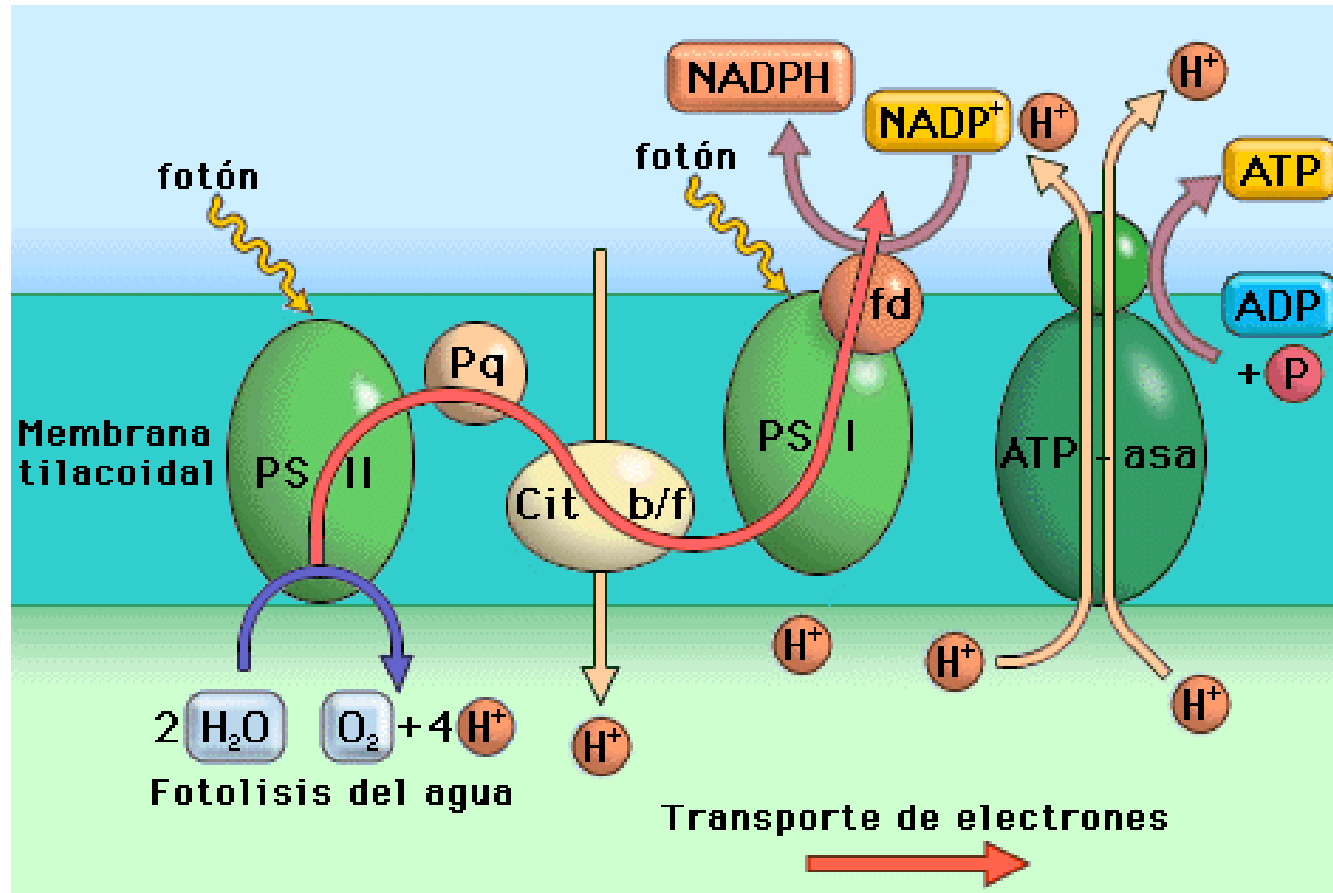
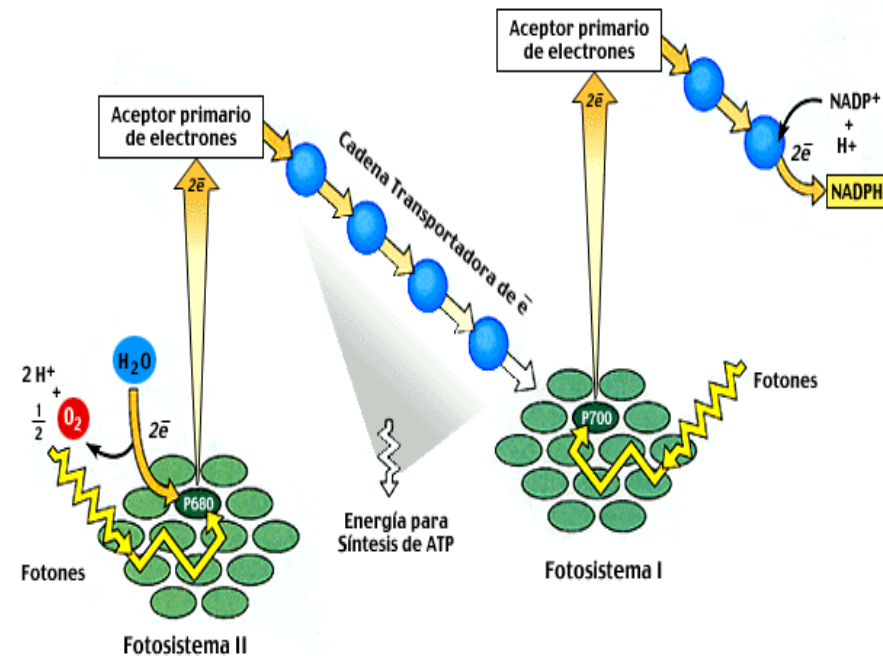


Fase clara de la fotosíntesis



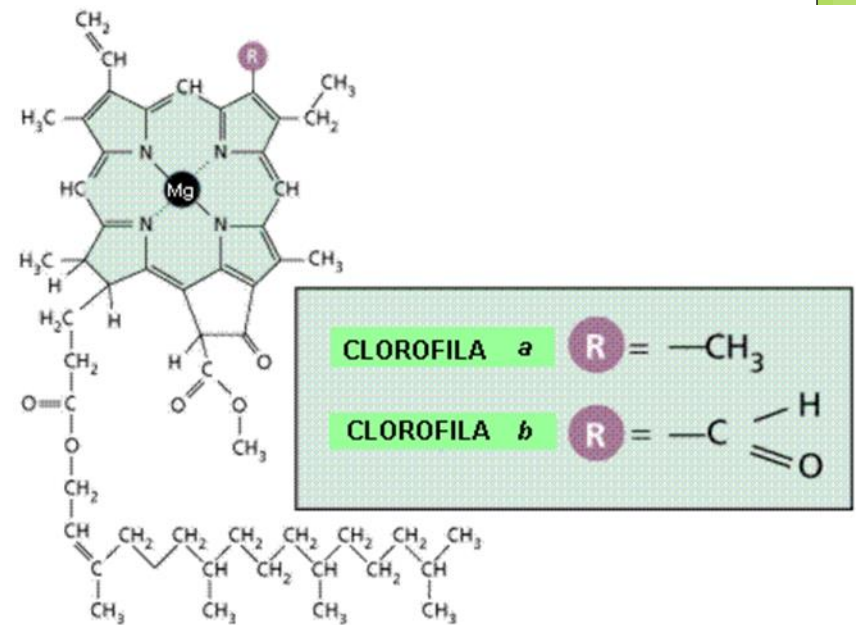
- En la membrana de los tilacoides, se encuentran un grupo de estructuras llamadas **FOTOSISTEMAS I y II**.

- En estos fotosistemas se encuentran las moléculas de clorofila agrupadas en el complejo **ANTENA** que capta la luz.



○ En el fotosistema I, se encuentran las moléculas de **clorofila a** o P700.

○ En el fotosistema II, se encuentran las moléculas de **clorofila b** o P680.

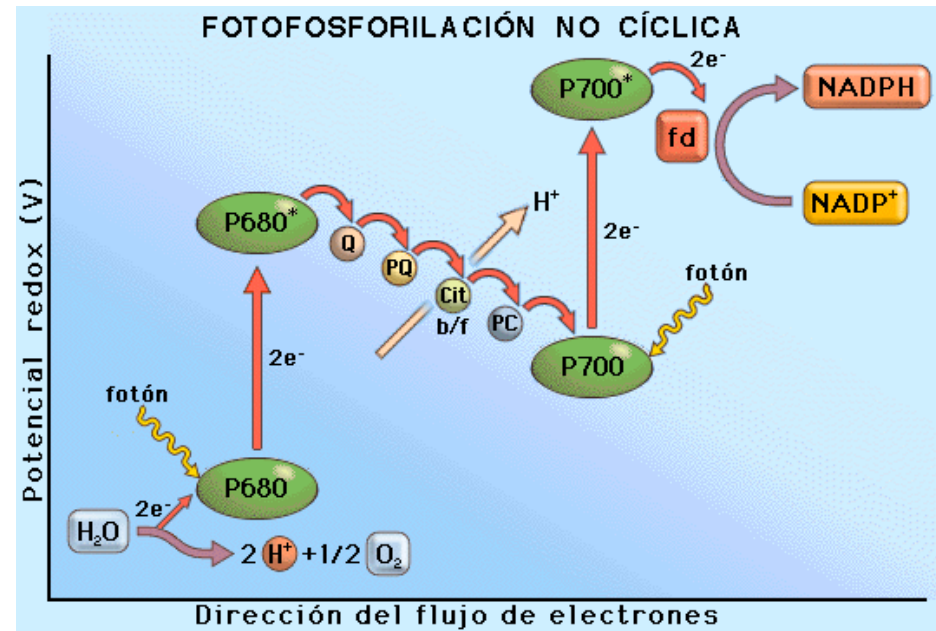


- La fase luminosa puede presentarse en dos modalidades:
- ✓ Fase luminosa acíclica: con transporte acíclico de electrones, participan los fotosistemas I y II.
- ✓ Fase luminosa cíclica: con transporte cíclico de electrones, sólo participa el fotosistema I.

Fase luminosa acíclica

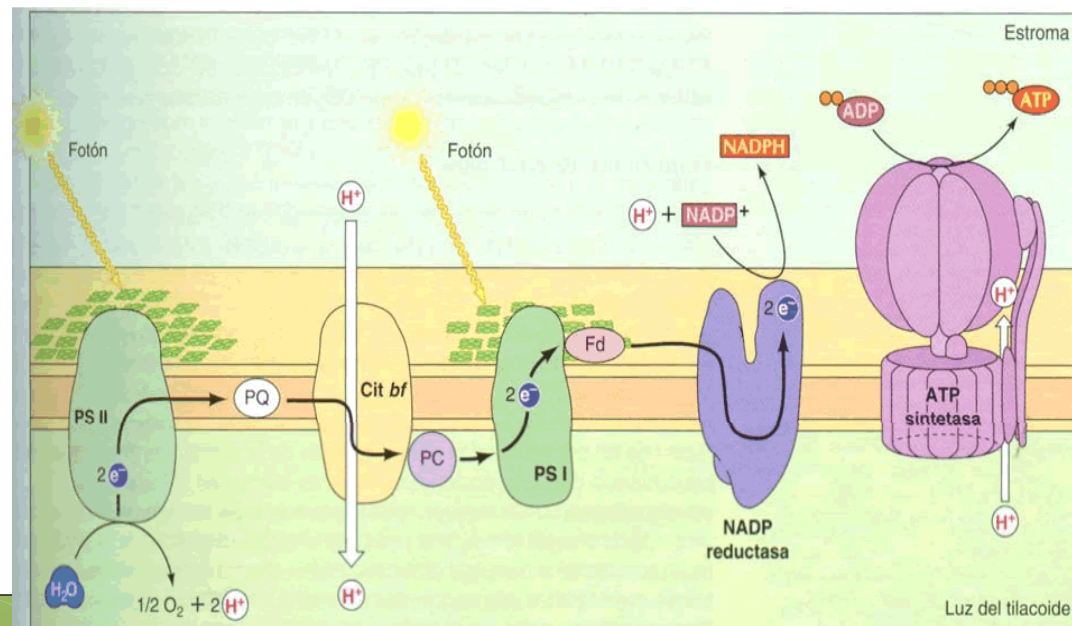
En esta fase se producen tres fenómenos:

1. Fotólisis del agua
2. Síntesis de NADPH
3. Síntesis de ATP

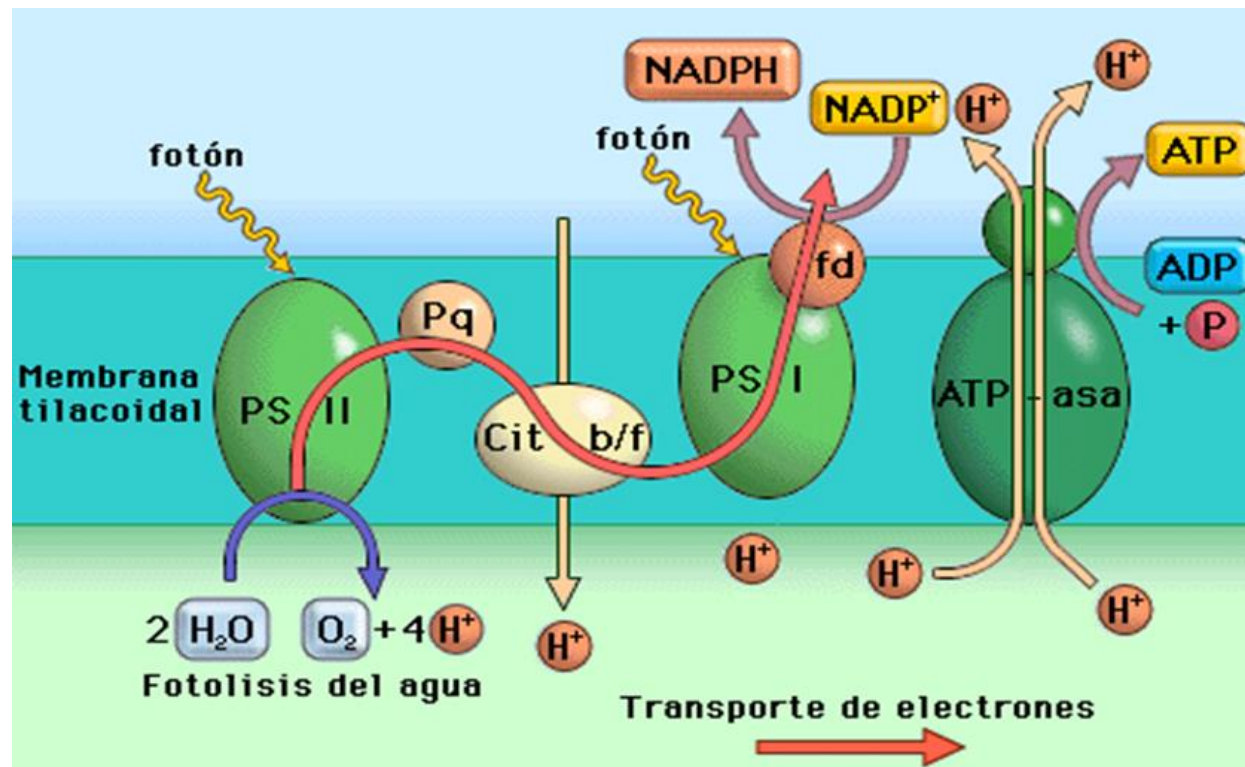


La fase luminosa acíclica, comienza al llegar fotones de la luz al fotosistema II (P680), el cual pierde 2 electrones.

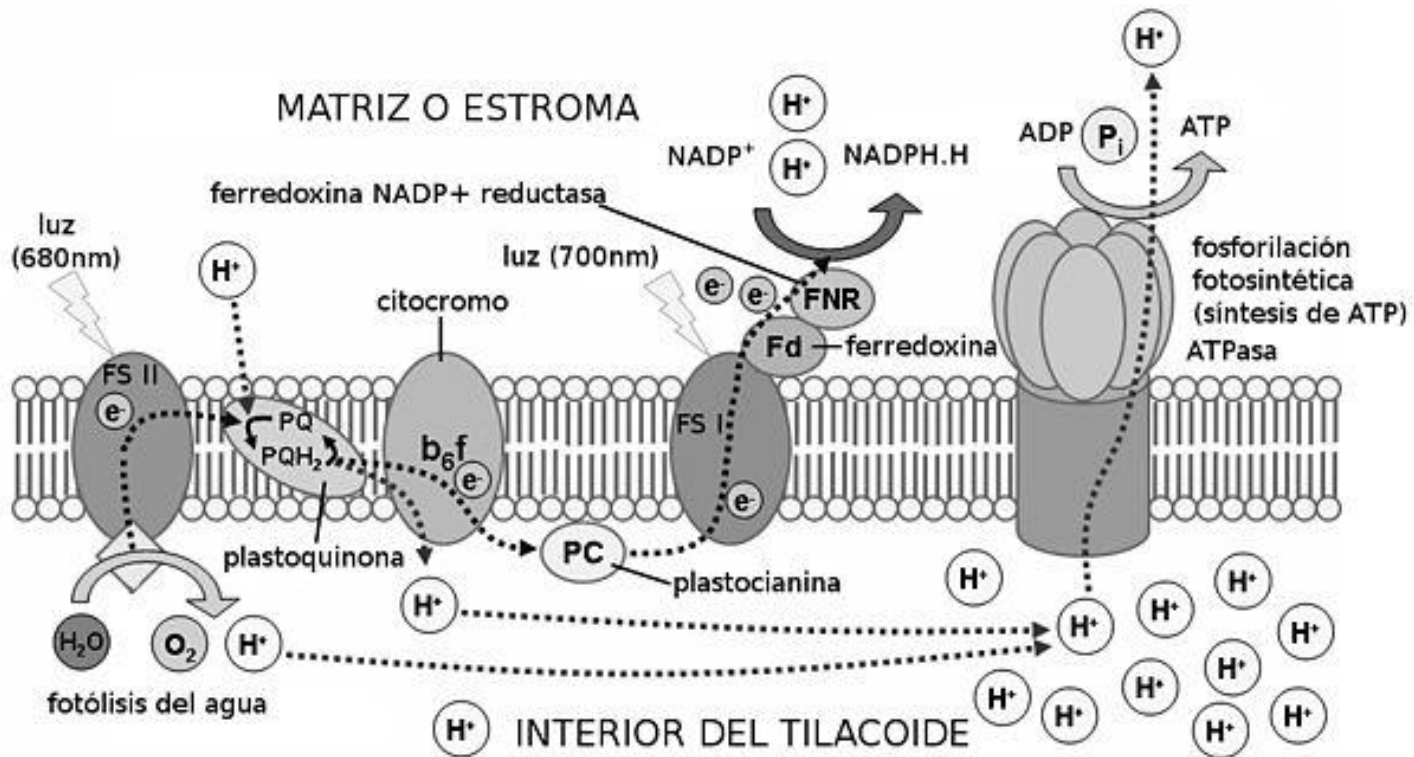
Luego, los electrones pasan por una cadena transportadora de electrones, formados por la plastoquinona (Pq), el complejo de los citocromos b-f y la plastocianina (Pc), moléculas capaces de ganar y perder esos electrones.



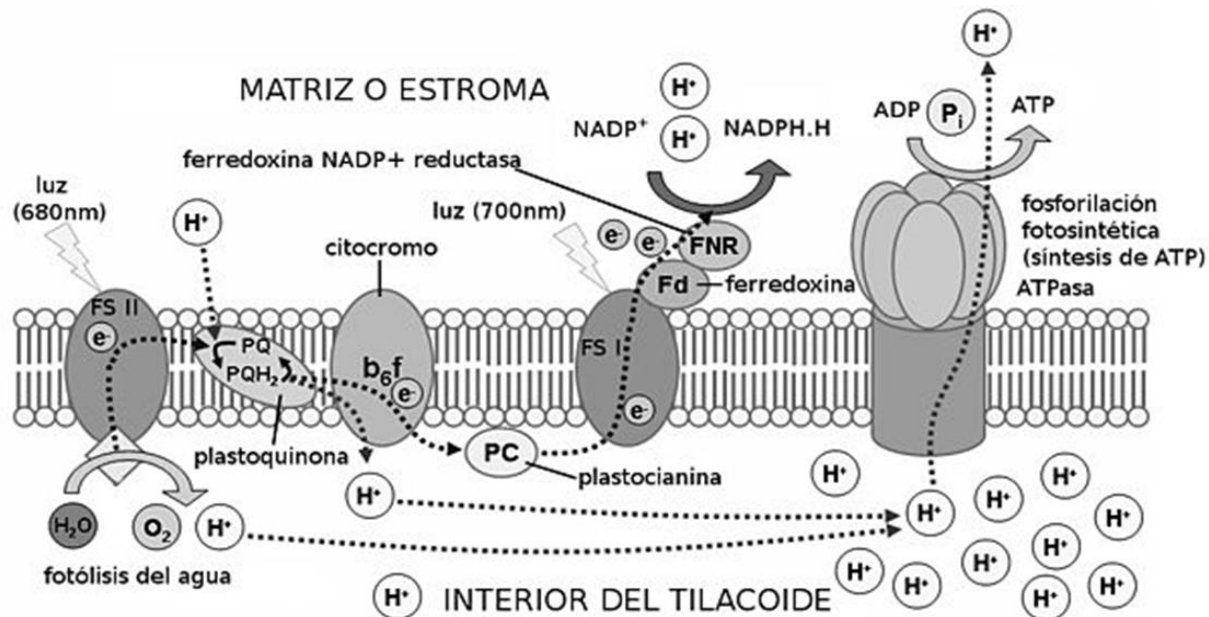
- Pero para que se puedan recuperar los electrones que perdió el fotosistema P680 se produce la hidrólisis de agua (fotólisis del agua) que se descompone en 2H^+ , 2e^- y un átomo de oxígeno. **El oxígeno liberado** durante el día por las plantas se origina en este proceso.



Por último, protones son introducidos hacia el tilacoide por el citocromo b-f, creando un gradiente de H^+ a ambos lados de la membrana. Esto hace salir protones a través de las ATP sintetasas, con la consiguiente síntesis de ATP que se acumula en el estroma (fosforilación del ADP).



- Por otro lado, los fotones también inciden en el Fotosistema I (P700), el cual pierde dos electrones que son captados por la enzima NADP reductasa y se forma NADPH (fotorreducción del NADP).
- Los electrones que la clorofila pierde son repuestos por la plastocianina (Pc) que lo recibe del citocromo b-f.



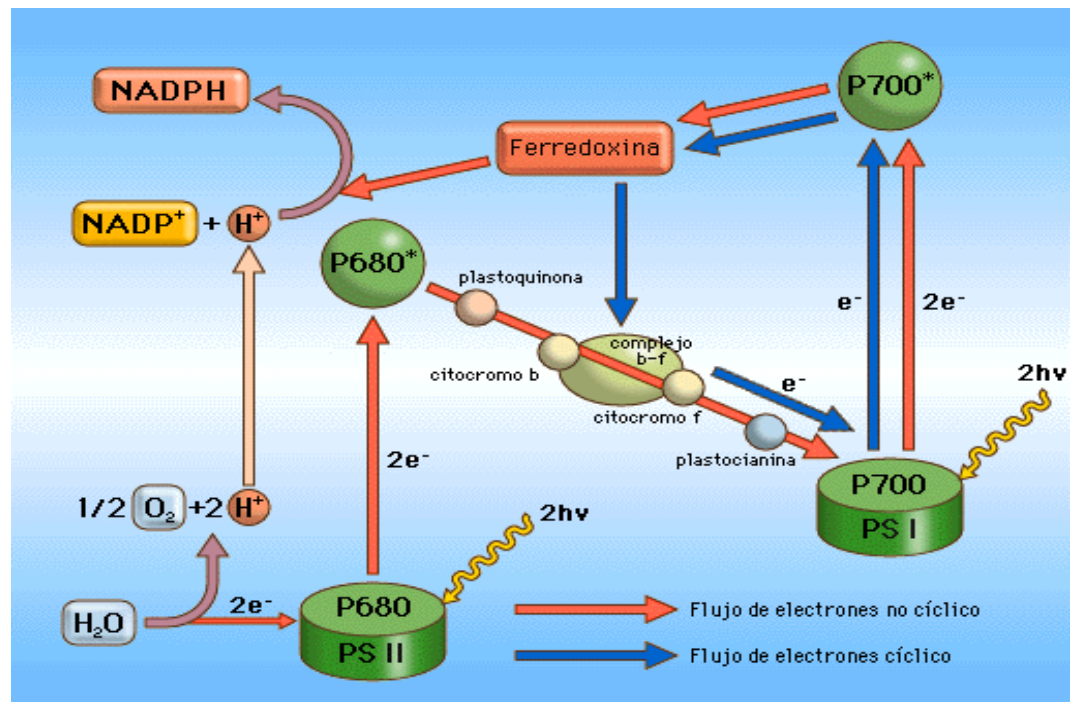
Fase luminosa cíclica

En esta fotofosforilación sólo interviene el fotosistema I, y se llama cíclica ya que los electrones perdidos por el P700 regresan de nuevo a dicho fotosistema.

La finalidad de esta fase cíclica es fabricar ATP y **NO** NADPH, ya que, en la fase oscura se necesita más ATP que NADPH.

Al llegar la luz sobre el fotosistema I, los electrones son capturados por la ferredoxina, pero ahora, en vez de continuar hacia el NADP, son desviados hacia la cadena de transporte de electrones, concretamente al complejo citocromo b-f. Se llama ahora fotofosforilación cíclica ya que el flujo de electrones es cíclico, son los mismos que perdió el P700 los que vuelven cíclicamente a él.

Por lo tanto, en este caso no se forma NADPH, no interviene el agua ni se libera O₂.



ACTIVIDAD DE CIERRE

- ¿Qué moléculas se necesitan en esta fase?
- ¿Qué moléculas se forman en esta fase?
- ¿Que diferencia a las clorofilas a y b?
- ¿Cuáles son las diferencias de la etapa cíclica y acíclica?
- ¿Cuál es la importancia del citocromo b-f?
- Explica la forma de producción de ATP y NADPH.

Fase oscura de la fotosíntesis

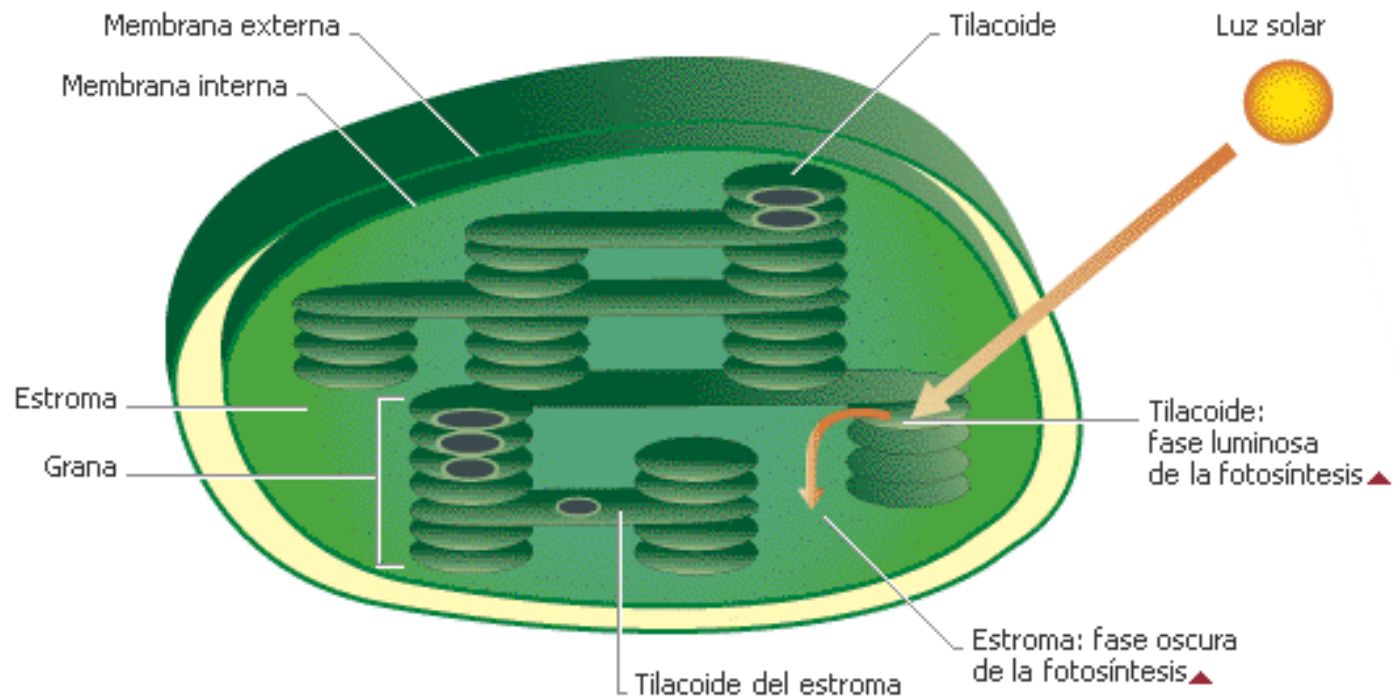
- Se realiza en el **ESTROMA** del cloroplasto.
- Las reacciones químicas involucradas en la formación de la glucosa, se organizan en el **CICLO DE CALVIN-BENSON o ciclo C3**.
- Para que se realice se requieren tres productos básicos:

-Dióxido de carbono:

- ATP y NADPH

- **Ribulosa bifosfato (RuBP)**, azúcar que capta energía y fija el CO_2 , se realiza con la enzima RUBISCO.

CLOROPLASTO

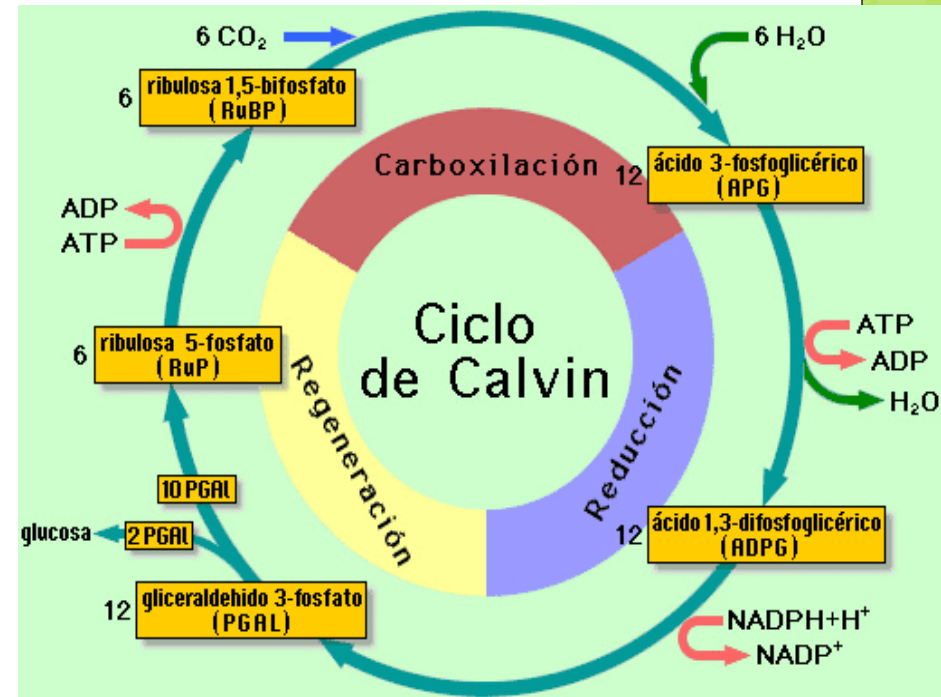


- Un ciclo de Calvin completo, describe la fijación de **una** molécula de CO_2 .

- Pero para la síntesis de una molécula de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), se requiere de 6 CO_2 .

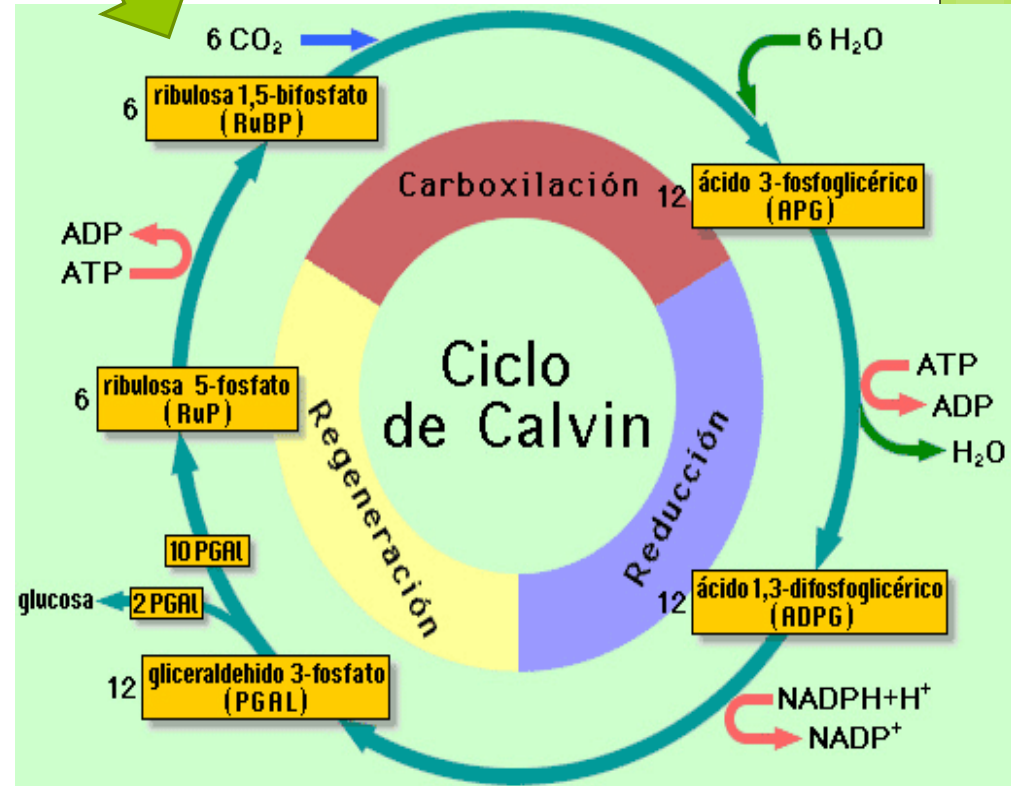
- Este ciclo se divide para su estudio en tres etapas:

1. Carboxilación o fijación del carbono
2. Reducción o síntesis de gliceraldehído fosfato
3. Regeneración de RuBP



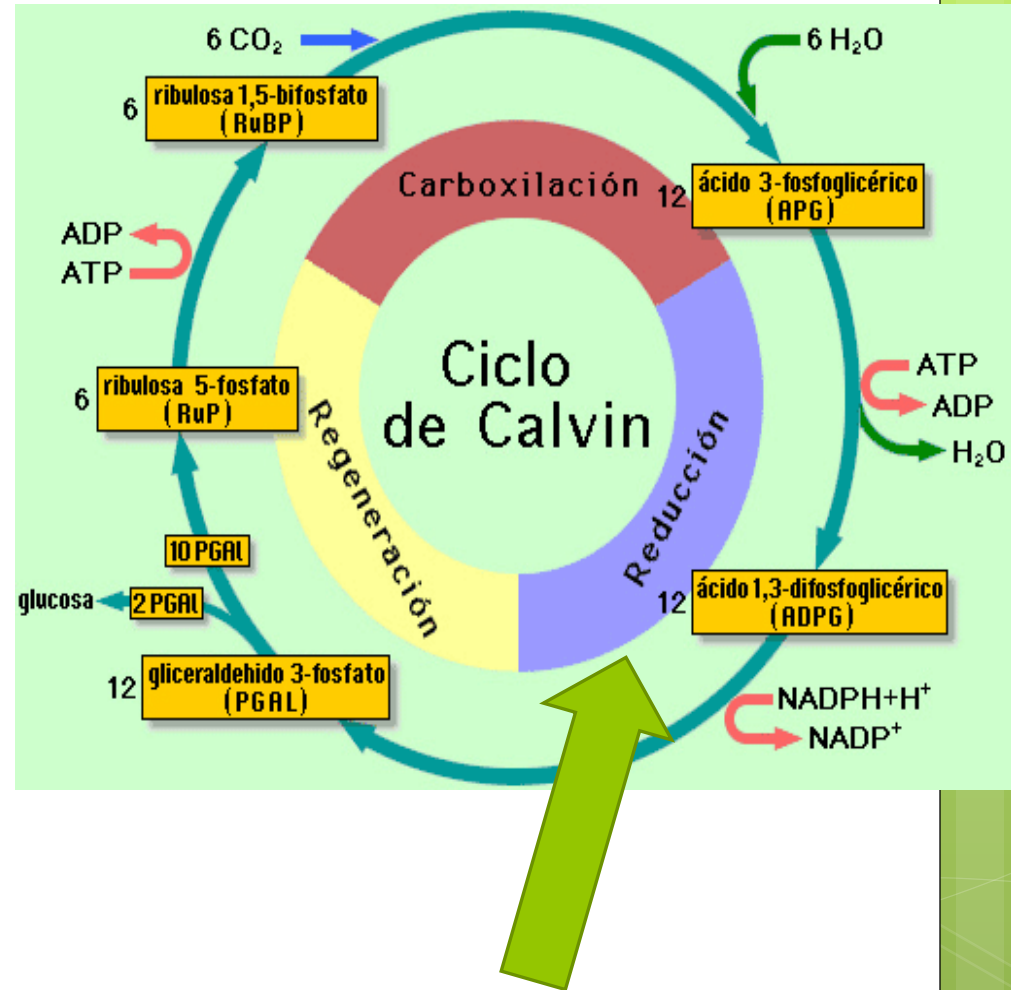
Carboxilación

- El ciclo comienza una molécula de **RIBULOSA BIFOSFATO (RuBP)**, esta tiene 5 carbonos y se combina con 1 molécula de CO_2 para formar un compuesto muy inestable con 6 átomos de carbono.
- Cada molécula de este compuesto, reacciona con una molécula de agua y se forman dos moléculas con tres carbonos, el **ACIDO FOSFOGLICÉRICO o PGA**.



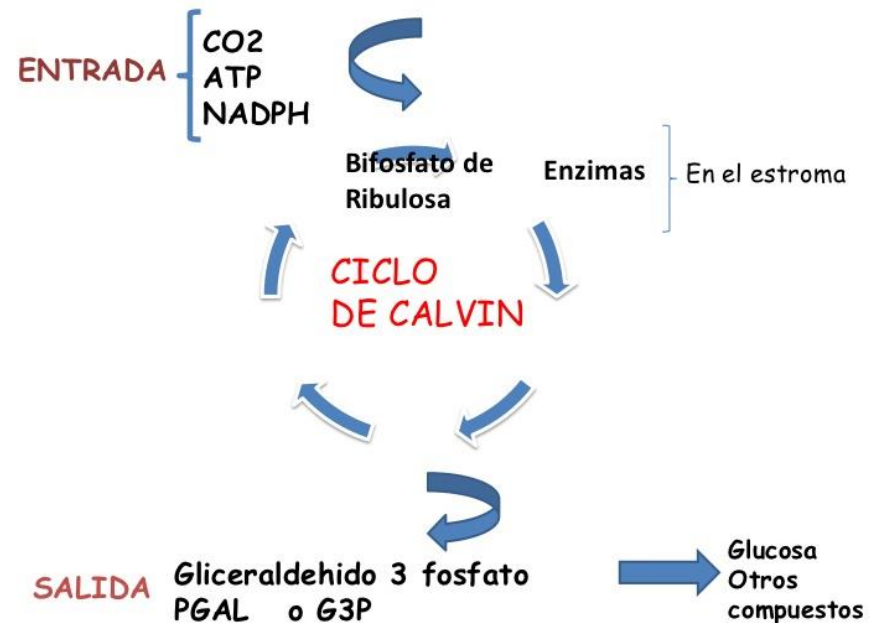
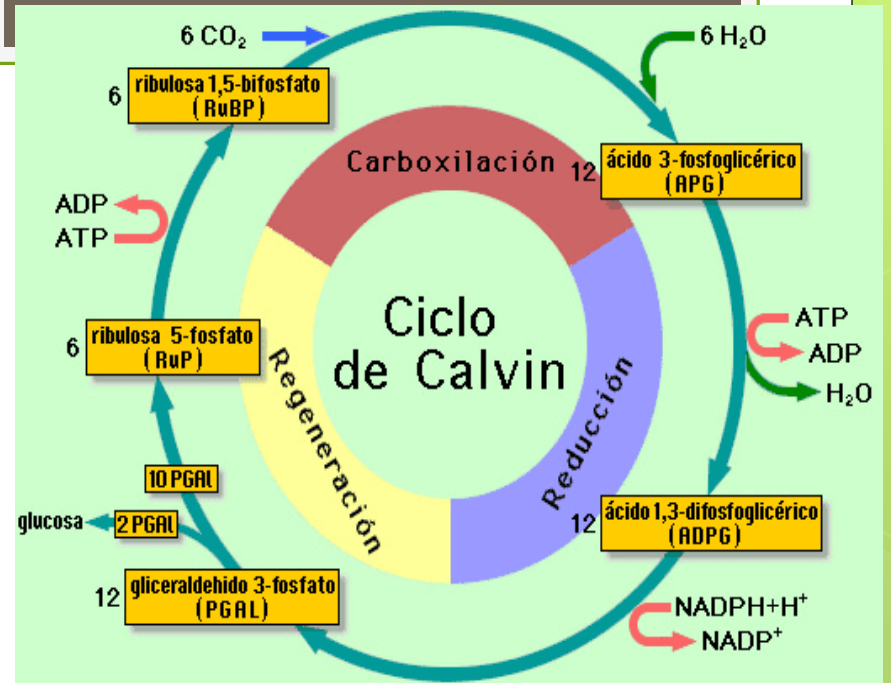
Reducción

- La molécula de **PGA** utiliza el ATP para transformarse en **ÁCIDO DIFOSFOGLICÉRICO ADPG**.
- Posteriormente esta molécula con la acción de una enzima, más el aporte de un NADPH, se reduce en una molécula llamada **GLICERALDEHÍDO 3-FOSFATO o PGAL**.
- Sabiendo que se realizan seis ciclos, una parte de las moléculas producidas participan en la formación de la glucosa, el resto sigue a la siguiente etapa de regeneración.



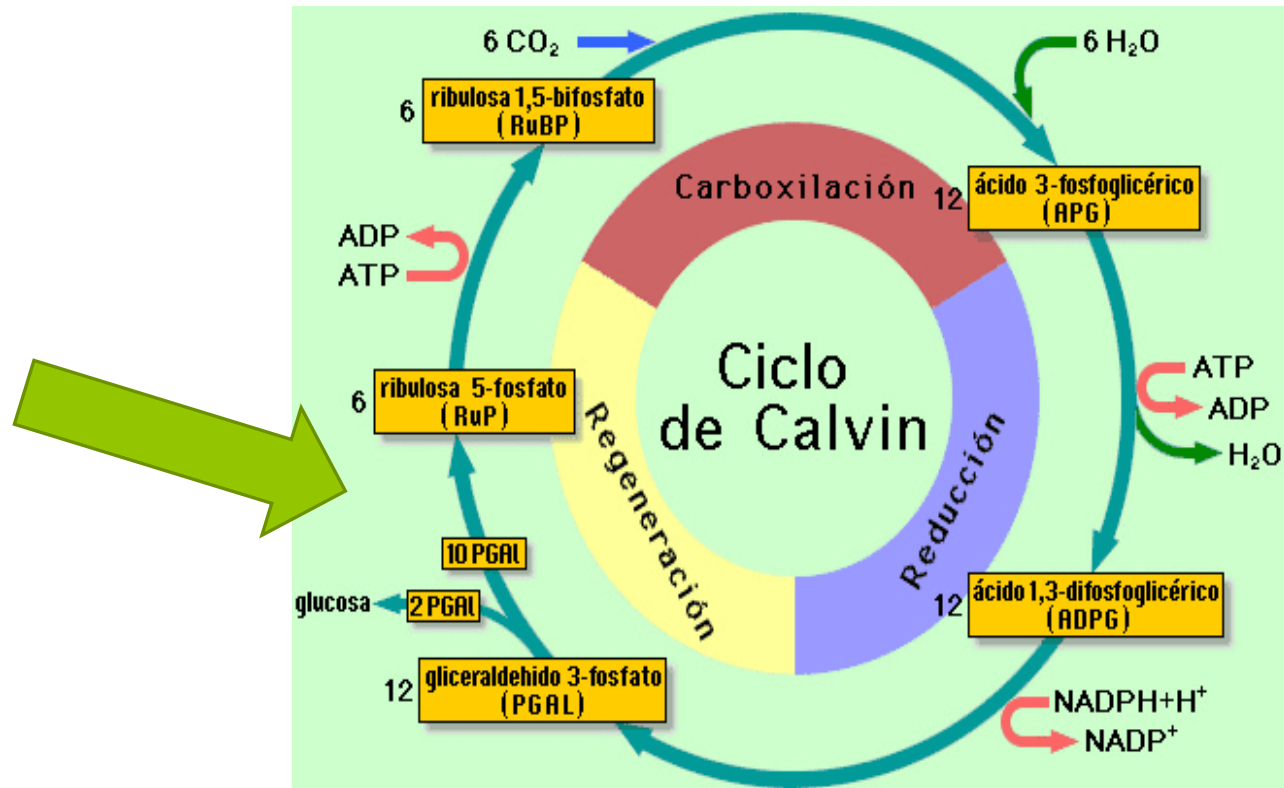
El **PGAL** **3-FOSFATO**, es un fosfato capaz de convertirse en cualquier clase de molécula orgánica, sobre todo las utilizadas por la célula vegetal (glucosa, almidón, sacarosa, celulosa.)

Este compuesto, es el primer reactivo en las diversas vías metabólicas de los vegetales.



Regeneración

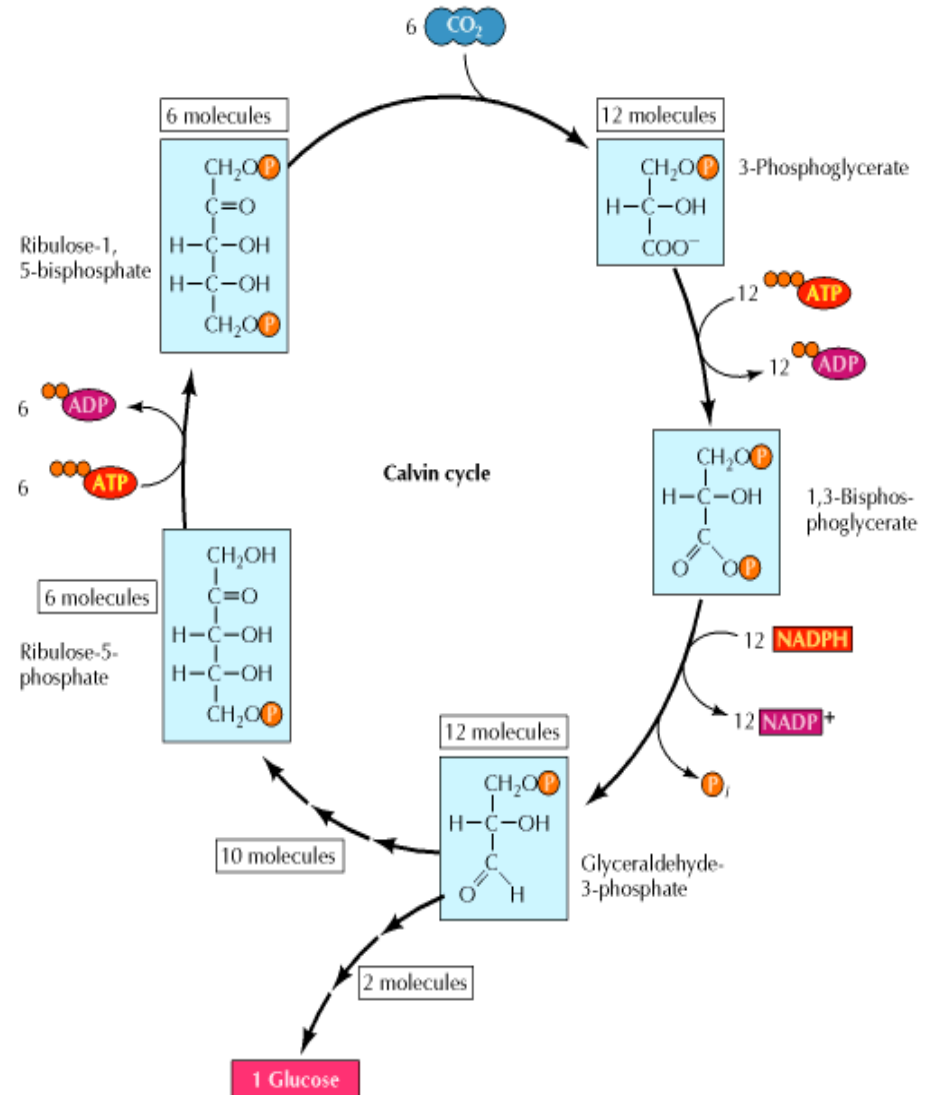
- Utilizando ATP, las moléculas de **PGAL** reestablecen las moléculas de **RuBP** que se utilizaron al comienzo del Ciclo de Calvin-Benson.



Balance energético de la fotosíntesis

Para asegurar que se realicen ambas fases de la fotosíntesis (clara y oscura), existe una fuerte regulación sobre la enzima **RUBISCO** para que esté activa solo cuando hay suficiente ATP y NADPH para realizar la síntesis de glucosa.

La **RUBISCO** es la proteína-enzima más abundante de la biosfera.



Por cada CO_2 incorporado en el ciclo de Calvin, se necesitan:

2 NADPH

3 ATP

Por ende:

Para sintetizar 1 molécula de Glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), se necesitan en total:

12 NADPH y

18 ATP

