
El anabolismo autótrofo: la fotosíntesis

Víctor M. Gumiel

C.E. Luis Vives

Metabolismo: fases

- Fase de degradación: el **catabolismo**.

Transformación de unas moléculas complejas en otras más sencillas, obteniendo energía.

En la glucólisis la célula rompe una molécula de glucosa, obteniendo energía.

- Fase de construcción: el **anabolismo**.

Transformación de moléculas sencillas en biomoléculas complejas. Se gasta energía.

En la fotosíntesis se sintetizan glúcidos y lípidos a partir de CO_2 y luz solar.

Anabolismo: tipos

- Para construir moléculas hacen falta CARBONO y ENERGÍA

Tipos de anabolismo

Según la fuente de carbono

CO₂-Autótrofo

Compuestos orgánicos-Heterótrofo

Según la fuente de energía

Luz-fotosíntesis

Reacciones químicas-quimiosíntesis

Anabolismo: vías anabólicas

Anabolismo

Autótrofo

Fotosíntesis

Quimiosíntesis

Heterótrofo

Glúcidos

Gluconeogénesis

Glucogenogénesis

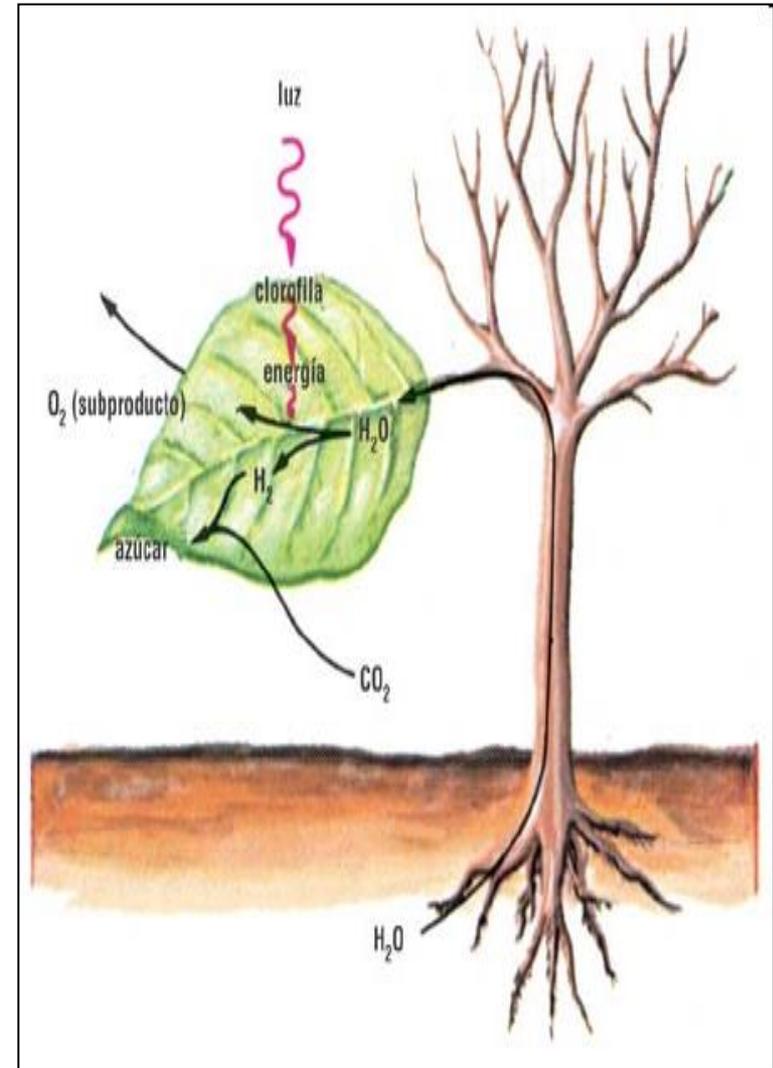
Amilogénesis

Lípidos

Proteínas

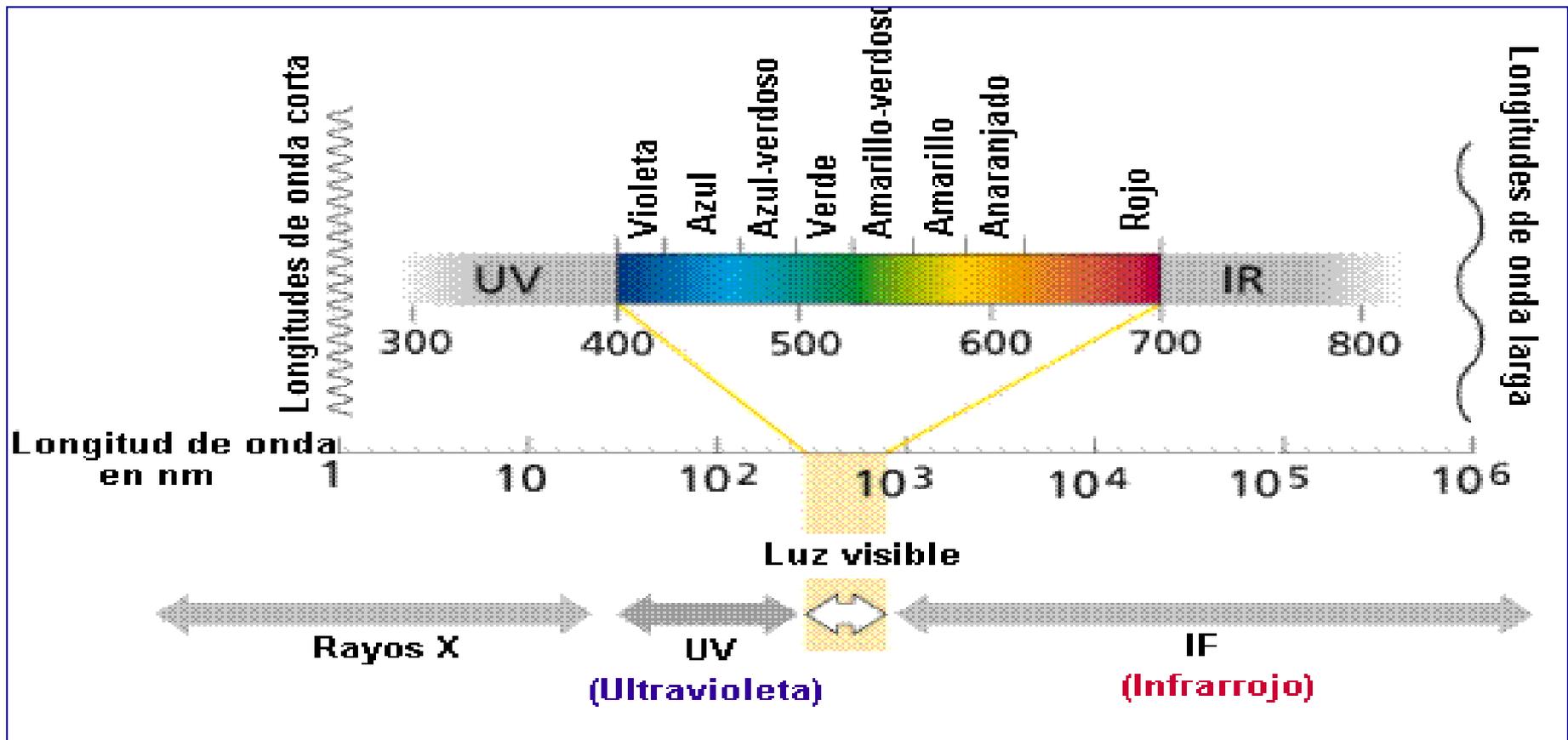
La fotosíntesis

- Es la conversión de energía luminosa en energía química estable
- La captación de la luz se lleva a cabo gracias a unos **pigmentos fotosintéticos**, localizados en los plastos
- Le energía lumínica se emplea para activar electrones, que al incorporarse a una cadena transportadora de electrones provocan la **síntesis de ATP**, igual que en la mitocondria. Es la fase luminosa.
- Este ATP es utilizado para **sintetizar macromoléculas** a partir de moléculas sencillas. Fase oscura

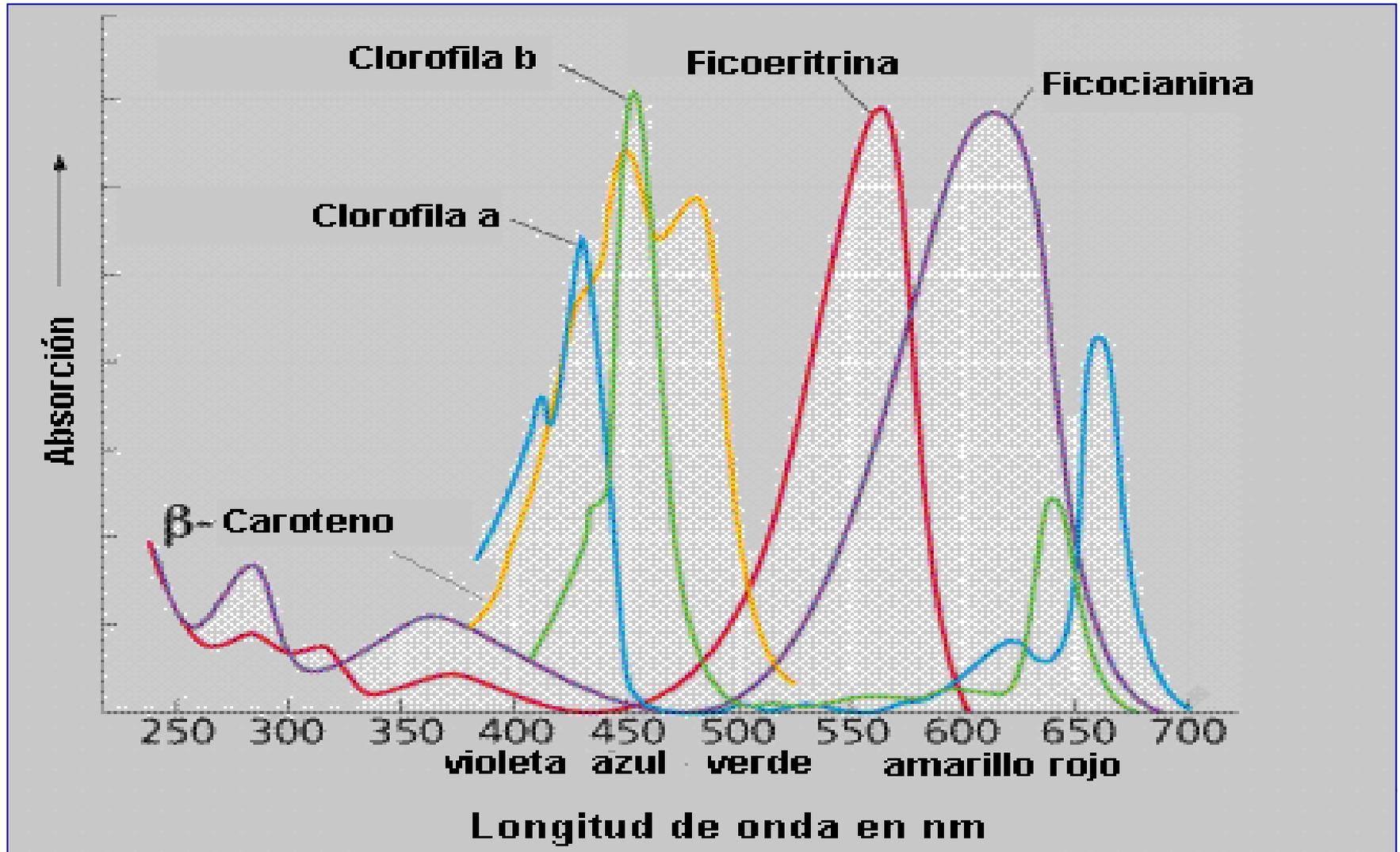


La luz: longitudes de onda

- Cuando la luz llega a los pigmentos de las plantas, se convierte en energía química

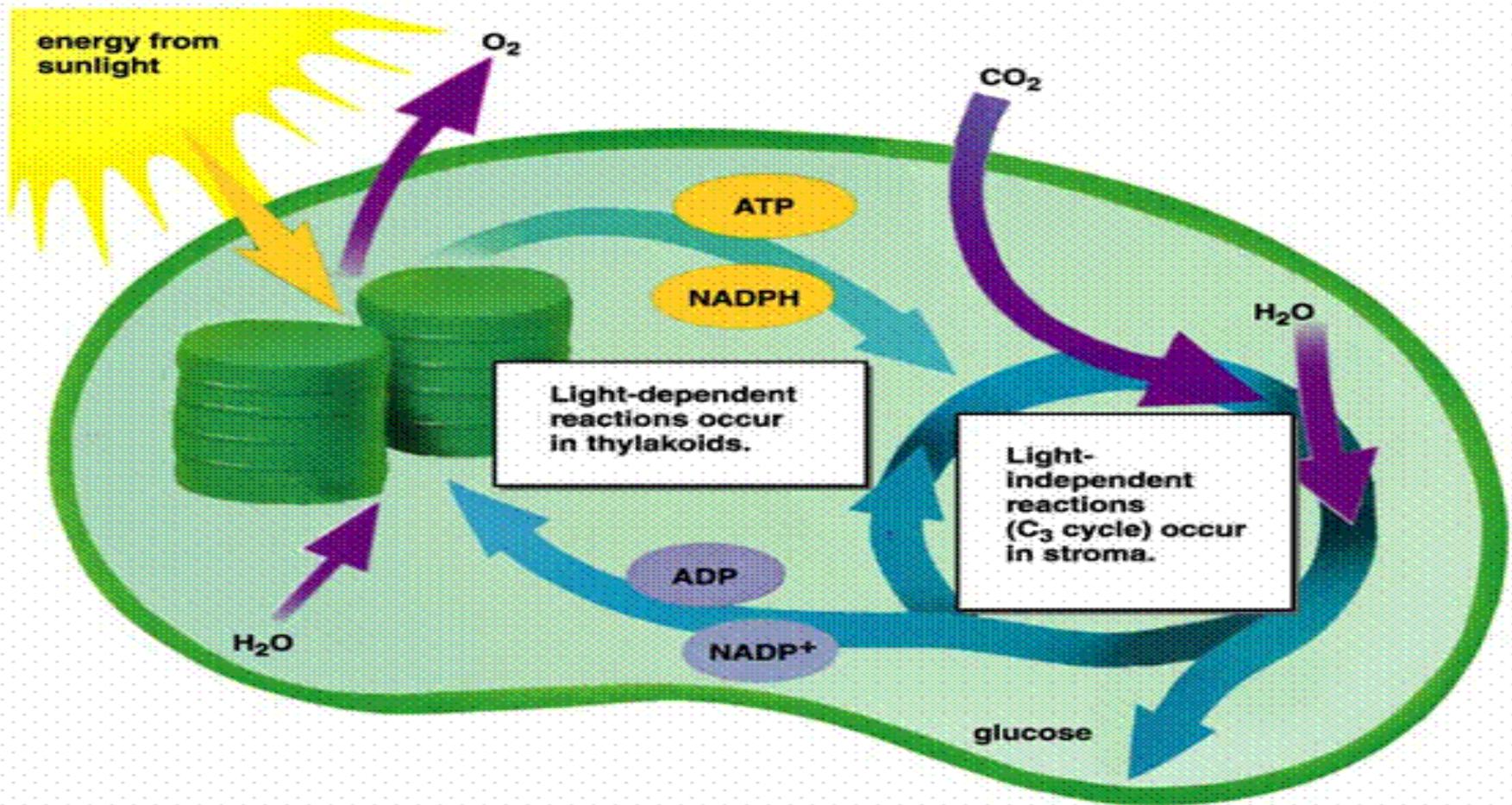


Los pigmentos fotosintéticos



Fotosíntesis: fases (2)

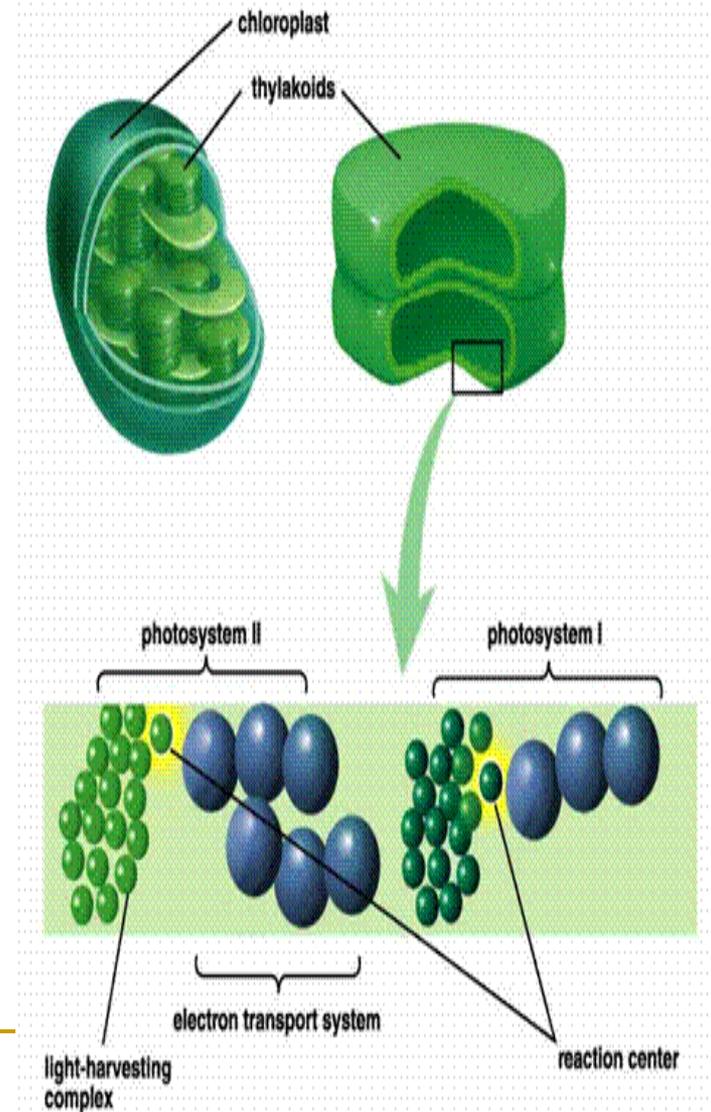
- Fase **luminosa o fotoquímica**: obtención ATP
- Fase **oscura o biosintética**: obtención de macromoléculas



Fotosíntesis: fase luminosa

- **Aparato fotosintetizador:** capta la energía del Sol y la transforma en energía química (ATP).
- Compuesto por
 1. **Fotosistema I**
 2. **Fotosistema II**
 3. Cadena transportadora de electrones
 4. ATP-sintasas

Esta fase consta de dos etapas: la etapa **acíclica** y la **cíclica**



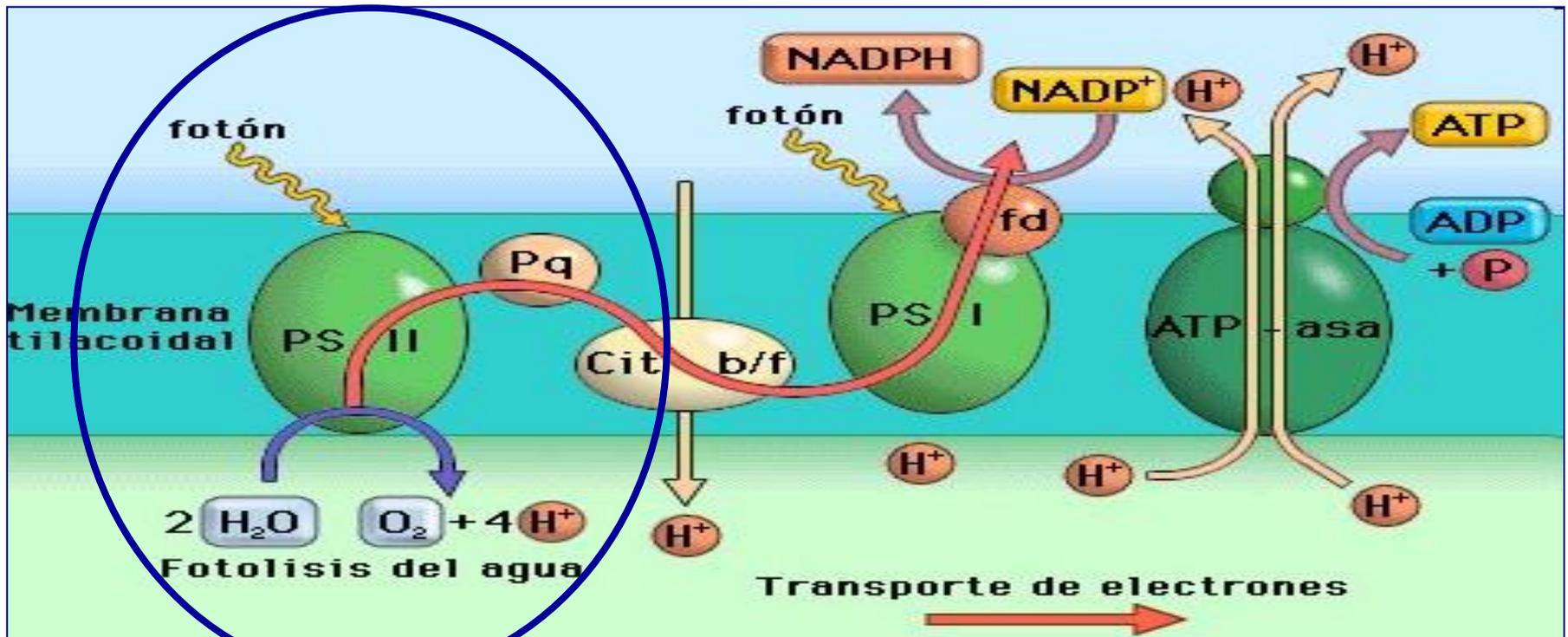
Fase luminosa: fotosistemas

- La energía lumínica captada se emplea para transportar un electrón a lo largo de la membrana del tilacoide. Este transporte produce ATP.

	Fotosistema I (PS I)	Fotosistema II (PS II)
Pigmentos	Clorofila a y b (4:1)	Clorofila a y b (4:3)
Molécula diana	Molécula P700	Molécula P680
Aceptor primario	A_0	Feofitina (Pheo)
Dador primario	Plastocianina (PC)	Z

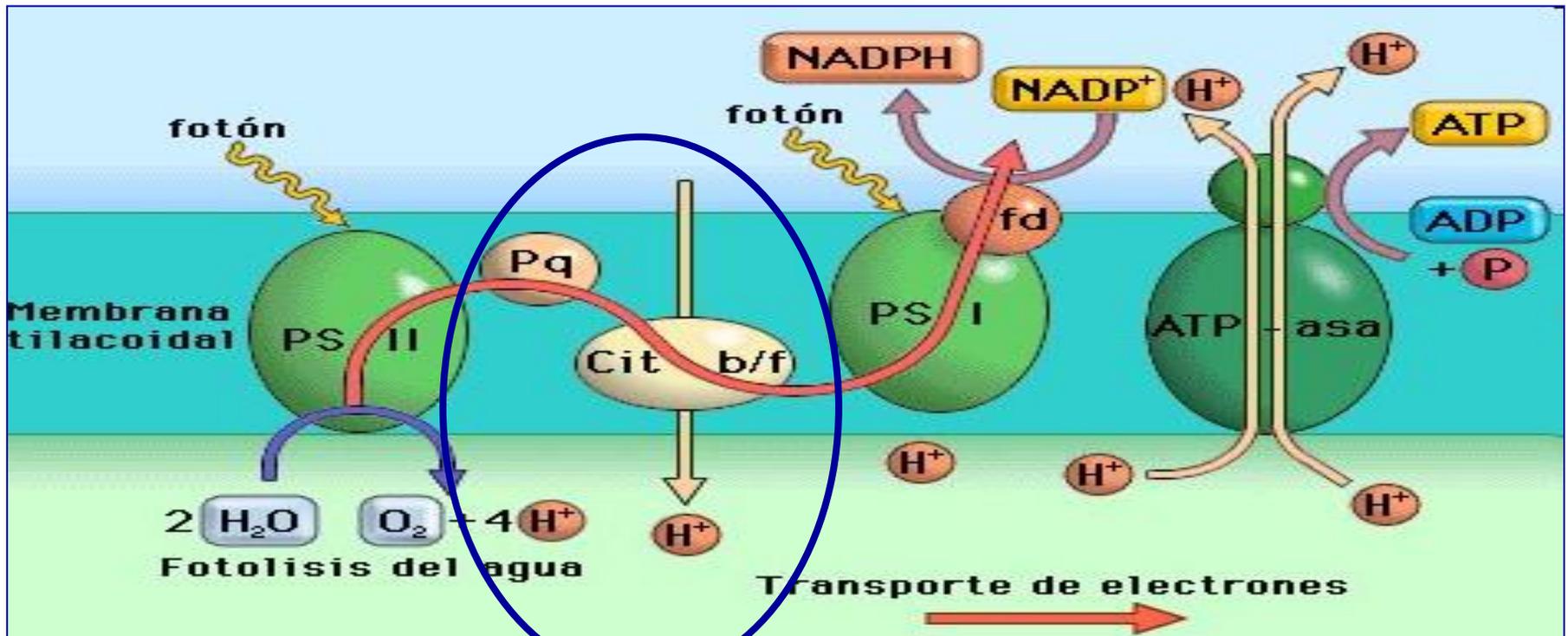
Fase luminosa: etapa acíclica (1/4)

El proceso se inicia con la llegada de fotones al fotosistema II. Esto provoca la excitación de su pigmento diana (P680), que pierde electrones. Estos son captados por la feofitina, y finalmente llegan a la plastoquinona (Pq). Para reponer los electrones en la P680 se rompe una molécula de agua.



Fase luminosa: etapa acíclica (2/4)

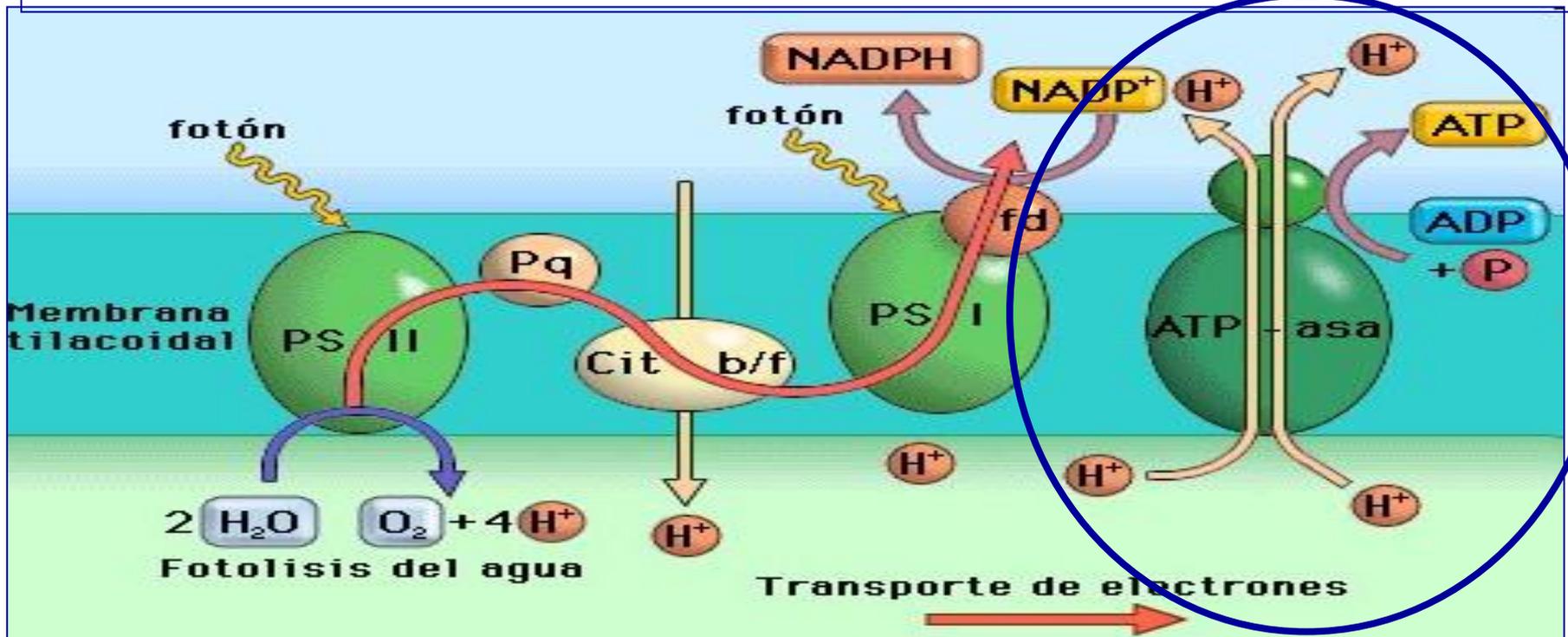
Los dos protones de la molécula de agua se quedan en el interior del tilacoide. La Pq, al recibir los electrones, se reduce y capta dos protones del estroma. Al ceder sus electrones al complejo citocromo b/f introduce los protones en el tilacoide.



Fase luminosa: etapa acíclica (3/4)

El incremento de protones en el tilacoide genera un gradiente electroquímico a ambos lados de la membrana. Según la hipótesis quimiosmótica de Mitchell, el retorno de protones al estroma se hace a través de la ATP-sintasa, con lo que se genera energía

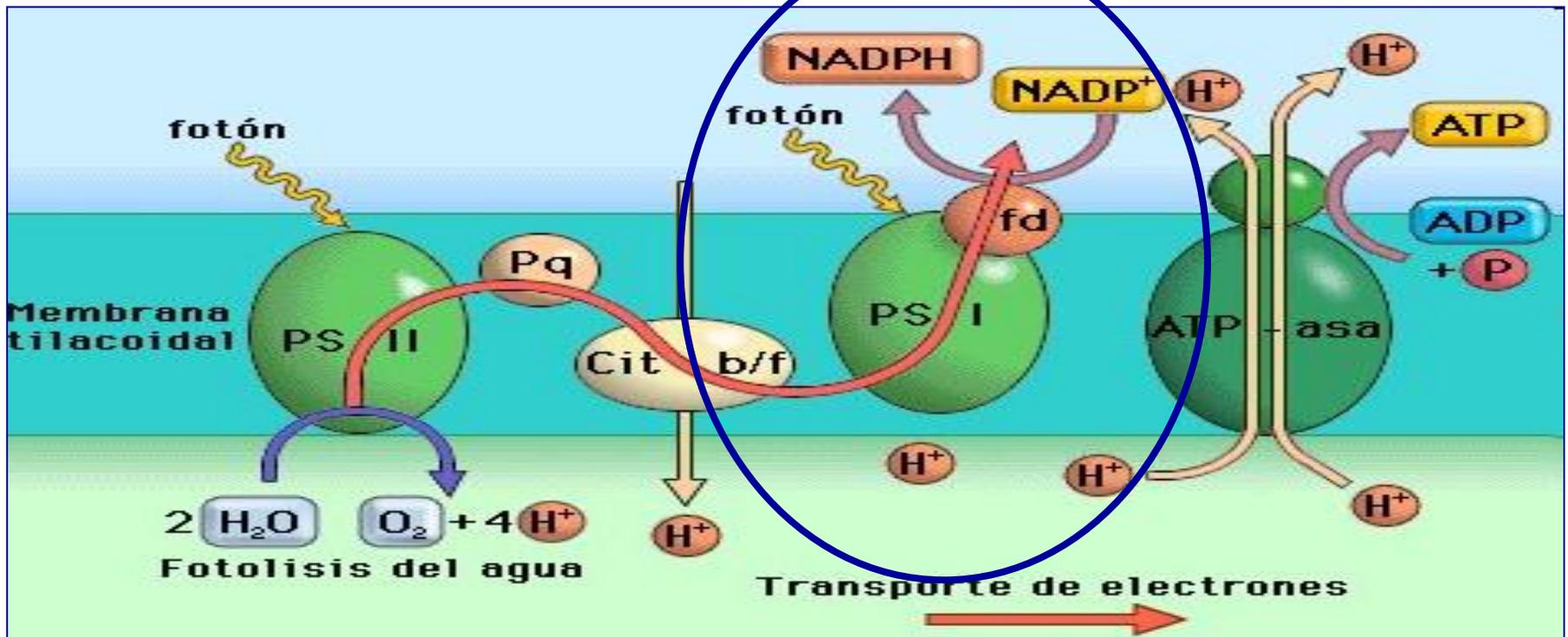
Fotofosforilación del ADP: $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$



Fase luminosa: etapa acíclica (4/4)

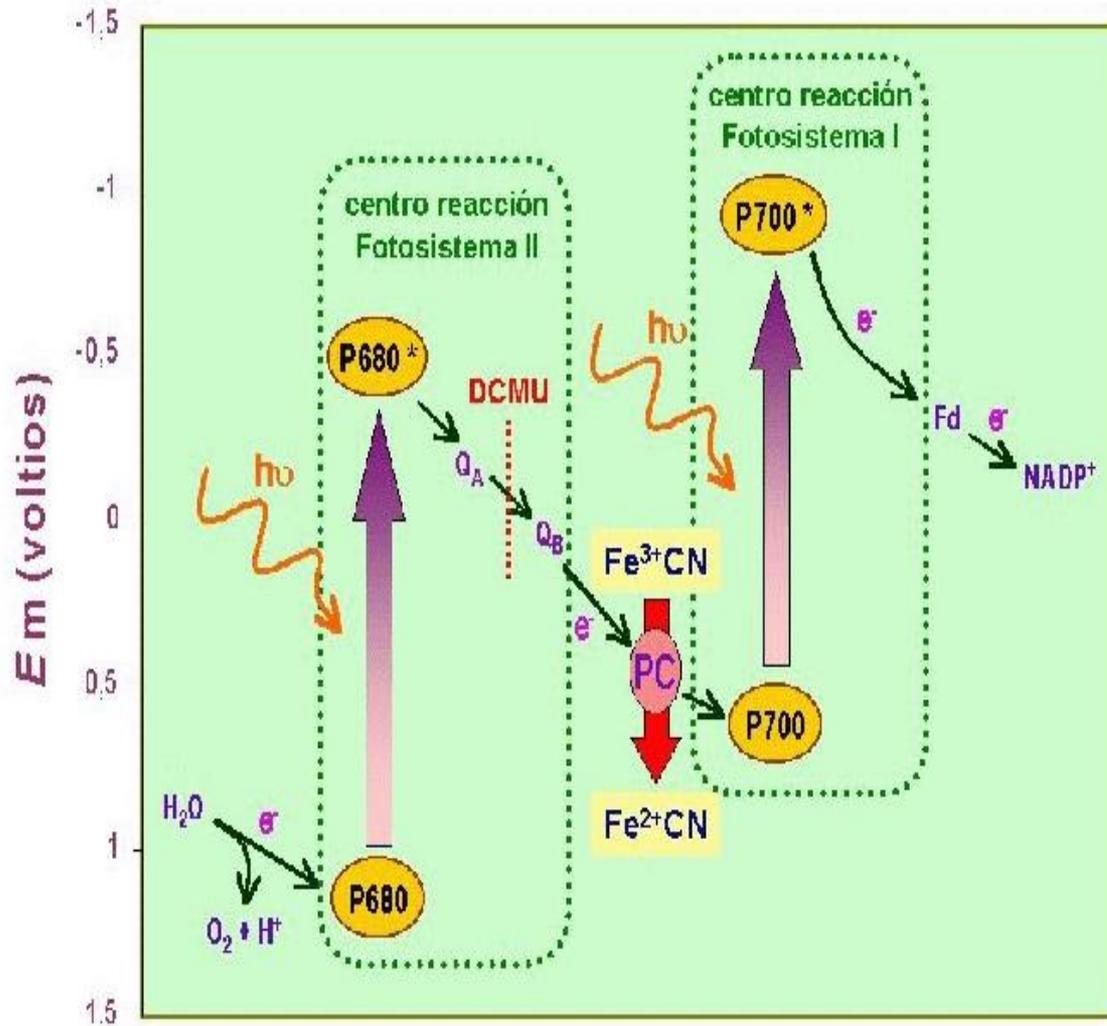
En el fotosistema I, dos fotones activan dos electrones de la P700, que se los da a la ferredoxina (fd). Los electrones perdidos por la P700 son repuestos por los que trae el cit b/f. Los dos electrones se emplean para reducir una coenzima transportadora.

Fotorreducción del NADP⁺: $\text{NADP}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NADPH} + \text{H}^+$



Fase luminosa: etapa acíclica

Diagrama en Z

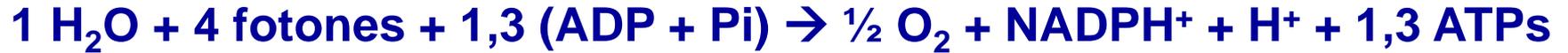


La energía captada de la luz solar provoca una excitación del electrón, que incrementa su energía en ambos fotosistemas.

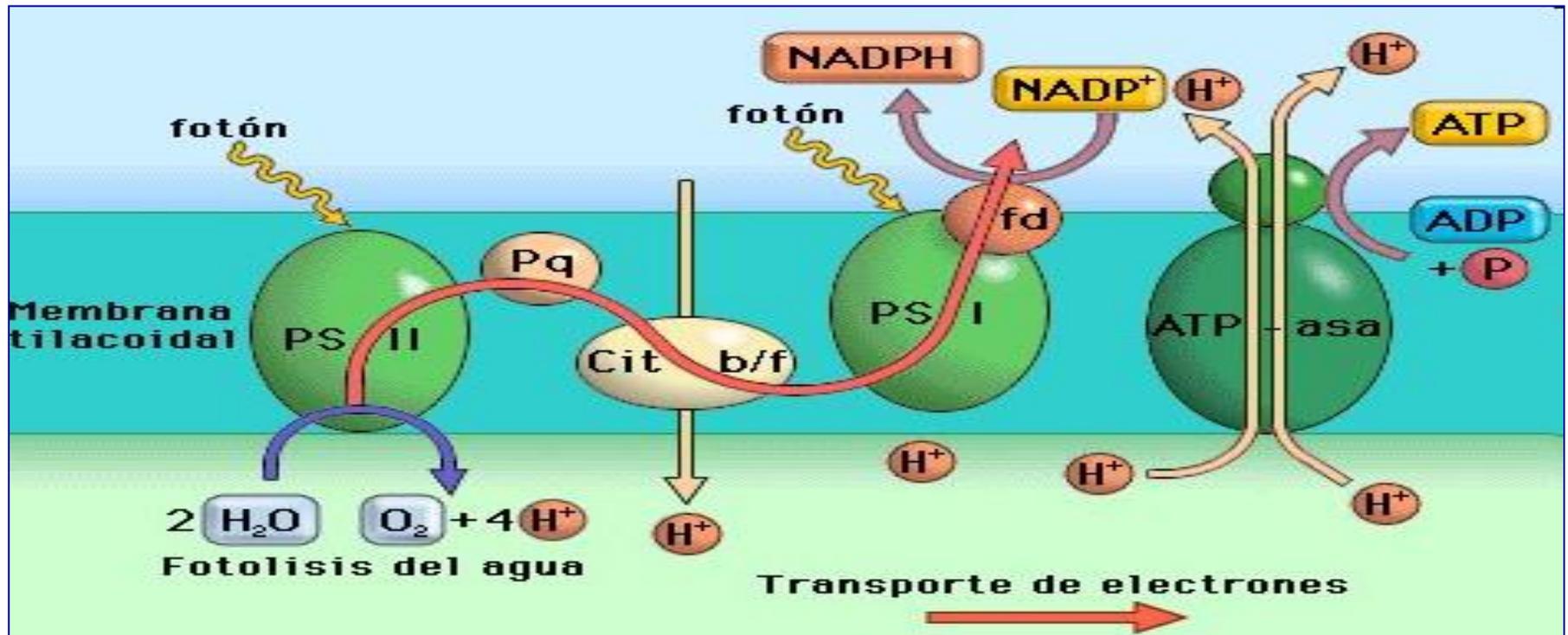
Como el potencial de oxidación es mayor que el de reducción en los transportadores, el electrón les va cediendo su energía progresivamente.

Esta energía se emplea para bombear protones a través de la membrana tilacoidal.

Fase luminosa: balance etapa acíclica

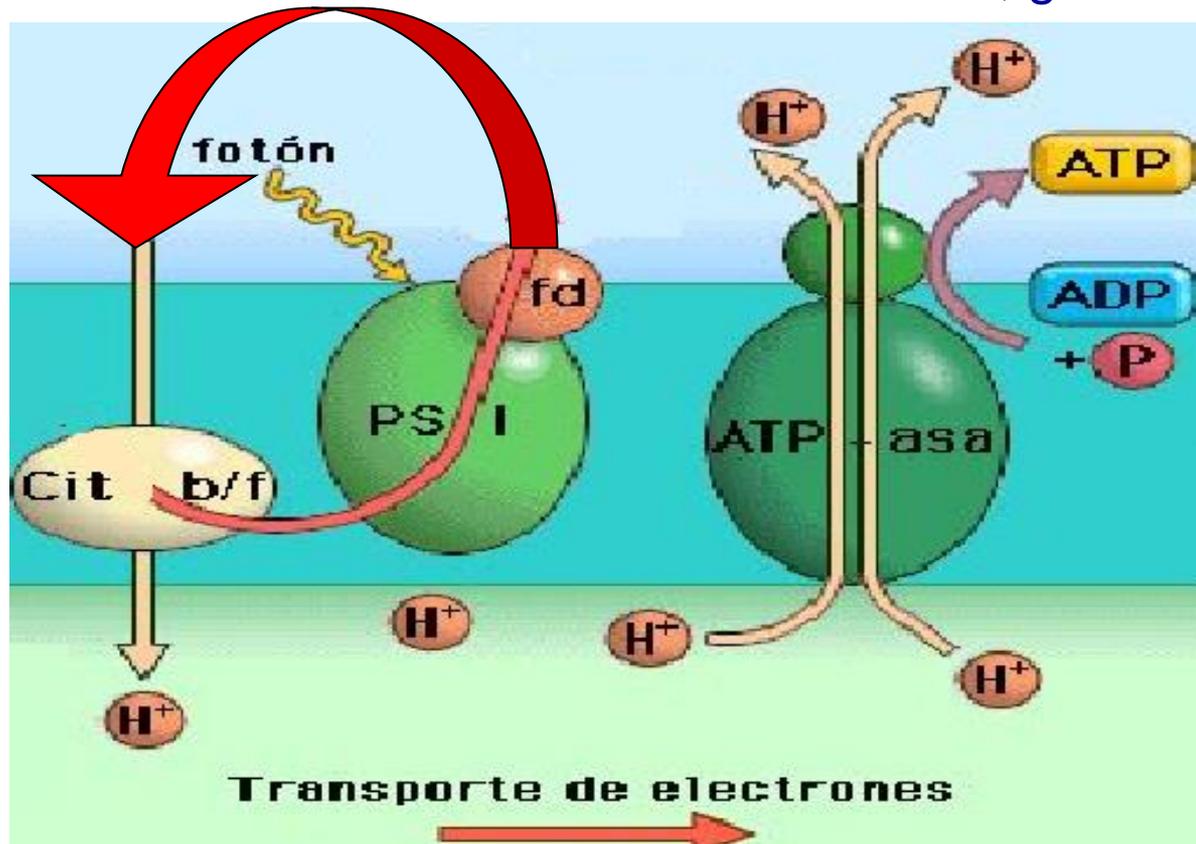


La energía generada no es suficiente para sintetizar glucosa, por lo que es necesario completar el proceso con la etapa cíclica



Fase luminosa: etapa cíclica

Solo interviene el fotosistema I. Con la energía solar se activa un electrón de la P700, que es transportado por la Fd hasta el cit b/f, que introduce protones al interior del tilacoide durante el proceso. Finalmente, el cit b/f devuelve el electrón a la P700 del PS I. Los protones vuelven al estroma a través de la ATP-sintasa, generando energía.

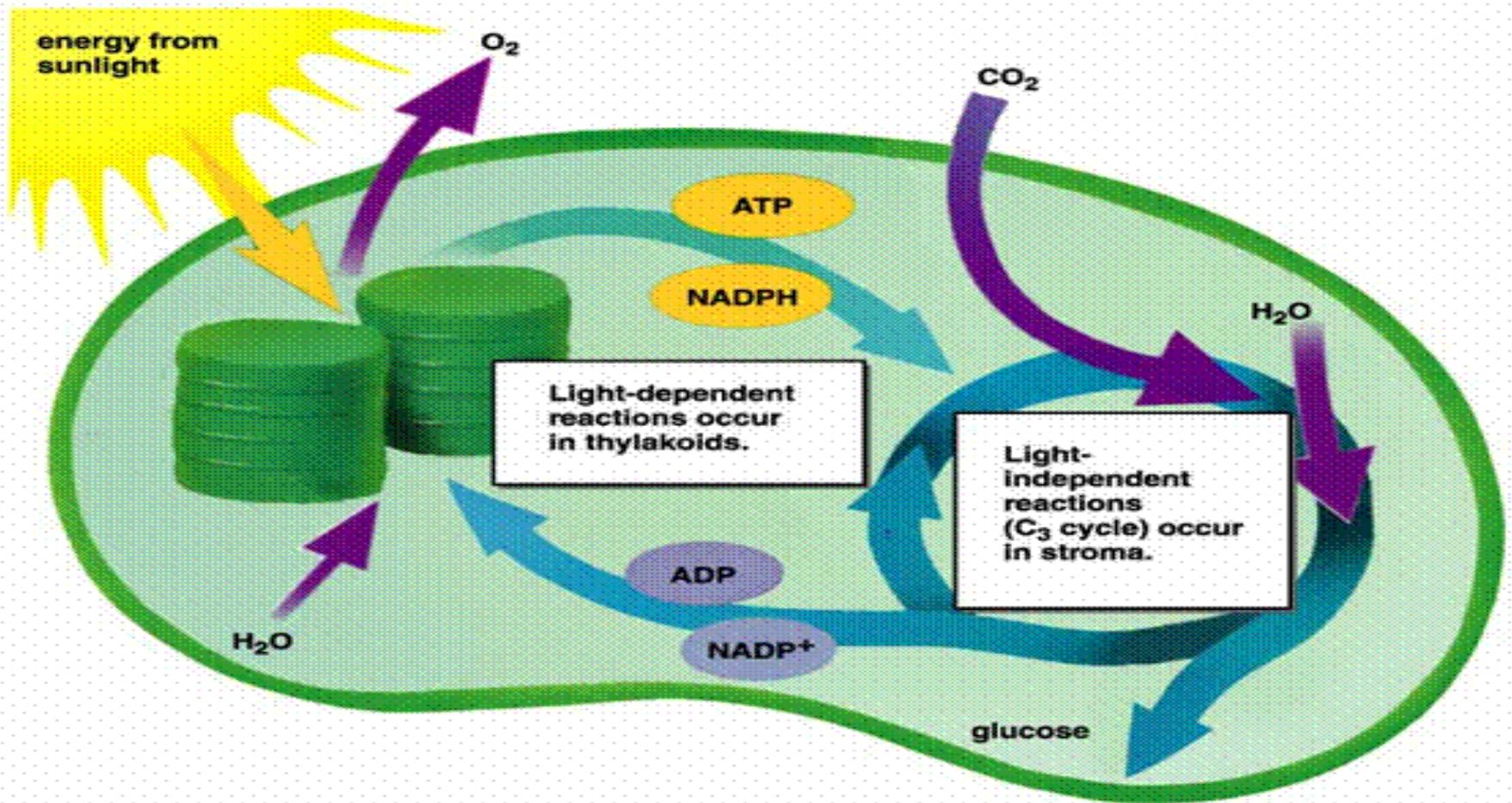


El proceso no requiere la fotólisis de agua, ni provoca la reducción del NADP.

Únicamente se emplea para obtener un poco más de energía

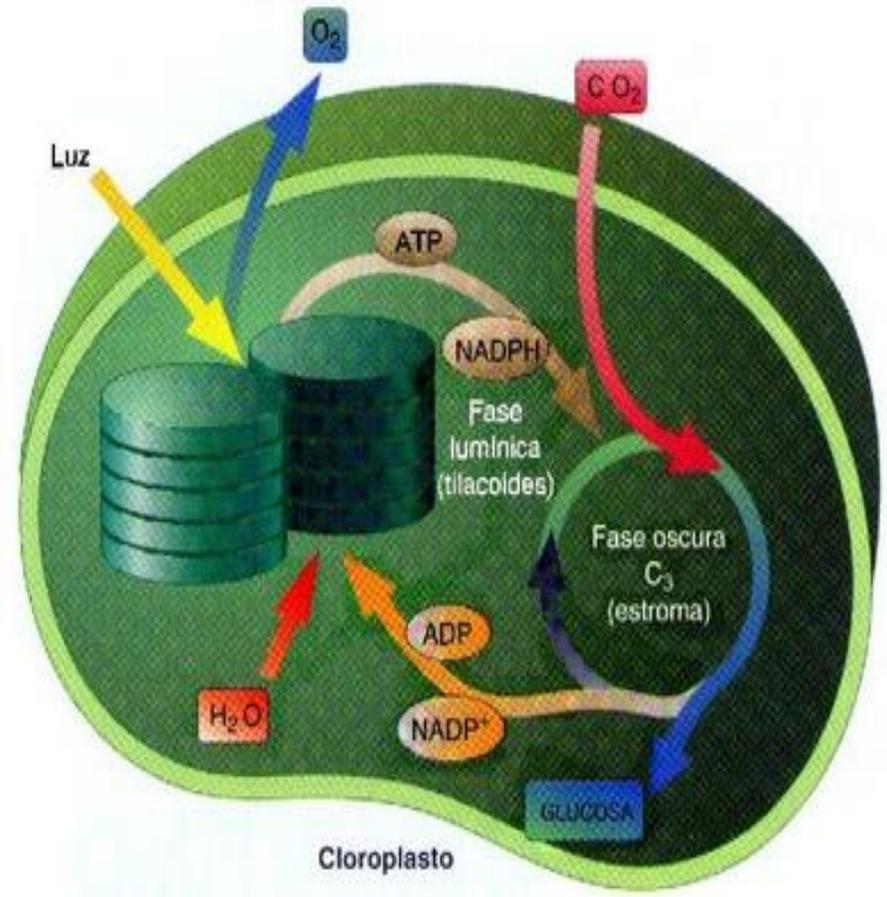
Fotosíntesis: fases (2)

- Fase luminosa o fotoquímica: obtención ATP
- Fase **oscura** o **biosintética**: obtención de macromoléculas



Fase oscura: el Ciclo de Calvin

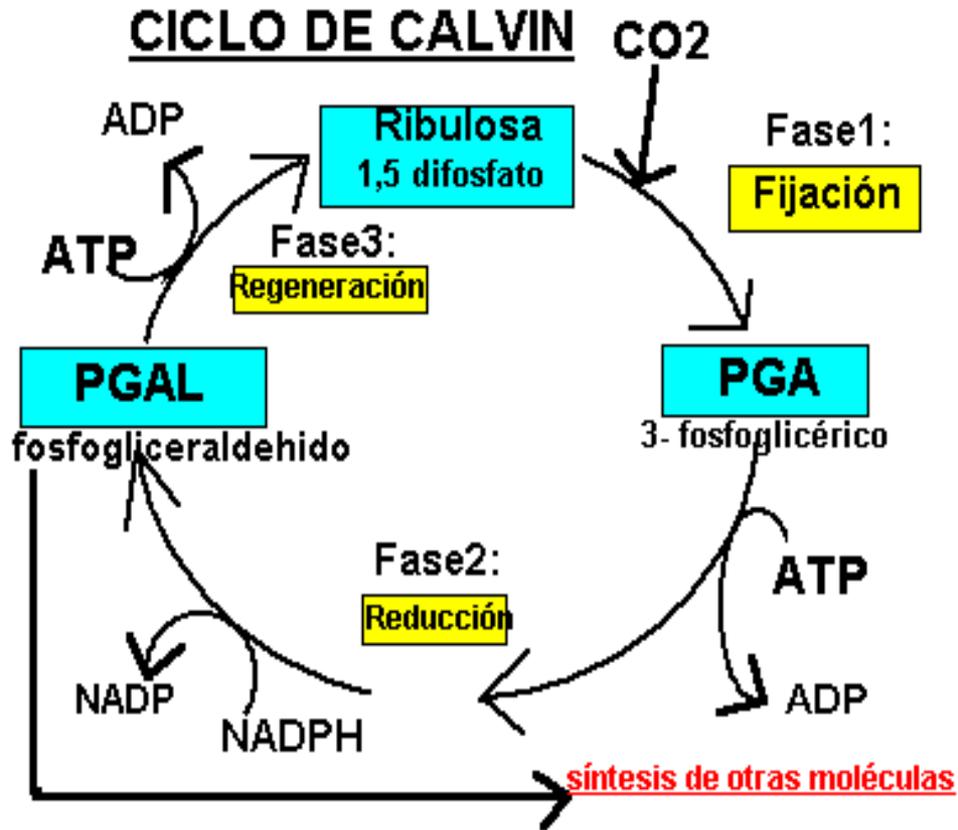
- Es la síntesis de los **compuestos del carbono** en el estroma del cloroplasto
- **No requiere luz**
- A partir del ATP y el NADPH + H⁺ obtenidos en la fase luminosa, y con la incorporación de **dióxido de carbono** (CO₂) se obtiene **glucosa**



Fase oscura: el Ciclo de Calvin

Etapa 1/3: Fijación

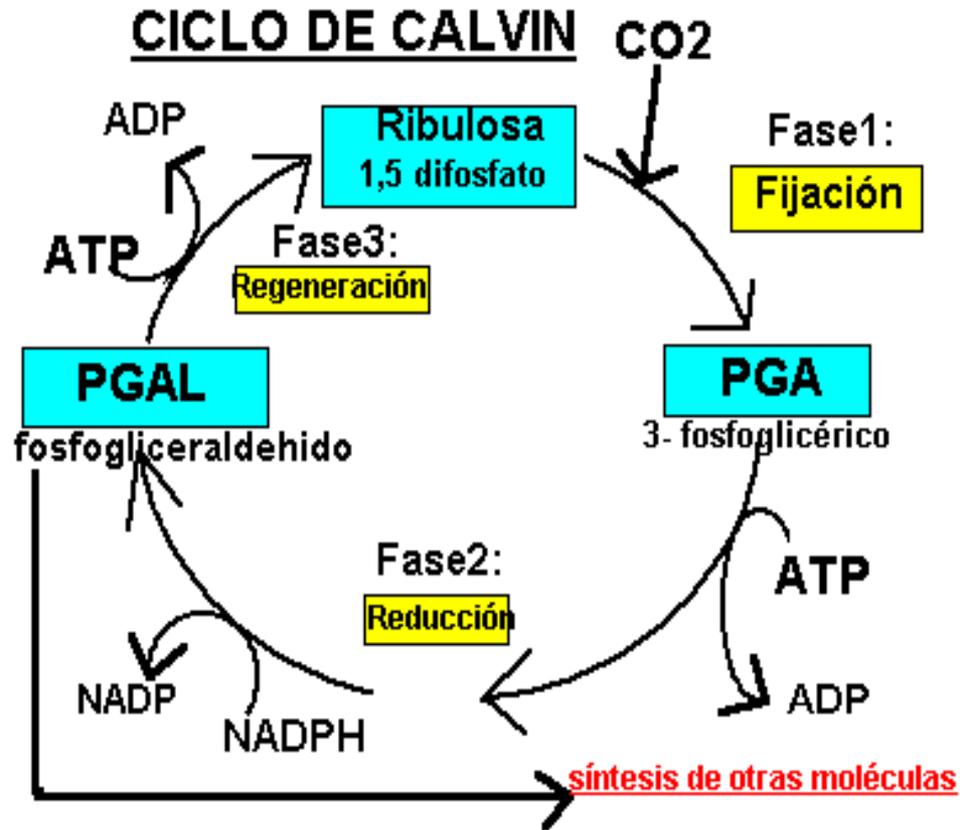
- El CO_2 se une a la ribulosa 1,5 dP, dando lugar a un compuesto inestable de 6 carbonos, que se disocia en dos moléculas de ácido **3-fosfoglicérico (3C)**



Fase oscura: el Ciclo de Calvin

Etapa 2/3: Reducción

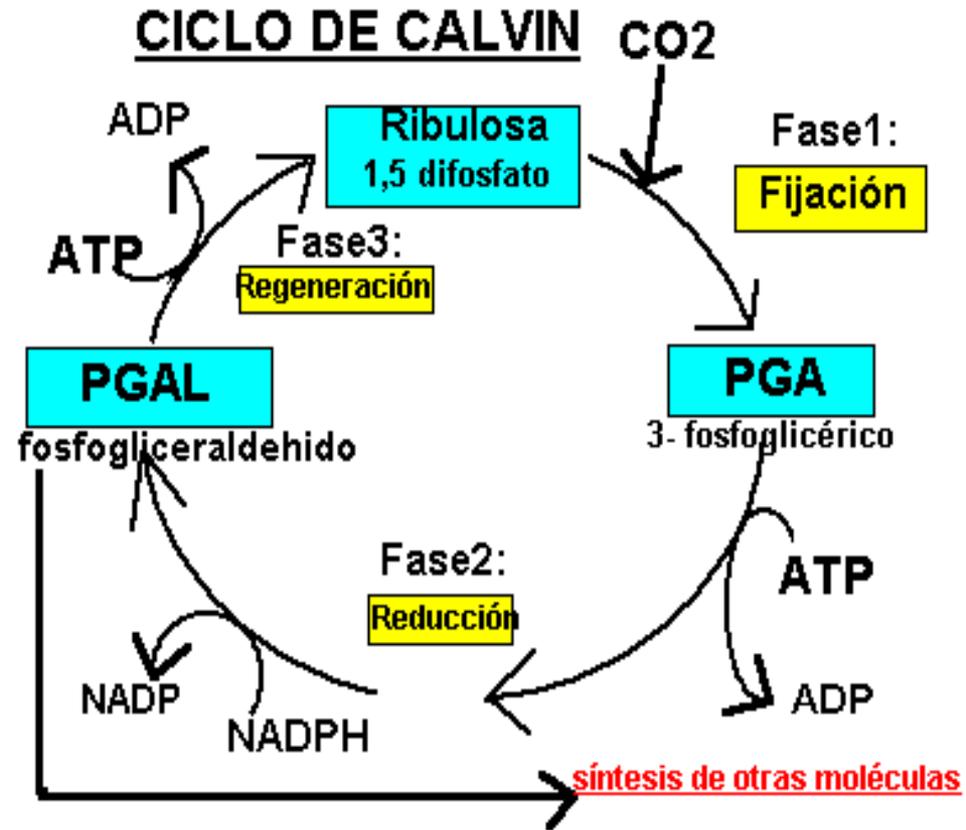
- Con gasto de ATP y NADPH, el ácido 3-fosfoglicérico se transforma en **gliceraldehído 3-P**, que puede seguir dos vías:
 1. Regeneración de la ribulosa
 2. **Síntesis de glucosa**



Fase oscura: el Ciclo de Calvin

Etapa 3/3: Regeneración

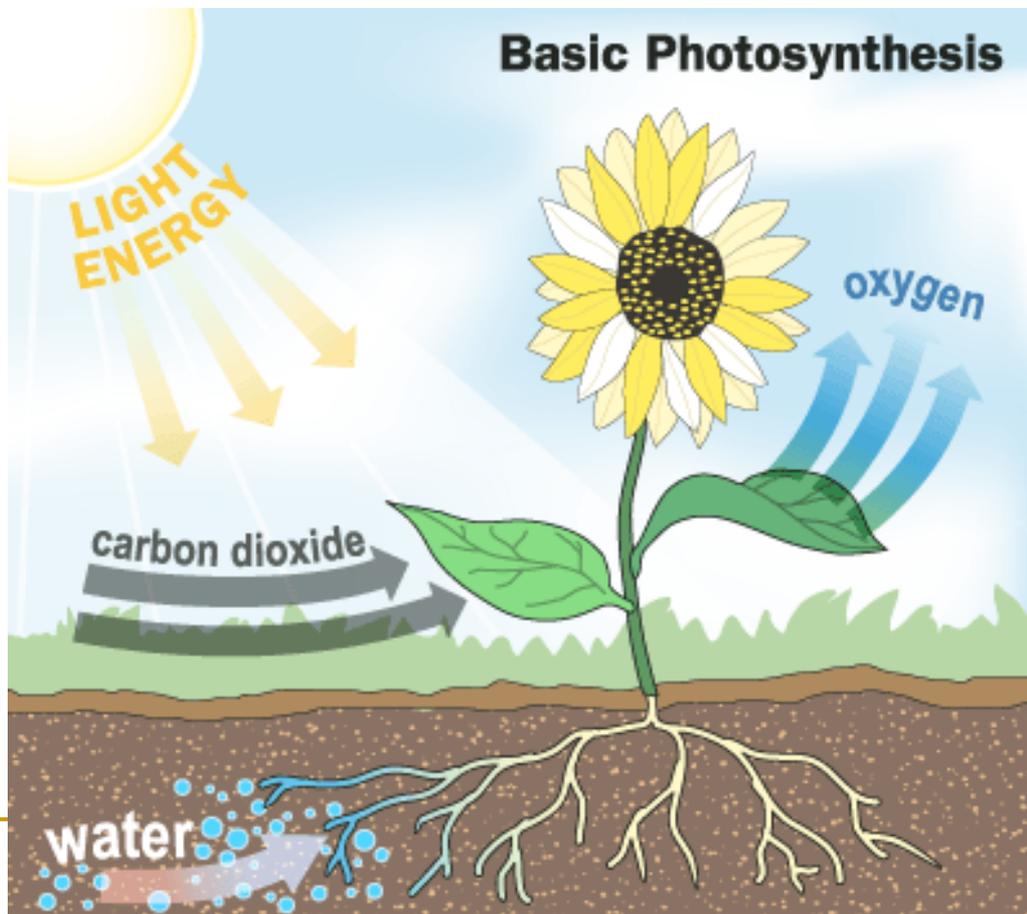
- A partir del GA3P se regenera **ribulosa 1,5 dP**, tras un proceso complejo similar a la ruta de las pentosas fosfato*



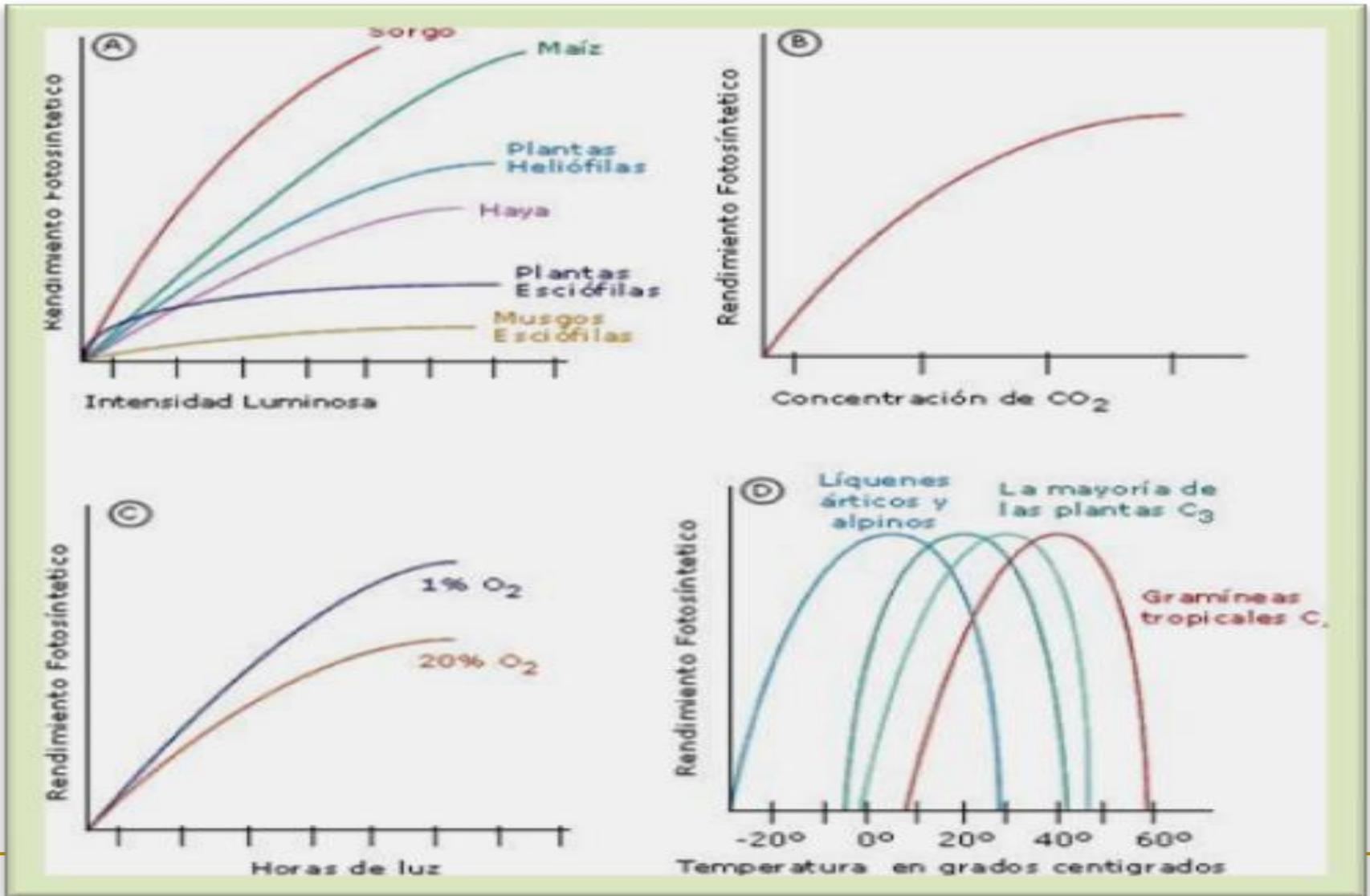
Fotosíntesis: balance global



Rendimiento: 25%



Fotosíntesis: factores determinantes



Anabolismo: tipos

- Para construir moléculas hacen falta CARBONO y ENERGÍA

Tipos de anabolismo

Según la fuente de carbono

CO₂-Autótrofo

Compuestos orgánicos-Heterótrofo

Según la fuente de energía

Luz-fotosíntesis

Reacciones químicas-quimiosíntesis

Anabolismo: vías anabólicas

Anabolismo

Autótrofo

Fotosíntesis

**Quimiosíntesis: energía
desprendida en las
reacciones químicas**

Heterótrofo

Glúcidos

Gluconeogénesis

Glucogenogénesis

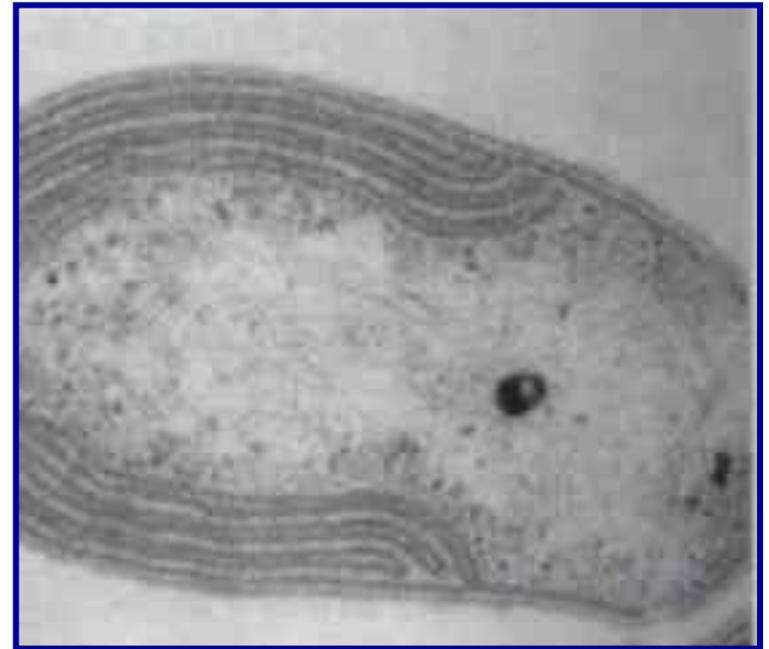
Amilogénesis

Lípidos

Proteínas

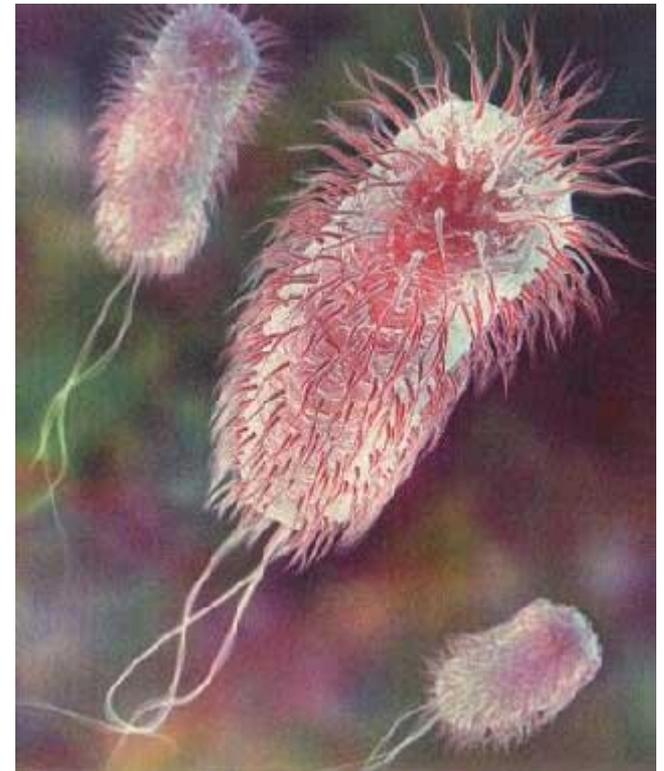
La quimiosíntesis

- Quimioautótrofos o quimiolitótrofos: bacterias
- Obtienen energía mediante la oxidación de sustancias inorgánicas
- Oxidan compuestos del nitrógeno y del azufre, por lo que cierran los ciclos biogeoquímicos.



Quimiosíntesis: fases

1. Oxidación de la materia inorgánica para obtener energía (ATP)
2. Obtención de compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos. Proceso similar al Ciclo de Calvin de la fotosíntesis



La quimiosíntesis: tipos

- Bacterias incoloras del azufre
 - Bacterias del nitrógeno
 - Bacterias del hierro
 - Bacterias del hidrógeno
-

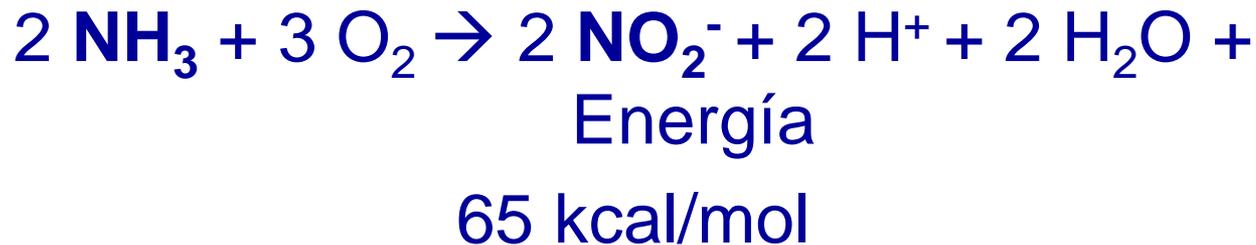
Quimiosíntesis: bacterias incoloras del azufre

- Oxidan compuestos del azufre
- Aerobias obligadas
- Transforman el ácido sulfhídrico de la aguas residuales

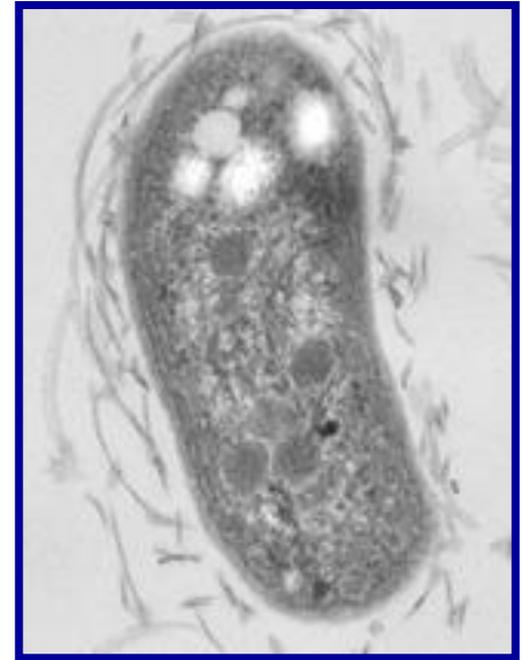


Quimiosíntesis: bacterias del nitrógeno

- Transforman el nitrógeno procedente de la descomposición animal (amoníaco) en nitrógeno nutritivo para las plantas (nitratos y nitritos)
- Bacterias nitrosificantes (*nitrosomonas*)

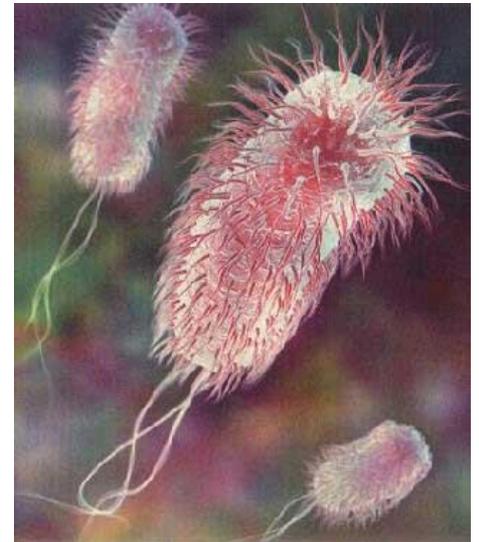


- Bacterias nitrificantes (*nitrobacter*)
- $$\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{Energía}$$
- 18 kcal/mol



Quimiosíntesis: bacterias del hierro y del azufre

- **Bacterias del hierro**
Oxidán compuestos ferrosos a férricos, obteniendo energía
- **Bacterias del hidrógeno**
Quimioautótrofos facultativos, pueden usar el hidrógeno molecular



Organismos fijadores de nitrógeno

- Introducen el nitrógeno molecular en la biosfera
- Son bacterias y algas cianofíceas
- Nitrogenasa: hierro y molibdeno



Azotobacter

Clostridium

Rhizobium

