reacciones lumínicas se puede sintetizar así: los pigmentos que absorben la luz se dividen en dos grupos, los que absorben y transfieren la energía hacia el centro de reacción y los que conforman este centro de reacción que constituyen un tipo particular de moléculas de clorofila (clorofila a P 680 y P700) y que ejecutan la reacción fotoquímica (Melgarejo, 2010).

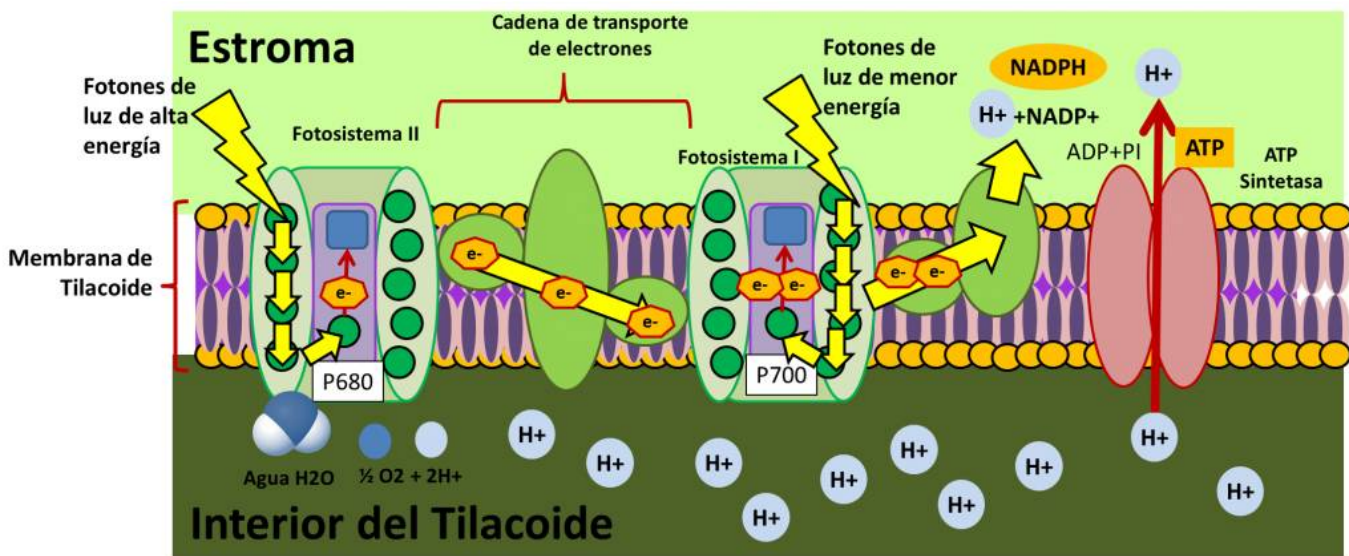
Para que se dé la fotosíntesis se requiere de la cooperación de dos tipos de fotosistemas llamados I y II (PS I y PS II). En el P SII el agua es usada como donador de electrones liberando oxígeno como producto. En el PSI, se reduce el aceptor terminal donando un electrón a la ferredoxina para desde allí reducir el NADP que finalmente se utiliza en la conversión del CO2 en carbohidratos (Melgarejo, 2010).

Los fotosistemas I y II trabajan juntos simultáneamente aunque el fotosistema I puede operar independientemente, como se explica en la Figura 1.5. En el modelo actual, la energía lumínica llega a el fotosistema II, donde es captada por la molécula P680 de la clorofila a. Un electrón de la molécula P680 es lanzado a un nivel de energía más alto, desde el cual se transfiere a una molécula aceptora de electrones primaria. El electrón pasa cuesta abajo al fotosistema I a lo largo de una cadena de transporte de electrones. A razón del paso de los electrones a lo largo de la cadena de transporte, se establece un gradiente de protones a través de la membrana tilacoidal; la energía potencial de este gradiente electroquímico se usa para formar ATP a partir de ADP, proceso quimiosmótico similar al de la mitocondria. Este proceso se conoce como fotofosforilación (Curtis y Barnes, 2001).

Otros tres hechos se destacan simultáneamente:

1. La molécula de clorofila P680, al perder su electrón, busca un reemplazante. Lo encuentra en la molécula de agua, la cual, mientras está unida a una molécula que contiene manganeso, es privada de un electrón y luego se rompe en protones y gas oxígeno.
 2. Se captura energía lumínica adicional en la molécula reactiva P700 de clorofila del fotosistema I. La molécula se oxida y el electrón es lanzado a un aceptor de electrones primario, desde el cual viaja cuesta a bajo al NADP+.
 3. El electrón eliminado de la molécula P700 del fotosistema I es reemplazado por el electrón que se desplazó cuesta abajo desde el aceptor de electrones primario del fotosistema II. Así, en la luz hay un flujo continuo de electrones desde el agua al fotosistema II, al fotosistema I, al NADP+ (CURTIS, Helena, BARNES, Sue, 2001).
- La energía recuperada en estos pasos esta representada por una molécula de ATP (cuya formación libera una molécula de agua) y de NADPH, que entonces se transforman en las fuentes principales de energía para la reducción del dióxido de carbono. Para generar una molécula de NADPH, deben absorberse 4 protones, 2 por parte del fotosistema II y 2 por parte del fotosistema I (Curtis y Barnes, 2001).

Fotosistemas I y II



Reducción y fijación de CO2

En una segunda etapa de la fotosíntesis la energía se utiliza para reducir al carbono. El carbono está disponible para las células fotosintéticas en forma de dióxido de carbono. En las plantas, el dióxido de carbono llega a las células fotosintéticas a través de aberturas especializadas de las hojas y tallos verdes, llamadas estomas (Curtis y Barnes, 2001).

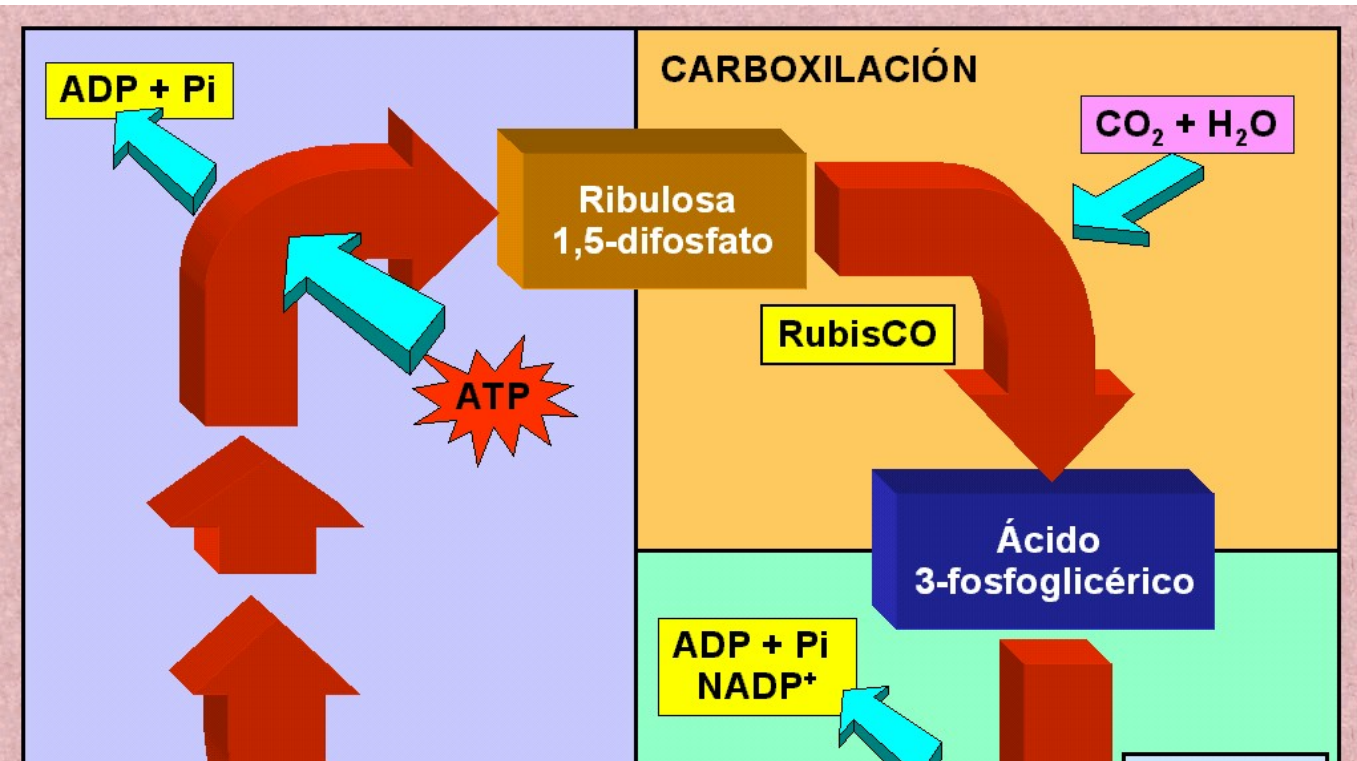
En esta segunda etapa de la fotosíntesis, el ATP y el NADPH formados en la primera etapa se utilizan para reducir el carbono del dióxido de carbono a un azúcar simple. Entonces, la energía química almacenada temporalmente en las moléculas de ATP y de NADPH se transfiere a moléculas adecuadas para el transporte y el almacenamiento de energía en las células de las algas o en el cuerpo de las plantas. La resultante de este proceso es la formación de un esqueleto de carbono, a partir del cual pueden construirse luego otras moléculas orgánicas (Cogua, 2011).

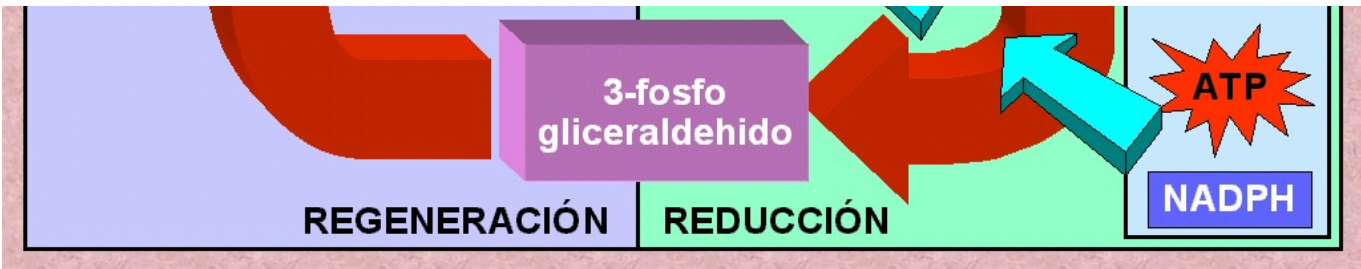
Las reacciones de fijación de carbono se realizan en condiciones que no requieren luz, aunque algunas enzimas son reguladas por ésta y se realizan en el estroma mediante el Ciclo de Calvin, Figura 1.6. El NADP y el ATP formados en las reacciones que capturan energía lumínica se utilizan para reducir el dióxido de carbono. El ciclo produce gliceraldehído fosfato, a partir del cual puede formarse glucosa y otros compuestos orgánicos (Cogua, 2011).

Ciclo de Calvin

Esta transformación se lleva a cabo en el estroma del cloroplasto. El CO₂ entra al cloroplasto atravesando las membranas celulares del organelo por medio de canales específicos. Este gas entra al cuerpo de la planta merced a la apertura estomática, que a la vez facilita la salida de vapor de agua, en el proceso que se denomina transpiración (Cogua, 2011). El ciclo de Calvin representa la ruta central de reducción del CO₂ a moléculas orgánicas. Se inicia cuando la enzima ribulosa 1,5 bi-fosfato carboxilasa oxigenasa (Rubisco) realiza la carboxilación del CO₂ y origina dos moléculas de tres carbonos (Melgarejo, 2010). Se han realizado diversos experimentos para dilucidarlo, estos han tenido éxito gracias al uso de radioisótopos en las algas verdes *Chlorella pyrenoidosa* y *Scenedesmus obliquus*. Después de proporcionar ¹⁴CO₂ por 60 segundos aparecen en cultivos de las algas mencionadas varios compuestos marcados; fosfatos de azúcares, ácidos orgánicos, y aminoácidos. Acortando el tiempo de aplicación del ¹⁴CO₂ paso a paso se reducen los productos marcados generados. A menos de 2 segundos aparece solo un compuesto marcado, el ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA) compuesto de tres carbonos. De tal manera que el primer paso de la reducción del CO₂, consiste en una carboxilación, durante la cual el CO₂ es incorporado a una molécula aceptora que tiene 5 carbonos, la ribulosa-1,5-di fosfato la cual al escindirse origina dos moléculas del 3-PGA. El mecanismo de la reducción del CO₂ es un proceso cíclico de varios pasos enzimáticos parciales (Melgarejo, 2010).

Ciclo de Calvin

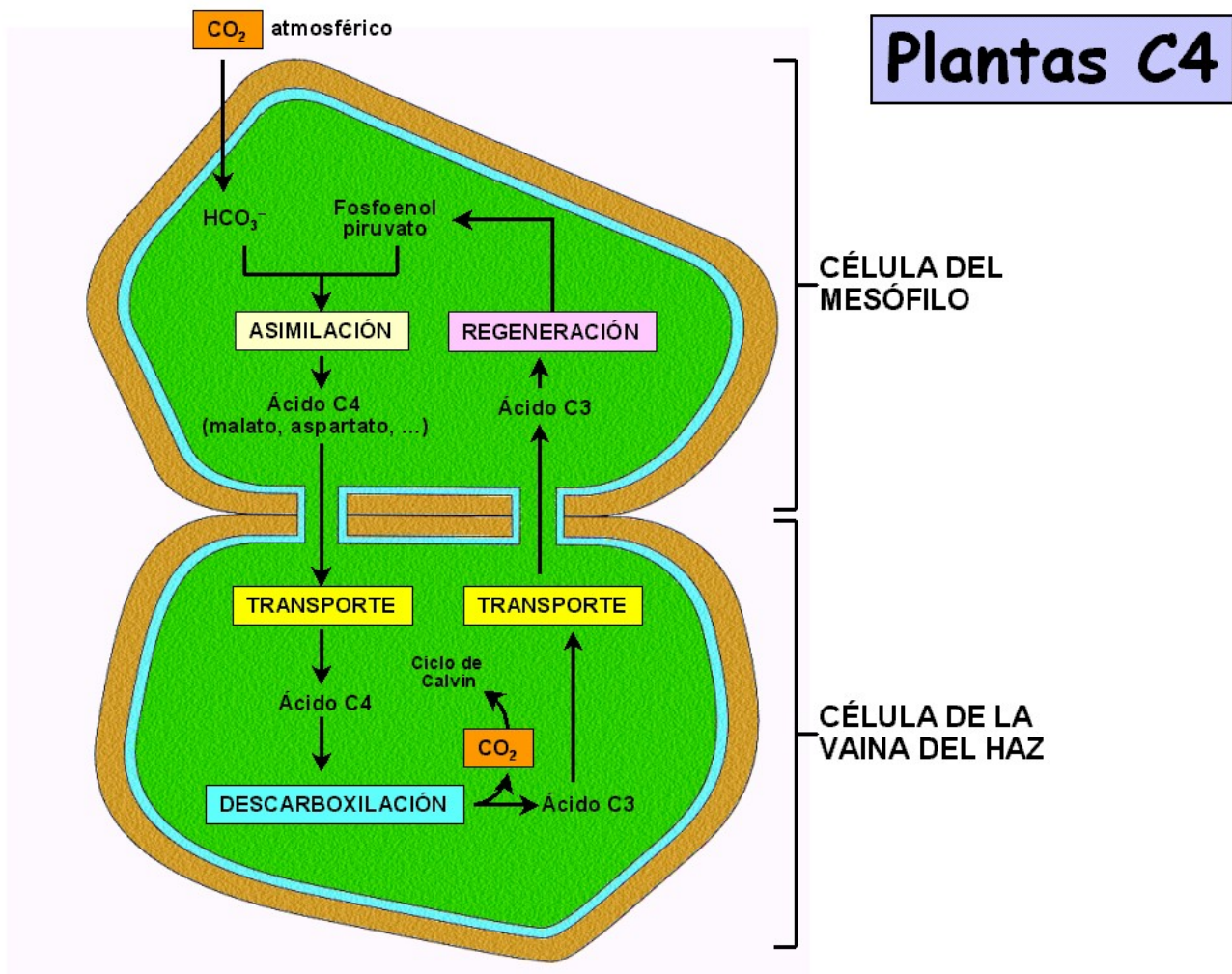




Metabolismo Hatch/Slack

Existen otros procesos adaptativos en diferentes tipos de plantas, por ejemplo algunas plantas unen primero el dióxido de carbono a un compuesto conocido como ácido fosfoenol pirúvico o Fosfoenol piruvato (PEP) para formar el compuesto de cuatro carbonos, ácido oxaloacético (un intermediario del ciclo de Krebs). Entre otras plantas que tienen este tipo de metabolismo están el maíz y el sorgo. En ellas el dióxido de carbono incorporado al ácido oxaloacético es finalmente transferido a la RuBP y entra en el ciclo de Calvin, pero sólo después de haber pasado a través de una serie de reacciones que lo transportan a sitios más profundos dentro de la hoja. Estas reacciones se presentan en las células del mesófilo, donde los cloroplastos se caracterizan por tener una extensa red de tilacoides organizados en granas bien desarrollados. El ácido málico o el ácido aspártico, según la especie es transportado a las células de la vaina de los haces merced la red de plasmodesmos. Los cloroplastos de estas células, que forman vainas apretadas alrededor de los haces vasculares de la hoja tienen granas poco desarrollados y frecuentemente contienen granos de almidón. Las plantas que utilizan esta vía, o ruta Hatch-Slack, como se observa en la se llaman comúnmente plantas C4, gracias al compuesto de 4 carbonos que sirve como aceptor del CO2 (Cogua, 2011).

Metabolismo Hatch/Slack



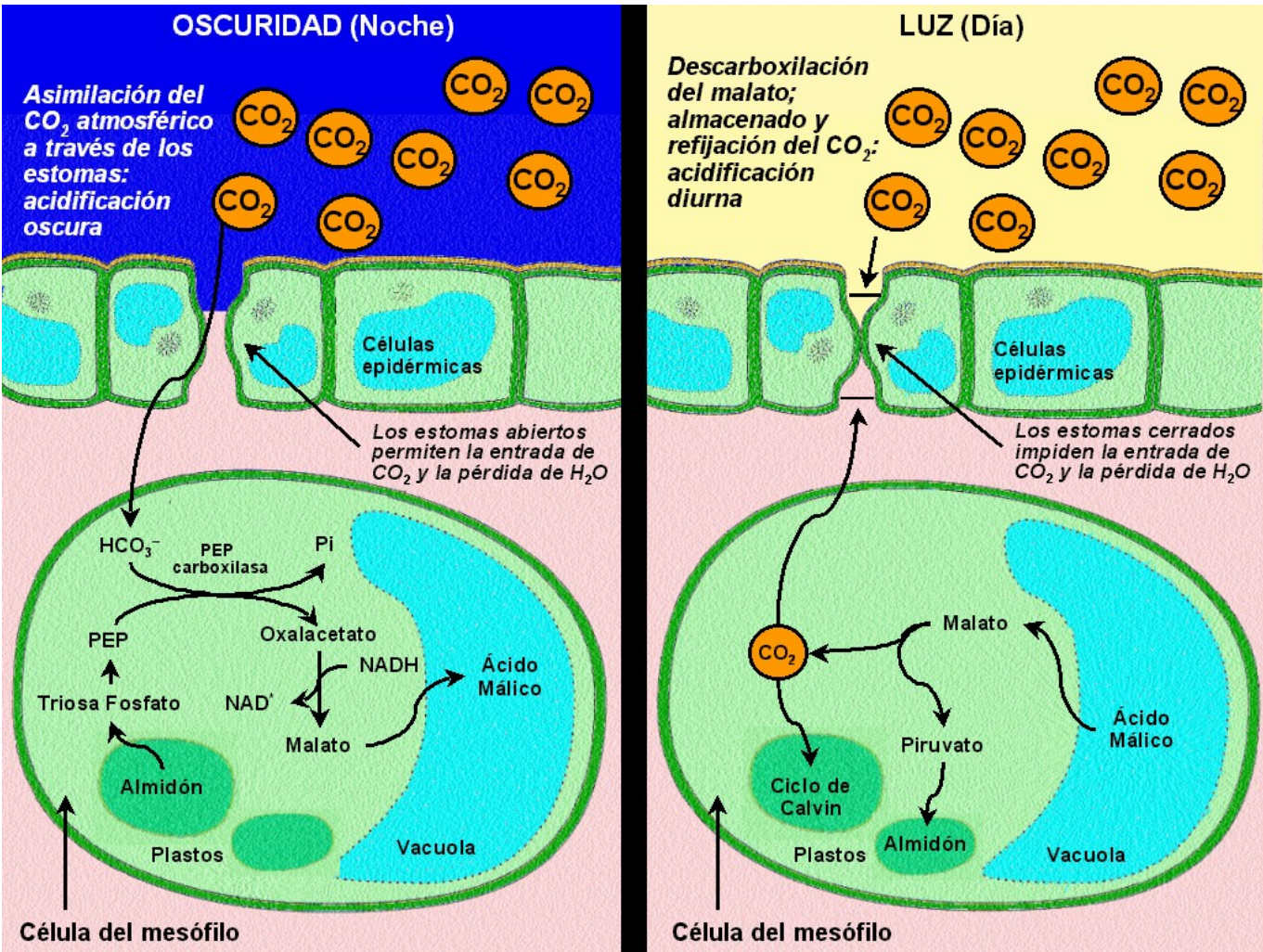
Metabolismo ácido de las crasuláceas ó plantas MAC (CAM)

Hay unas especies vegetales de climas áridos, que tienen hojas gruesas con una baja proporción superficie-volumen, cutícula gruesa y baja tasa de transpiración. A dichas plantas se les llama suculentas. Por lo general presentan células fotosintéticas de la hoja o el tallo en el mesófilo esponjoso. En algunas plantas suculentas el metabolismo del CO2 es poco usual, inicialmente se investigó en miembros de la familia Crassulaceae, por lo que se le denominó como Metabolismo Acido de las Crasuláceas (MAC o CAM en inglés).

La nueva ruta fotosintética mencionada se ha encontrado en algunas especies vegetales suculentas o semi-suculentas de los géneros Bryophyllum, Kalanchoe, Sedum, Kleinia, Crassula, Opuntia (Selisbury y Peck, 1964). Las plantas MAC o

sedum, Nymphaea, Crassula, Opuntia (Salisbury y Ross, 1994). Las plantas MAC o CAM incorporan dióxido de carbono durante la noche fijándolo en ácidos orgánicos que acidifican el medio y lo liberan durante el día para inmediatamente utilizarlo en el ciclo de Calvin. Este tipo de metabolismo permite reducir las pérdidas de agua asociadas a la apertura de los estomas (Cogua, 2011).

Metabolismo CAM



Factores ambientales y fotosíntesis

Se estima que la cantidad de carbono que se fija cada año en el planeta va de 70.000 a 120.000 millones de toneladas métricas o lo que equivale alrededor de 170 a 290 gigatoneladas de materia seca, con fórmula mínima 0. Esta vasta productividad se presenta a pesar de la baja concentración atmosférica de . Más del 13% del carbono atmosférico se utiliza cada año en la fotosíntesis, y una cantidad casi igual se intercambia con disuelto en los océanos. En la fotosíntesis influyen factores como el agua, la concentración de CO2,la luz, los nutrientes y la temperatura, de igual forma la edad y la genética del vegetal (Salisbury y Ross, 1994).

CO2

La cantidad de CO2 es determinante del rendimiento, a pesar de ello algunas reacciones de la fotosíntesis pueden realizarse en su ausencia. Sin embargo, sin este gas sencillamente no habría síntesis de carbohidratos. La concentración de CO2 en la atmósfera no es optima para la fotosíntesis, en la práctica agrícola se utiliza una adición artificial de CO2 gaseoso, bajo condiciones de iluminación constante, para aumentar la tasa fotosintética y el rendimiento en la producción de material biológico (Salisbury y Ross, 1994). Se sabe que el CO2 produce un incremento inmediato de la tasa de la fotosíntesis, especialmente en las plantas C3. Sin embargo, cuando las plantas crecen continuamente con CO2 elevado, tienen lugar cambios bioquímicos que disminuyen la capacidad fotosintética de la hoja, así los grandes incrementos iniciales de la fotosíntesis con alta concentración de CO2 no suelen mantenerse tan elevados cuando pasan semanas o meses. Este fenómeno se conoce como aclimatación de la fotosíntesis (Cogua, 2011).

Agua

Extracelularmente en las plantas superiores el agua transporta materiales como sales que viajan desde las raíces a todas las partes de la planta. Además de ser materia prima en el proceso fotosintético, el agua contribuye como reactivo en varias reacciones metabólicas. Los iones que forma la molécula de agua (H) y (OH), se ensamblan y recombinan en nuevas moléculas de agua (Cogua, 2011).

Luz

Sin luz no hay fotosíntesis, las plantas requieren de la luz en términos de intensidad y de calidad de la radiación. Con un incremento de la intensidad lumínica aumenta la intensidad fotosintética primero en forma lineal, luego disminuye suavemente y por ultimo alcanza un valor constante, es decir la capacidad fotosintética está saturada de luz. Este valor de saturación es alcanzado por las diferentes especies con diferente velocidad. En plantas heliófilas esto ocurre después de llegar a intensidades de radiación altas y en plantas umbrófilas esta saturación se alcanza rápidamente, es decir, se requieren intensidades de luz bajas (Cogua, 2011).

Temperatura

De la dependencia de la fotosíntesis de los factores luz y temperatura, se concluye que la fotosíntesis no es un proceso constante, se compone de un conjunto de reacciones fotoquímicas que dependen de la luz y de una serie de reacciones enzimáticas dependientes de la temperatura. Estas últimas se hacen evidentes en el estado de saturación de luz, punto en el cual un aumento de la temperatura aumenta la intensidad fotosintética (Cogua, 2011). El transporte, la industria, la deforestación, la agricultura y otras actividades humanas, están provocando un aumento de la concentración atmosférica de CO2 (aproximadamente una ppm por año) y de otros gases como el metano. La acumulación de estos gases tiende a calentar la atmósfera, lo cual podría conducir, a cambios regionales o globales que afectarían parámetros como la temperatura, las precipitaciones, la humedad del suelo y el nivel del mar, todos ellos relacionados con la fotosíntesis y por tanto con la vida misma en el planeta. (Cogua, 2011).

DESCARGAS

DIAGRAMAS DE FOTOSINTESIS (1)
(<https://storage.googleapis.com/portalfruticola/2016/11/DIAGRAMAS-DE-FOTOSINTESIS-1.pdf>)

DIAGRAMAS DE FOTOSINTESIS (2)
(<https://storage.googleapis.com/portalfruticola/2016/11/DIAGRAMAS-DE-FOTOSINTESIS-2.pdf>)

Fuente: Universidad Nacional de Colombia (<http://www.bdigital.unal.edu.co>)

www.portalfruticola.com (<http://www.portalfruticola.com/>)

Noticias Relacionadas



Embajador de Países Bajos en Chile asegura que un ...
(<https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/09/24/embajador-de-paises-bajos-en-chile-asegura-que-una-razon-del-exito-para-la-gestion-del-agua-es-la-cooperacion/>)



Google presenta prototipos de robots para mejorar ...
(<https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/10/16/google-presenta-prototipos-de-robots-para-mejorar-el-rendimiento-de-los-cultivos/>)

Suscríbete a nuestro Newsletter

Correo electrónico

Suscribirse

(https://www.portalfruticola.com)

San Sebastián 2812, Oficina 611, Las Condes, Santiago



☎ (+562) 22316318 (tel:+56222316318) - (+562) 27171114 (tel:+56227171114)


✉ contacto@portalfruticola.com (mailto:contacto@portalfruticola.com)

✉ ventas@fruitportals.com (mailto:ventas@fruitportals.com)

Síguenos

 (https://www.facebook.com/PortalFruticola/?ref=ts)

 (https://twitter.com/PortalFruticola)  (https://www.instagram.com/portalfruticola/)

 (https://www.linkedin.com/company/portalfruticola-com/)

El uso de este sitio Web implica la aceptación del aviso legal y política de privacidad de Portal Frutícola.

© 2008 - 2020



(https://www.yc.cl)

Marcas asociadas



(https://www.freshfruitportal.com)



(https://www.chinafruitportal.com)



(https://www.yc.cl)



(https://www.agrogigante.com)



(https://www.agwatersummit.com)



(https://www.globalcherrysummit.com)



(https://www.globalgrapesummit.com)

