

## Objetivo: Conocer y comprender el proceso Anabólico de la Fotosíntesis

Para entregar el:

### PROCESOS ANABOLICOS: FOTOSINTESIS.

En los procesos anabólicos, la célula ensambla ciertos materiales que han atravesado la membrana plasmática mediante las distintas formas de transporte para producir proteínas, lípidos, hidratos de carbono, ácidos nucleicos y otros componentes celulares, gracias al consumo de energía almacenada en el ATP. Es obvio entonces que el problema se presenta en la generación de ATP que hace funcionar toda la maquinaria celular. Se puede afirmar que la vida en el planeta Tierra depende, en su mayor parte, de la fotosíntesis, proceso anabólico llevado a cabo en el interior de los cloroplastos de algunas células vegetales y en algunos procariotas. Este proceso en los organismos eucariotas se lleva a cabo en los cloroplastos de las plantas y las algas. Estas organelas celulares presentan tres membranas, la más interna contiene la clorofila, un pigmento fotosintético que es básico para realizar el proceso anabólico. En las plantas superiores, las células especializadas en la fotosíntesis (órganos fotosintetizadores) se encuentran principalmente en las hojas y tallos jóvenes (Ilustración 56). En los cloroplastos se encuentran todas las enzimas que permiten que la fotosíntesis se realice a una velocidad tal que resulte compatible con la vida. En las plantas terrestres, los reactivos son a) el agua: proviene del suelo, es absorbida por las raíces, y a través de los tejidos de conducción llega hasta los órganos fotosintetizadores. b) El dióxido de carbono captado por las plantas penetra a través de las estomas, pequeños orificios que se encuentran en las hojas y c) la luz es absorbida por la clorofila. Por otro lado, los productos son: a) el oxígeno es liberado también por las estomas y b) los hidratos de carbono (glucosa) que le sirven de alimento a la planta. Esto puede resumirse en la Ecuación 5.



Ilustración 56: fotosíntesis.

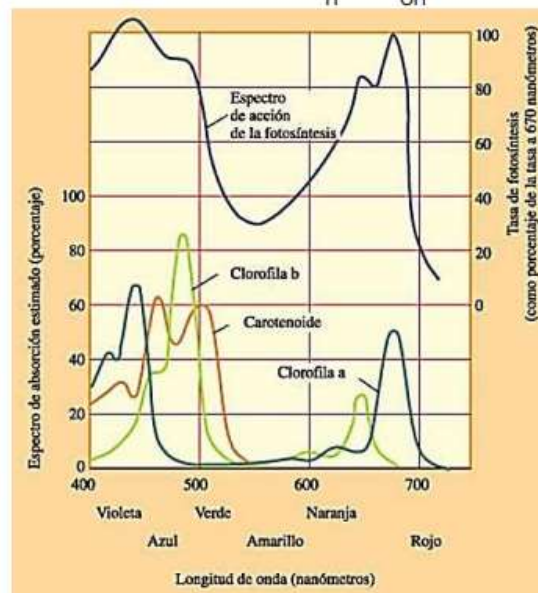
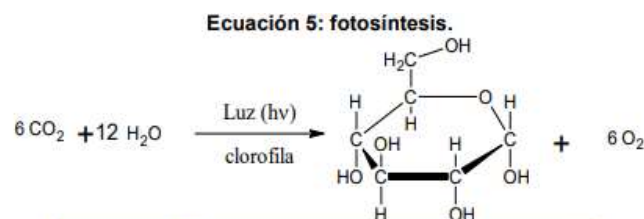


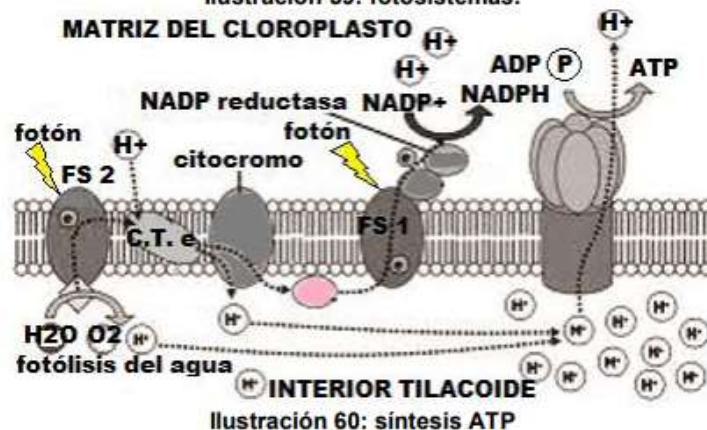
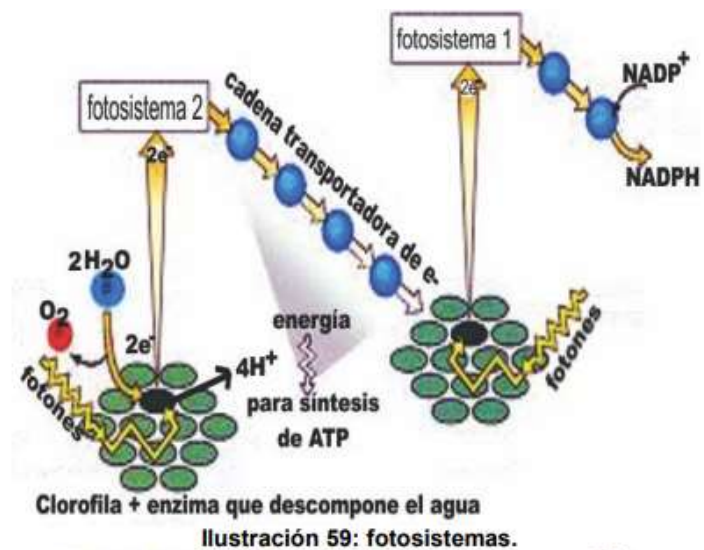
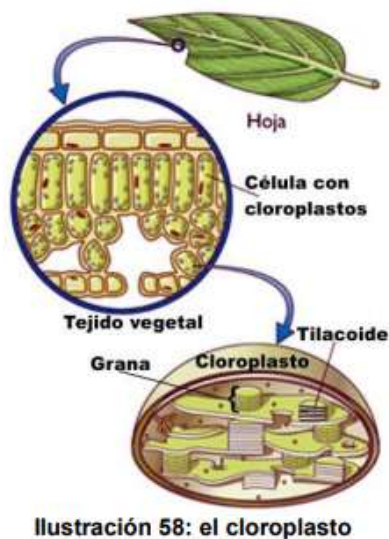
Ilustración 57: absorción luz.

Profundizando un poco más la fotosíntesis se realiza en dos etapas: a) fotoquímica, en la que se descompone el agua liberando el oxígeno, hidrógeno y ATP. b) fijadora de dióxido de carbono, en la que se sintetizan los azúcares a partir del dióxido de carbono, el hidrógeno y el ATP producidos en la etapa anterior. En 1905, Albert Einstein (1879-1955) postuló el modelo corpuscular de la luz. Según este modelo, un haz de luz está compuesto por pequeños paquetes de energía denominados cuantos o fotones ( $h\nu$ ). La energía de un fotón es inversamente proporcional a la longitud de onda. Así, la luz violeta tiene el doble de energía que la luz roja. En los organismos fotosintetizadores, la energía

luminica es absorbida por los pigmentos, que pueden definirse como sustancias que absorben la luz. La clorofila absorbe ciertas longitudes de onda, y refleja y trasmite otras. Si las ondas reflejadas alcanzan el ojo, serán interpretadas como verdes, y esto es lo que debemos entender cuando decimos que "la clorofila es verde". Los pigmentos fotosintéticos absorben luz de longitudes de onda diferentes a la de la luz verde. Esta "rebota" y es lo que hace que veamos las plantas de color verde. La clorofila presenta su mayor absorción en la banda de longitudes de onda del color violeta- azul (400 a 500 nm) y naranja - rojo (660 nm), (Ilustración 57). La energía asociada a la luz verde no es adecuada para la fotosíntesis. Hay varios tipos de clorofila, con diferencias en su composición química y espectro de absorción. La clorofila a es el pigmento que, en las plantas, transforma la energía luminica en energía química. La clorofila b es un segundo pigmento presente tanto en las plantas como en las algas verdes y en las cianobacterias. La clorofila c se encuentra en las algas pardas mientras que los carotenoides, de colores rojo, amarillo y anaranjado se manifiestan en el otoño cuando las hojas de las plantas dejan de sintetizar clorofila.

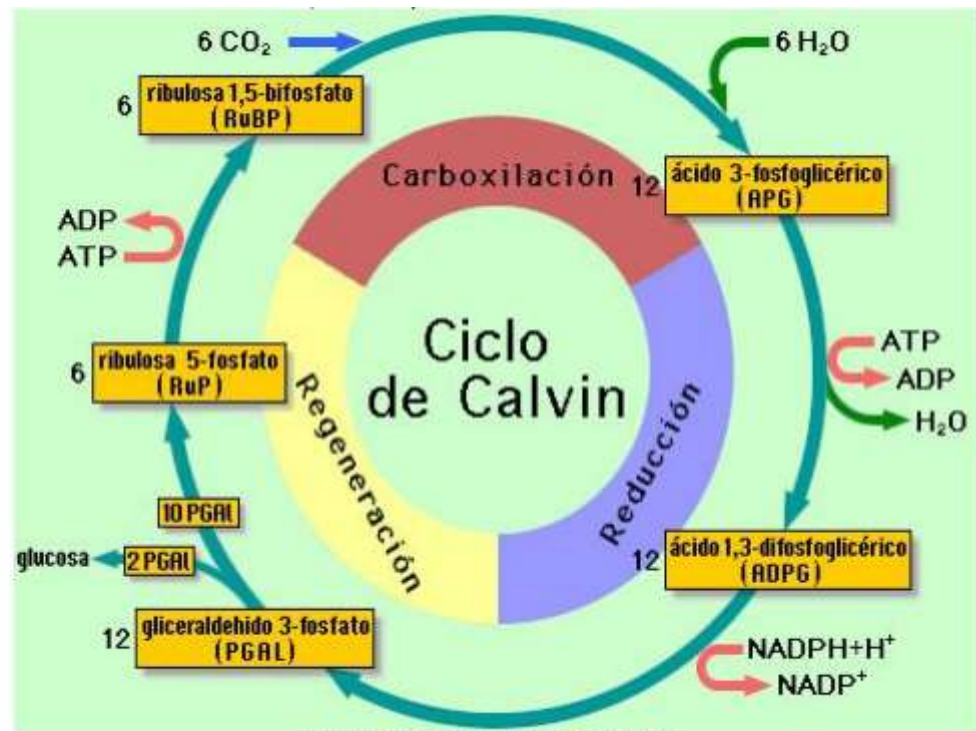
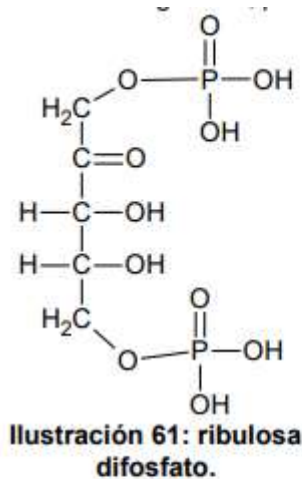
### FOTOSINTESIS: ETAPA FOTOQUIMICA.

Las investigaciones realizadas a principios del siglo XX por el botánico inglés Frederick Blackman (1866-1947) le permitieron postular que la fotosíntesis se realiza en dos etapas. La etapa fotoquímica o dependiente de la luz se desarrolla en el sistema de membranas del cloroplasto. La membrana interna tiene forma de sacos aplanados, cada uno de los cuales se denomina tilacoide. Estos aparecen apilados como monedas y, en conjunto, constituyen la grana (Ilustración 58). Es en los tilacoides donde se encuentran la clorofila y otros pigmentos fotosintéticos. En esta etapa, la energía luminica es captada en dos complejos denominados fotosistemas, cada uno de ellos está compuesto por una molécula de clorofila que absorbe fotones con distinta energía. El fotosistema II, utilizando magnesio (Mg) en la clorofila y una enzima que rompe el agua, separan el hidrogeno y el oxígeno liberando electrones. Los electrones son lanzados a un nivel energético más alto y alcanzan un estado excitado. Al volver por la cadena transportadora promueven el ingreso de los hidrógenos (protones,  $H^+$ ) a través de la enzima ATP sintetasa lo que genera ATP (Ilustración 60). El fotosistema I es el que reduce NADP produciendo NADPH (Ilustración 59). El oxígeno, que no participa de la reacción se considera tóxico por lo que es eliminado de la célula y luego de la hoja a exterior.



## FOTOSINTESIS: ETAPA FIJACION DE DIOXIDO DE CARBONO.

Esta etapa, en la que se fija el carbono, ocurre en el estroma o matriz de los cloroplastos. Allí se encuentran las enzimas que catalizan los distintos pasos de las complejas reacciones químicas que se producen. Este conjunto de pasos cíclico fue estudiado por Melvin Calvin (1911-1997). En este ciclo, a partir de un compuesto de cinco carbonos se sintetiza uno de seis carbonos gracias al dióxido de carbono proveniente del exterior, el hidrógeno (originalmente del agua), el ATP y el NADPH obtenidos en la etapa anterior. Lo interesante de este proceso es que la molécula así fabricada se divide en compuestos de tres carbonos, parte de los cuales regenerarán el compuesto de cinco carbonos inicial (ribulosa bifosfato, Ilustración 61), y uno servirá para formar la molécula de glucosa, producto final de la fotosíntesis, con el que se cierra el ciclo.



**Ilustración 62: ciclo de Calvin.**

El ciclo de Calvin comprende tres etapas: a) Carboxilación: el proceso se inicia cuando 6 moléculas del dióxido de carbono entran en el ciclo y son “fijadas” de a una a 6 moléculas de ribulosa 1,5 bifosfato (RuBP), el compuesto resultante de seis carbonos se rompe inmediatamente para formar 12 moléculas de 3 carbonos, el Ácido 3-fosfoglicerico (APG) b) Reducción del APG: a las 12 moléculas de APG se le incorporan 12 átomos de fosforo tomados del ATP y formando 12 ácido 1,3 difosfoglicerico (ADPG), posteriormente se le incorpora 12 átomos de hidrogeno formando 12 moléculas de gliceraldehido 3 fosfato (PGAL). c) Regeneración: de las 12 moléculas de PGAL 2 salen del ciclo para formar una molécula de glucosa y las 10 moléculas restantes de PGAL se reacomodan para formar 6 moléculas de Ribulosa 5 fosfato (RuP). Luego con el gasto de 6 ATP se regenera el compuesto inicial del ciclo de Calvin un azúcar de cinco carbonos, conteniendo 2 grupos fosfatosribulosa 1,5 bifosfato (RuBP). (Ilustración 62). En este ejemplo se incorporaron 6 moléculas de CO<sub>2</sub> al mismo tiempo, pero en realidad se van incorporando de a una, es decir que seis vueltas del ciclo son necesarias para producir un azúcar de seis carbonos, tal como la glucosa. El producto del ciclo es el gliceraldehído 3-fosfato, este es transportado del cloroplasto hacia el citoplasma de la célula donde se genera la glucosa. La ecuación general para la producción de una molécula de glucosa es:



En las plantas tienen lugar tanto la fotosíntesis como la respiración. Como las partes no verdes no foto sintetizan (raíces, flores, frutos, etc.), la tasa de fotosíntesis debe superar a la de la respiración para que sean posibles el mantenimiento y el crecimiento de estos seres vivos.

### **Actividad:**

- 1) ¿Qué son los procesos anabólicos? Da ejemplos.
- 2) ¿Dónde se lleva a cabo la fotosíntesis en las células eucariotas?
- 3) ¿Cuáles son los órganos fotosintetizadores de las plantas superiores?
- 4) ¿Cuáles son los reactivos y los productos de la fotosíntesis?
- 5) Observando la Ecuación 5, ¿cuántas moléculas de dióxido de carbono y agua son requeridas para producir una molécula de glucosa?
- 6) ¿Qué función tienen los pigmentos fotosintéticos y por qué los vemos verdes?
- 7) ¿Por qué las hojas en otoño se ven amarillas y rojas?
- 8) Nombra las etapas de la fotosíntesis.
- 9) ¿Dónde se realiza la etapa fotoquímica de la fotosíntesis?
- 10) Explica el funcionamiento del fotosistema I y II.
- 11) ¿Cómo se fabrica el ATP? ¿Dónde se fabrica el NADPH?
- 12) ¿Cómo es considerado el oxígeno para el cloroplasto?
- 13) ¿Dónde ocurre la fijación del carbono en las plantas?
- 14) ¿Cuáles son los reactivos del ciclo de Calvin y cuál el producto?
- 15) ¿Cuál es el compuesto inicial en el ciclo de Calvin?
- 16) ¿En qué consiste la carboxilación?
- 17) ¿Dónde se produce la glucosa?
- 18) ¿Cuánta energía se gasta en la fabricación de una glucosa?