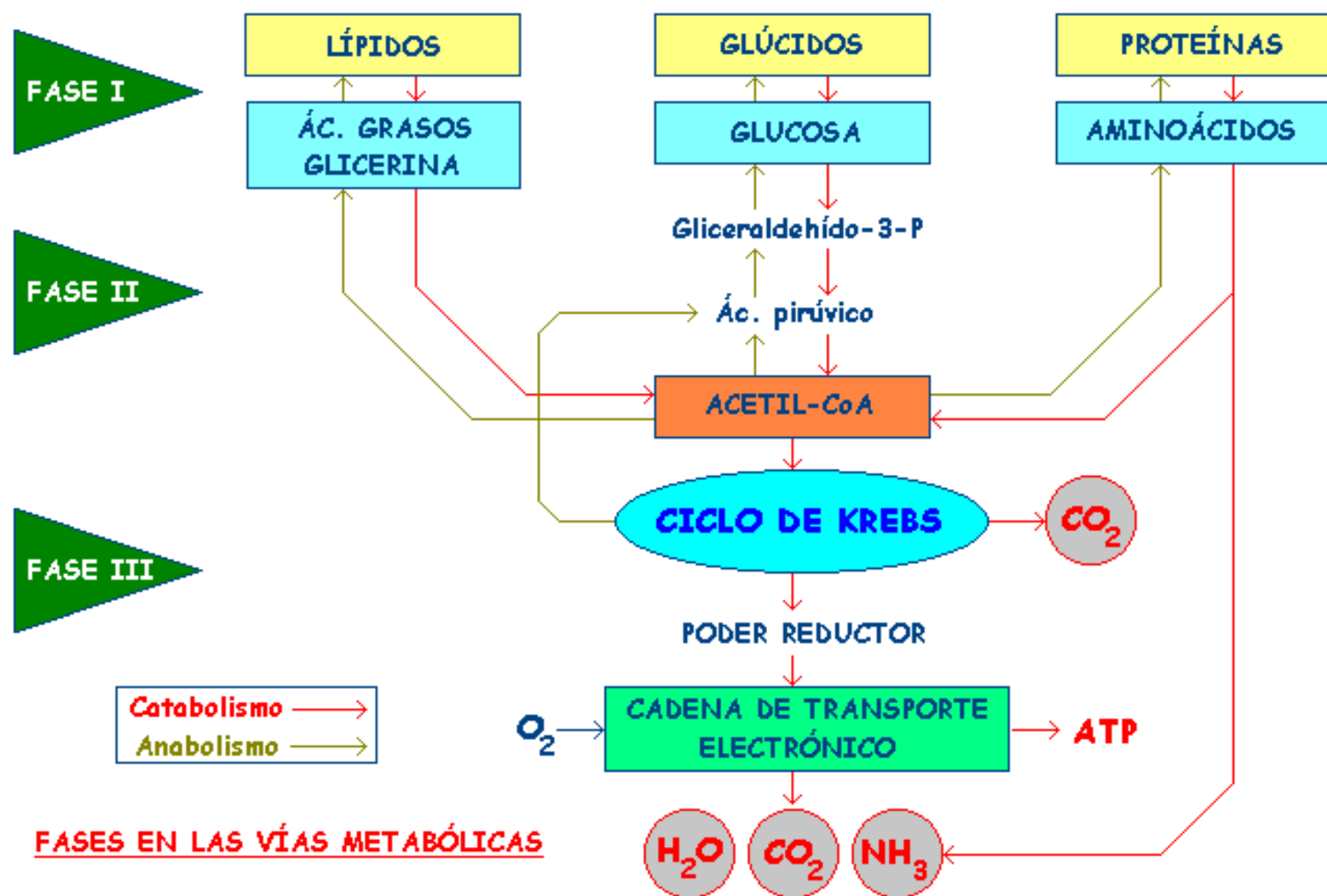


METABOLISMO CELULAR

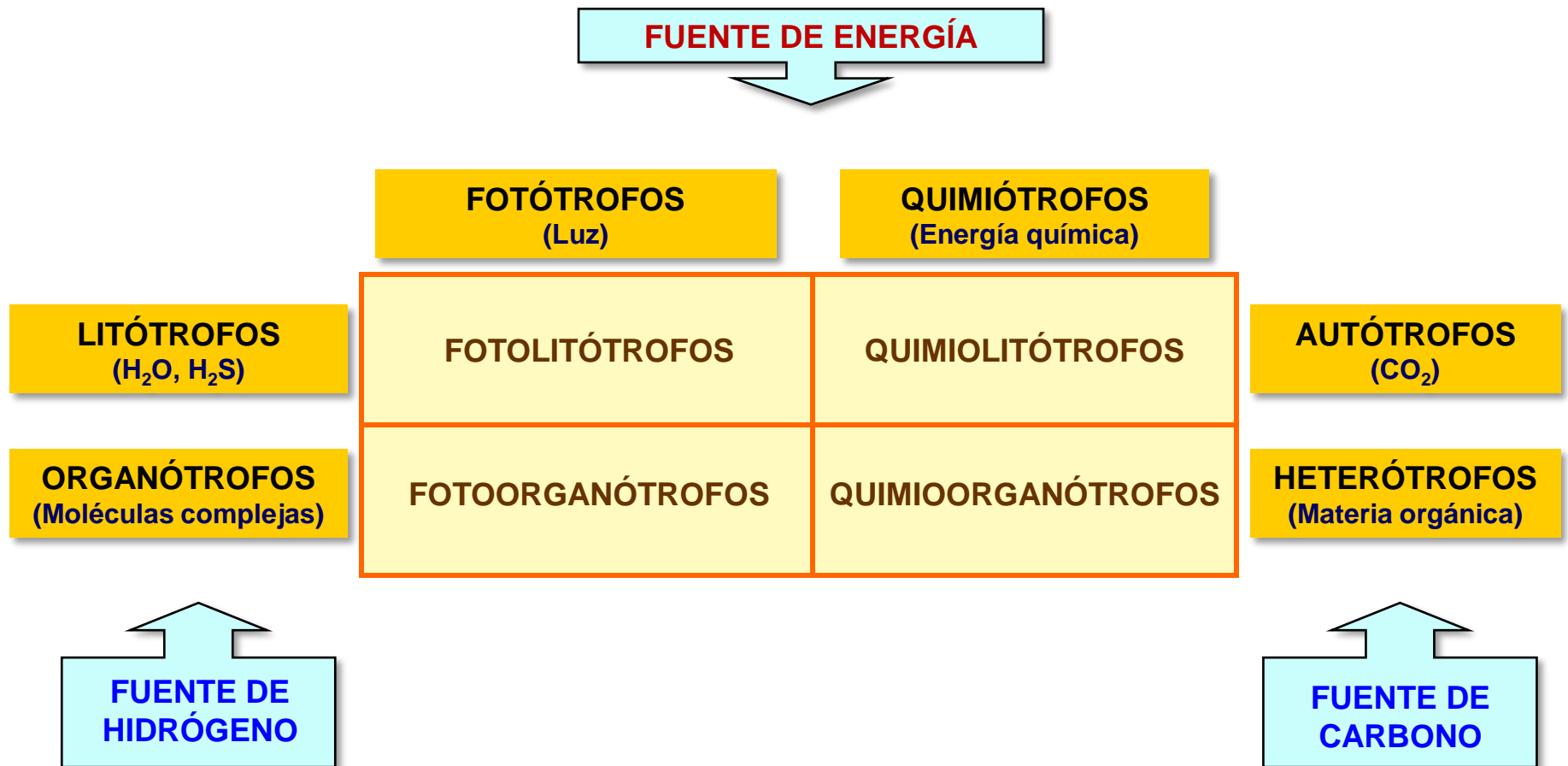


ANABOLISMO

Relaciones entre el CATABOLISMO y el ANABOLISMO HETERÓTROFO



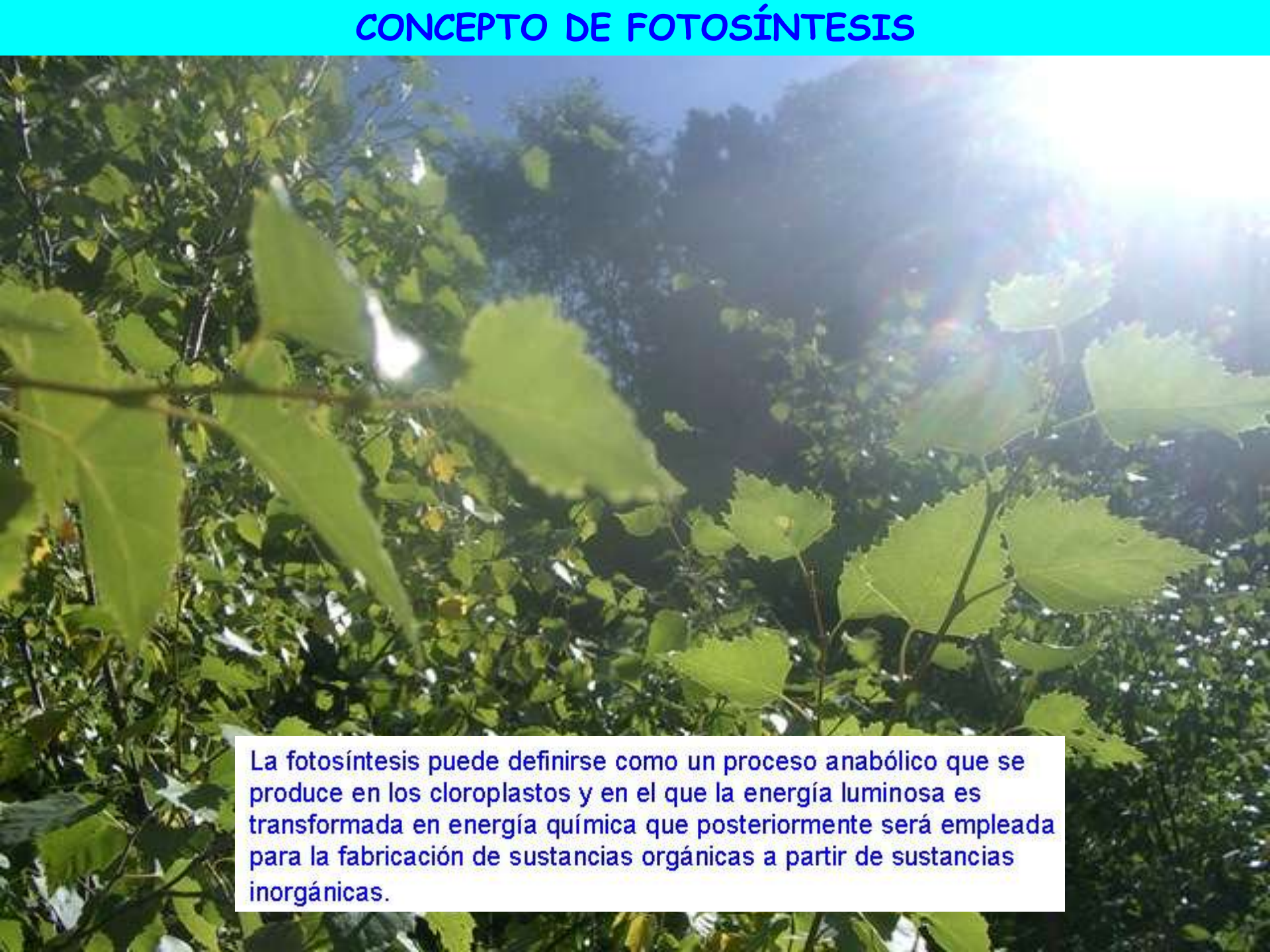
CLASES DE ORGANISMOS SEGÚN SU NUTRICIÓN



Fotosíntesis

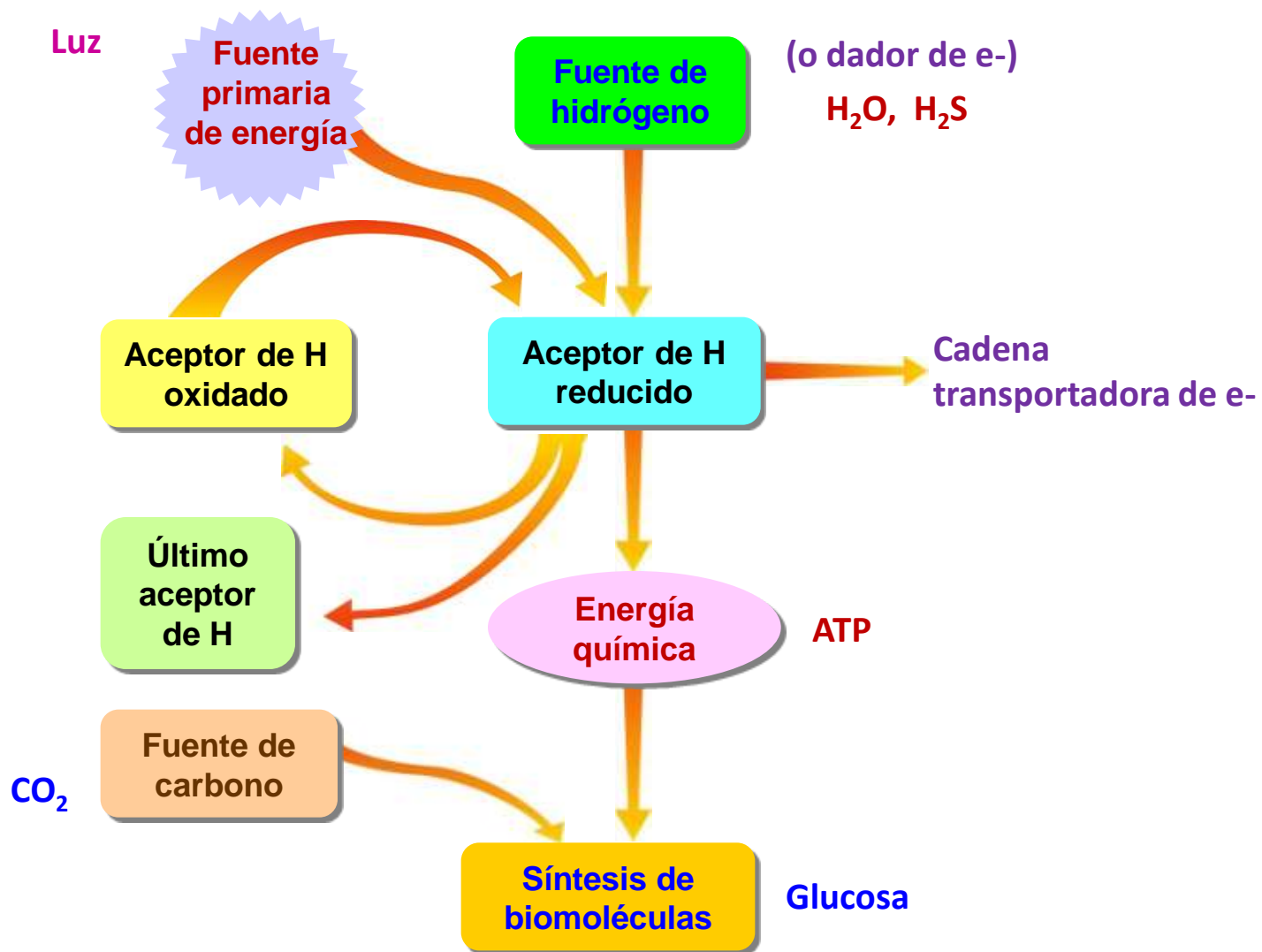
I

CONCEPTO DE FOTOSÍNTESIS

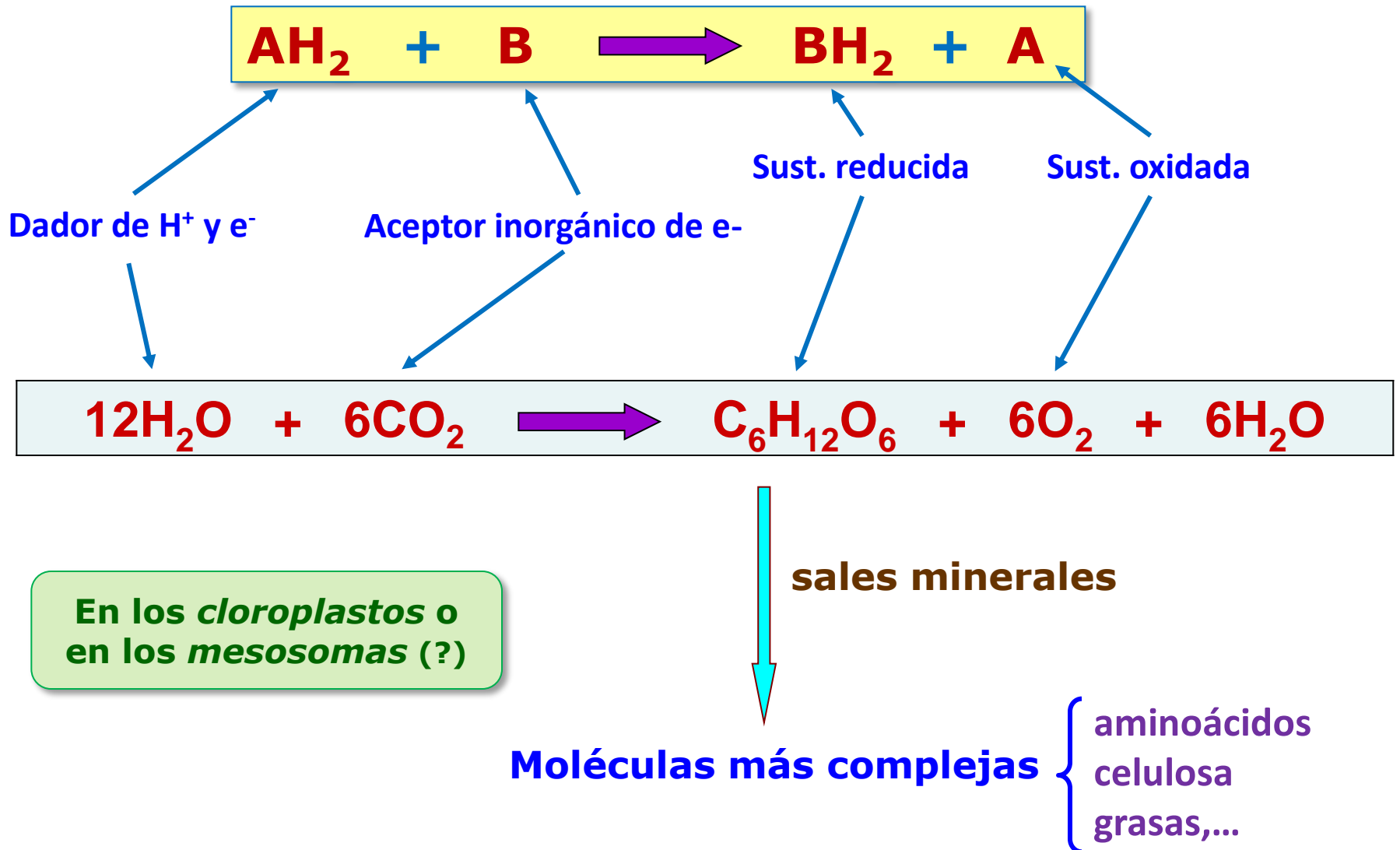


La fotosíntesis puede definirse como un proceso anabólico que se produce en los cloroplastos y en el que la energía luminosa es transformada en energía química que posteriormente será empleada para la fabricación de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas.

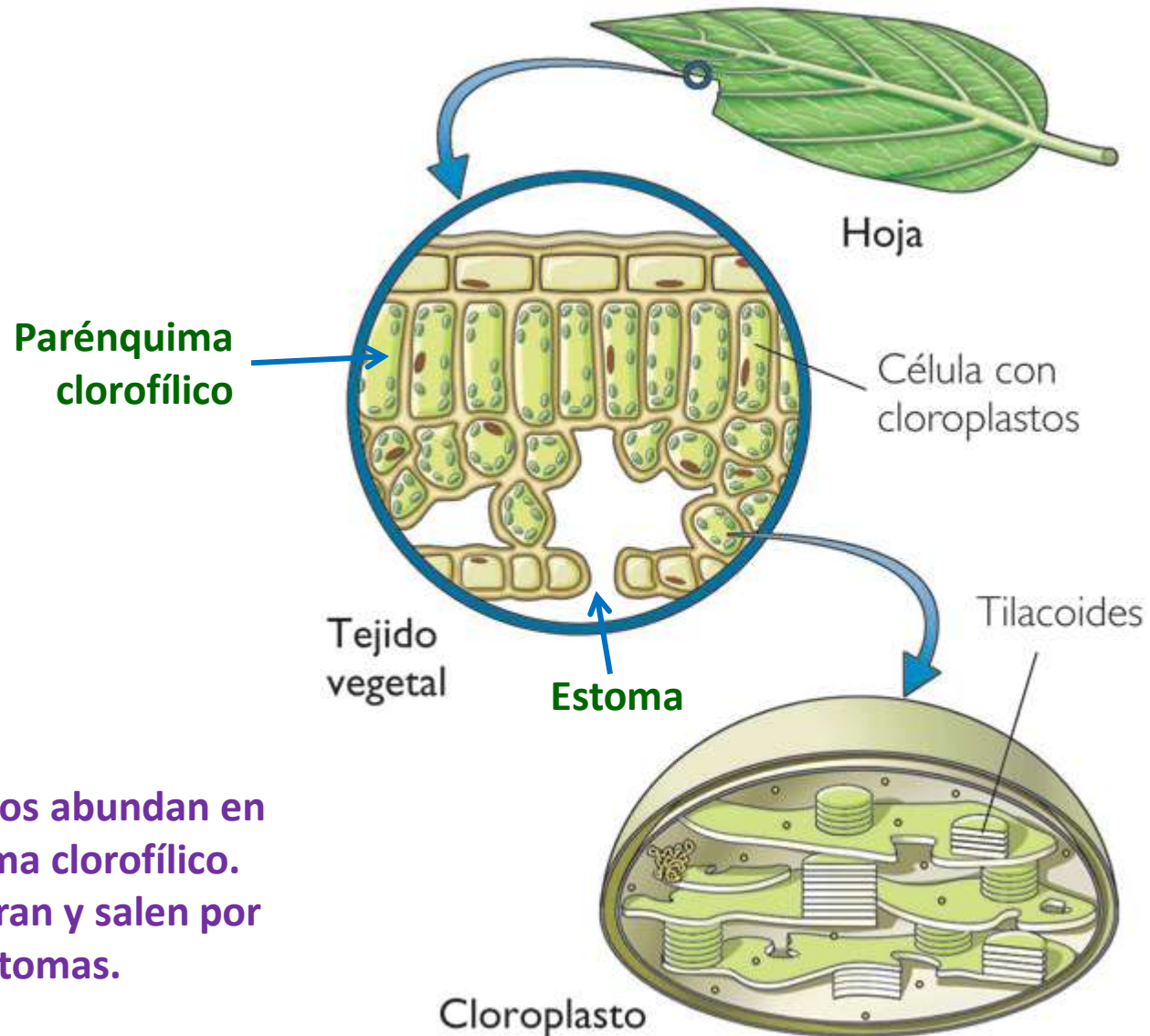
ESQUEMA GENERAL DE LA FOTOSÍNTESIS



FOTOSÍNTESIS: PROCESO DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN



ESTRUCTURA DE LA HOJA. LOS CLOROPLASTOS



Los cloroplastos abundan en el parénquima clorofílico. Los gases entran y salen por los estomas.

ESTRUCTURA DE LA HOJA. LOS CLOROPLASTOS

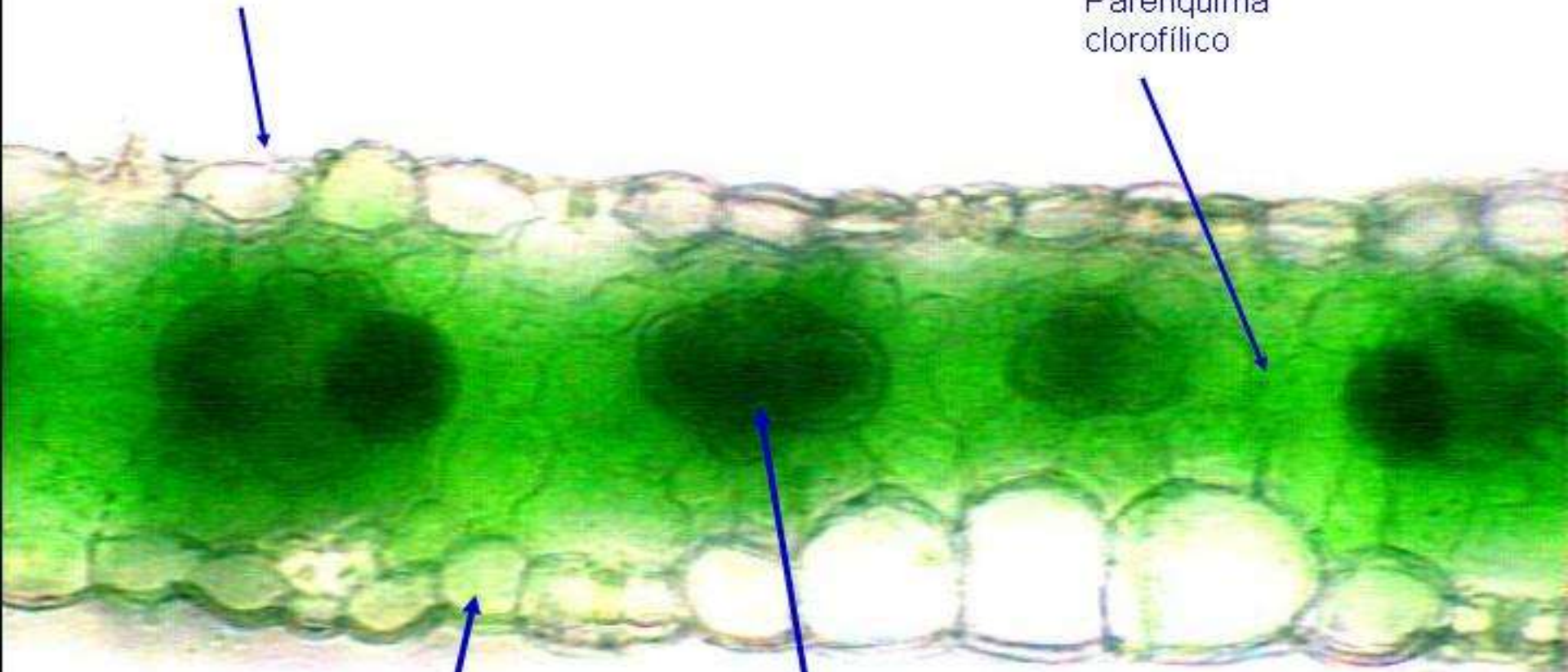
Corte transversal de una hoja (MO X 400)

epidermis del haz

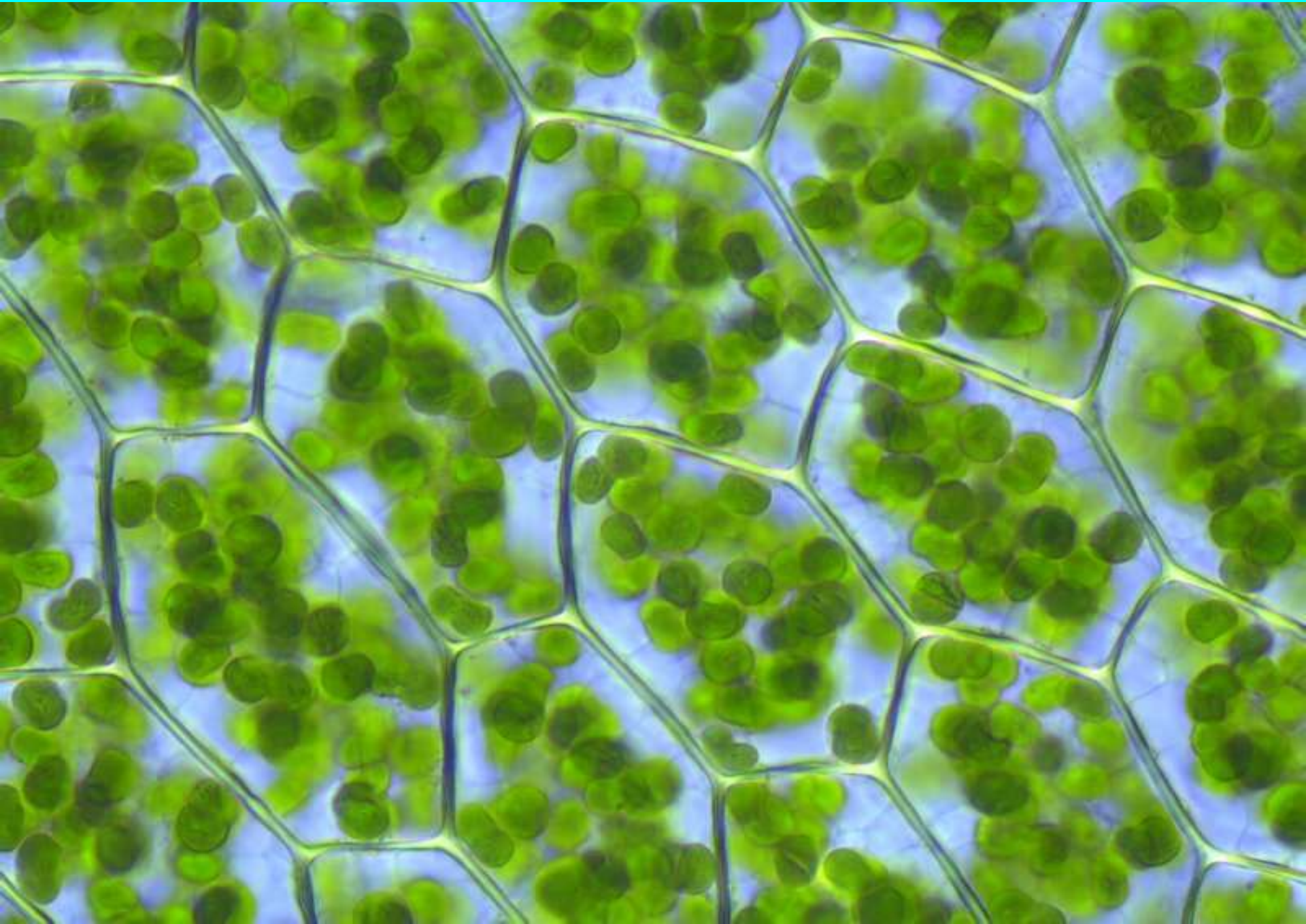
Parénquima
clorofílico

epidermis del envés

Haces de vasos
conductores de savia



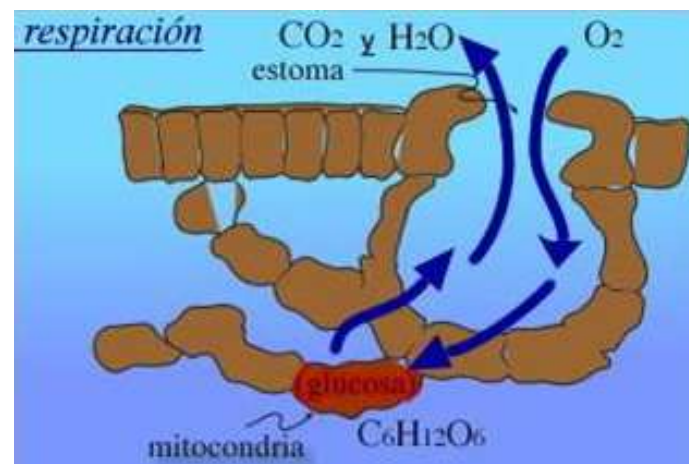
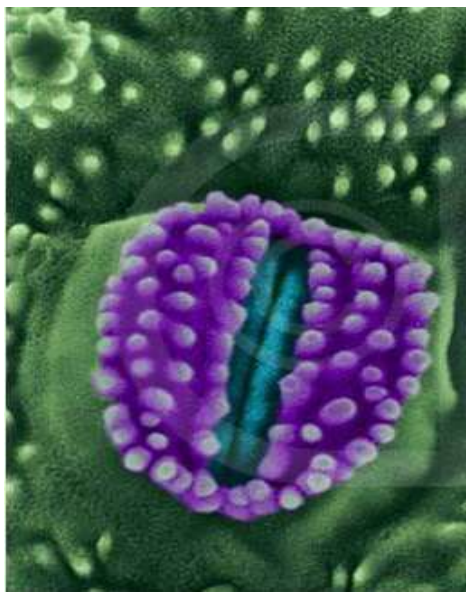
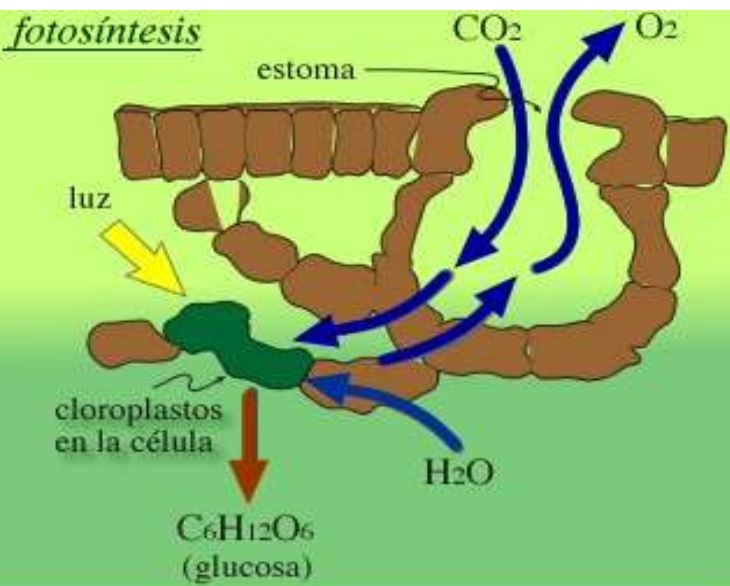
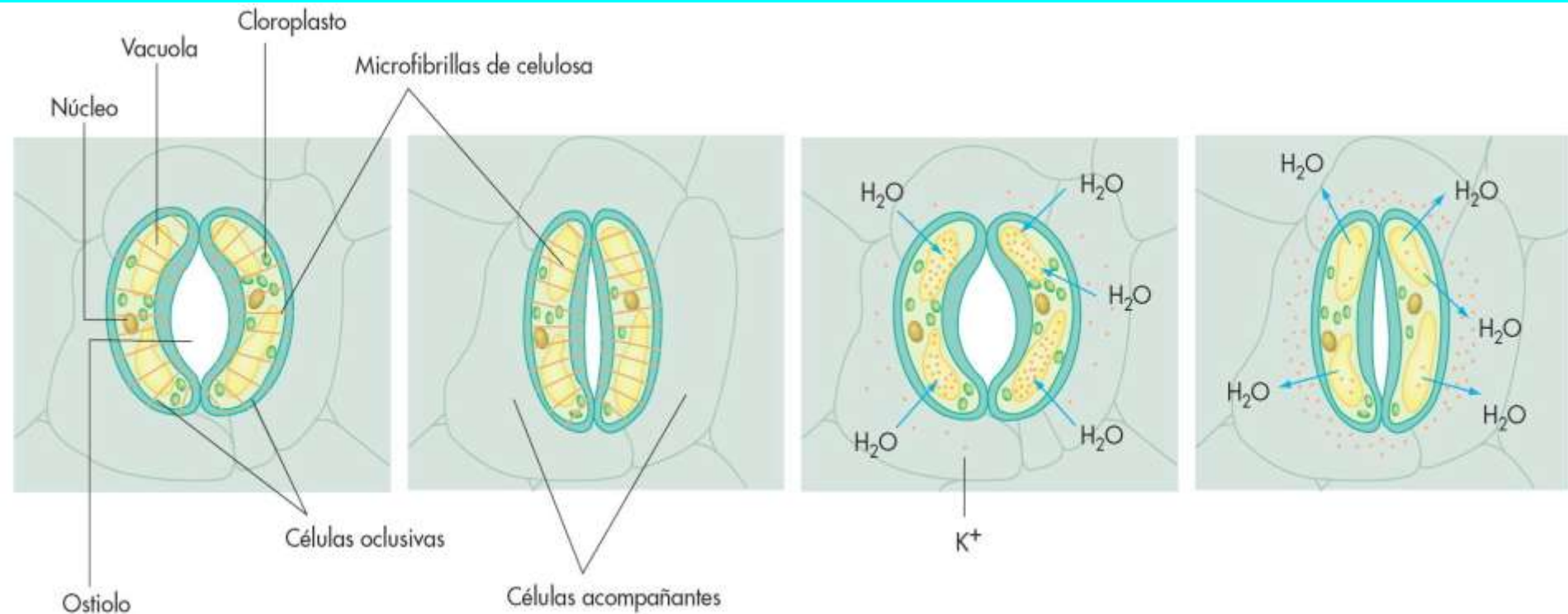
LA FOTOSÍNTESIS SE PRODUCE EN LOS CLOROPLASTOS



LOS ESTOMAS SON ESTRUCTURAS DINÁMICAS



PASO DE GASES. APERTURA Y CIERRE DE LOS ESTOMAS



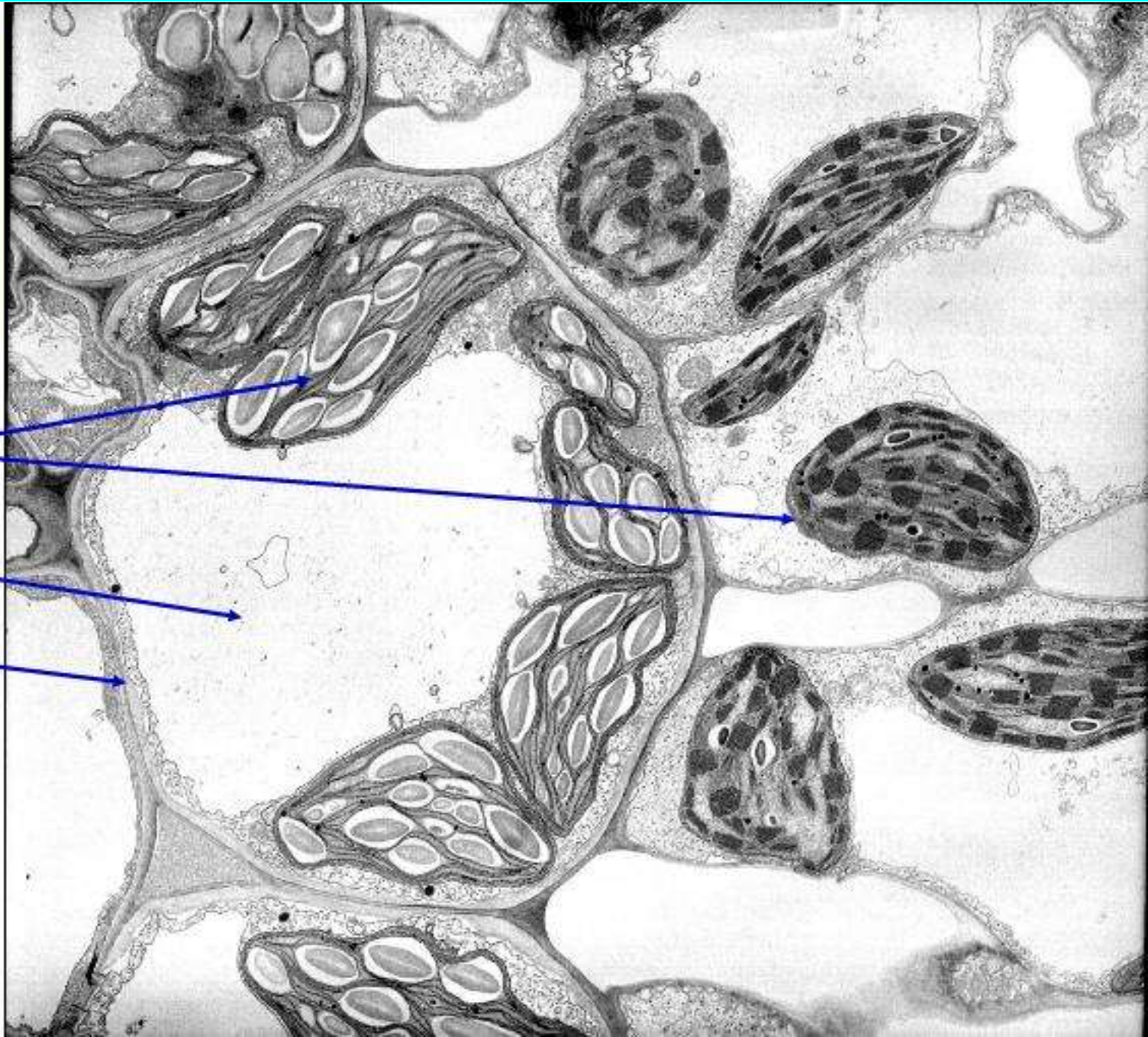
CLOROPLASTOS

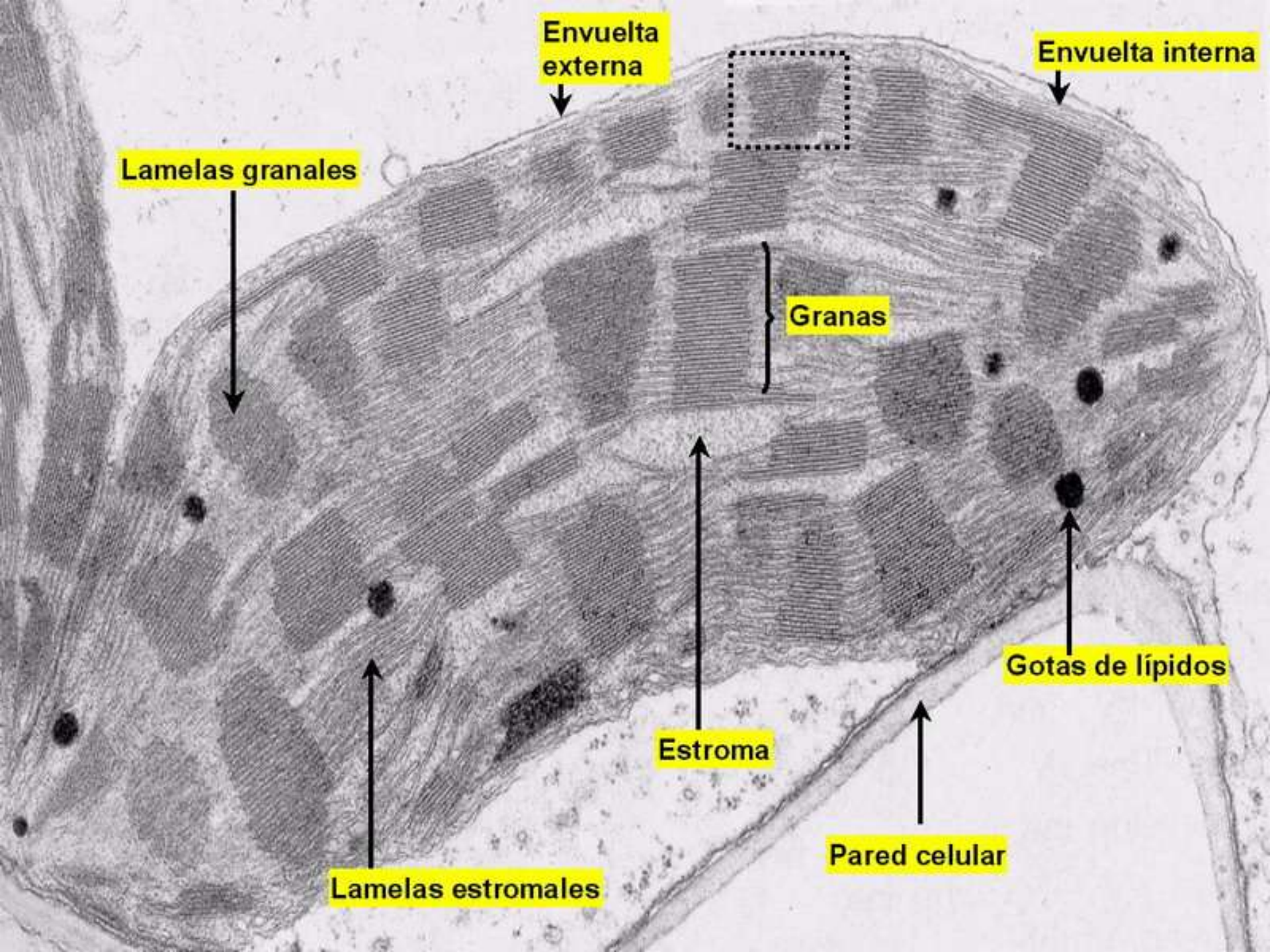
Células vegetales vistas al MET en las que pueden observarse numerosos cloroplastos

Cloroplasto

Vacuola

Pared celular





Envuelta externa

Envuelta interna

Lamelas granales

Granos

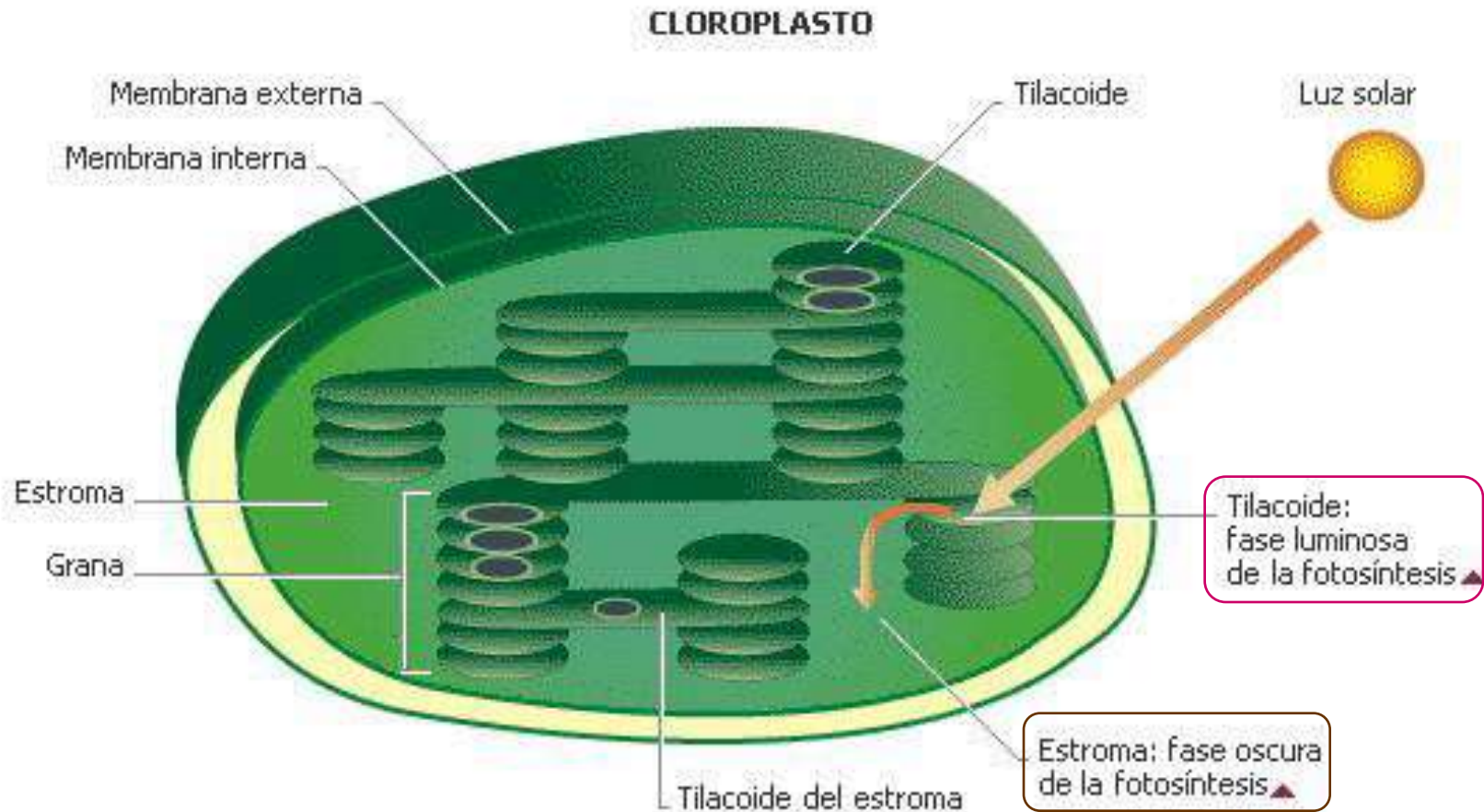
Gotas de lípidos

Estroma

Pared celular

Lamelas estromales

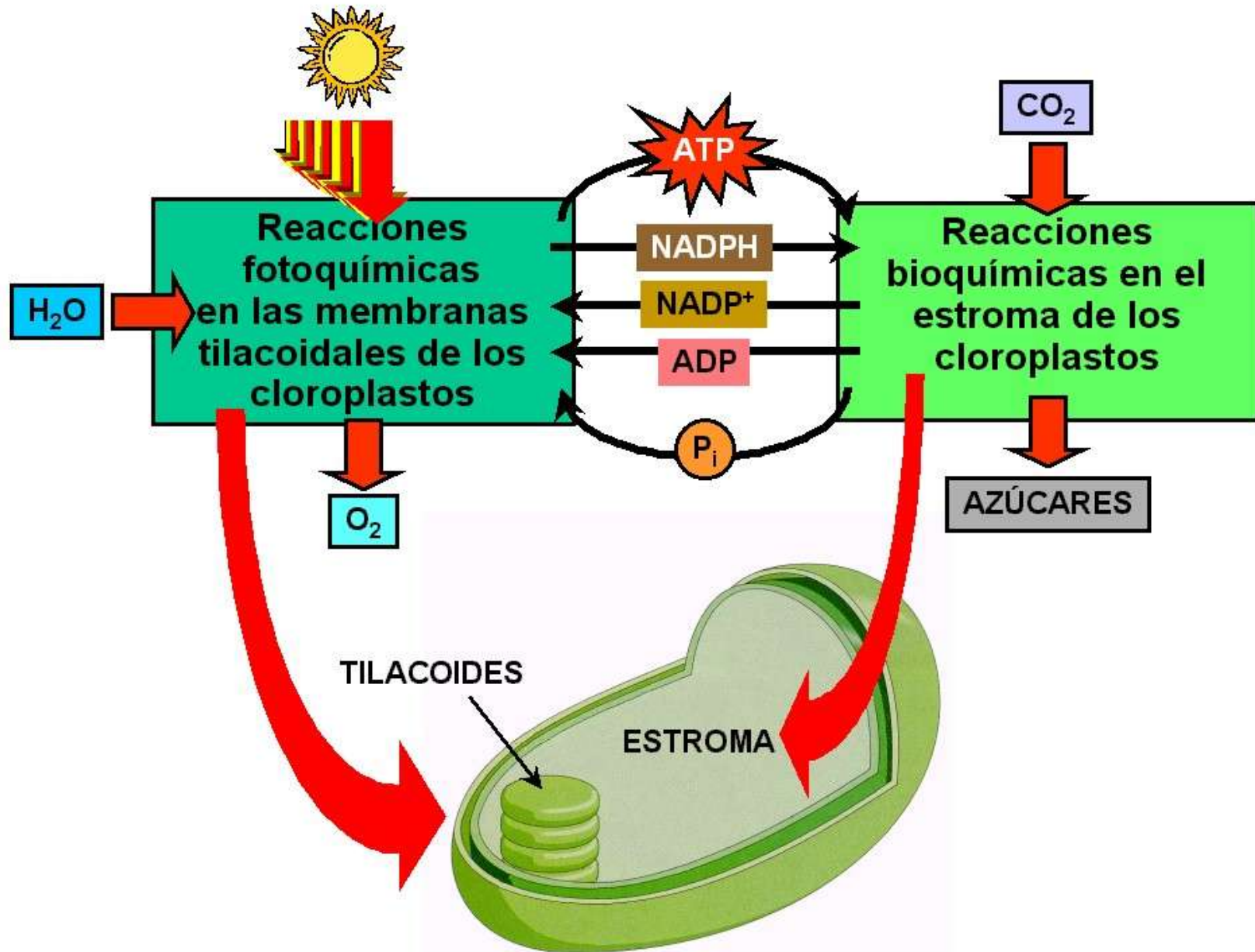
CLOROPLASTOS



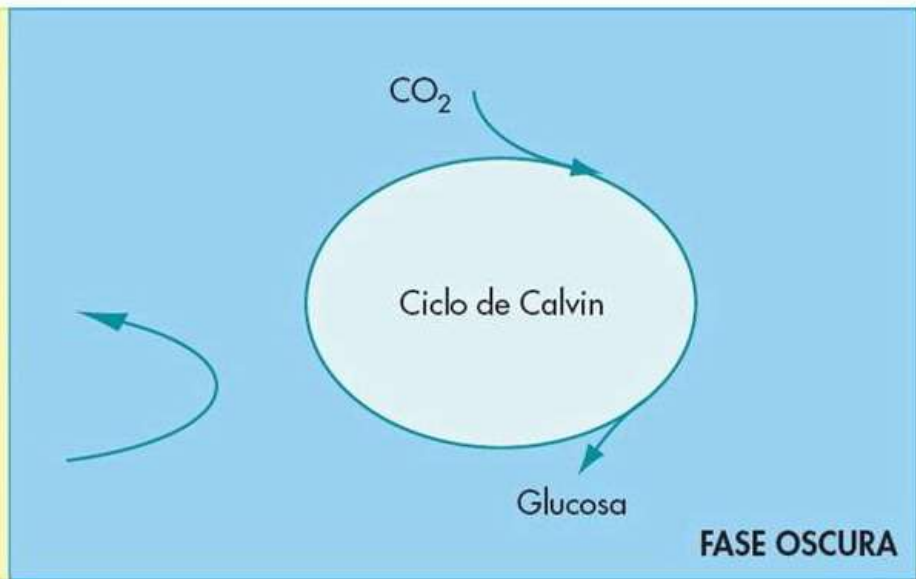
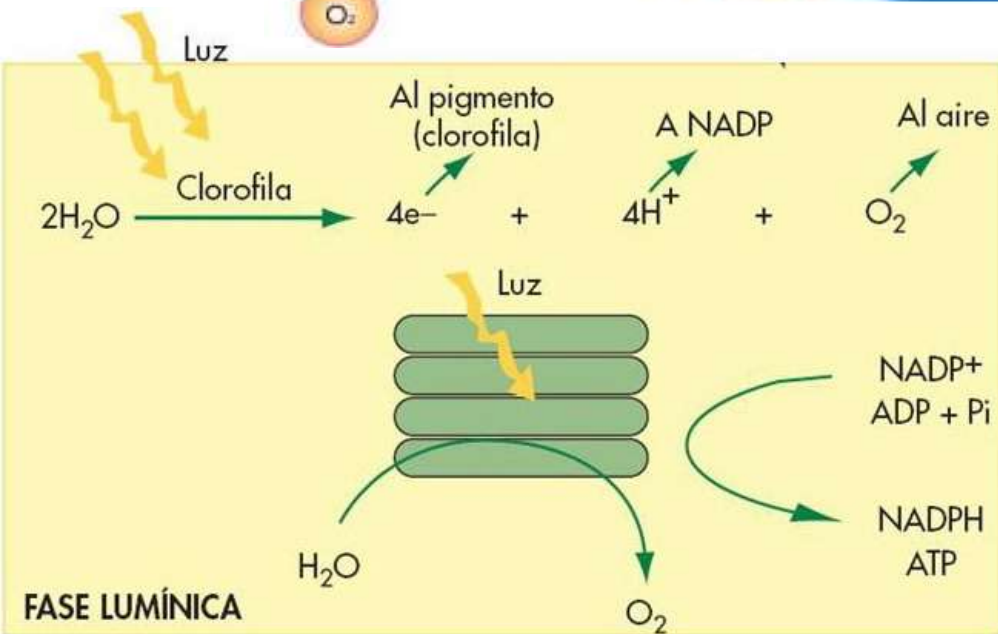
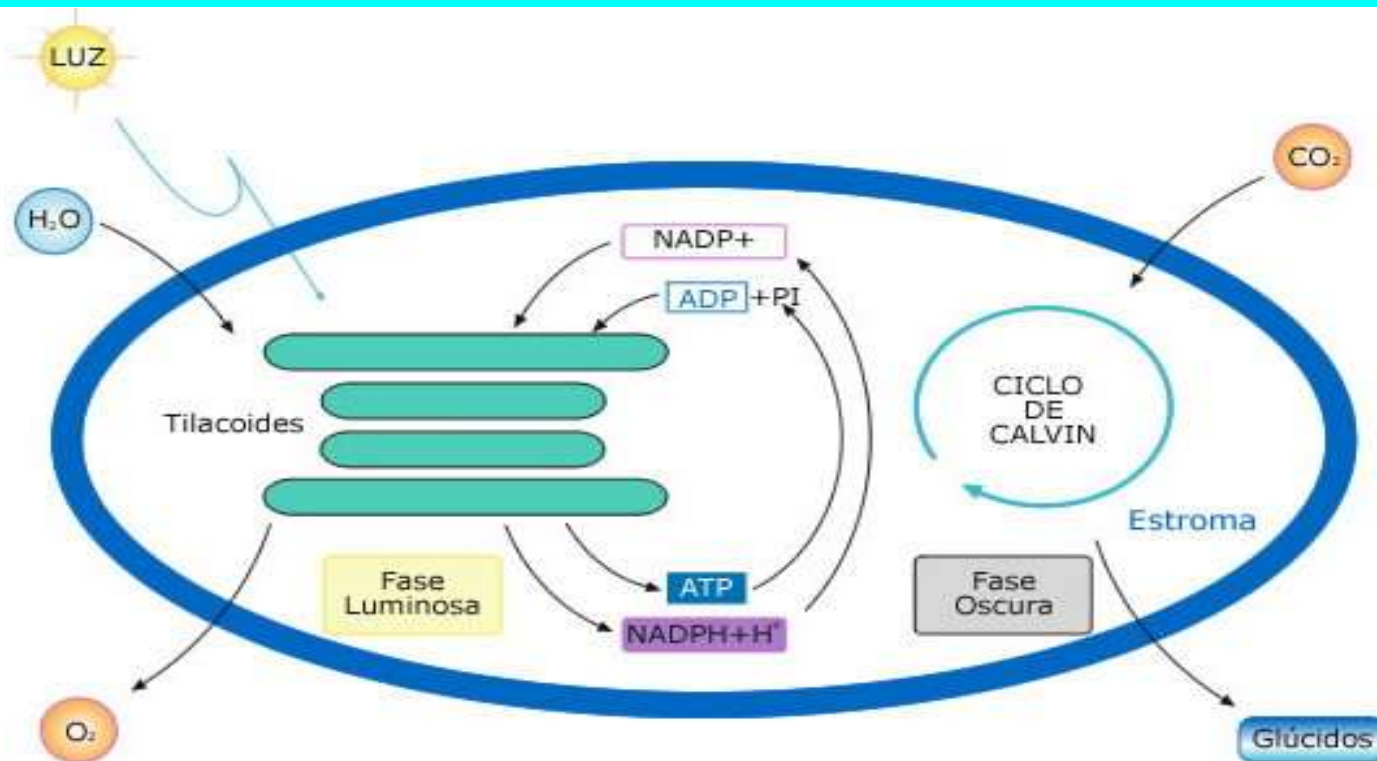
Función:

Realización de la *fotosíntesis*

CONCEPTO DE FOTOSÍNTESIS



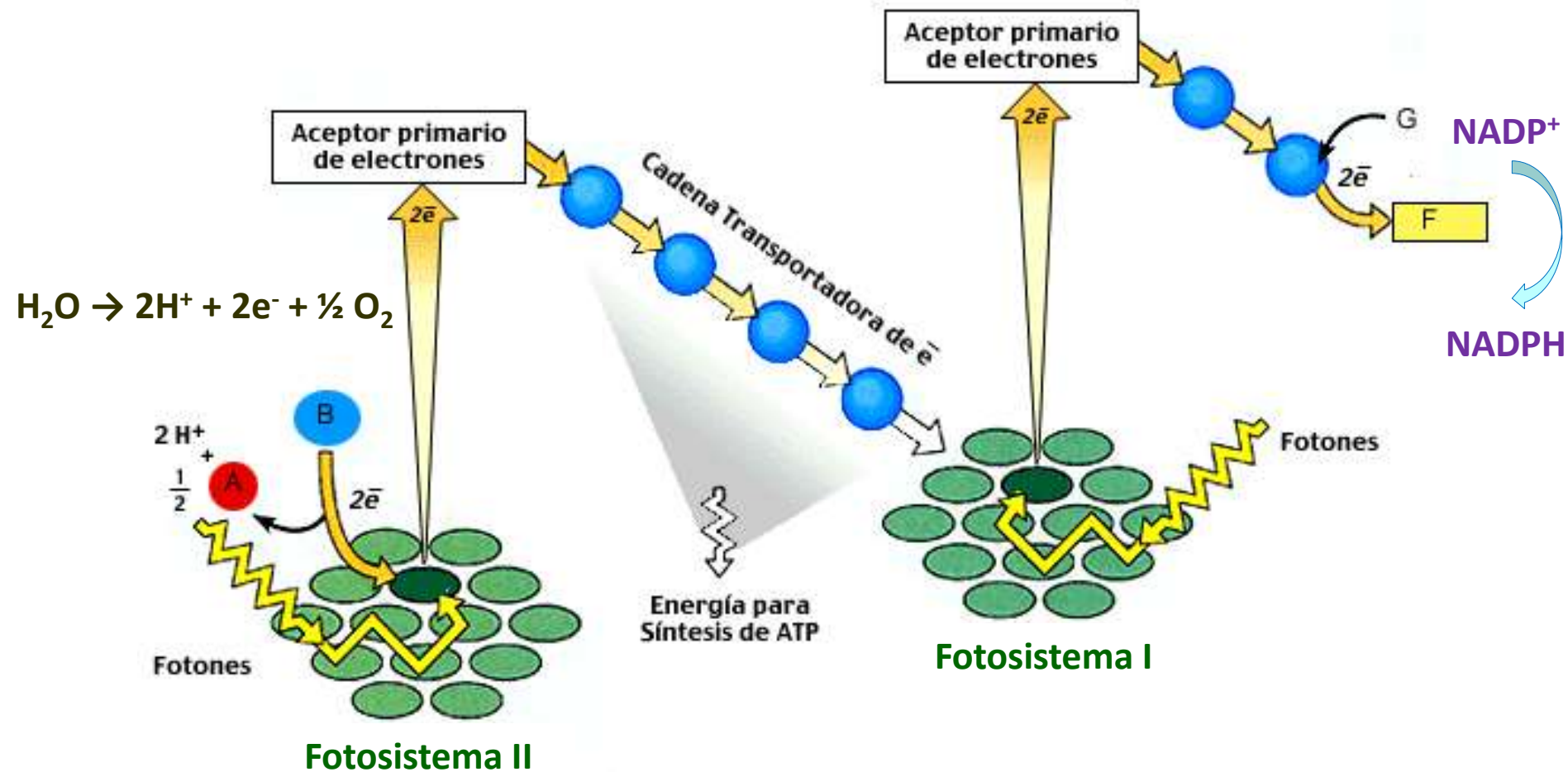
FASES DE LA FOTOSÍNTESIS



Fase luminosa o fotoquímica

FASE LUMINOSA O FOTOQUÍMICA DE LA FOTOSÍNTESIS

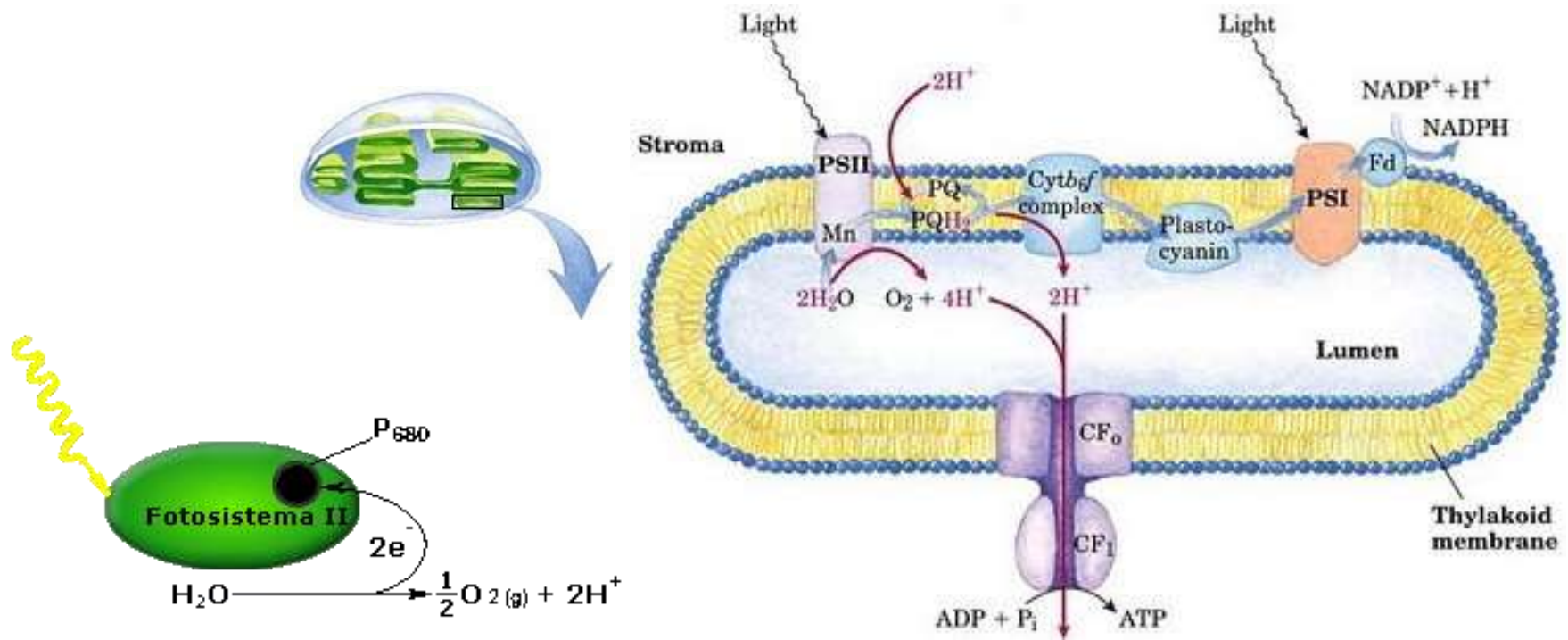
Es una serie de reacciones fotoquímicas que tienen lugar en la **membrana de los tilacoides**, en la que se capta la E de la luz y se transforma en E química.



La incidencia de fotones en los fotosistemas libera e^- de alta E, que son usados para la **fotofosforilación de ATP** y la **reducción del NADP⁺ a NADPH**.

FASE LUMINOSA O FOTOQUÍMICA DE LA FOTOSÍNTESIS

La E liberada por los e- en la cadena de transporte se utiliza para sintetizar **ATP** (**fotofosforilación**). También se obtiene **NADPH** que ingresará en la *fase oscura*.



Los e- cedidos por los fotosistemas son aportados por un **dador de e-**, que en las plantas el H_2O , la cual sufre una **fotólisis**, lo que da lugar a la liberación de O_2 :



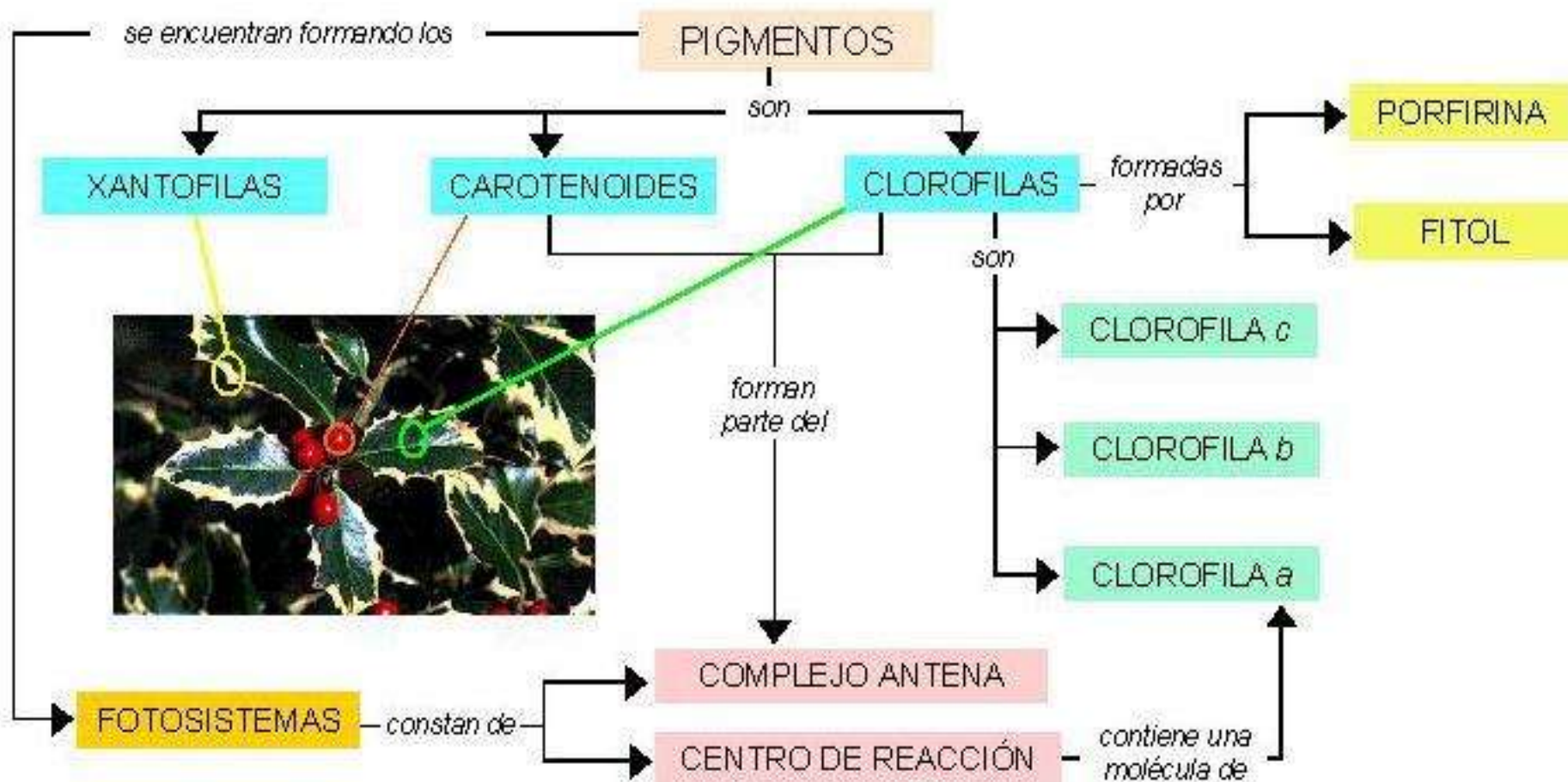
FOTOSISTEMAS

Pigmentos fotosintéticos

PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS Y FOTOSISTEMAS

Pigmentos encargados de captar la luz

La fase luminosa de la fotosíntesis depende de una serie de pigmentos que captan la luz.



Tipos de Pigmentos Fotosintéticos

COLOROFILAS: **clor. a, b, c, d y e** (Plantas)

CAROTENOIDEOS: **Carotenos y Xantofilas**

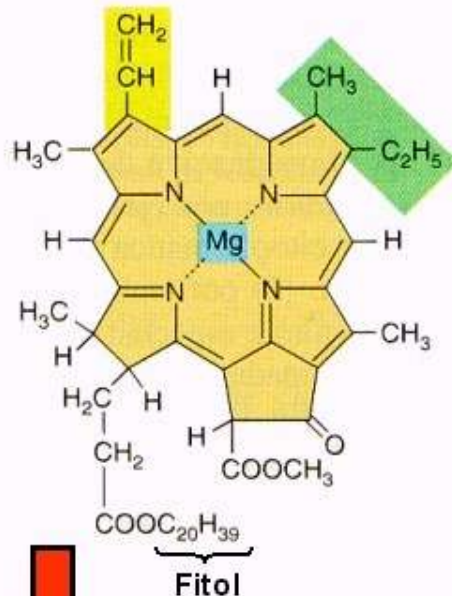
FICOBILINAS: **Ficocianina y Ficoeritrina**
(cianobacterias y algas rojas)

Pigmentos Fotosintéticos

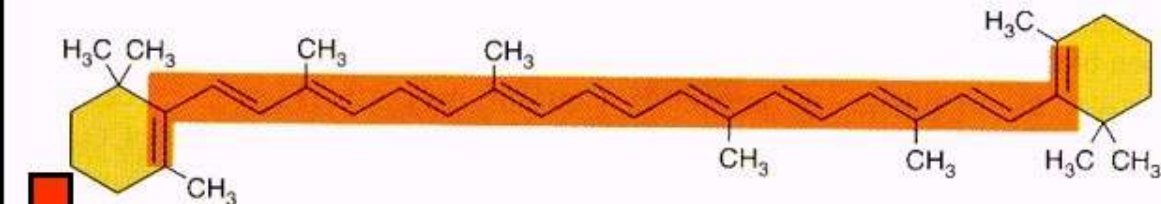
Zona del espectro donde absorben

COLOROFILAS:	ROJO y AZUL VIOLETA
CAROTENOIDEOS:	ROJO y AZUL
FICOBILINAS:	NARANJA, VERDE y AZUL
BACTERIOCOLOROFILAS:	ROJO LEJANO e INFRARROJO

Moléculas de pigmentos

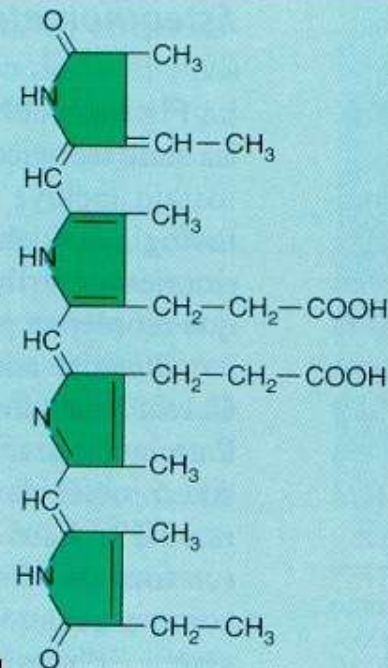


Molécula de **clorofila a** donde se muestra el complejo tetrapirrólico conteniendo Mg. Este complejo suministra un sistema de dobles enlaces conjugados que absorbe mucha luz visible.



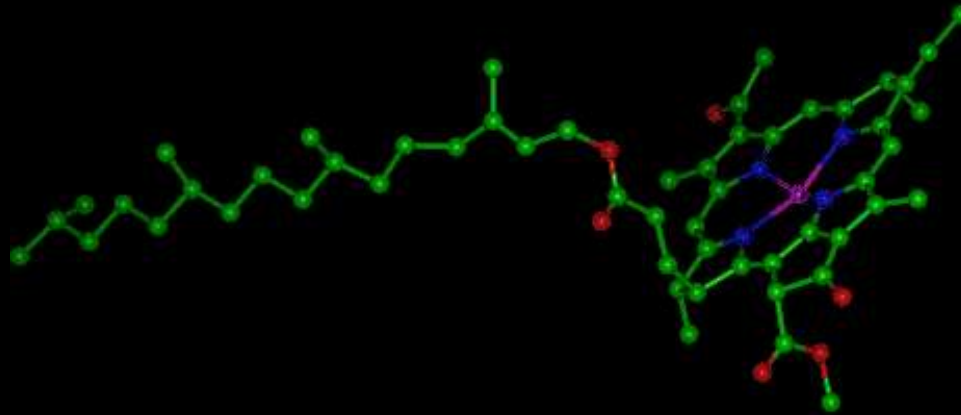
Estructura del **β -caroteno**, un carotenoide típico. El sistema de dobles enlaces está señalado en rojo.

Estructura molecular de una ficobilina, la **ficocianina** (azul). Este compuesto es una cadena abierta que deriva biosintéticamente de un anillo porfirínico cerrado por pérdida de un átomo de carbono como CO₂. También se observa en sistema de dobles enlaces conjugados.

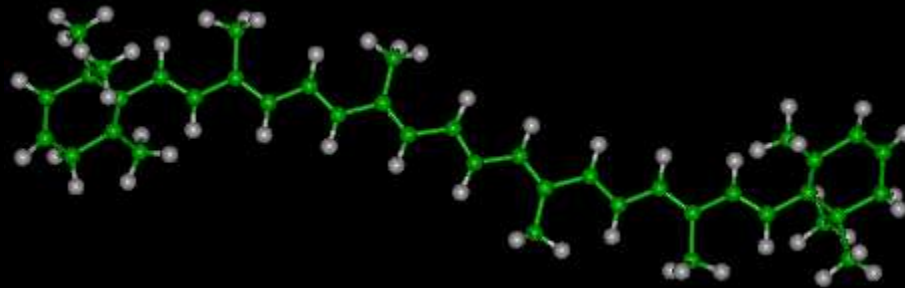


Debido al sistema de dobles enlaces conjugados, estos pigmentos pueden absorber luz visible.

PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS



Clorofila

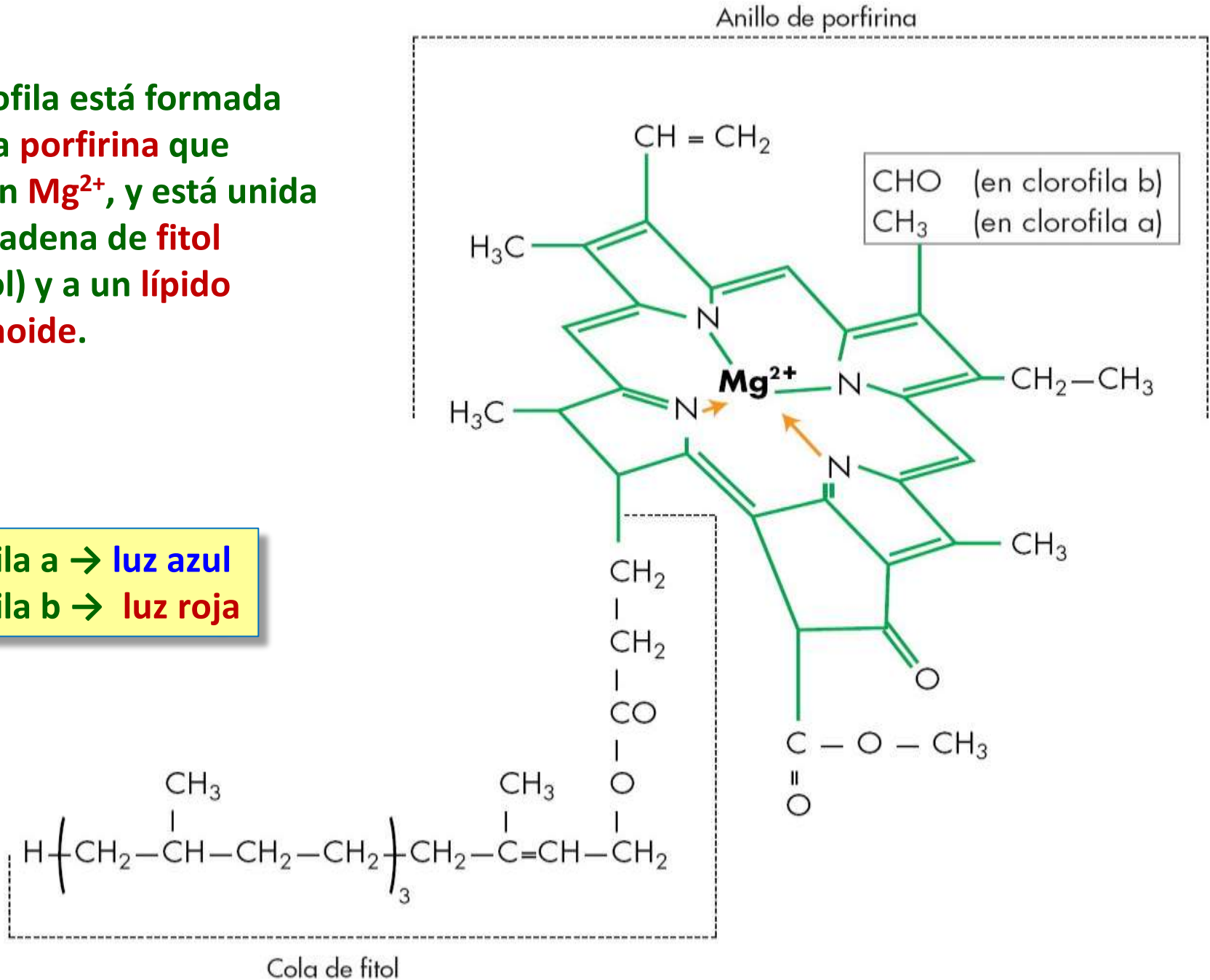


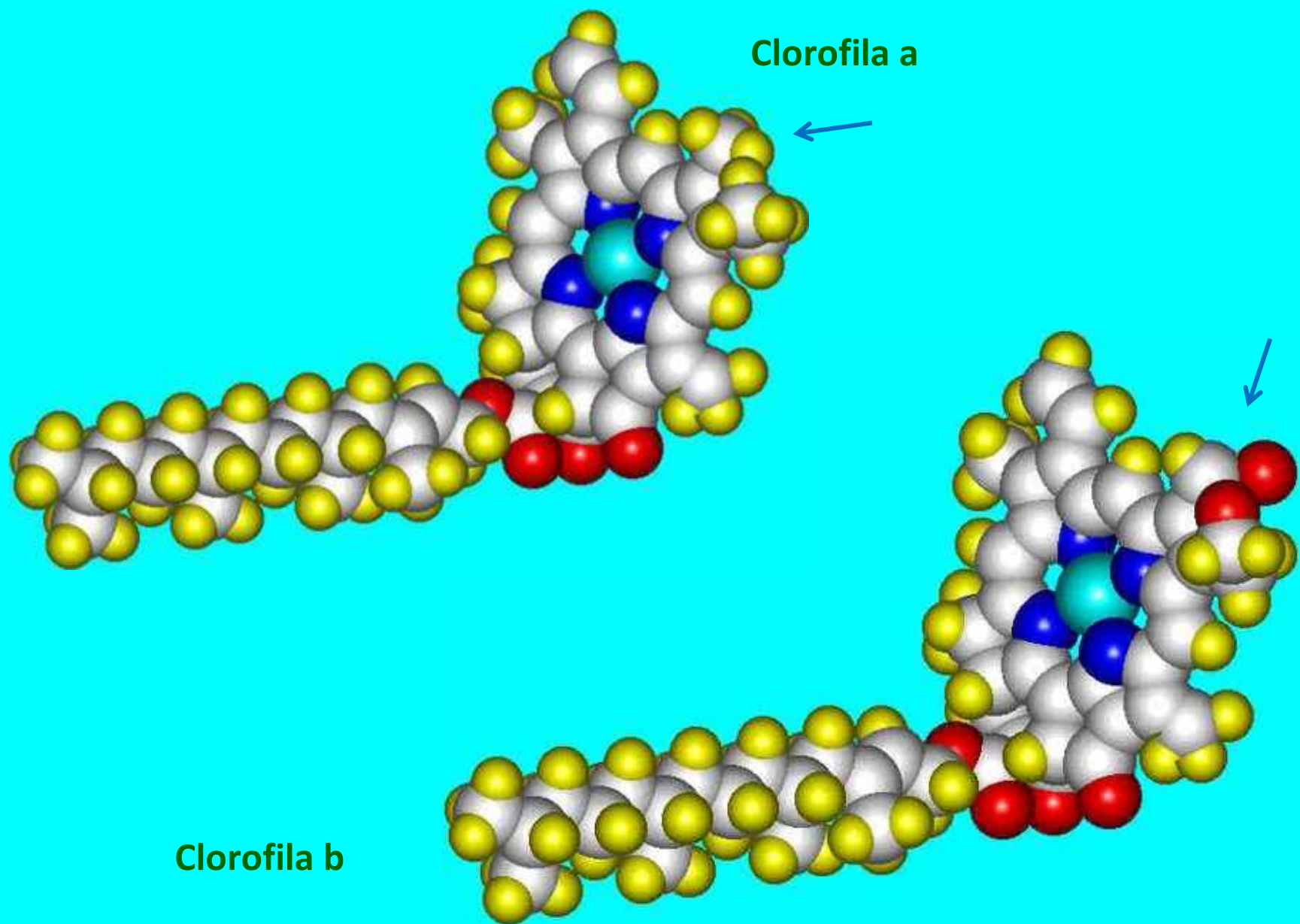
Caroteno

TIPOS DE CLOROFILAS

La clorofila está formada por una **porfirina** que tiene un **Mg²⁺**, y está unida a una cadena de **fitol** (alcohol) y a un **lípidido isoprenoide**.

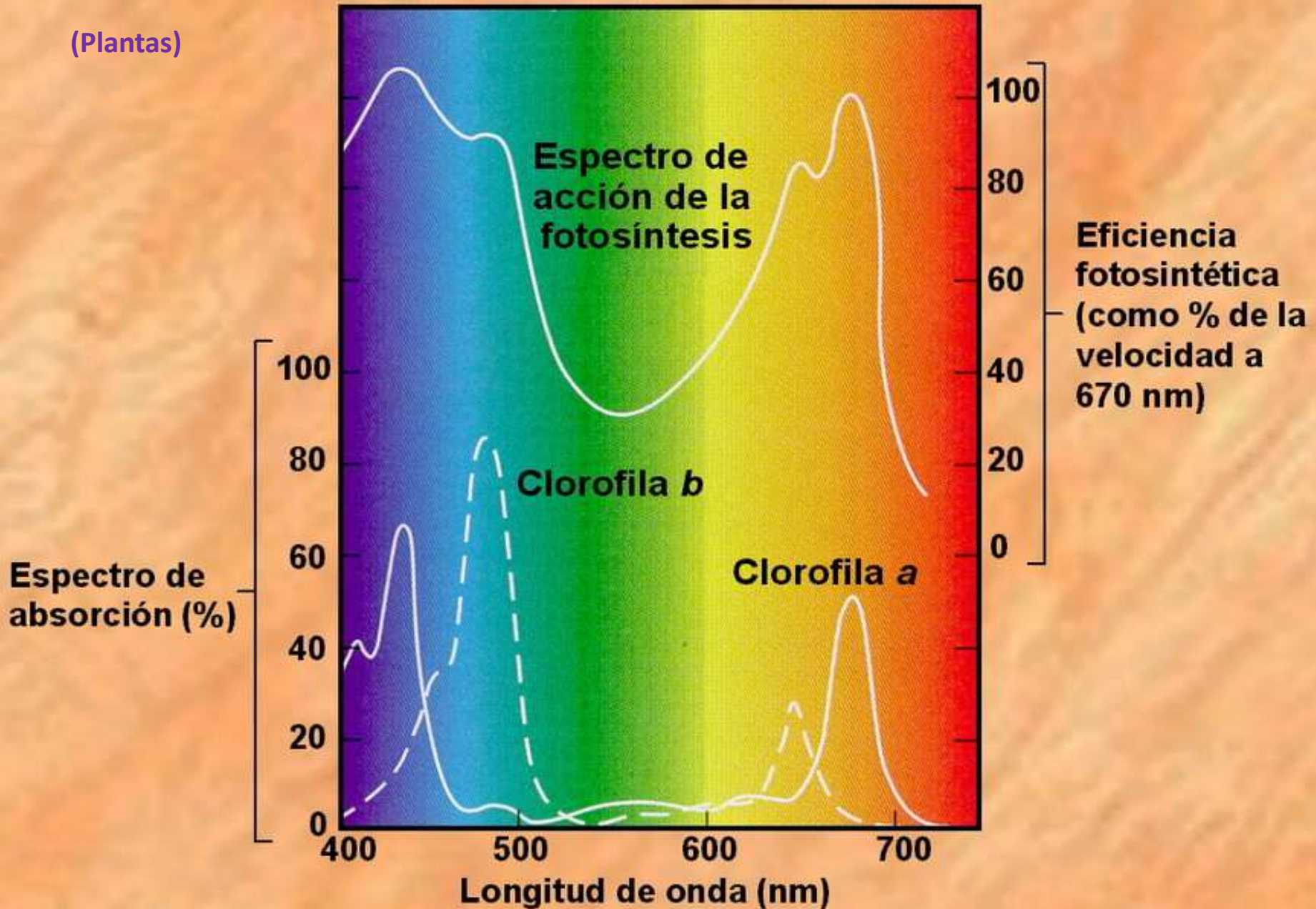
Clorofila a → luz azul
Clorofila b → luz roja



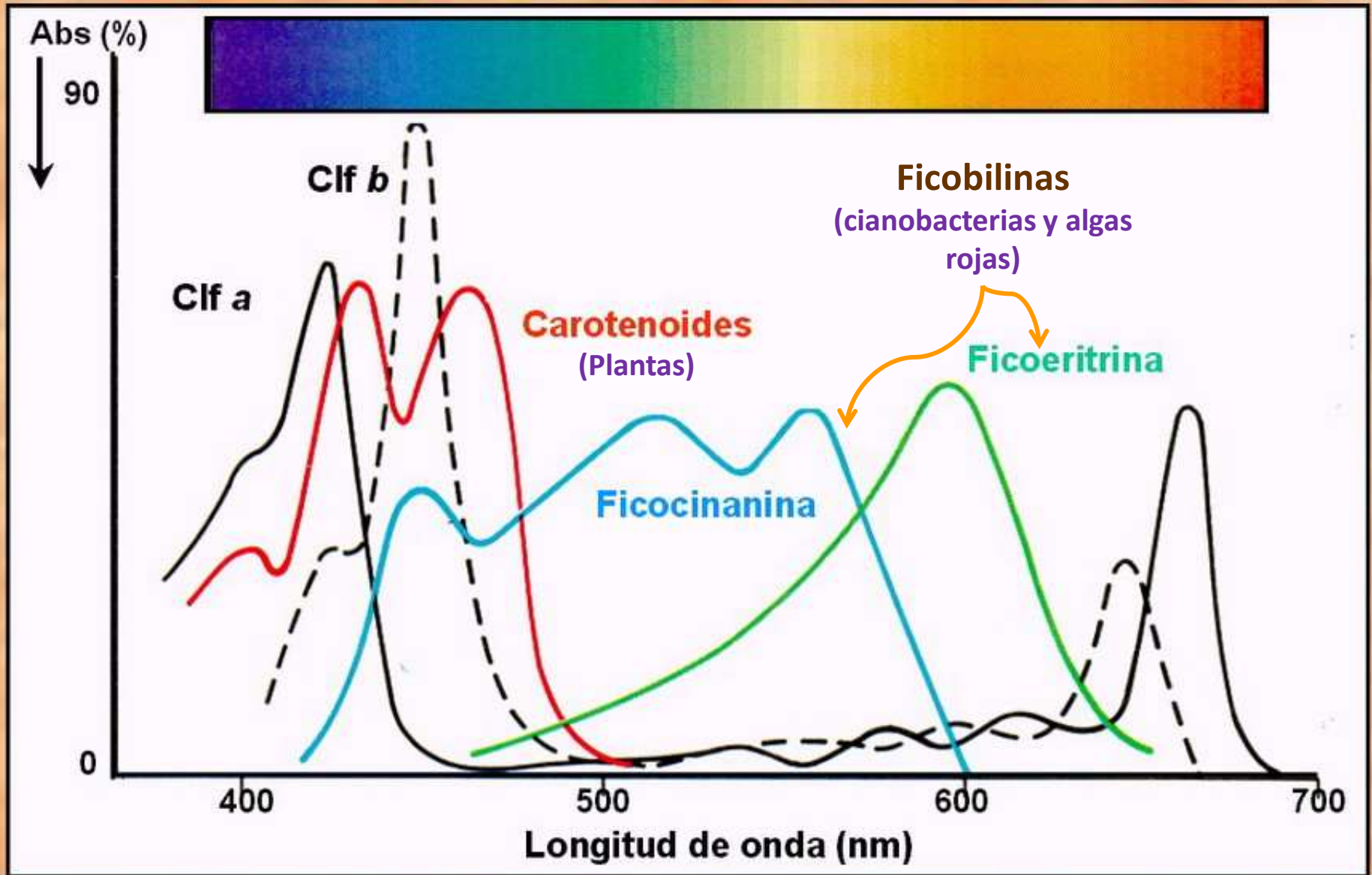


ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE LOS PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS

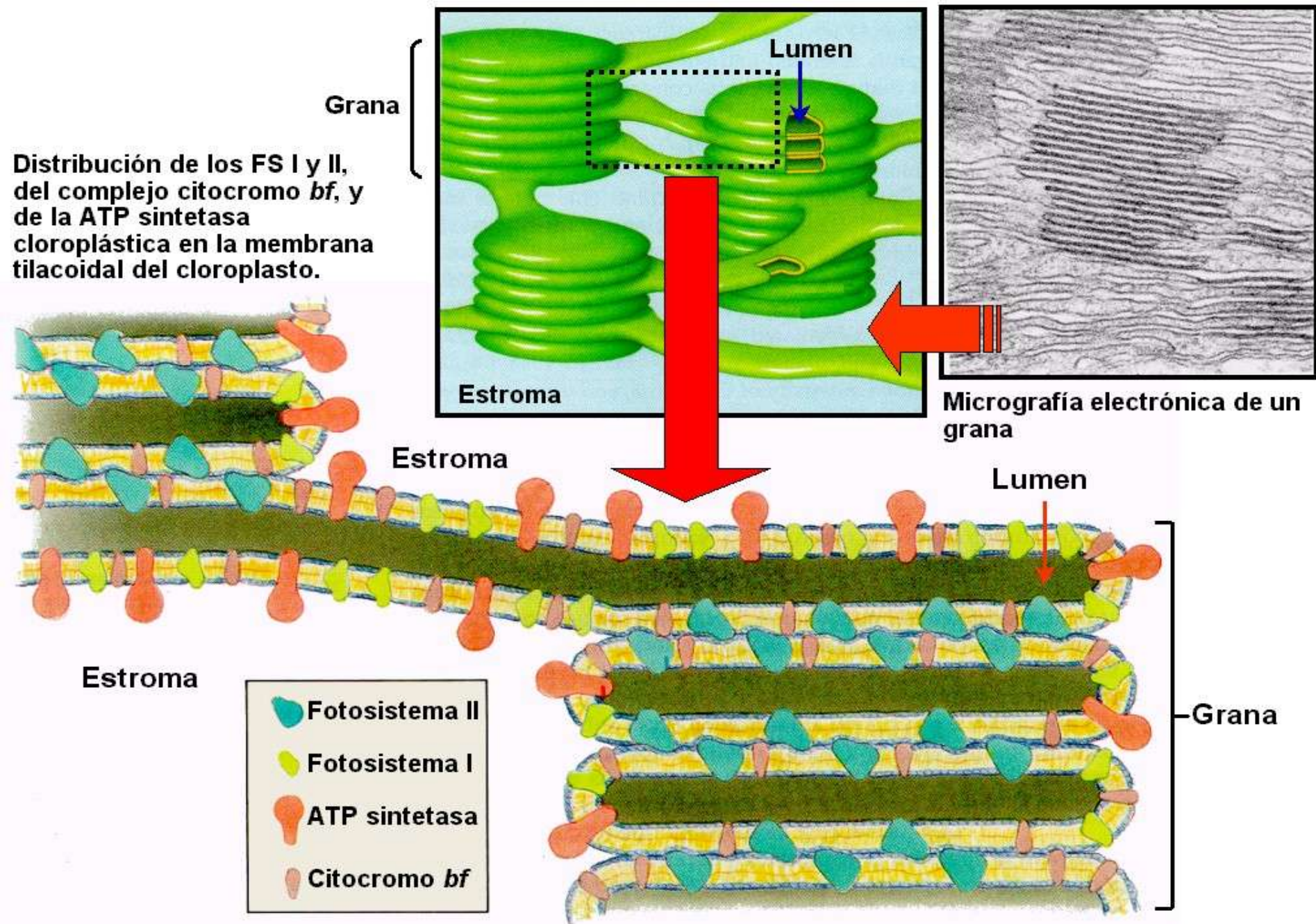
(Plantas)



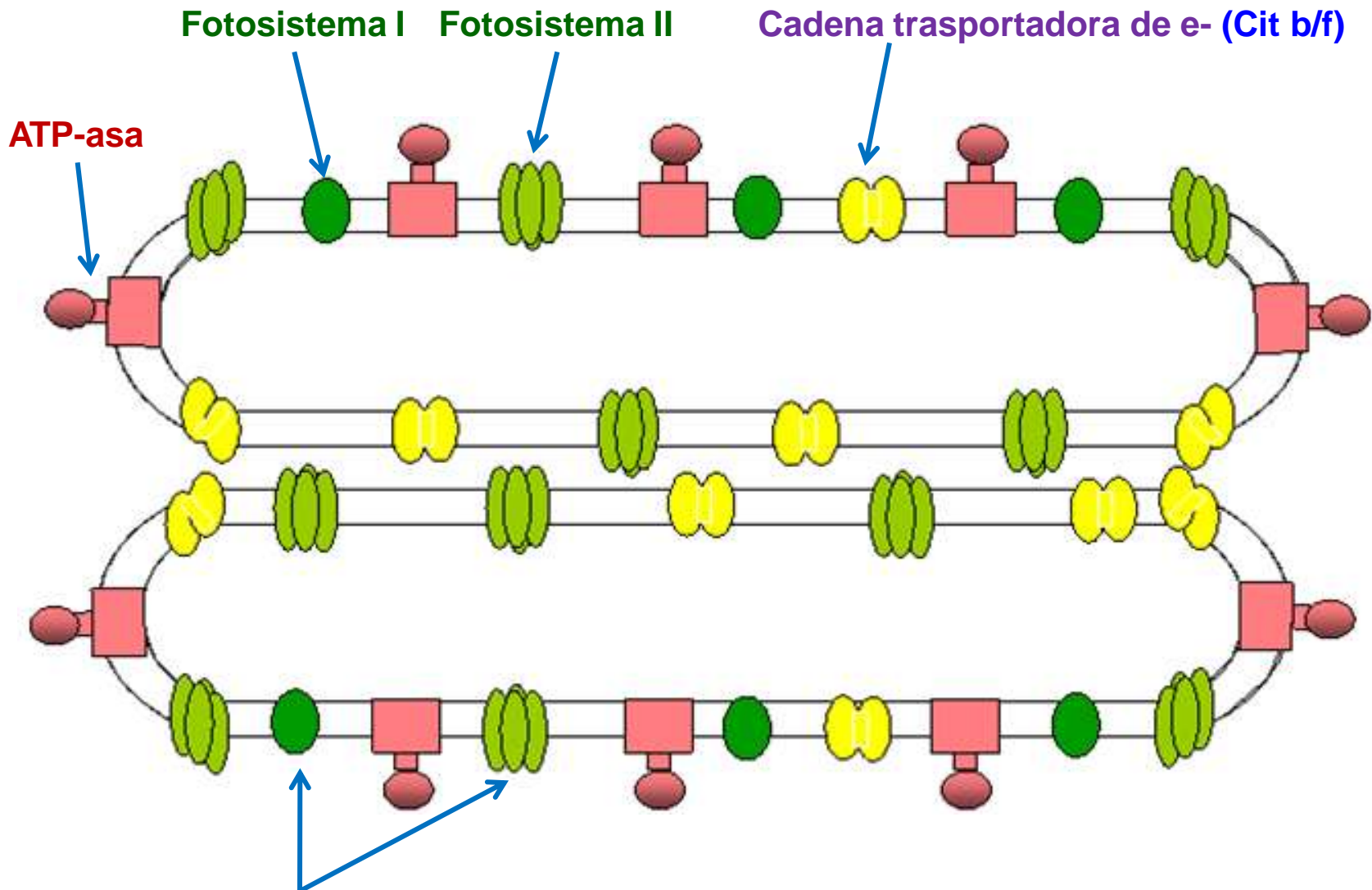
Espectro de absorción de los pigmentos fotosintéticos



ESTRUCTURA DE LOS TILACOIDES DE LOS GRANA

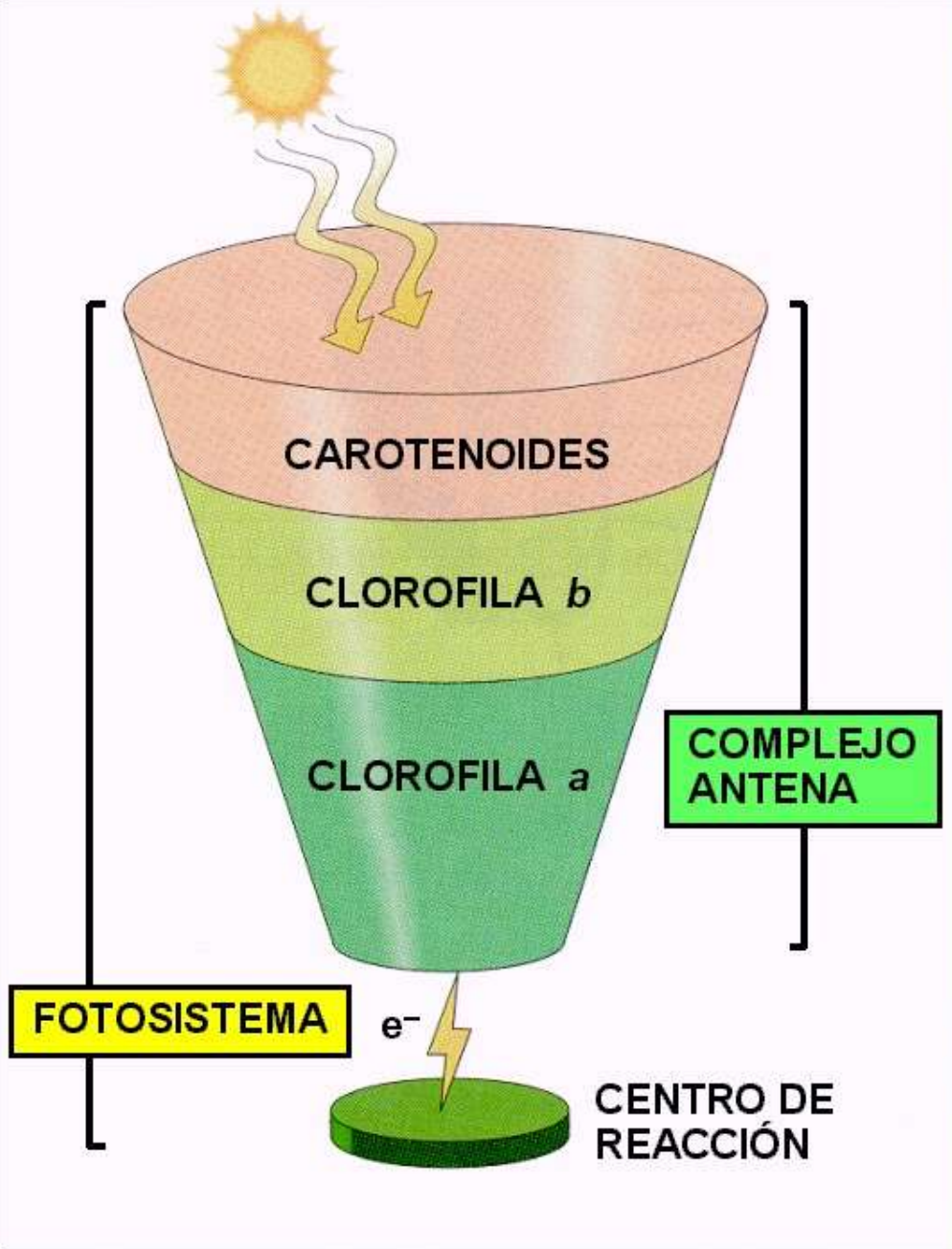


ESTRUCTURA DE LOS TILACOIDES DE LOS GRANA



En los **fotosistemas** se encuentran los **pigmentos fotosintéticos** englobados en unas **proteínas transmembrales**.

El Complejo Antena



Los complejos antena o complejos recolectores de luz presentes en los cloroplastos funcionan como un embudo; colectan los fotones y transfieren la energía hasta los centros de reacción.

ESTRUCTURA DE LOS FOTOSISTEMAS

Un **FOTOSISTEMA** está compuesto por un **complejo antena** y un **centro reactivo** o **centro de reacción** fotoquímica, junto con un *dador* y un *aceptor* de e-.

Contiene dos moléculas de clorofila a y los electrones que liberan son enviados a la cadena de transporte electrónico.

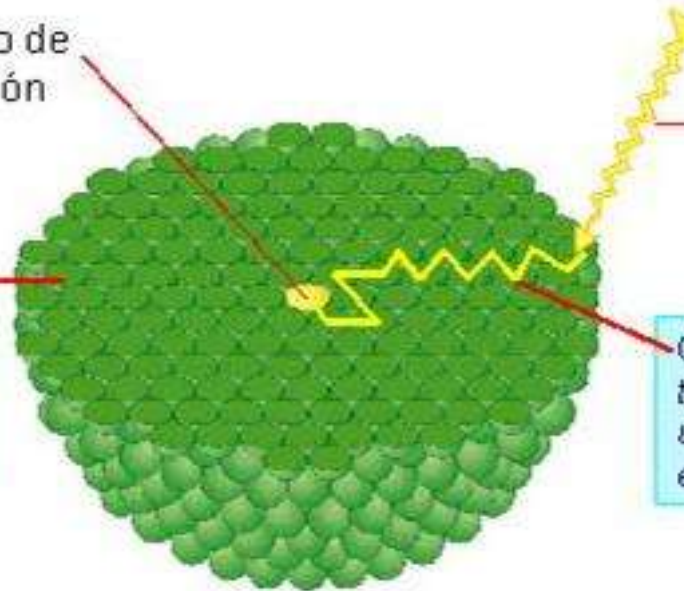
Centro de reacción

Fotón

Moléculas antena

Atrapan fotones de diferente longitud de onda.

Cuando una molécula se excita transfiere energía a las cercanas por un proceso de resonancia y así hasta el centro de reacción.



Localización

Absorción máxima del centro de reacción

Fotosistema I (PSI)

Membranas de tilacoides no apilados

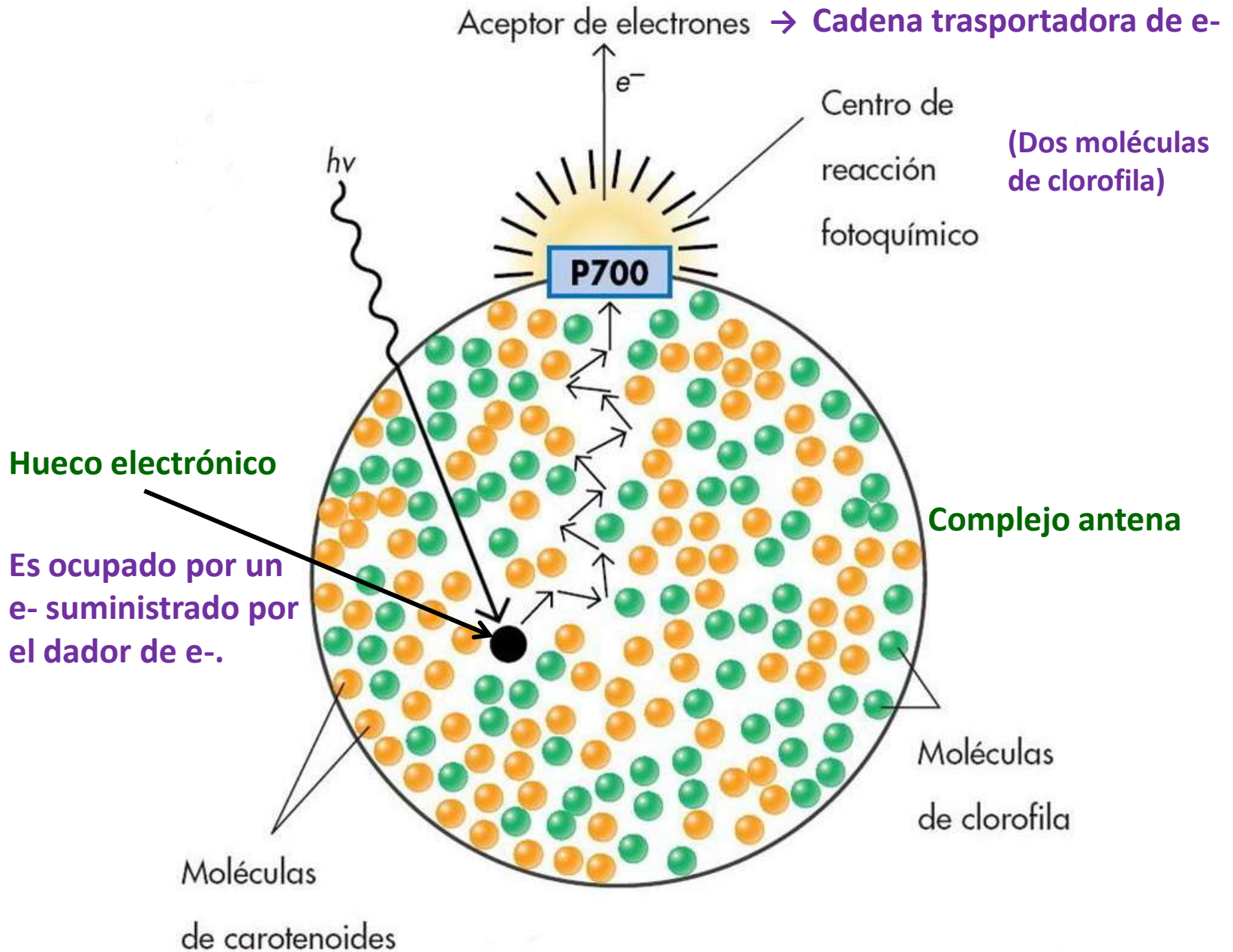
700 nm

Fotosistema II (PSII)

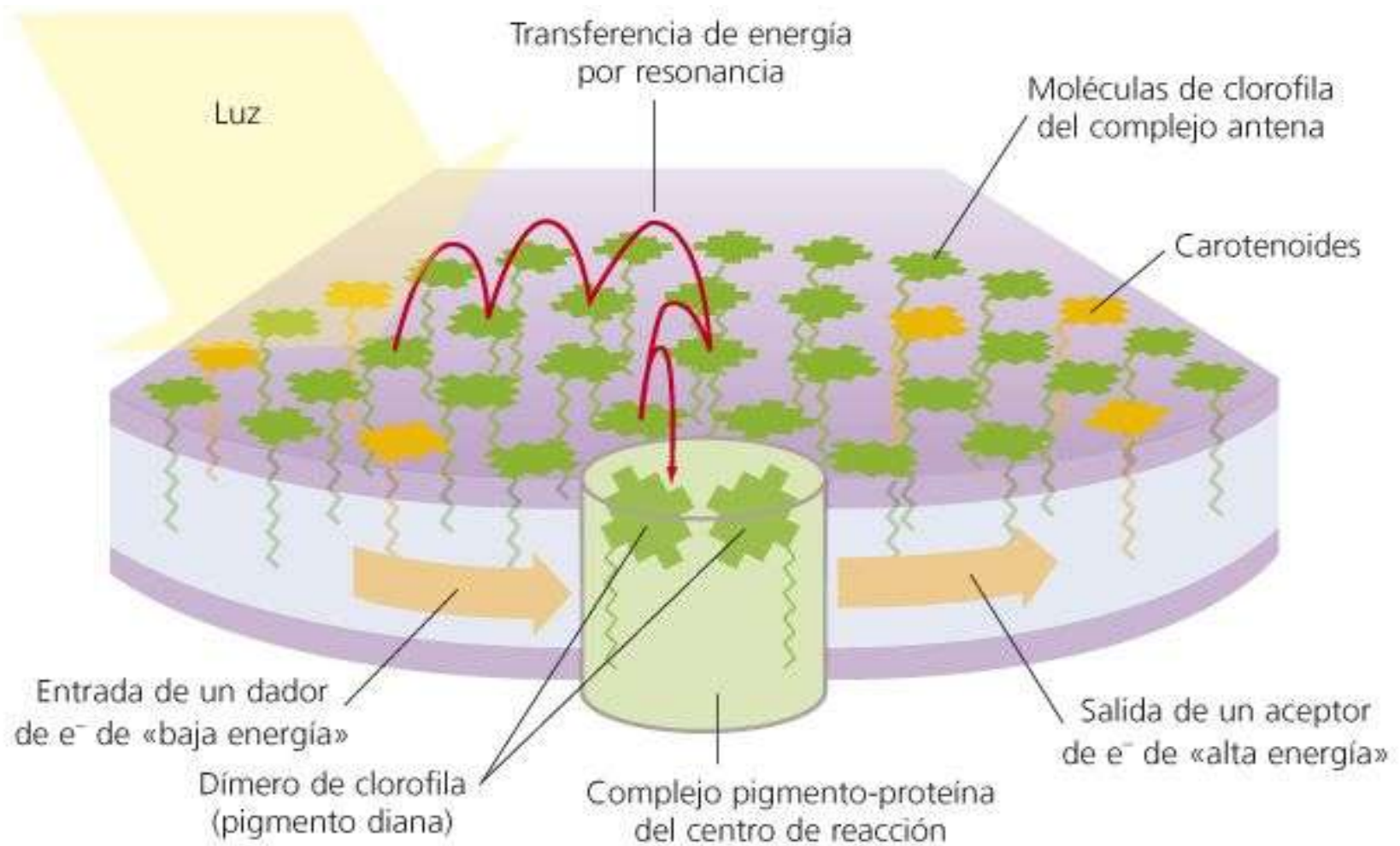
Grana

680 nm

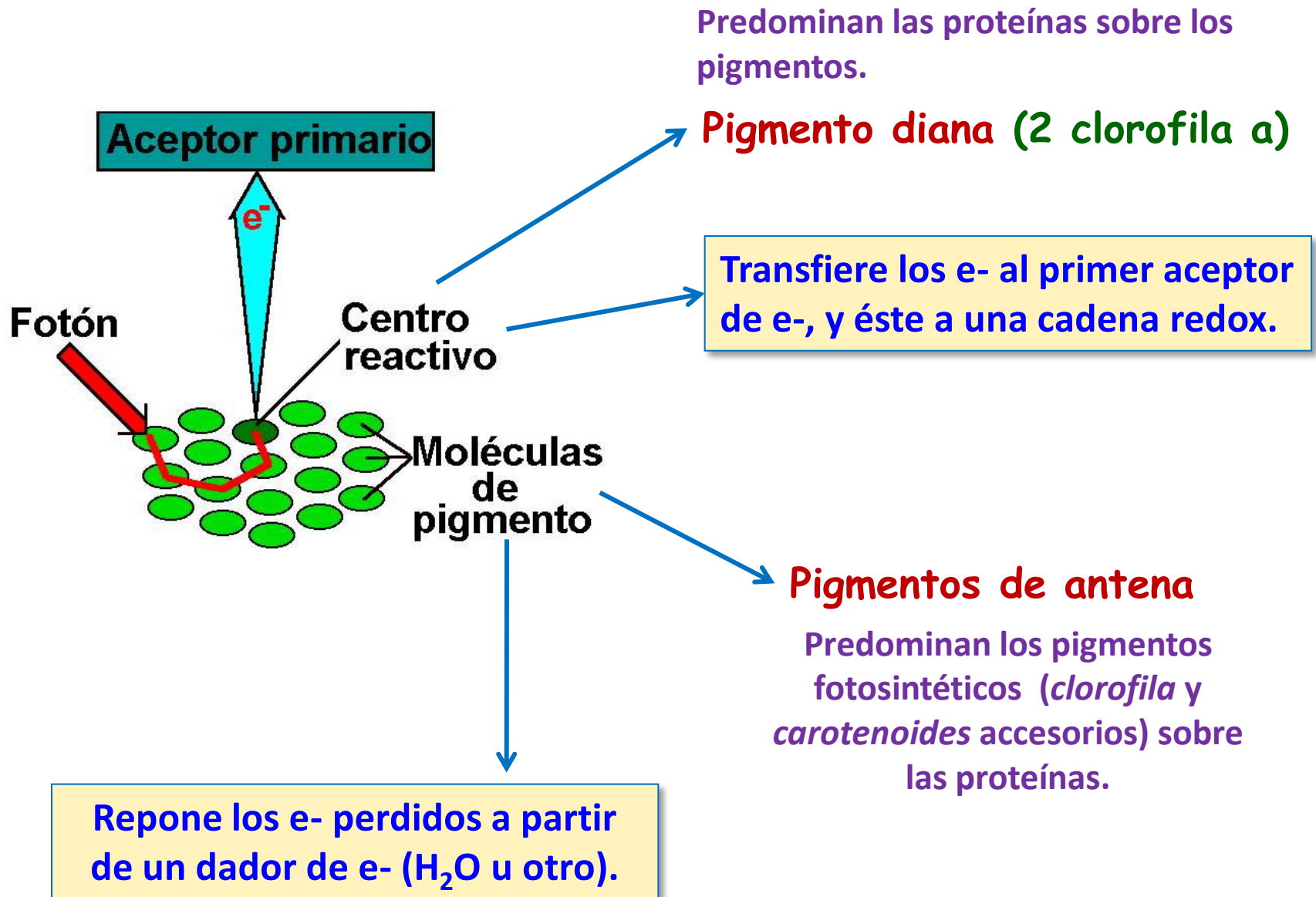
ESTRUCTURA DE LOS FOTOSISTEMAS



ESTRUCTURA DE LOS FOTOSISTEMAS

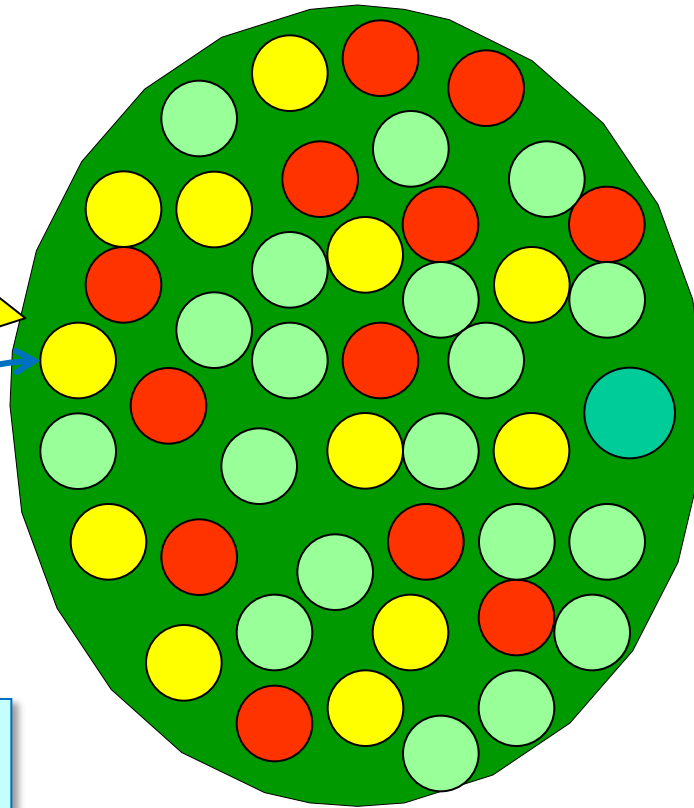
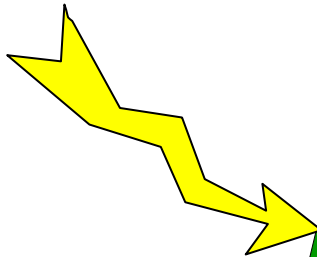
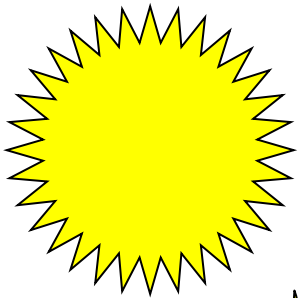


FUNCIONAMIENTO DE LOS FOTOSISTEMAS



FUNCIONAMIENTO DE LOS FOTOSISTEMAS

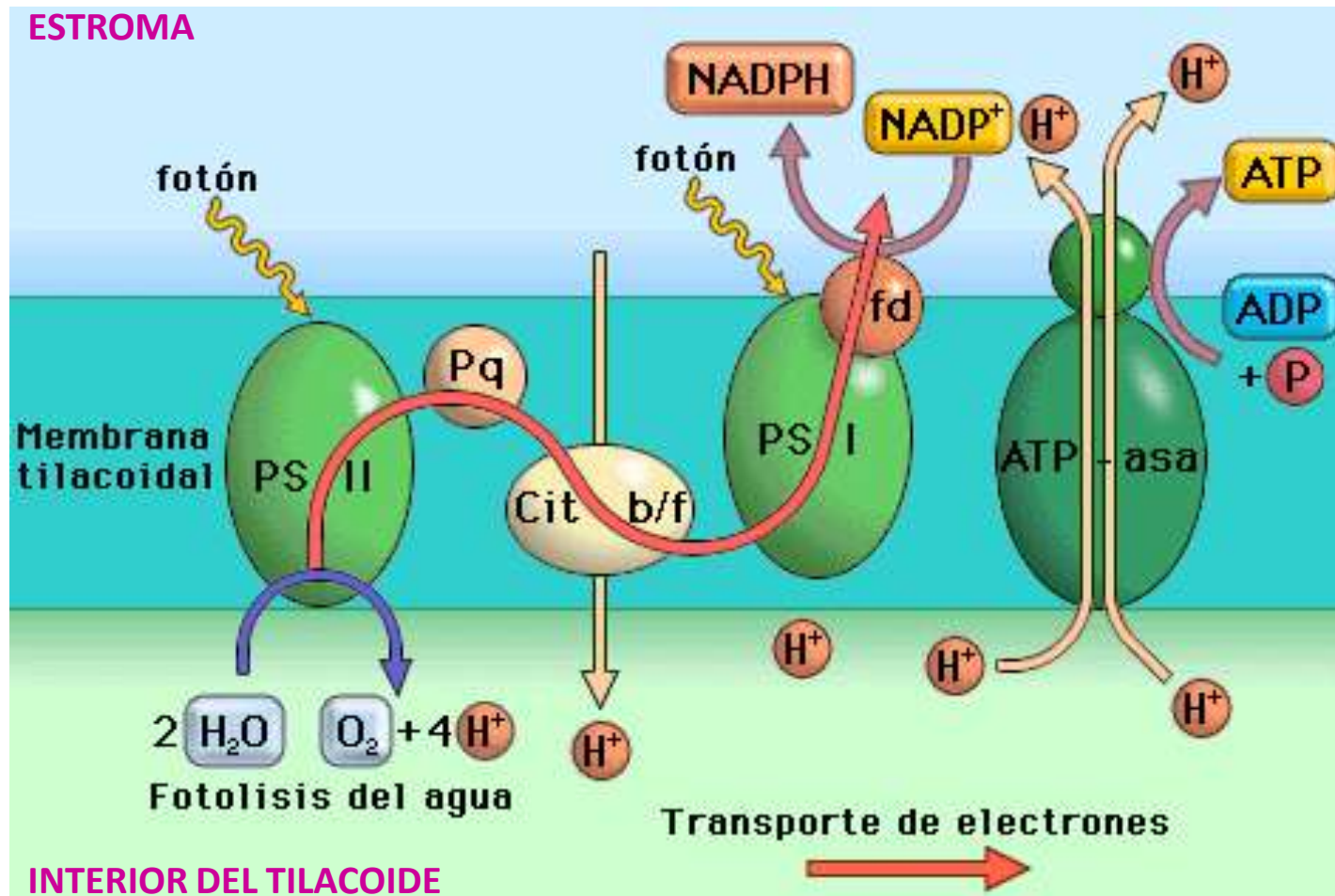
La energía luminosa captada por los pigmentos fotosintéticos del fotosistemas excita $2 e^-$ /fotón, que salen fuera del *centro de reacción* y pasan al **primer aceptor de e^-** y después a una **cadena transportadora de e^-** .



Fotosistema

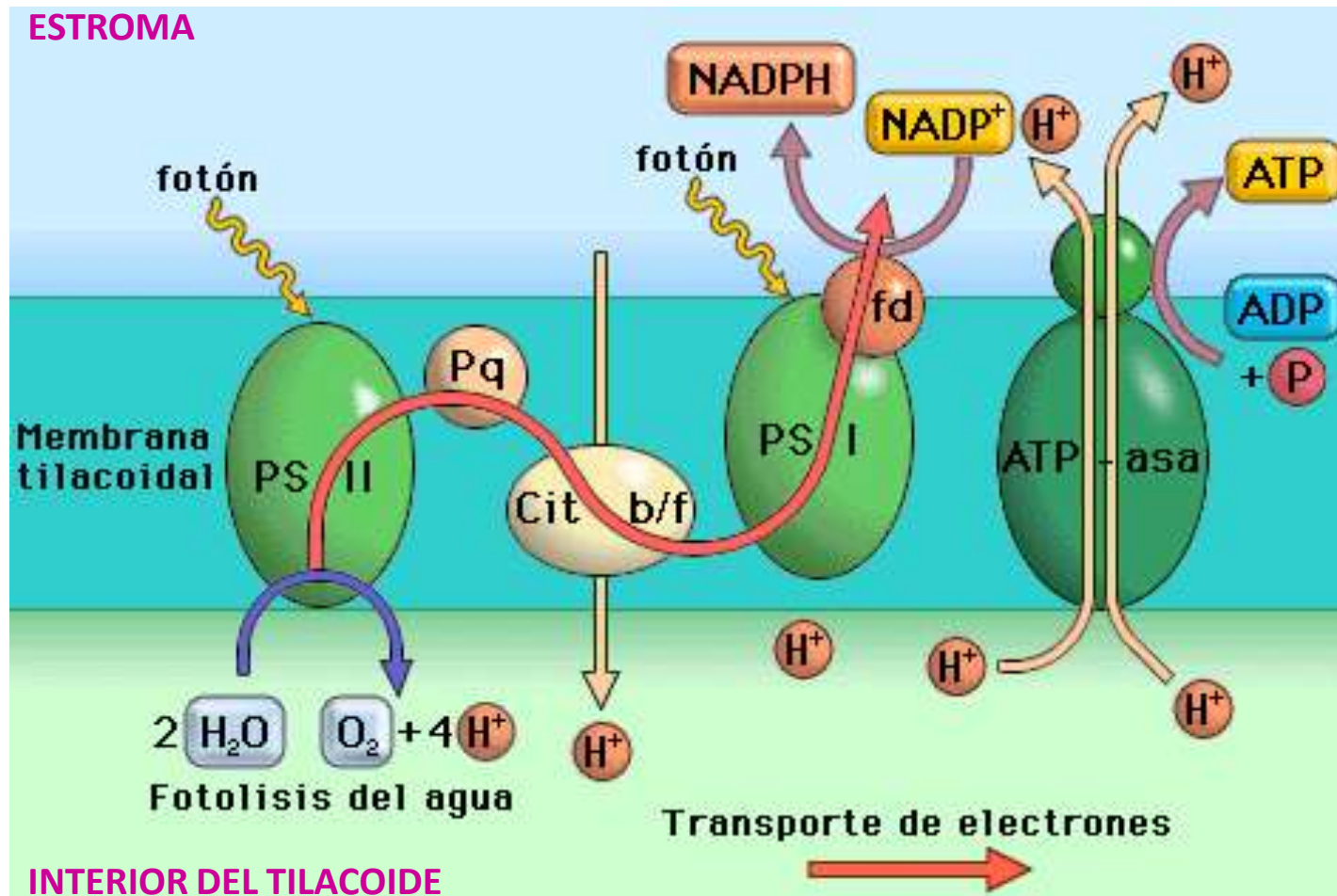
El pigmento queda con un defecto de e^- (*oxidado*). Estos huecos electrónicos los repondrá el **primer dador de e^-** .

TIPOS DE FOTOSISTEMAS



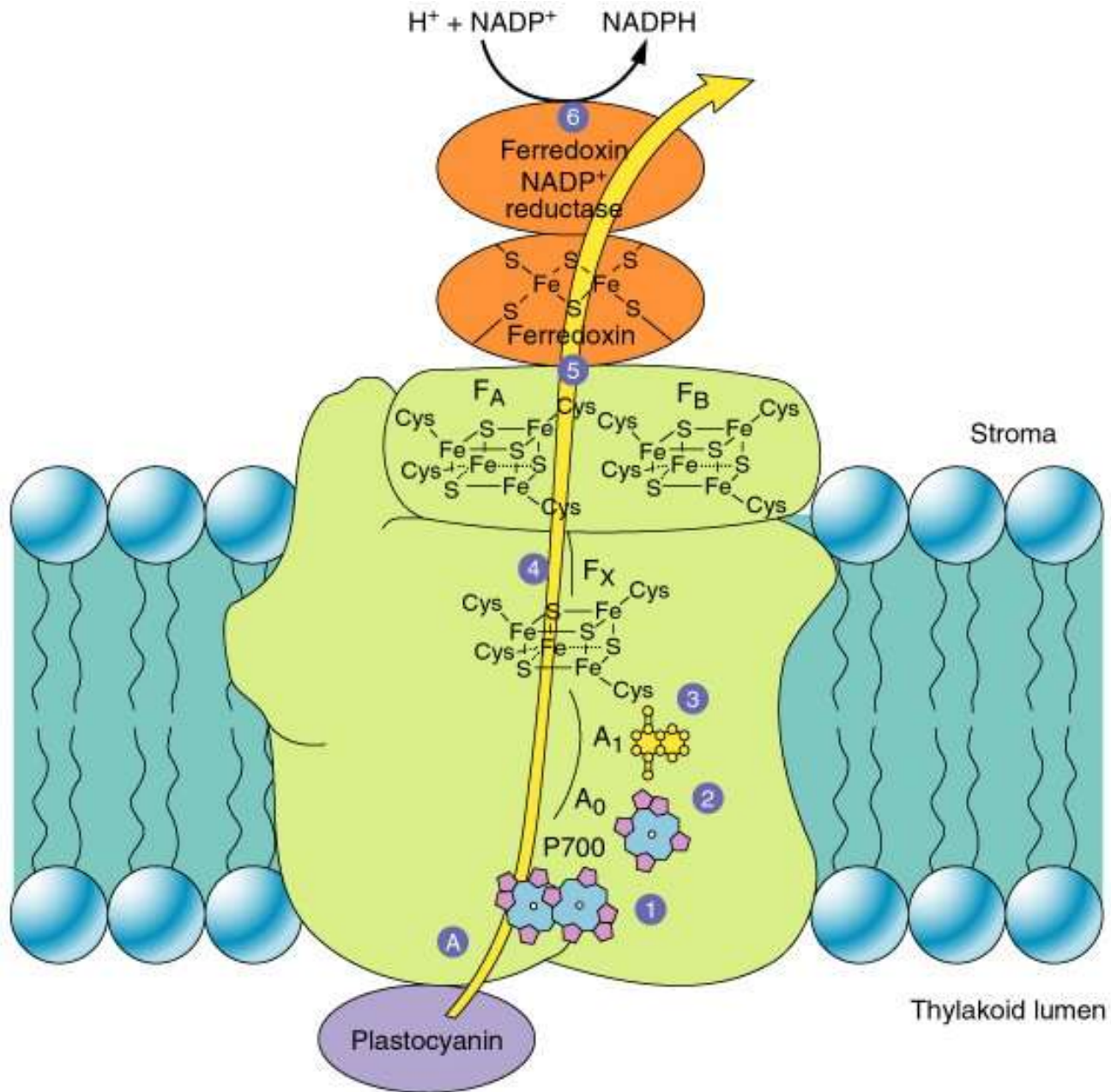
FOTOSISTEMA I (PS I): en su centro de reacción tiene 2 clorofilas P_{700} (700 nm). Ésta cede su e⁻ a un aceptor primario (una molécula de clorofila A_0), y el hueco electrónico que queda se llena con un e⁻ procedente de una molécula de la *cadena transportadora de e⁻* denominada **plastocianina (PC)**.

TIPOS DE FOTOSISTEMAS

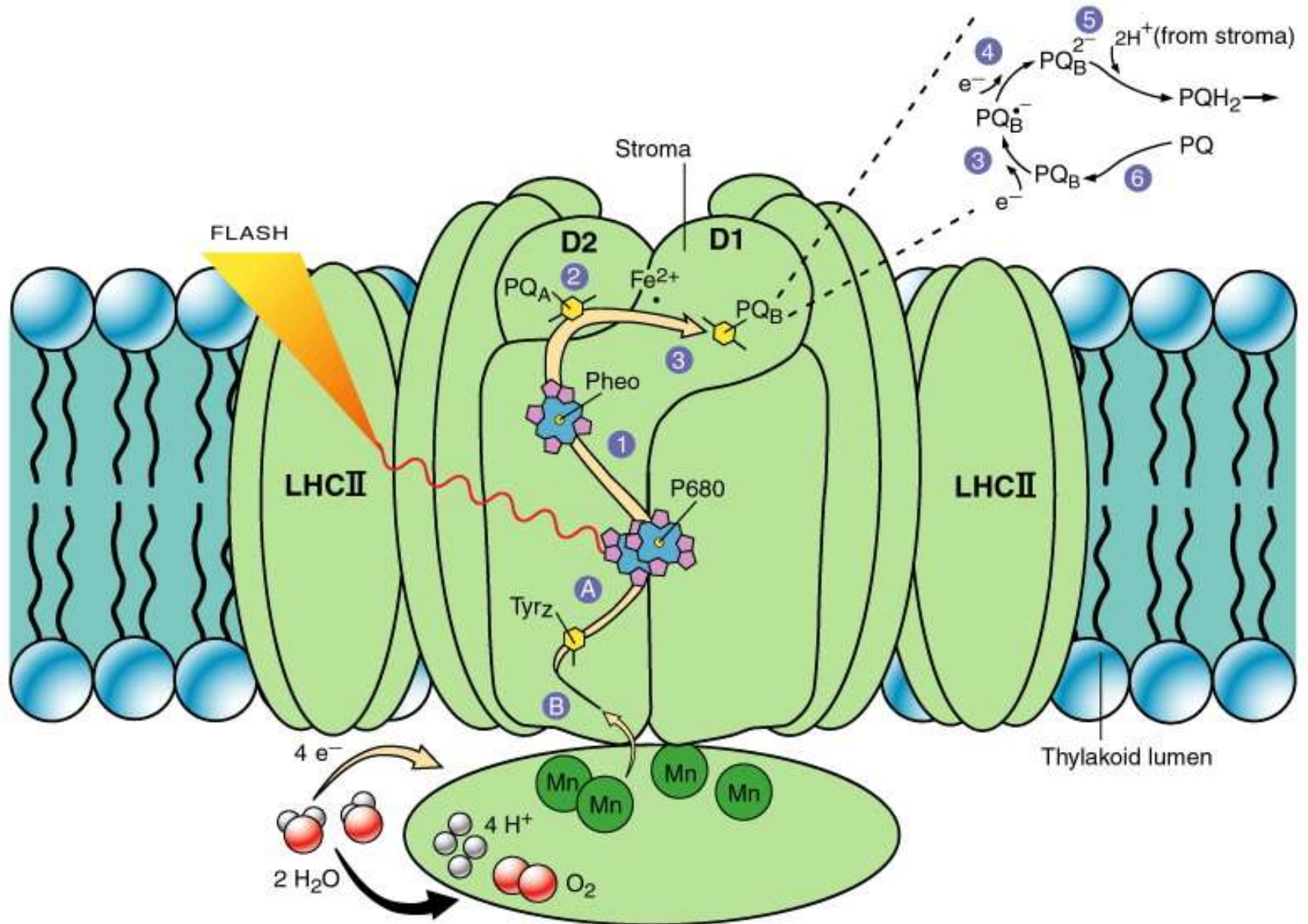


FOTOSISTEMA II (PS II): en su centro de reacción tiene 2 clorofilas P_{680} (680 nm). Ésta cede su e^- a un aceptor primario [feofitina (Feo)], y el hueco electrónico que queda se llena con un e^- procedente de una molécula de H_2O . Por ello, en el PS II tiene lugar la fotólisis del agua: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ fotones} \rightarrow 4 \text{H}^+ + \text{O}_2 + 4 e^-$.

ESTRUCTURA DEL FOTOSISTEMA I



ESTRUCTURA DEL FOTOSISTEMA II

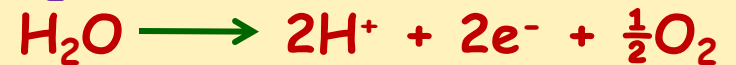


TIPOS DE FOTOSÍNTESIS

OXIGÉNICA

En los cloroplastos (→ clorofila)

El dador de electrones es el H_2O y se desprende O_2 :

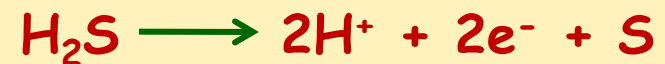


(Plantas sup., algas y cianobacterias)

**ANOXIGÉNICA
O BACTERIANA**

En los clorosomas (→ bacterioclorofila)

El dador de electrones es el H_2S y se desprende S :



(Bacterias purpúreas y verdes del S)

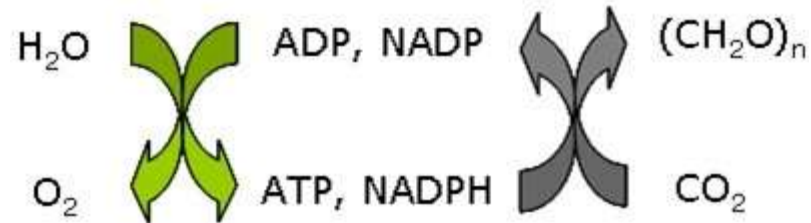


FOTOSÍNTESIS OXIGÉNICA

FASES DE FOTOSÍNTESIS OXIGÉNICA

FASE LUMINOSA

Se realiza en la membrana de los tilacoides. La E luminosa captada por los pigmentos fotosintéticos es utilizada para la **síntesis de ATP**. Los e- obtenidos a partir del H_2O , activados por la E luminosa, servirán para reducir $NADP^+$ a **NADPH**. Se desprende O_2 .



FASE OSCURA

Se realiza en el estroma. No requiere luz. **Se incorpora el C del CO_2** a las cadenas carbonatadas, el cual se reduce por el **NADPH**, y se produce la **síntesis de compuestos orgánicos**. La E la aporta el **ATP**.

Se reducen otras sustancias inorgánicas (nitratos, nitritos, sulfatos,...) para su incorporación a las cadenas carbonatadas. La E es aportada por el **ATP**.

Fase luminosa o fotoquímica

Modalidades:

- Acíclica
- Cíclica

FASE LUMINOSA O FOTOQUÍMICA

Se realiza en los tilacoides (membranas de las láminas y de los granas) y se llama así pues es la fase que requiere la luz de manera directa.

Esta fase tiene como **objetivo** la obtención de:

- * NADPH
- * ATP

Para ello se dan los siguientes procesos:

- 1) Las clorofilas absorben la energía luminosa.
- 2) Descomponen el agua en $2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ y un átomo de oxígeno.
- 3) El transporte de electrones genera **ATP**.
- 4) Los protones y electrones son empleados para reducir el **NADP⁺** a **NADPH**.

FASE LUMINOSA O FOTOQUÍMICA

En la fase luminosa se distinguen dos vías:

A) LA FOTOFOSFORILACIÓN ACÍCLICA

(oxigénica)

La luz va a desencadenar un transporte de electrones a través de los tilacoides con producción de **NADPH** y **ATP**. Los electrones serán aportados por el agua que se descompone en electrones, protones y oxígeno.

Intervienen los dos fotosistemas

B) LA FOTOFOSFORILACIÓN CÍCLICA

(anoxigénica)

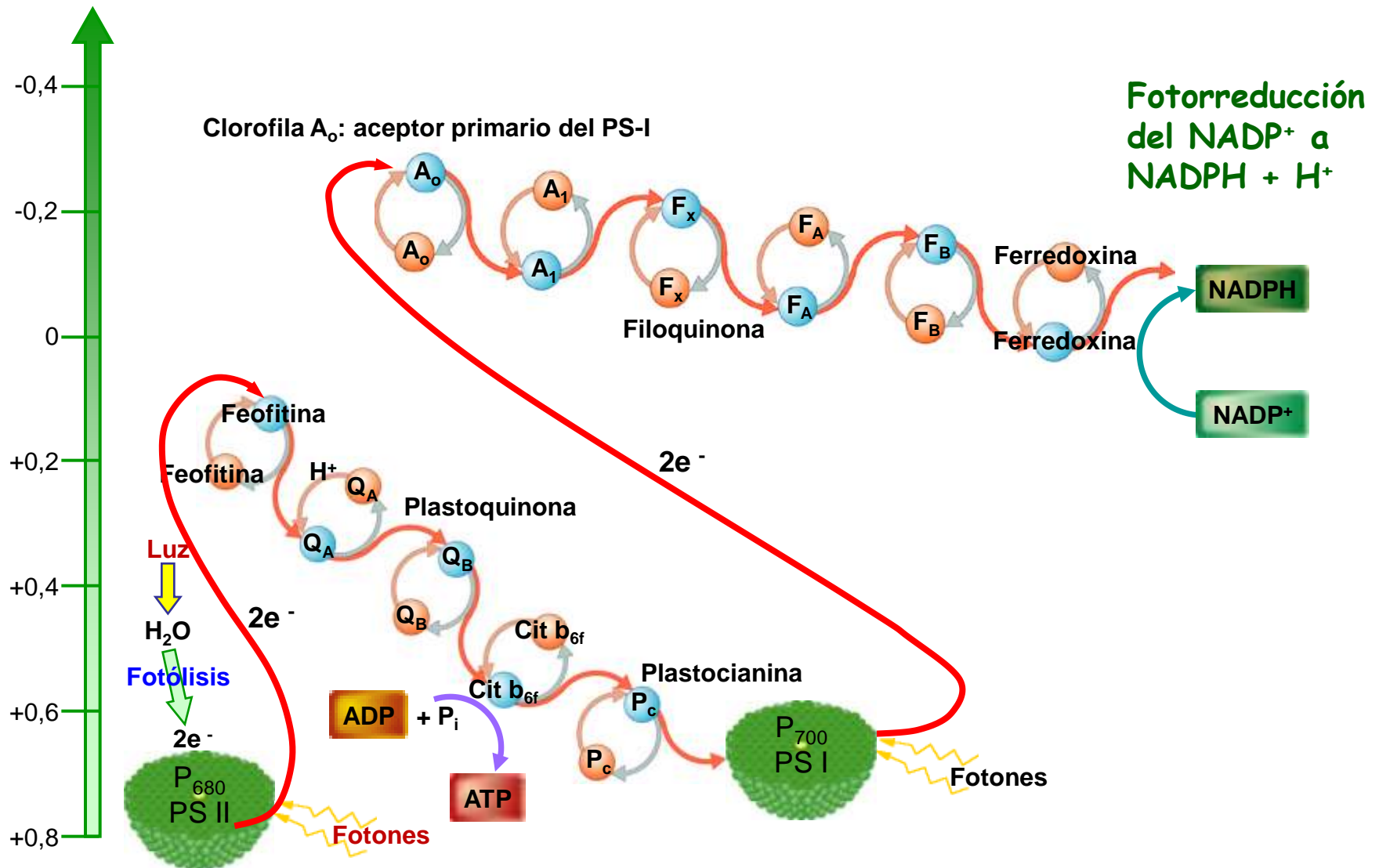
En esta vía la luz va a desencadenar un transporte cíclico de electrones a través de los tilacoides con producción sólo de **ATP**.

Interviene sólo el fotosistema I

The background of the slide features a warm, golden-yellow sunset or sunrise over a tropical landscape. Silhouettes of several palm trees are visible against the bright sky, creating a serene and naturalistic atmosphere. The text is centered and stands out prominently against this background.

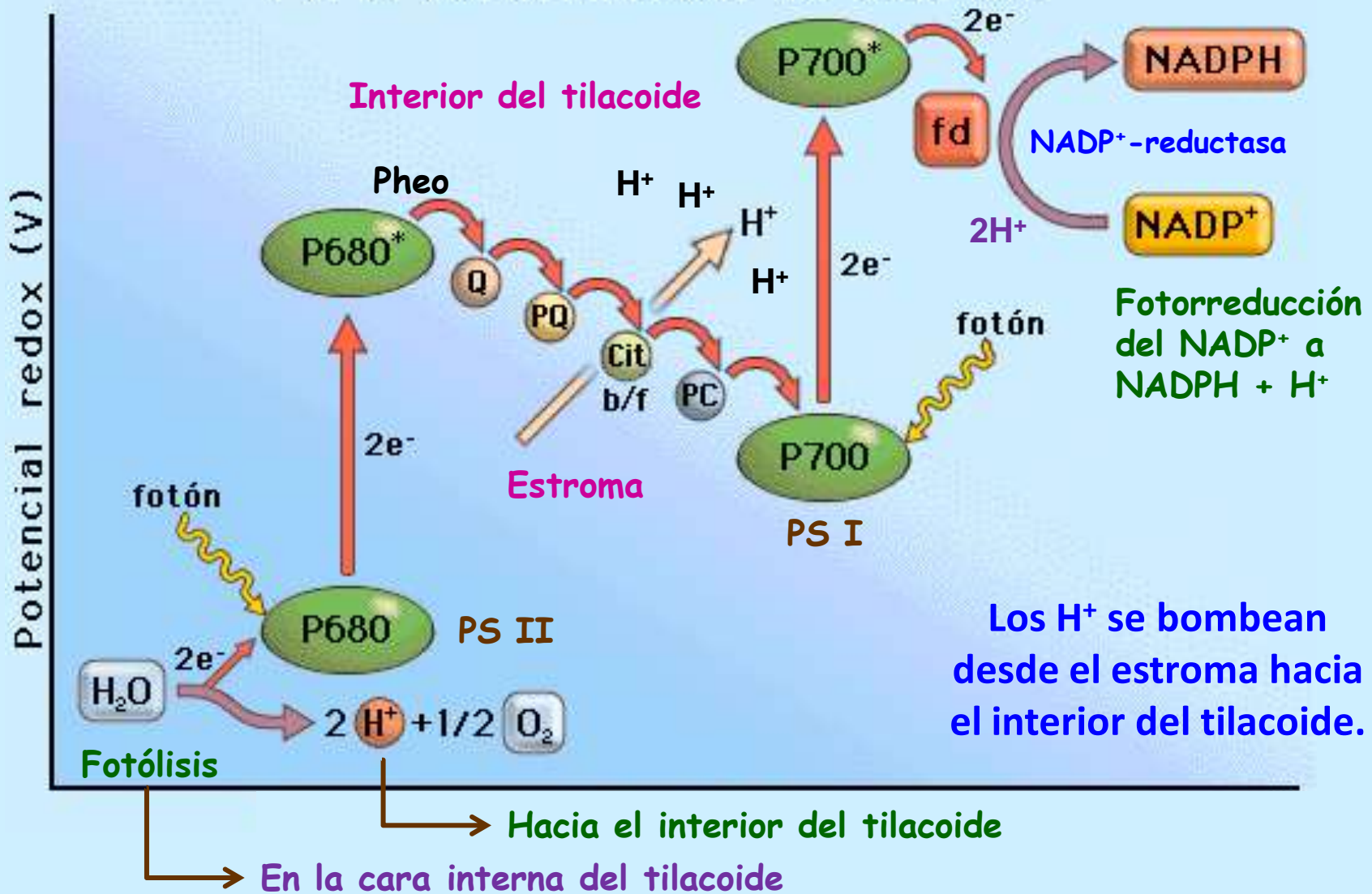
Fase luminosa acíclica (oxigénica)

FASE LUMINOSA ACÍCLICA. RUTA DE LOS e^- . ESQUEMA Z



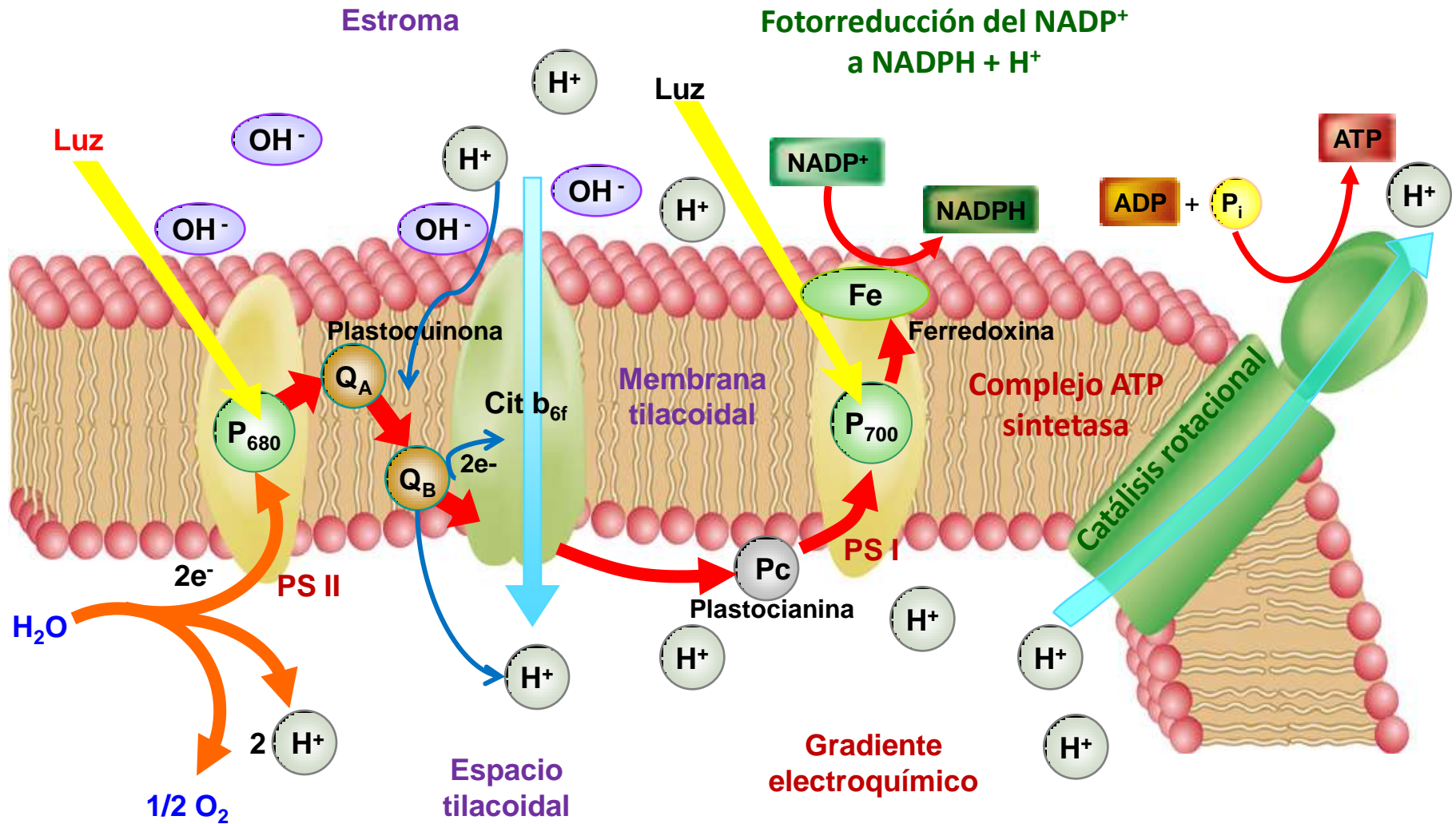
FASE LUMINOSA ACÍCLICA: ruta seguida por los H⁺ (protones)

FOTOFOSFORILACIÓN NO CÍCLICA

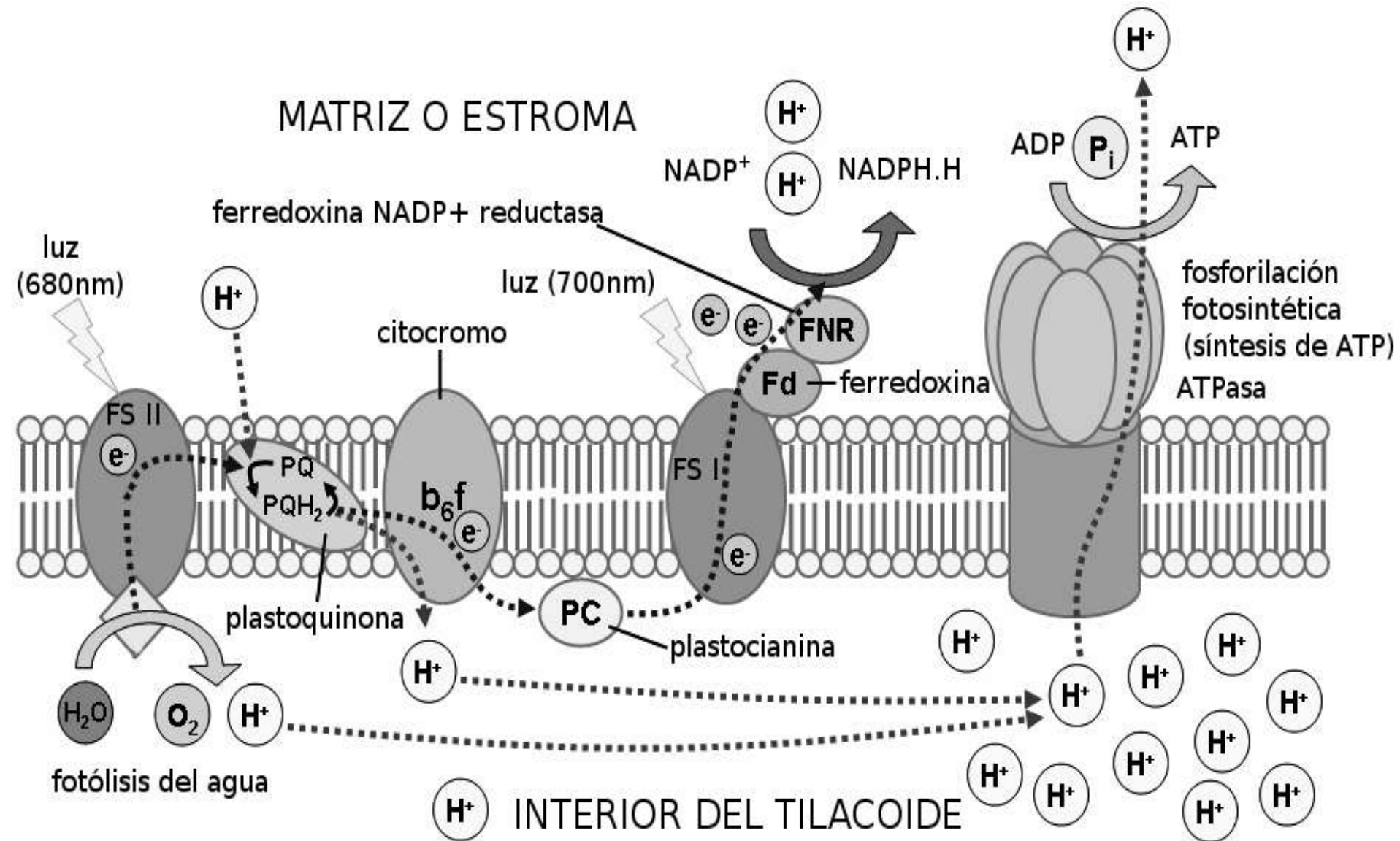


FOTOFOSFORILACIÓN ACÍCLICA. HIPÓTESIS QUIMIOSMÓTICA

(Hipótesis quimiosmótica de Mitchel)



FOTOFOSFORILACIÓN ACÍCLICA. HIPÓTESIS QUIMIOSMÓTICA



FOTOFOSFORILACIÓN ACÍCLICA

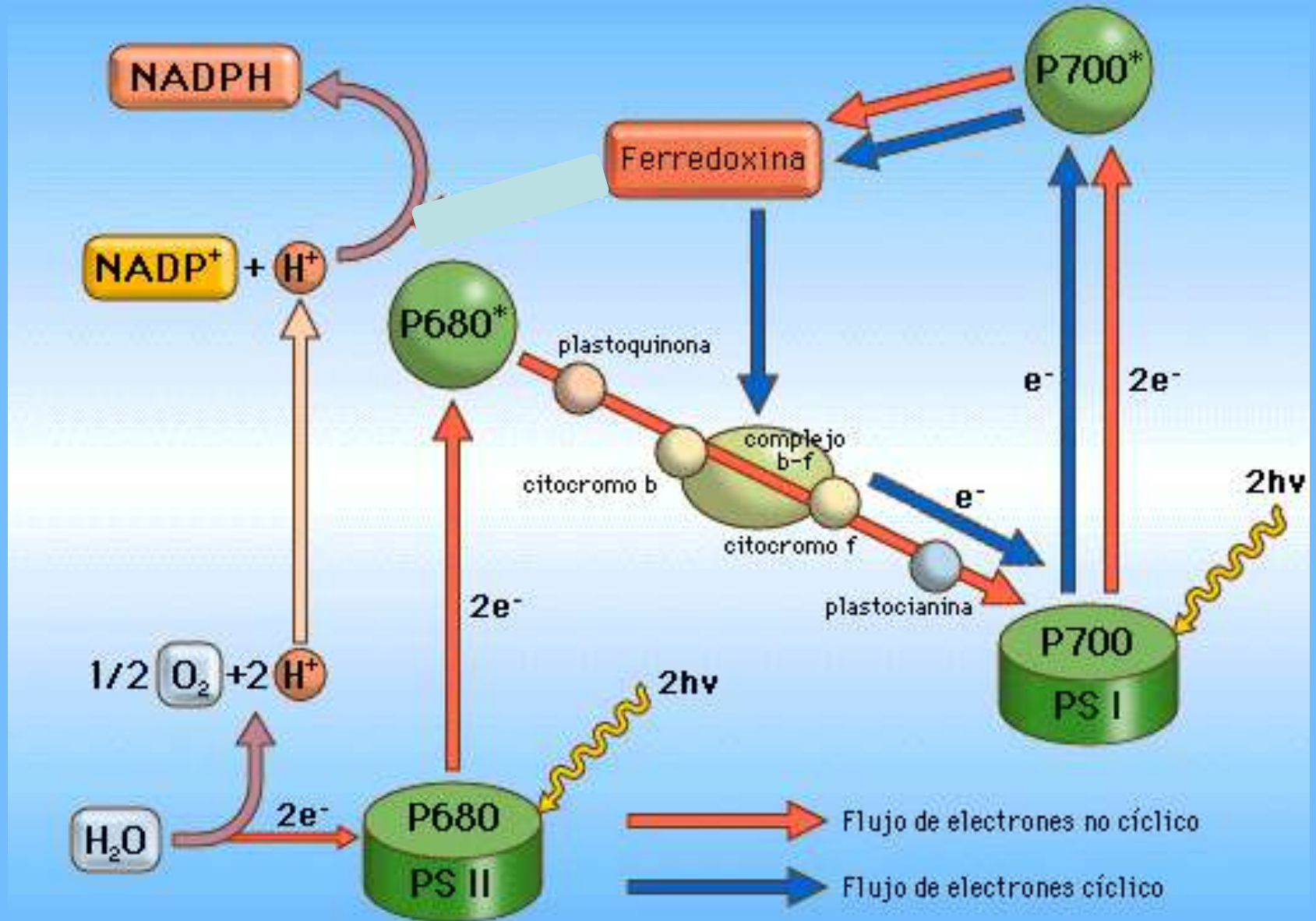
Procesos que se dan en la fotofosforilación acíclica:

- 1) Absorción de la energía luminosa por los fotosistemas (Phs).
- 2) Esta energía sirve para transportar electrones a través de diferentes transportadores de los tilacoides.
- 3) El transporte de electrones genera un bombeo de protones al interior de los grana y de las láminas.
- 4) Los protones salen a través de las **ATP asas** generando **ATP**.
- 5) Los electrones y protones sirven para reducir el **NADP⁺** a **NADPH**.
- 6) Las clorofilas recuperan los electrones cedidos al **NADP⁺** mediante la fotólisis del agua.

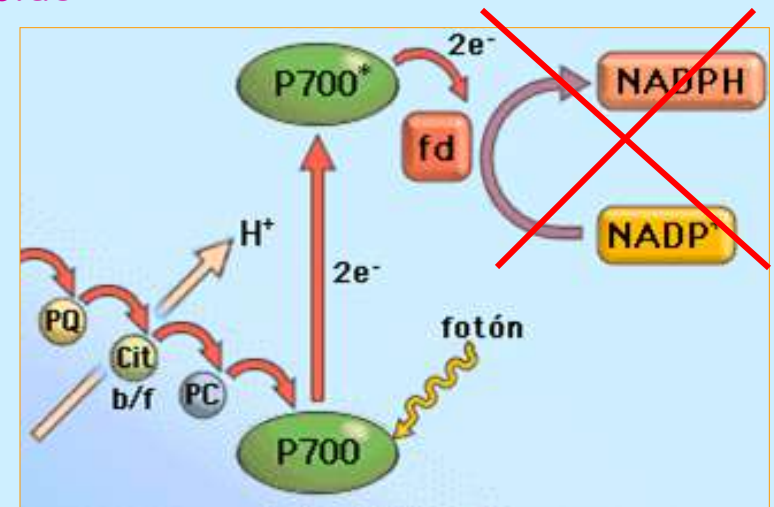
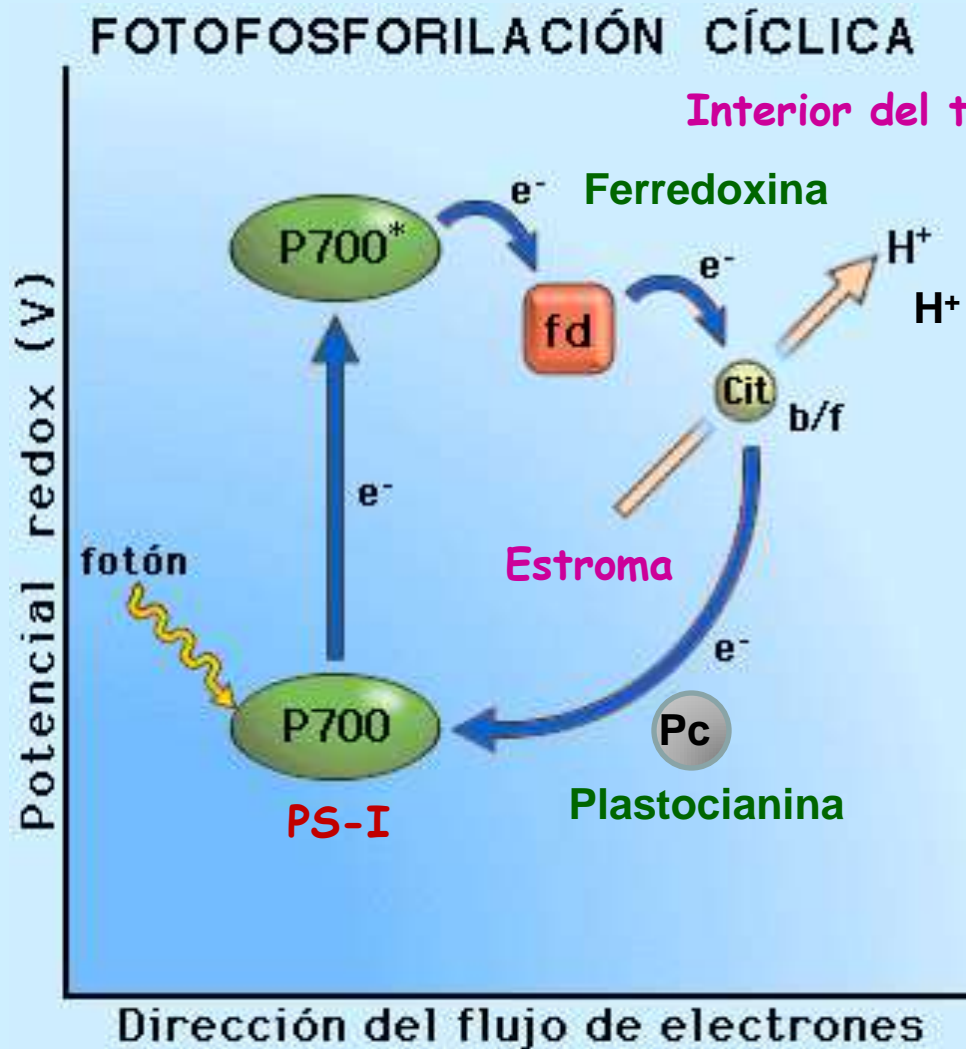
The background of the slide is a warm, golden-yellow sunset scene. Silhouettes of several palm trees are visible against the bright sky, with some trees in the foreground and others further back. The overall atmosphere is serene and tropical.

Fase luminosa cíclica (anoxigénica)

CONCEPTO DE FOTOFOSFORILACIÓN CÍCLICA (ANOXIGÉNICA)

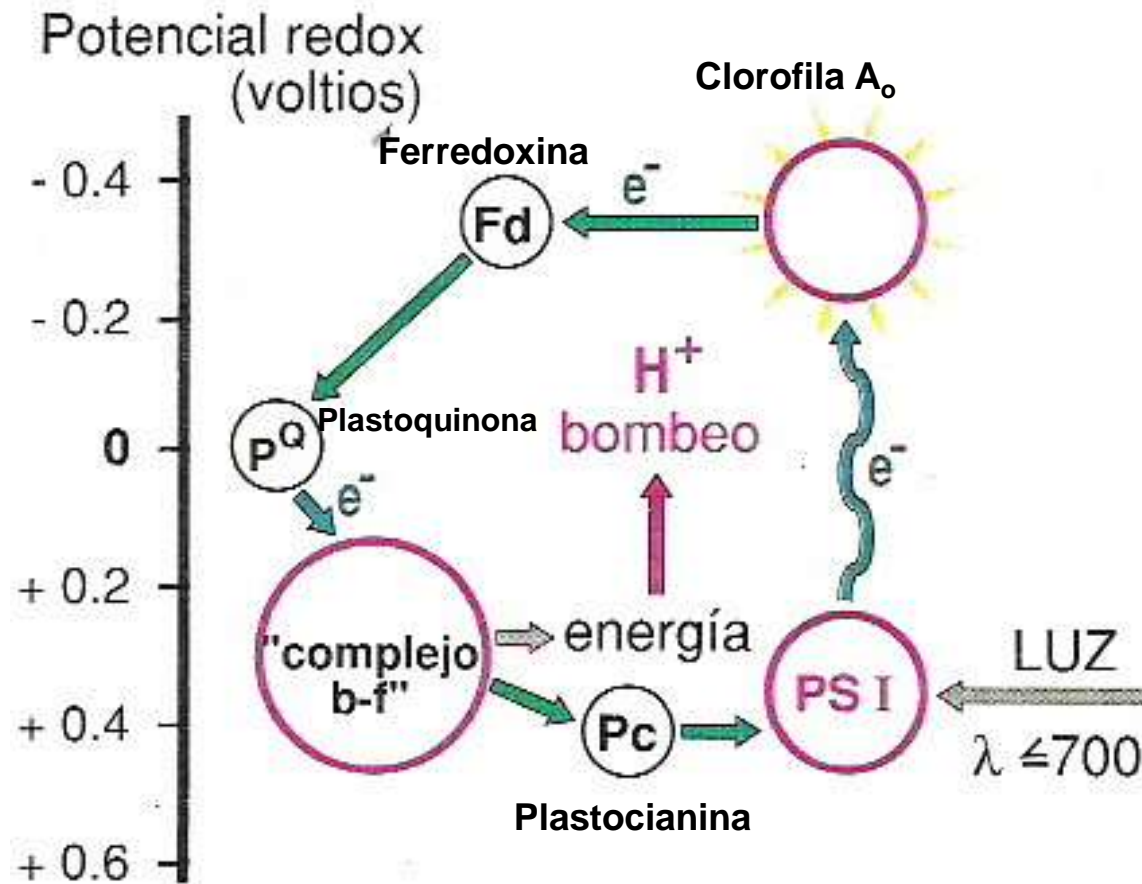


FOTOFOSFORILACIÓN CÍCLICA (ANOXIGÉNICA)

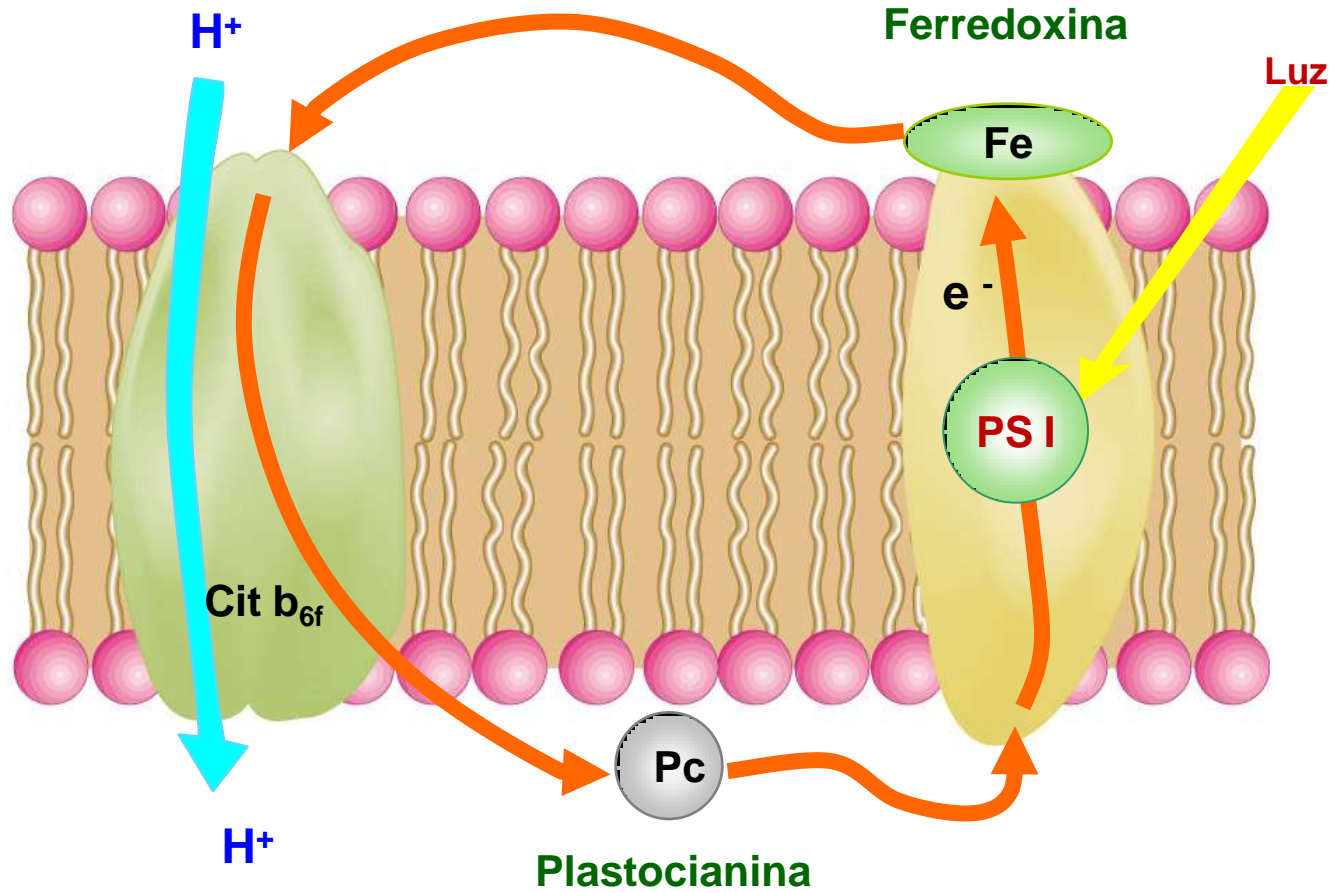


Como no interviene el FS-II, no hay fotólisis del agua, por lo que no hay reducción del $NADP^+$, ni se desprende $\frac{1}{2}O_2$. Sólo se obtiene ATP complementario, necesario para la fase biosintética.

FOTOFOSFORILACIÓN CÍCLICA (ANOXIGÉNICA)



FOTOFOSFORILACIÓN CÍCLICA (ANOXIGÉNICA)



FOTOFOSFORILACIÓN CÍCLICA (ANOXIGÉNICA)

Procesos que se dan en la fotofosforilación cíclica:

- 1) Absorción de la energía luminosa por los fotosistemas (Phs).
- 2) Esta energía sirve para transportar electrones a través de diferentes transportadores de los tilacoides.
- 3) El transporte de electrones genera un bombeo de protones al interior de los grana y de las láminas.
- 4) Los protones salen a través de las **ATP asas** generando **ATP**.
- 5) Los electrones son recuperados por los fotosistemas.

Como no interviene el fotosistema II, no hay *fitólisis* del agua, ni tampoco hay reducción del NAPH⁺, ni se desprende O₂. Sólo se obtiene **ATP**.



**Interesante...
Falta la 2ª parte...**