

FOTOSÍNTESIS

- **Los seres vivos fototrofos convierten la energía solar en energía química, a través de un proceso denominado FOTOSÍNTESIS**
- **La energía química es almacenada en las células de esos productores en forma de hidratos de carbono y otras moléculas orgánicas necesarias para sostener todas las formas de vida del planeta**

**Outer
membrane**

**Stromal
lamella**

**Inner
membrane**

**Intermembrane
compartment**

Granum

Stroma

**Thylakoid
compartment**

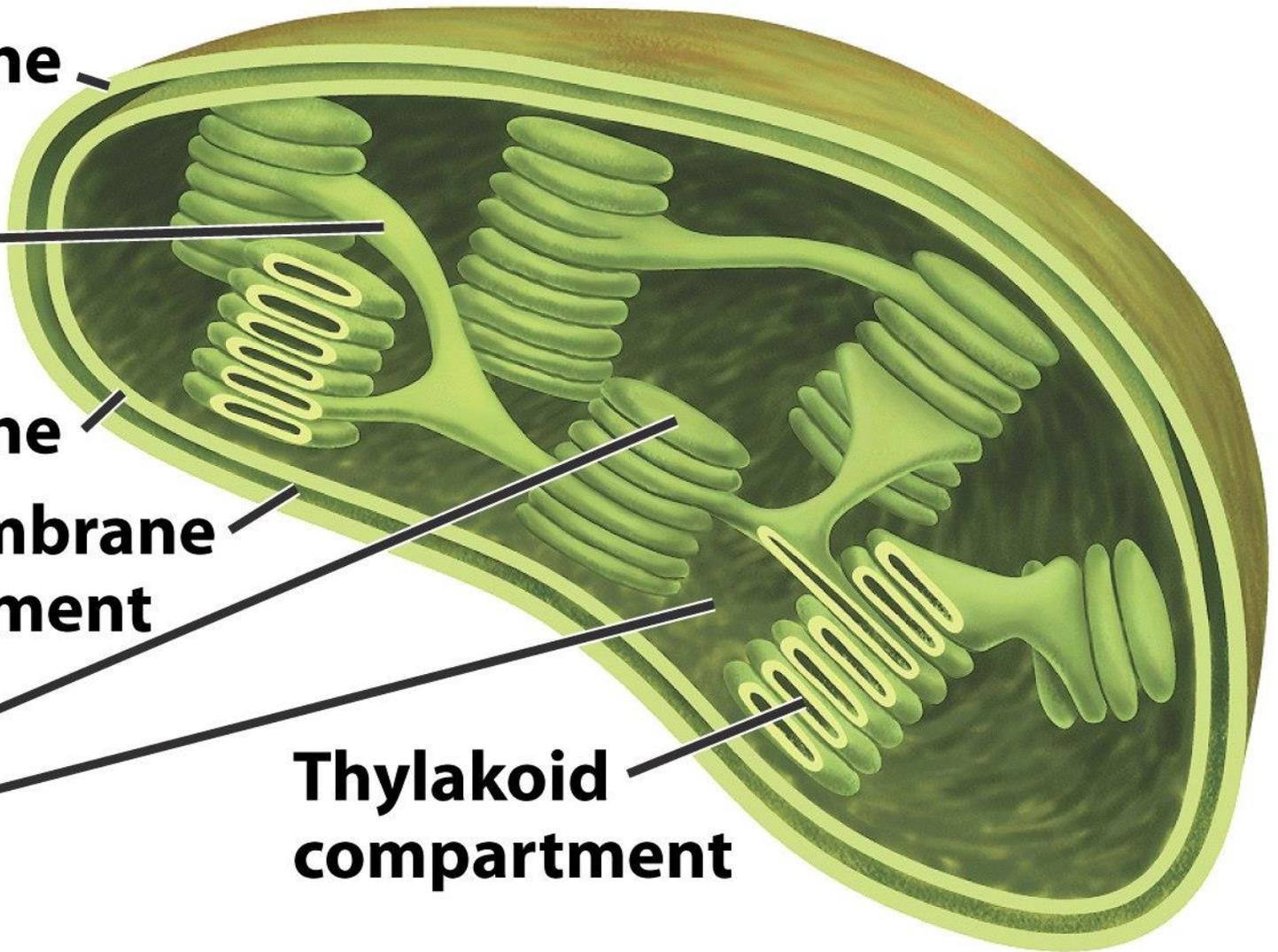


Figure 18-1b Fundamentals of Biochemistry, 2/e
© 2006 John Wiley & Sons

La fotosíntesis consiste en la conversión de:
ENERGÍA LUMINOSA a ENERGÍA QUÍMICA

Fase Lumínica: en los tilacoides

La energía química queda contenida en moléculas de dos tipos:

NADPH

ATP

Como subproducto de esta etapa se obtiene:

O₂

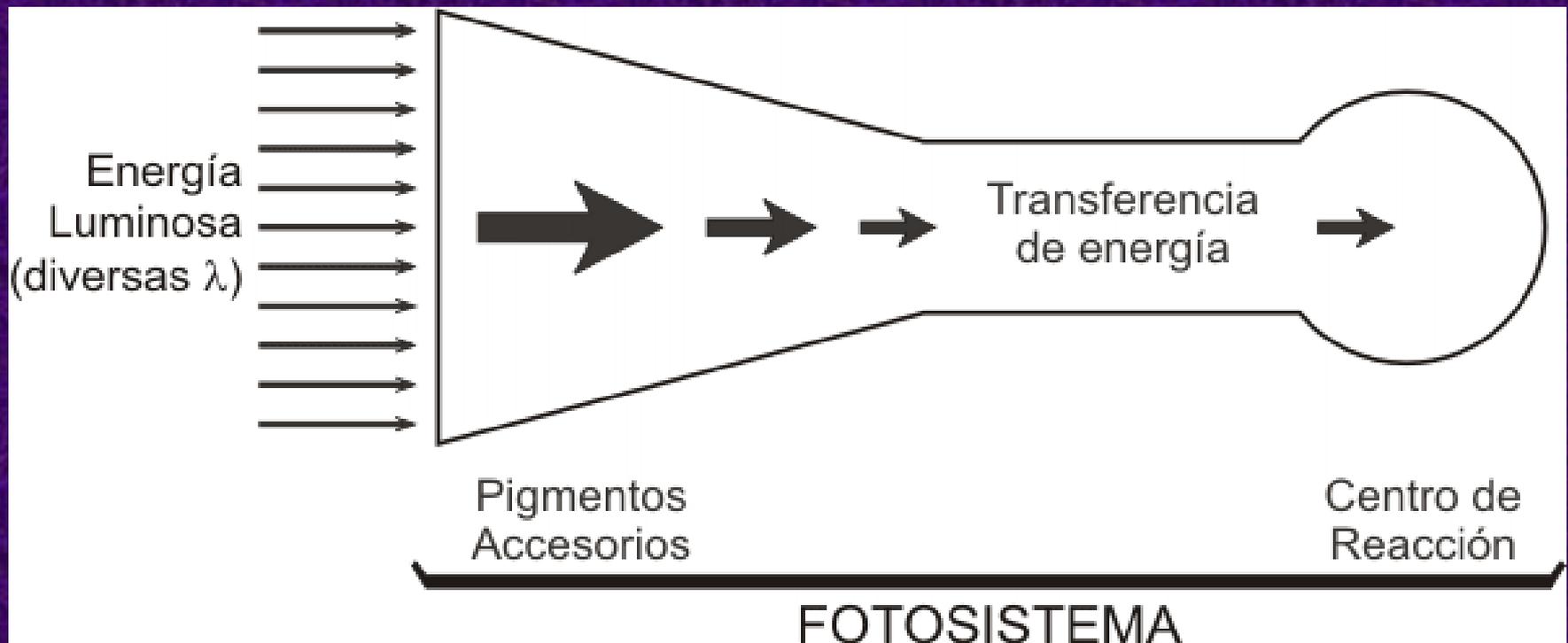
Fase oscura o CICLO DE CALVIN

Ocurre en la matriz del cloroplasto con la intervención de numerosas enzimas que actúan en un ciclo.

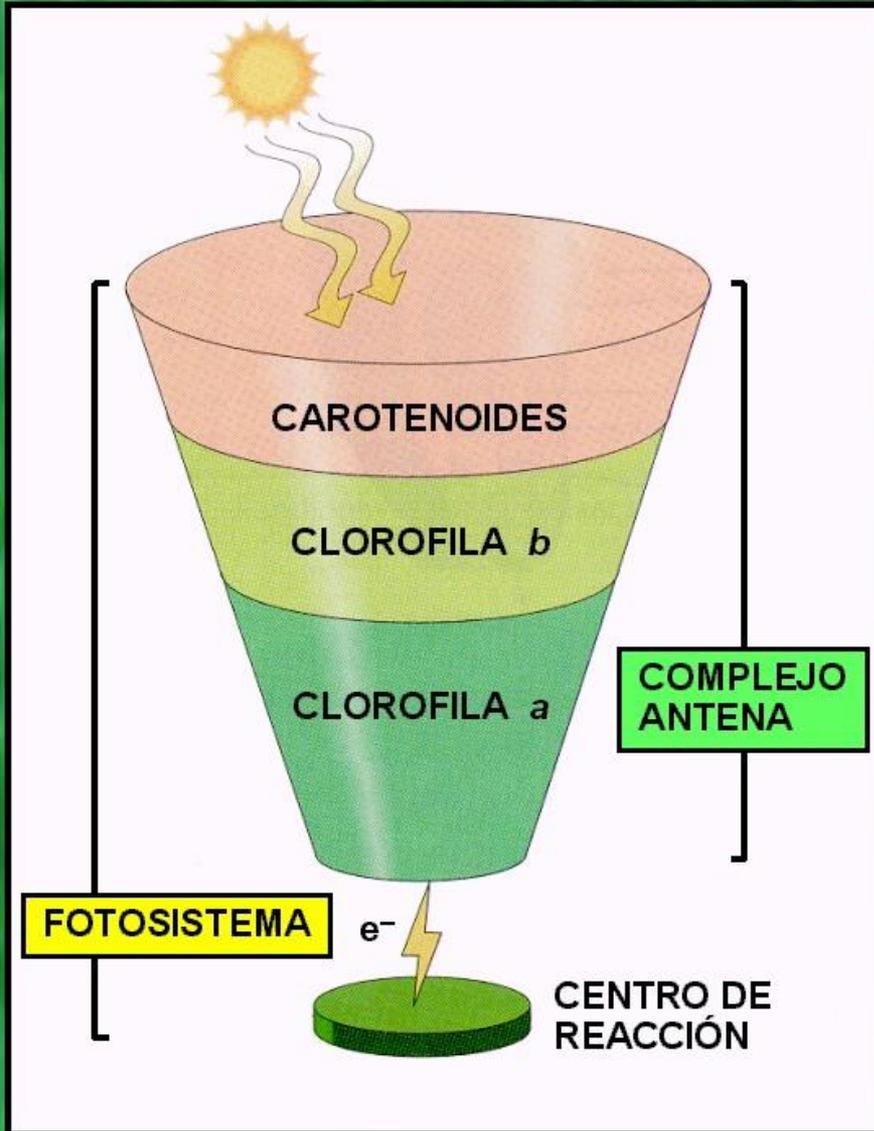
Consiste en la reducción de moléculas de CO₂ para **formar glúcidos** mediante las fuentes de energía (**ATP**) y la fuente reductora (**NADPH**) **obtenidas en la etapa clara.**

La luz está formada por partículas de energía llamada **FOTONES**

La clorofila y los pigmentos accesorios (carotenoides, ficocianobilinas, ficoeritrobilinas) absorben los fotones, se excitan y sus electrones se desplazan hacia niveles de energía superiores: excitados



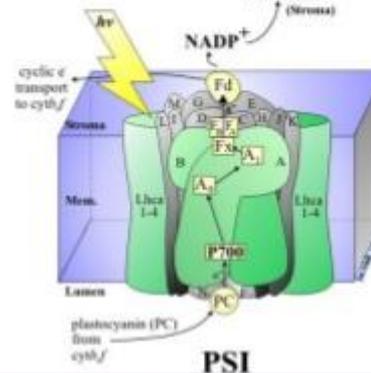
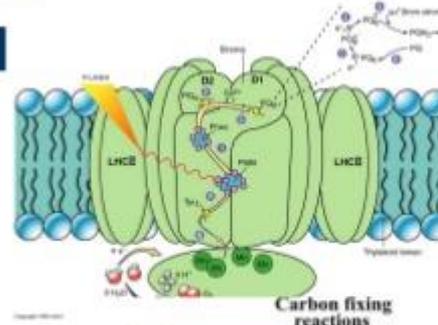
El Complejo Antena



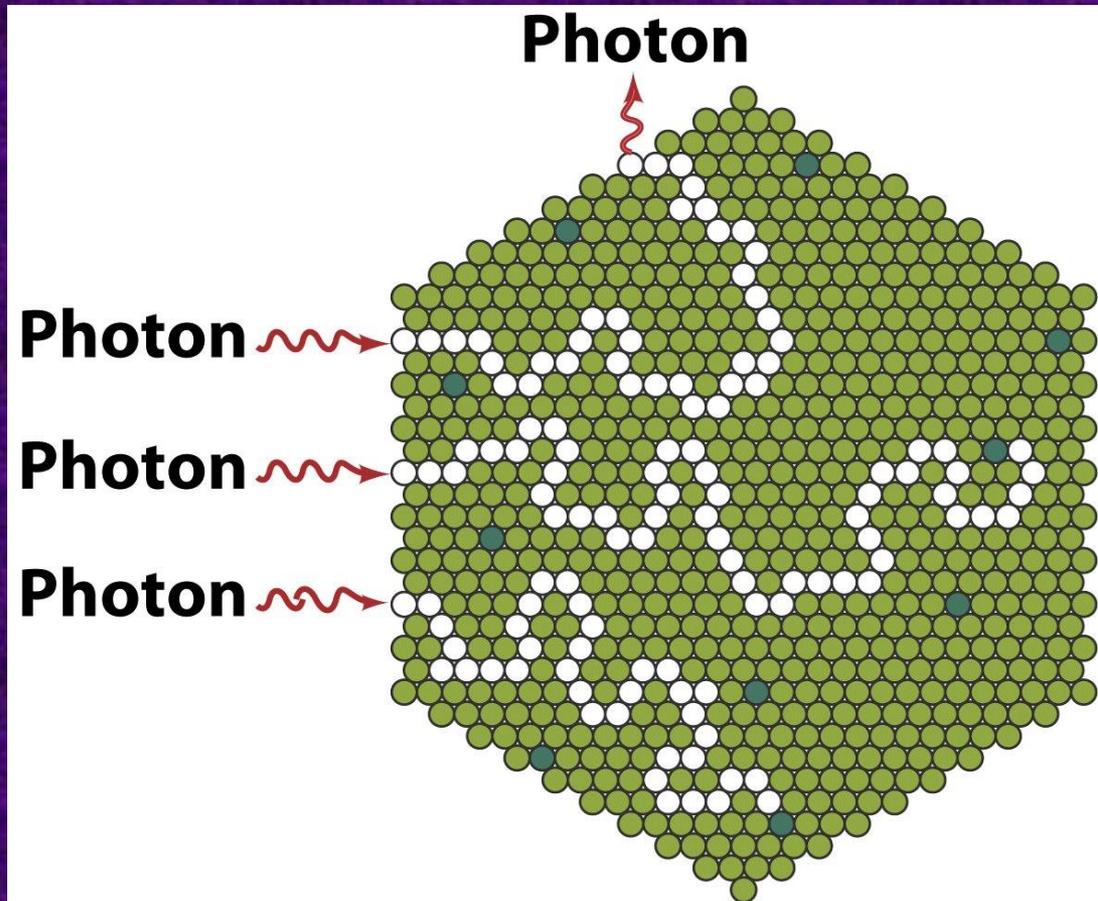
Los complejos antena o complejos recolectores de luz presentes en los cloroplastos funcionan como un embudo; colectan los fotones y transfieren la energía hasta los centros de reacción.

Los complejos antena

- Formados por un conjunto de pigmentos captadores de luz asociados a proteínas.
- Las clorofilas y carotenos absorben luz excitándose adquiriendo un estado energético mayor.
- Al volver a su estado inicial ceden parte de esa energía a otro pigmento, de esa forma se va canalizando hasta un centro de reacción que la transfiere a los P700 y P680

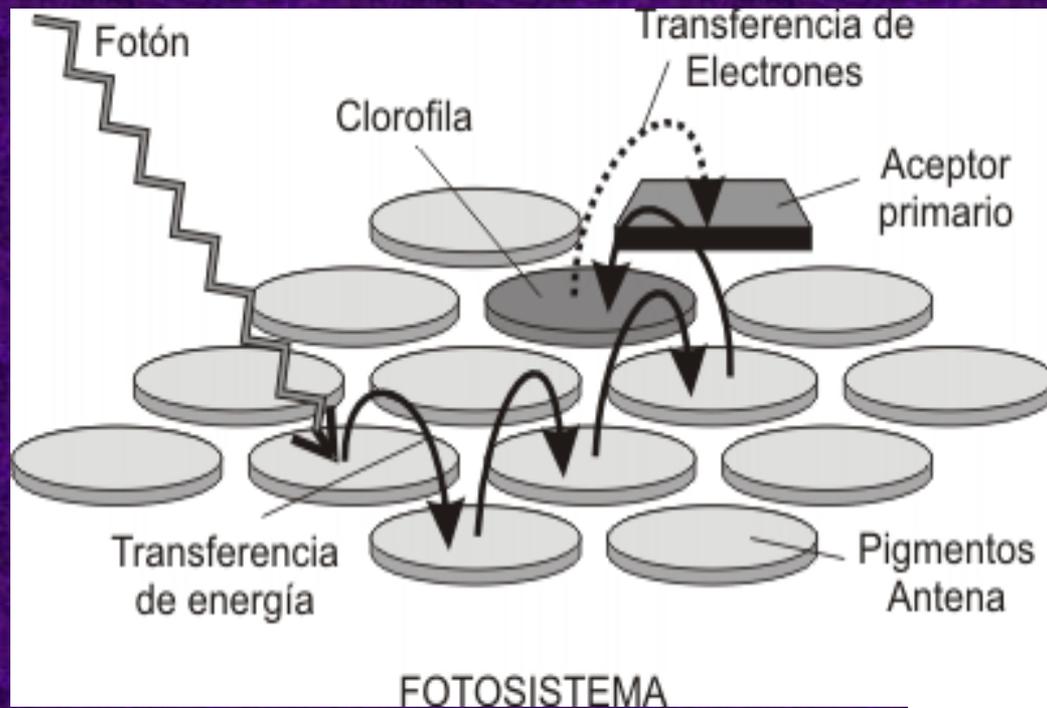


Flujo de energía a través de un complejo antena fotosintético



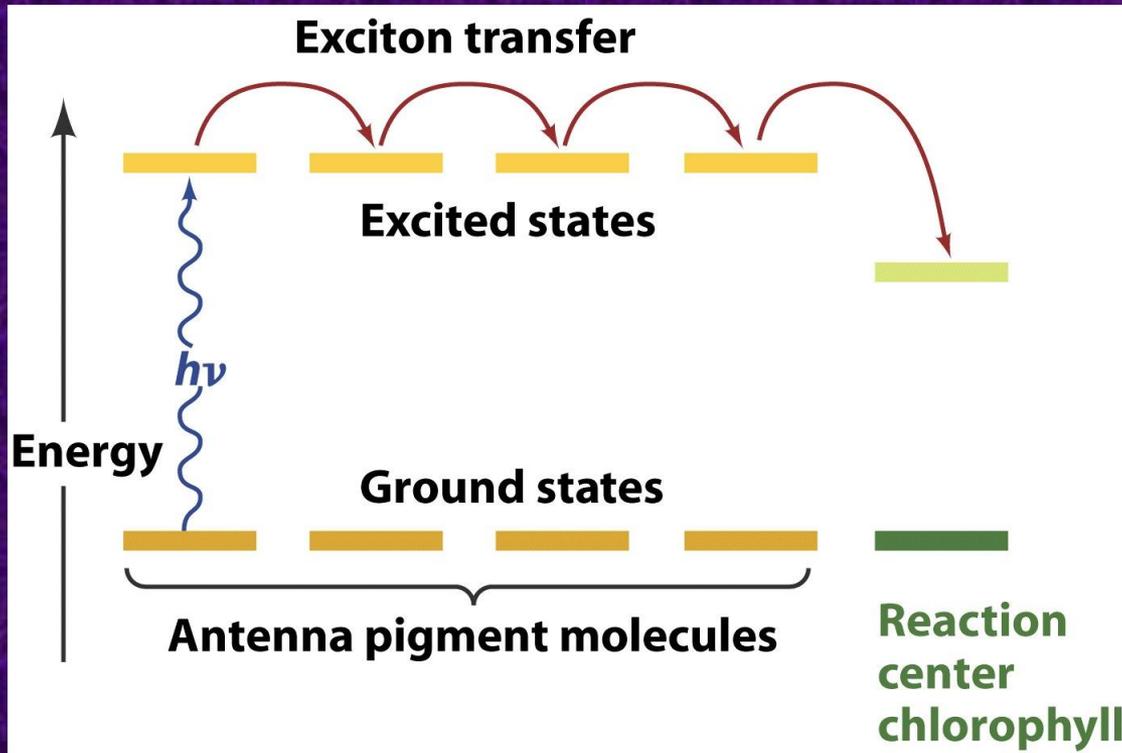
La energía de un fotón absorbido migra al azar entre las moléculas del complejo antena hasta que alcanza una clorofila del centro de reacción

Complejo antena: 2500 clorofilas + pigmentos accesorios



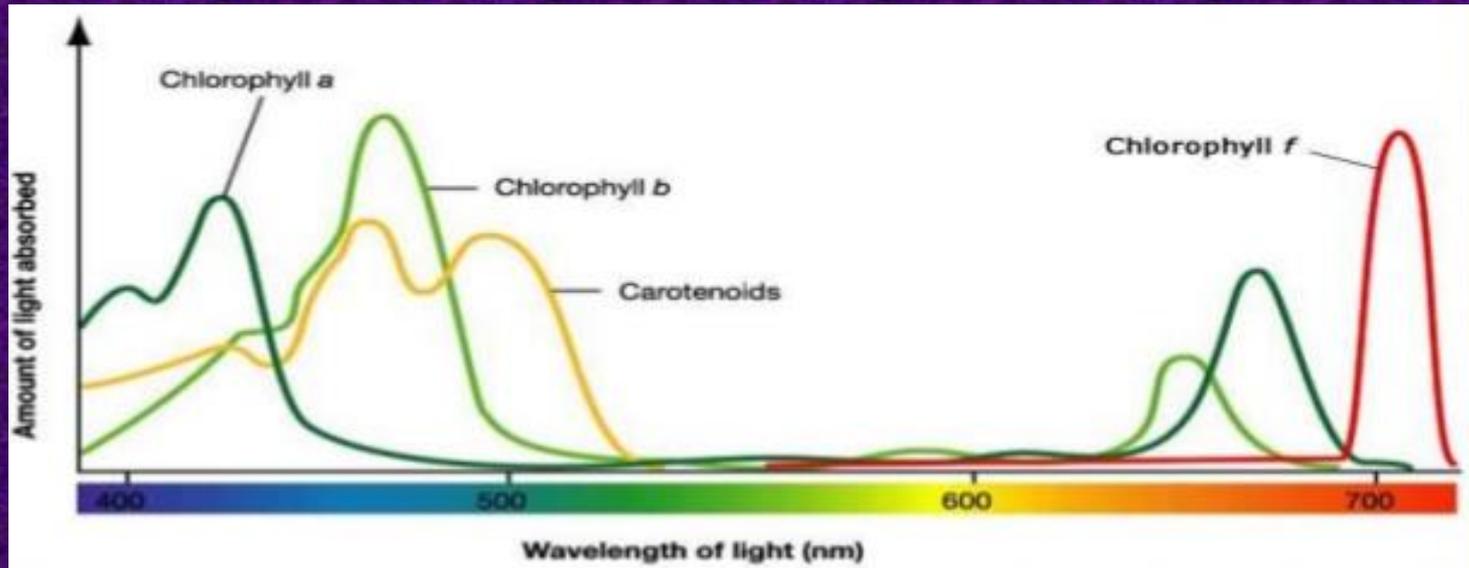
Un fotón excitado puede:

- regresar a su nivel original. La energía se disipa generalmente como calor o luz de longitud de onda más larga.
- se pierde un electrón dejando al átomo con una carga positiva neta. El electrón emitido puede ser aceptado por un agente reductor

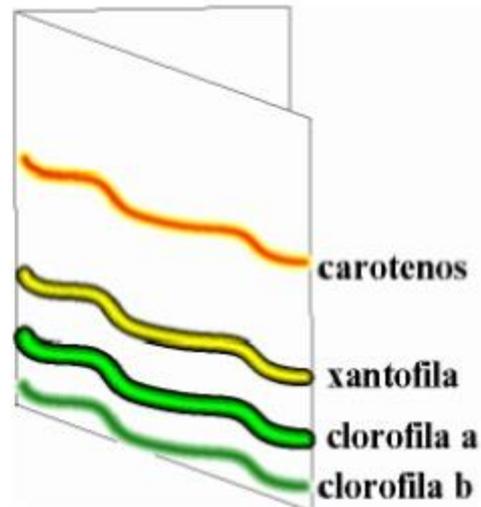


La energía lumínica es atrapada por la clorofila del centro de reacción debido a que su estado excitado tiene menor energía que las del pigmento antena

Espectro de Absorción de varios pigmentos fotosintéticos

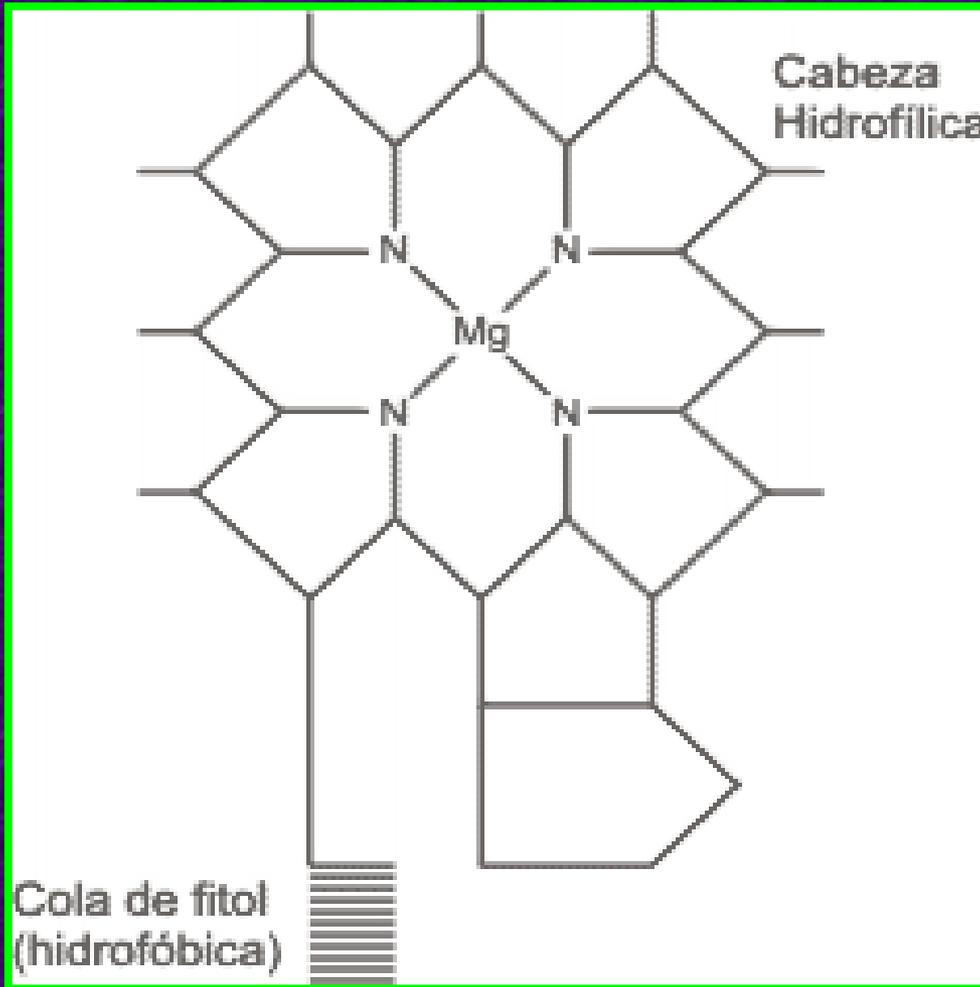


PIGMENTO	COLOR
Clorofila A	Verde azulado
Clorofila B	Verde oliva
Beta carotenos	Naranja
Xantofilas	Amarillo



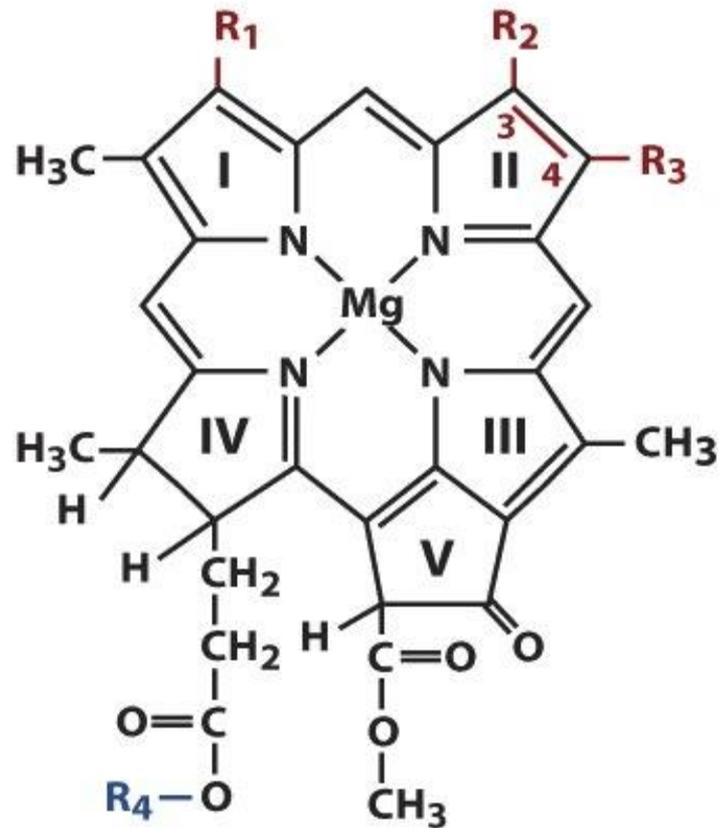
La clorofila es el pigmento que les da el color verde a las plantas; aunque también está presente en plantas y algas de distintos colores que hacen fotosíntesis.

La clorofila se excita con la luz o con la energía que pasa desde otros pigmentos excitados por la luz, a los que se llama pigmentos accesorios.

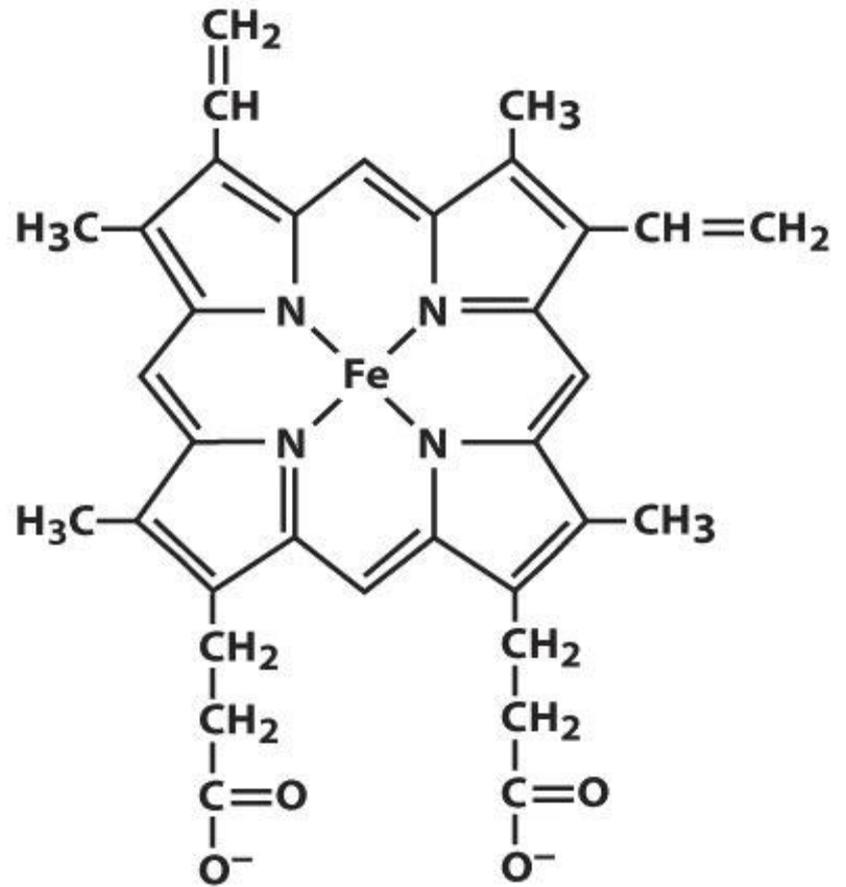


Clorofila

Cabeza hidrofílica que es un anillo de porfirina con un átomo central de Mg y una cola lateral formada por un fitol (terpeno lineal), que es hidrofóbica



Chlorophyll

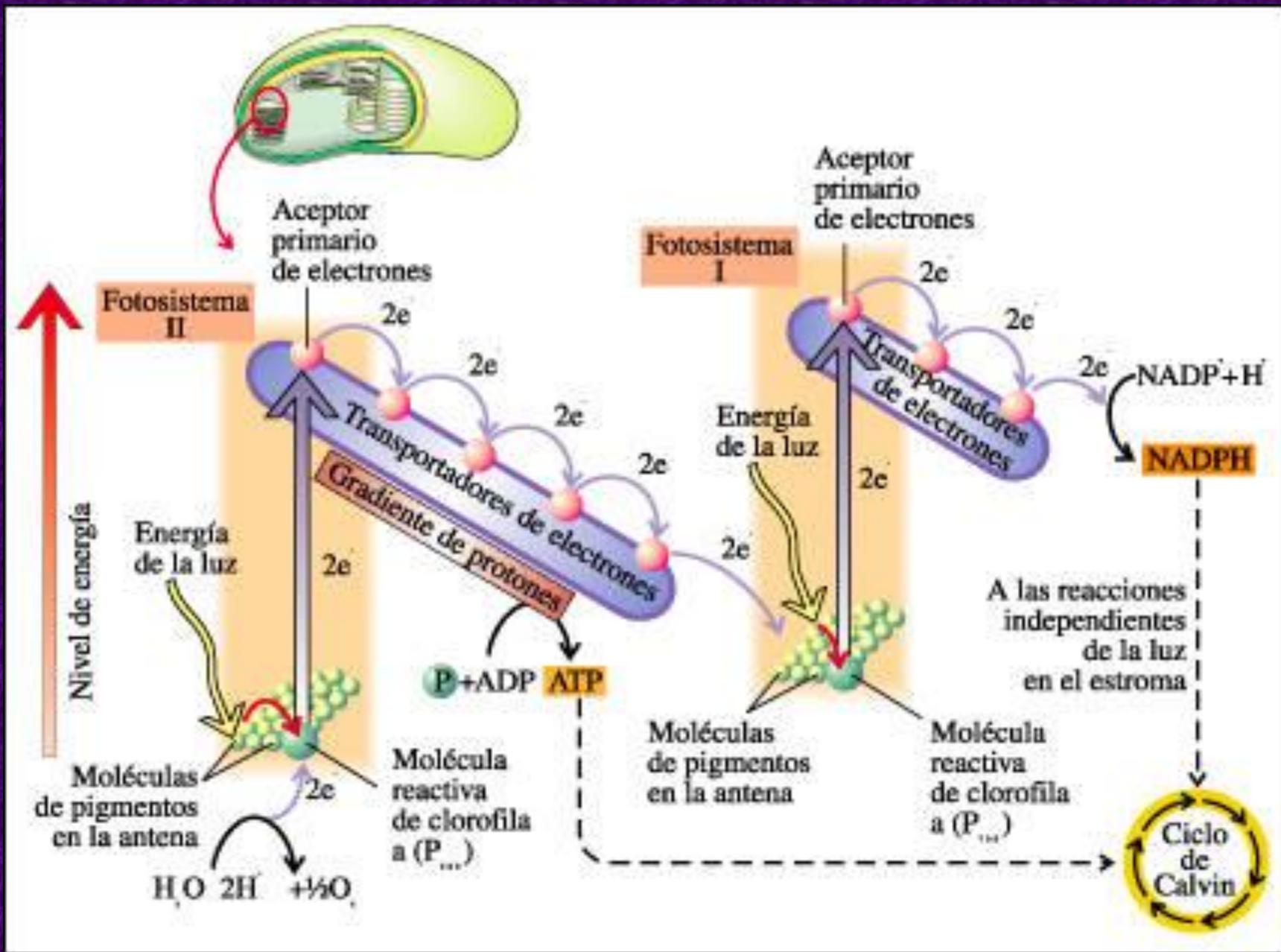


Iron-protoporphyrin IX

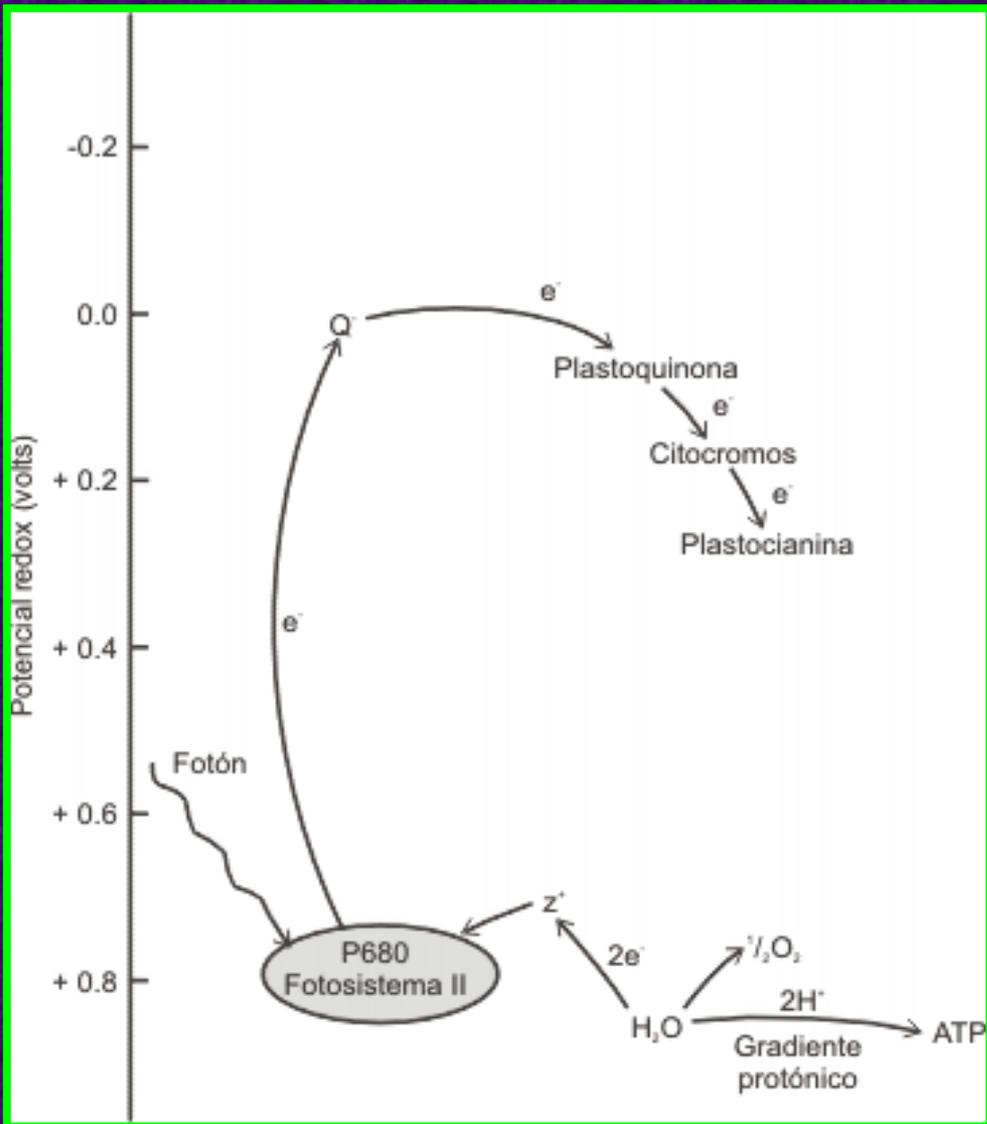
	<u>R₁</u>	<u>R₂</u>	<u>R₃</u>	<u>R₄</u>
Chlorophyll a	-CH=CH ₂	-CH ₃	-CH ₂ -CH ₃	P
Chlorophyll b	-CH=CH ₂	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	-CH ₂ -CH ₃	P

ETAPA LUMÍNICA O DEPENDIENTE DE LA LUZ

- En la membrana de los tilacoides
- Transformación de energía lumínica en química.
- Transferencia de electrones, inducida por la luz, de un compuesto a otro
- 2 centros de reacción fotosintética: **PSI y PSII**
- **PSII**: oxidación del H₂O para dar **O₂** como subproducto
- **PSI**: obtención de una fuente reductora de alta energía: **NADPH** y energía **ATP**

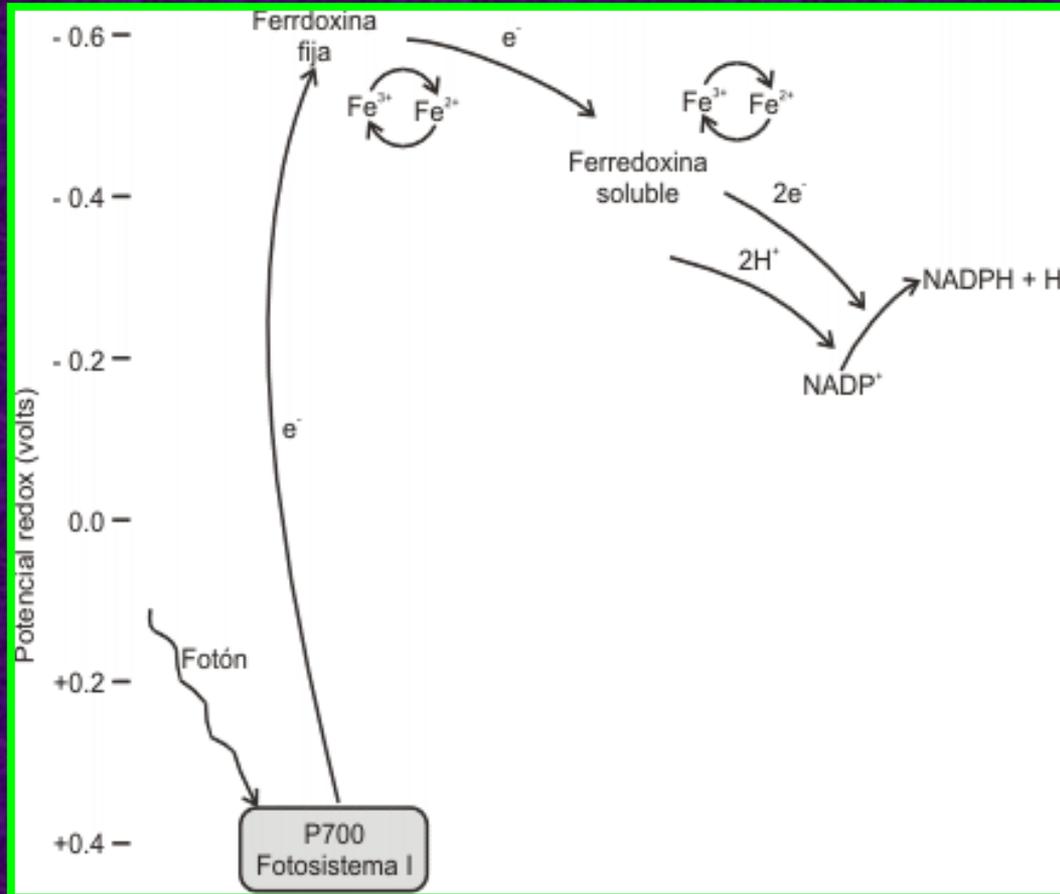


Flujo de electrones en el Fotosistema II



Cuando el PSII es activado por la absorción de un fotón, se produce un poderoso oxidante, llamado Z⁺. El potencial de este oxidante extrae electrones del agua, formando O₂ y contribuye a la formación de un gradiente protónico que genera ATP. Los electrones fluyen luego hacia el reductor Q⁻, que está fuertemente unido a las membranas tilacoidales. Luego el electrón pasa hacia la plastoquinona y de ahí a los otros aceptores

Paso de los electrones desde el PSI hacia el NADP⁺



PSI absorbe un fotón.

PSI emite un electrón que es aceptado por la Ferredoxina.

Este fotosistema queda con carga positiva. La

ferredoxina ahora reducida, transporta electrones al

$NADP^+$ el cual, juntamente con H^+ provenientes de la

fotooxidación del H_2O , es reducido a $NADPH$.

El flujo de electrones desde el PS II al I es un transporte exergónico.

La energía se emplea para bombear H^+ a través de la membrana tilacoidal hacia el interior de ésta.

Los H^+ regresan luego desde el interior hacia el estroma a través de canales especiales de la membrana formados por los complejos CF_0 Y CF_1 de la ATPsintasa.

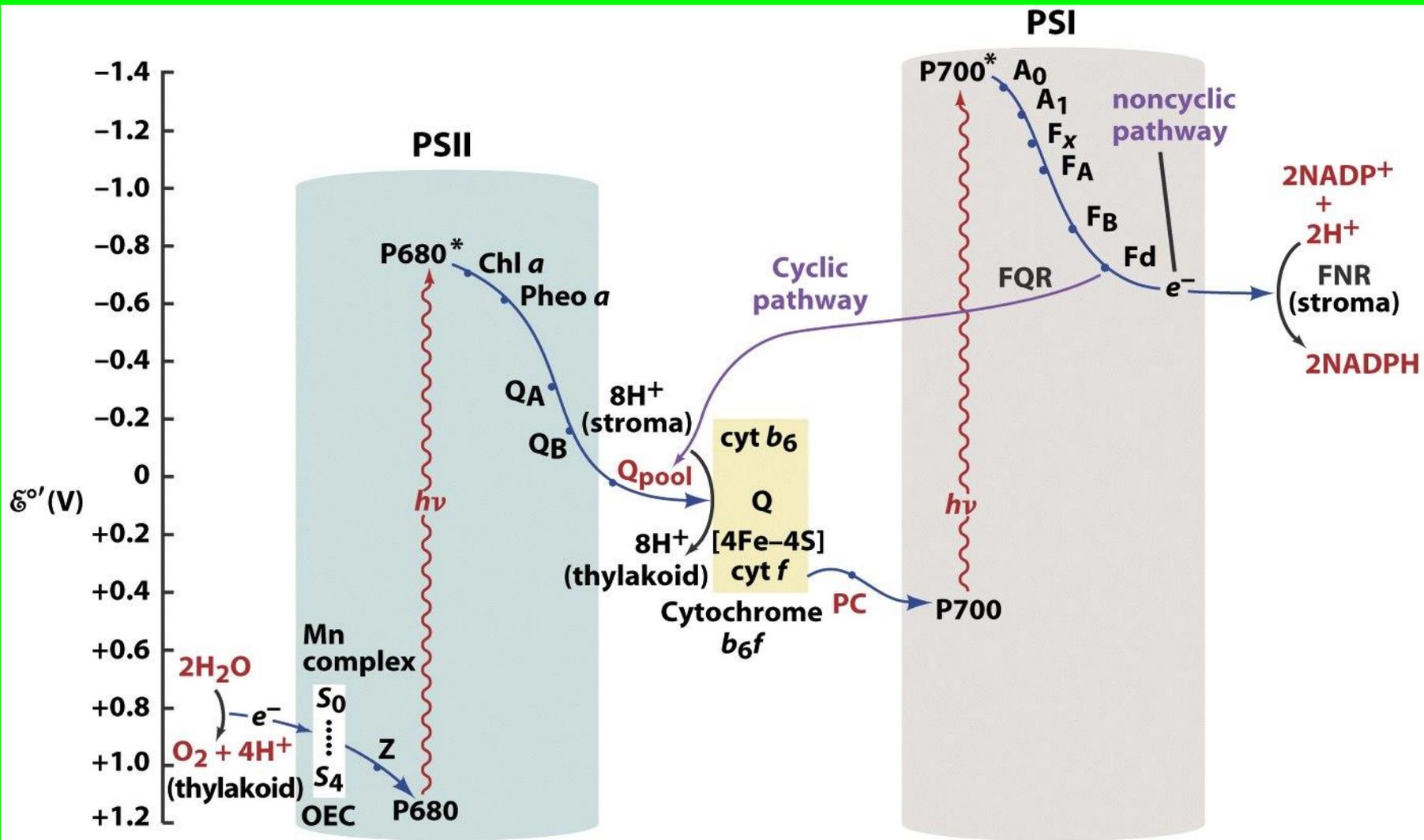
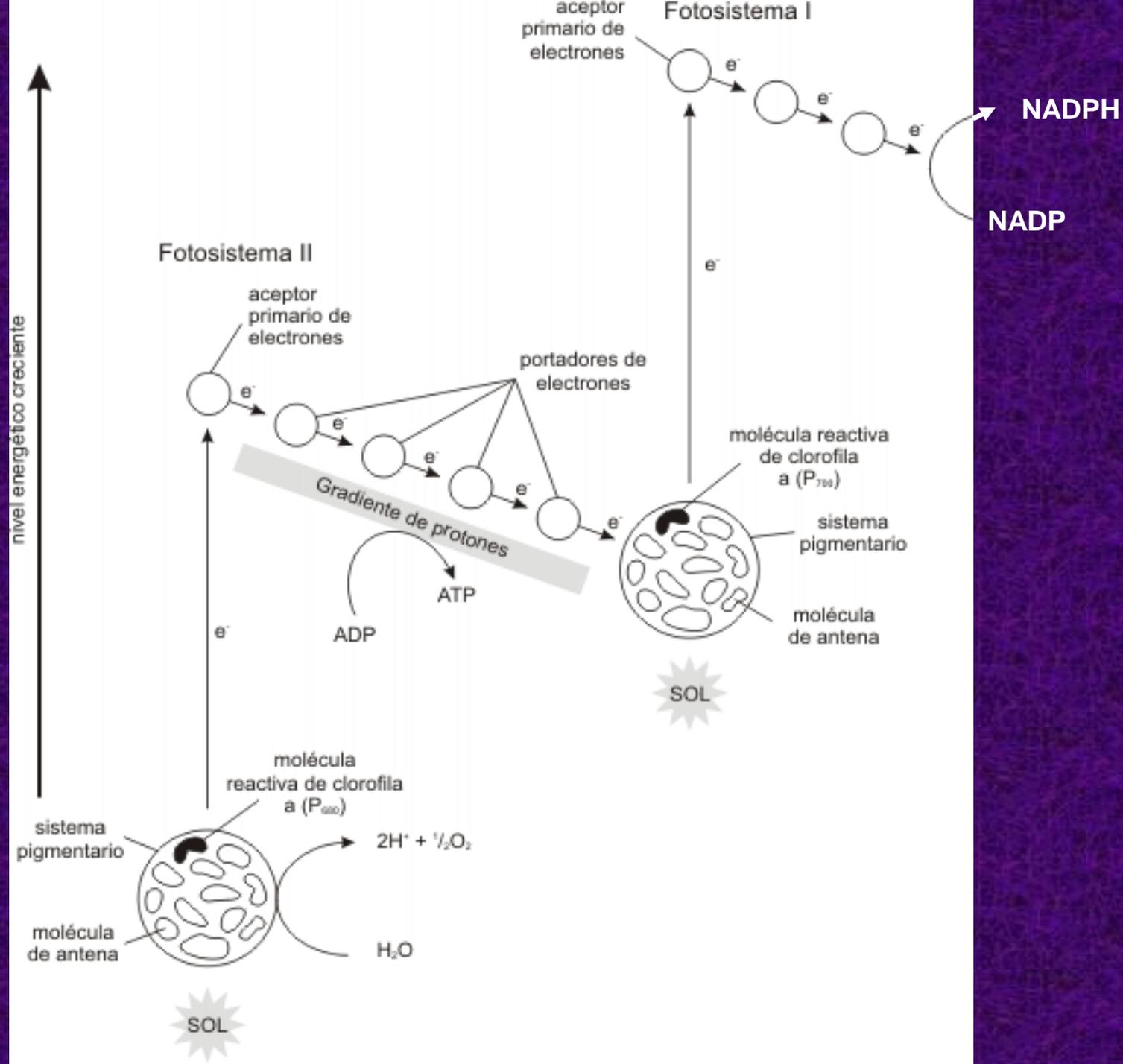
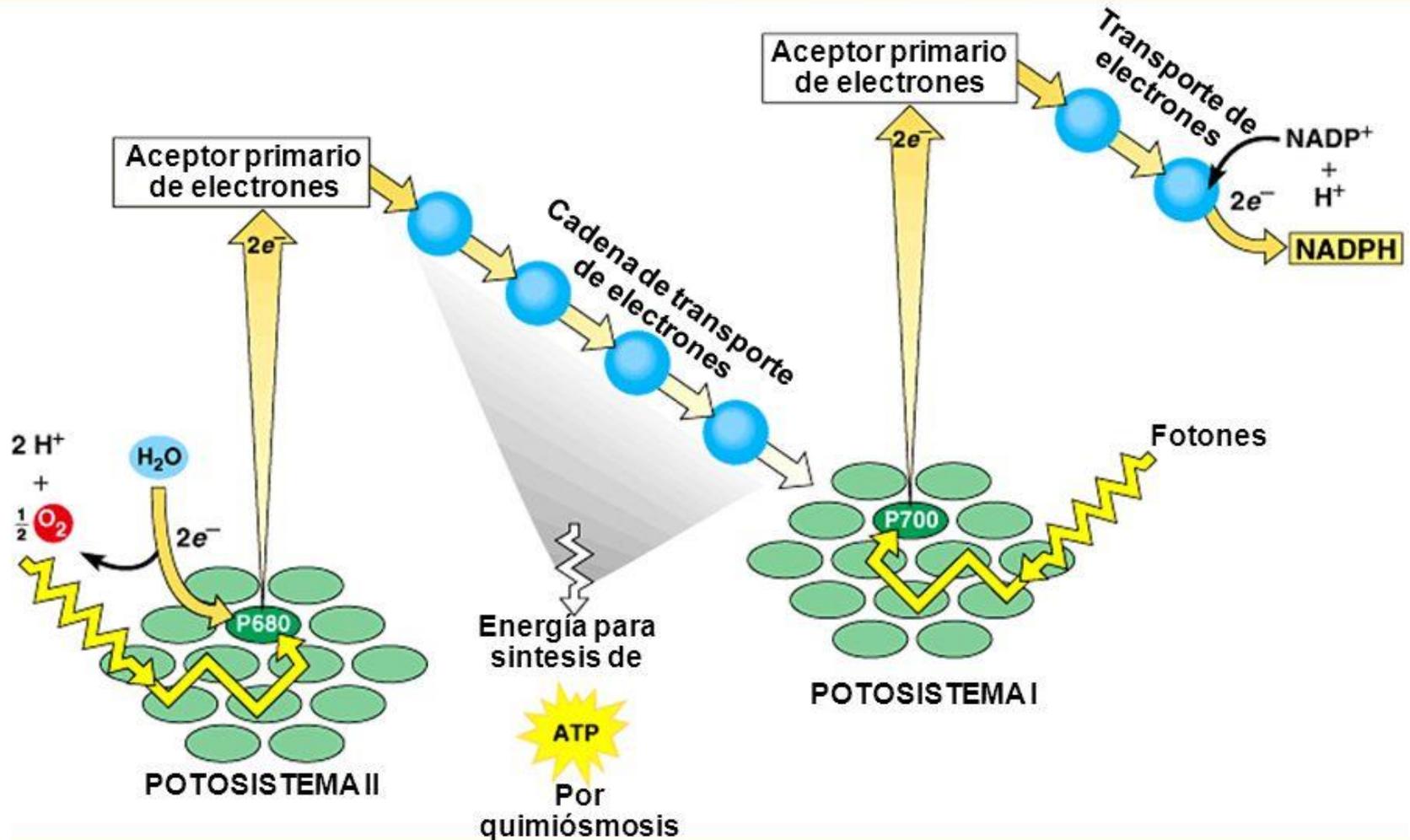
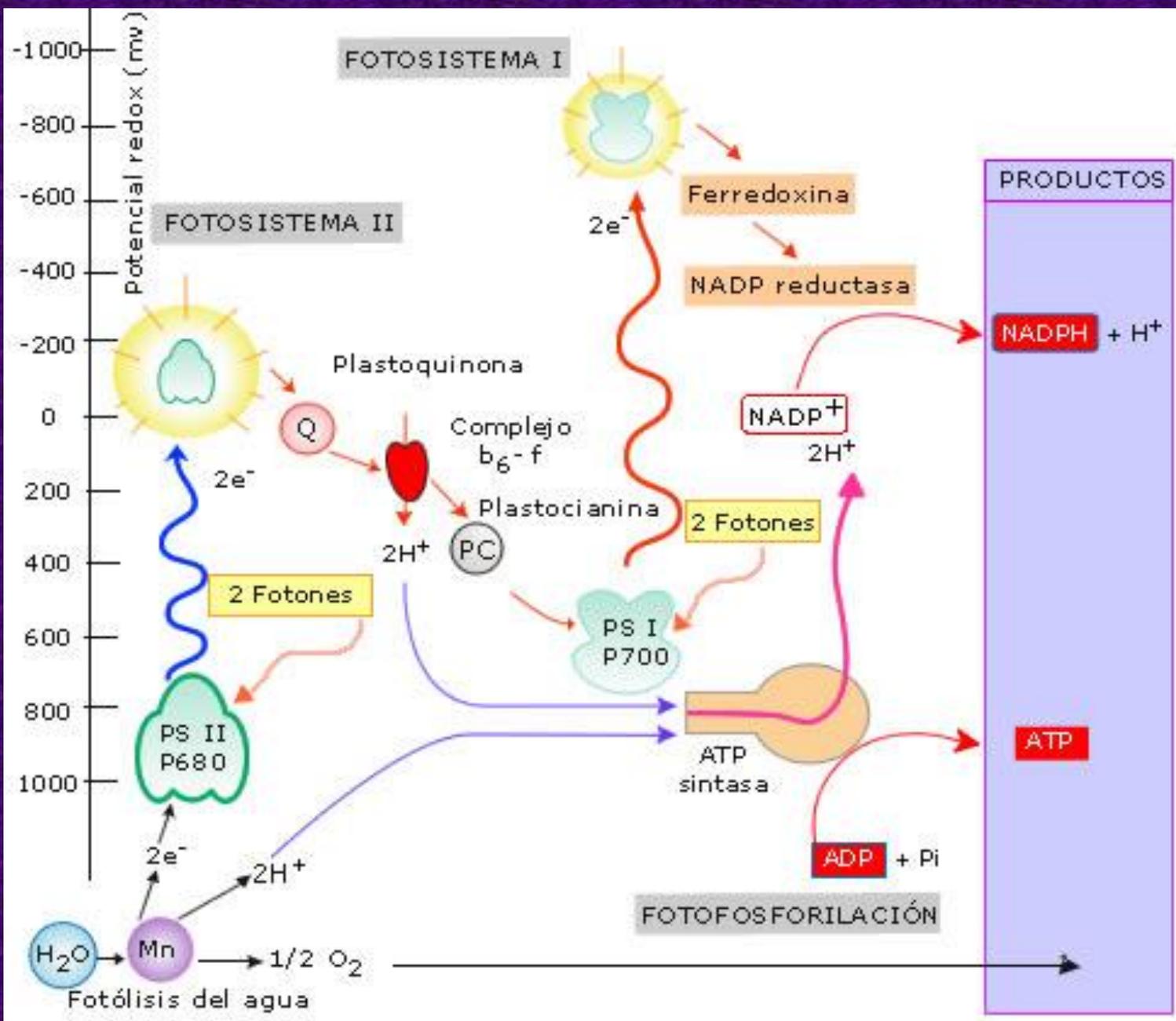


Figure 18-12 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
 © 2006 John Wiley & Sons



Flujo de fotones y electrones en reacciones luminosas





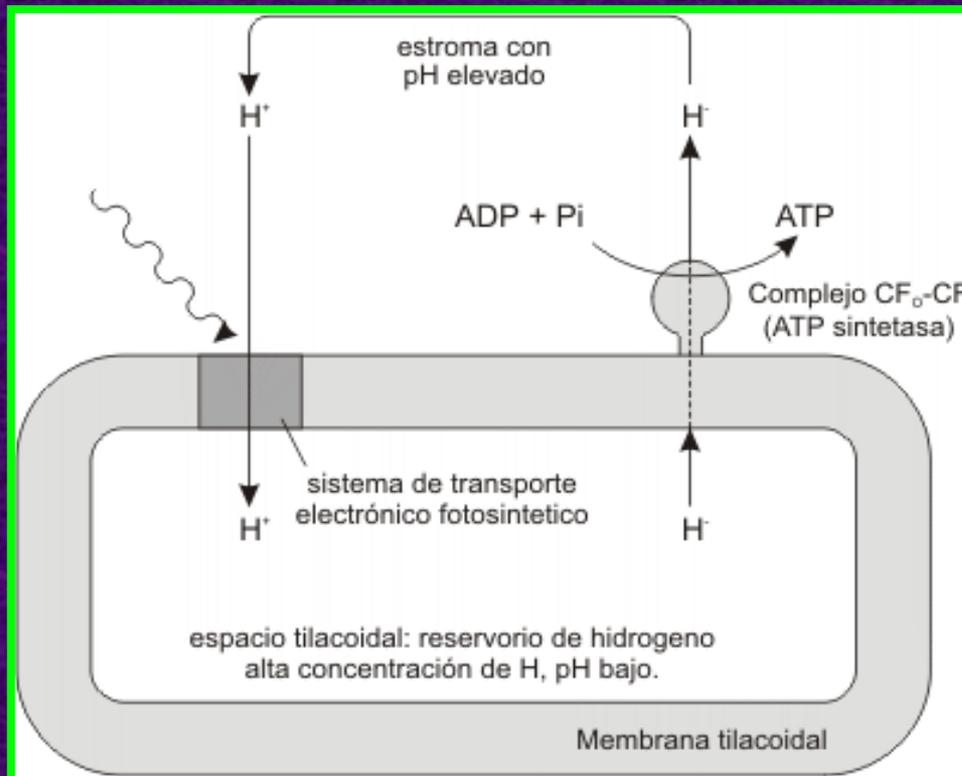
QUIMIÓSMOSIS

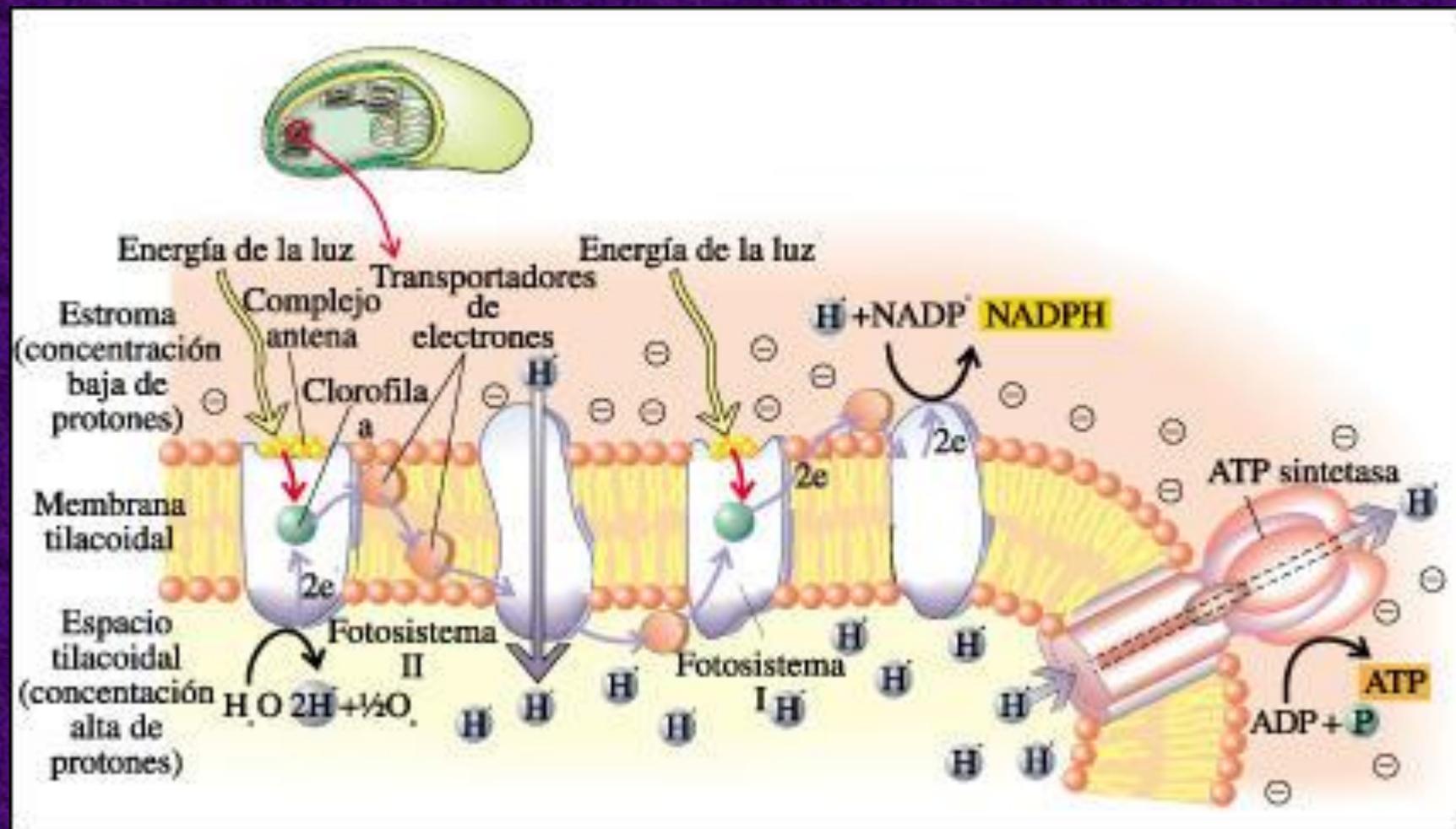
Los electrones pasan a través de la cadena de aceptores.

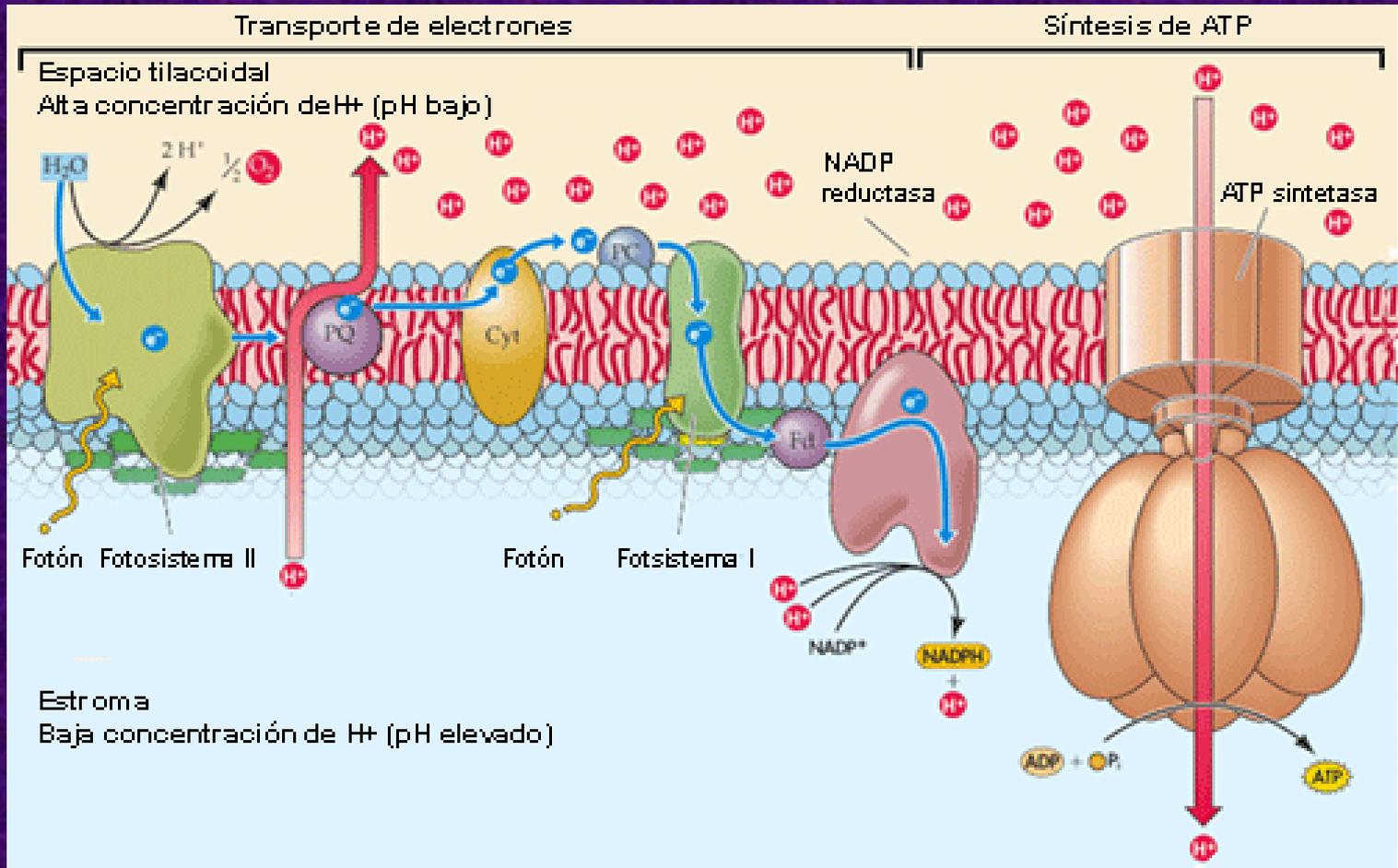
Los protones son bombeados hacia el interior del tilacoide donde se acumulan. Se establece una diferencia de pH a través de la membrana que genera un gradiente electroquímico.

Esa diferencia de concentración de protones es captada por el complejo proteico ATP sintetasa que usa parte de la energía para sintetizar ATP.

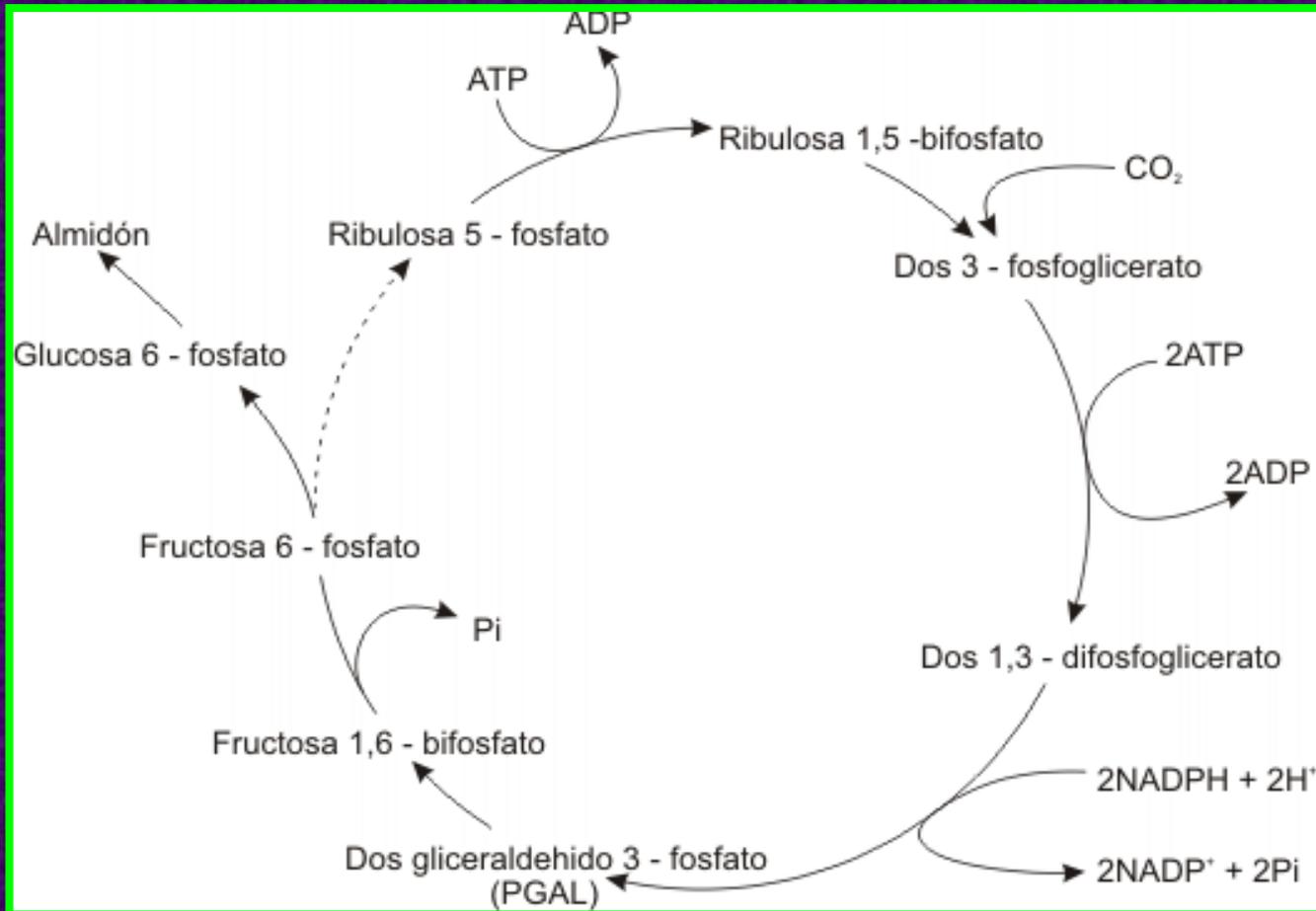
Los hidrógenos tienden a difundirse hacia el exterior pero no lo pueden hacer porque la membrana es impermeable a ellos, excepto a través del complejo CF₀ – CF₁ de la ATP sintetasa. A medida que los protones pasan a través del complejo van liberando su energía, la cual se utiliza para la síntesis de ATP.







Para sintetizar una molécula de glucosa se necesitan 6 vueltas del ciclo de Calvin puesto que en cada una de ellas se reduce una molécula de CO_2 . Para fosforilar 12 moléculas de PGAL y convertirlas en 12 moléculas de difosfoglicerato se necesitan 12 ATP, mientras que se emplean 12 de NADPH para reducir 12 moléculas de difosfoglicerato a gliceraldehído fosfato. Luego se consumen otras 6 moléculas de ATP en la regeneración de la ribulosa difosfato.



Ecuación general de las reacciones dependientes de la luz:

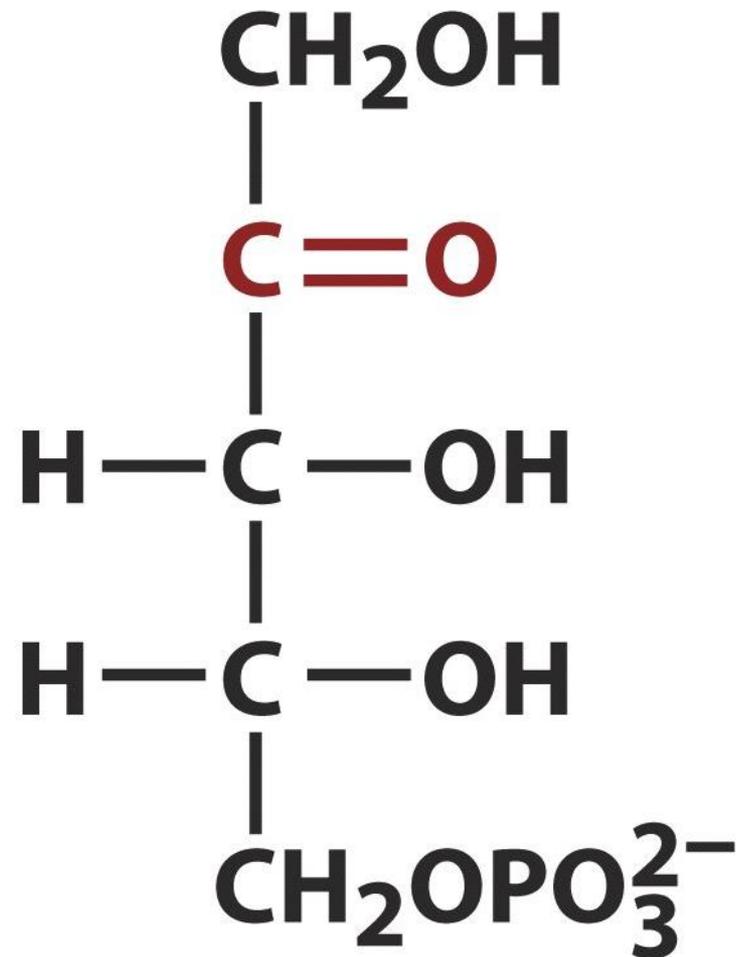


Ecuación general de las reacciones independientes de la luz:

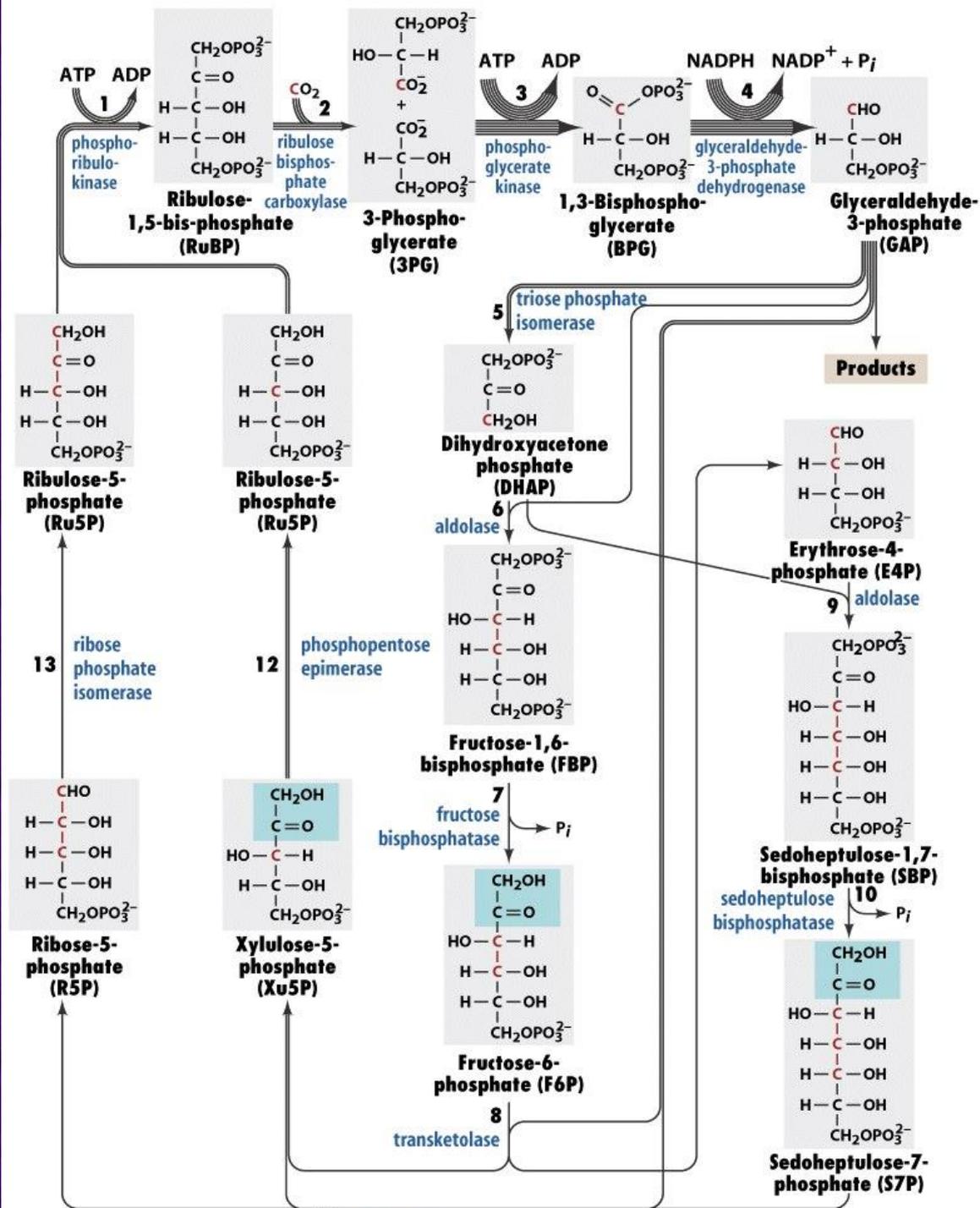


Ecuación global simplificada de la fotosíntesis:





Ribulosa - 5P



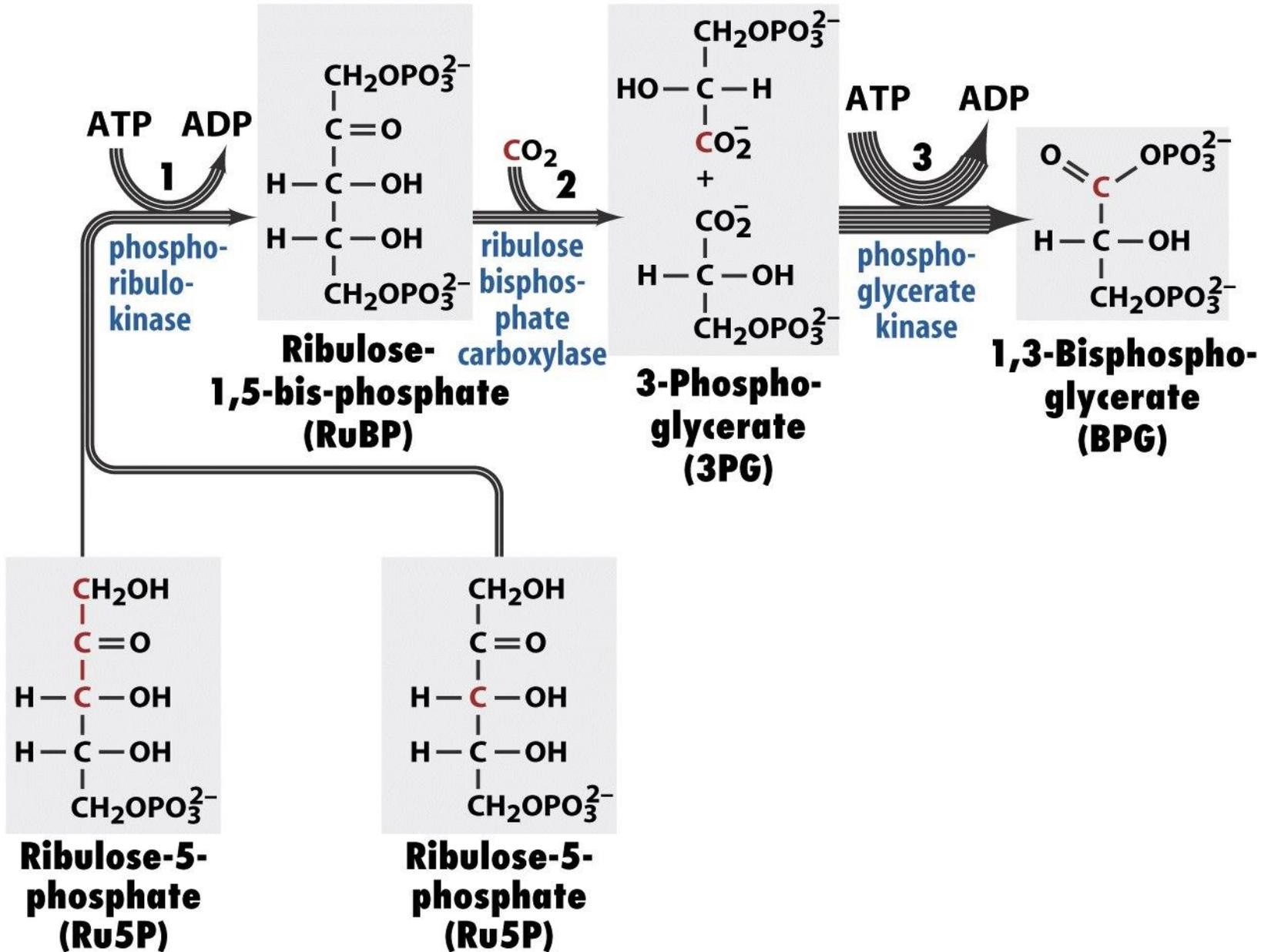


Figure 18-24 part 1 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
 © 2006 John Wiley & Sons

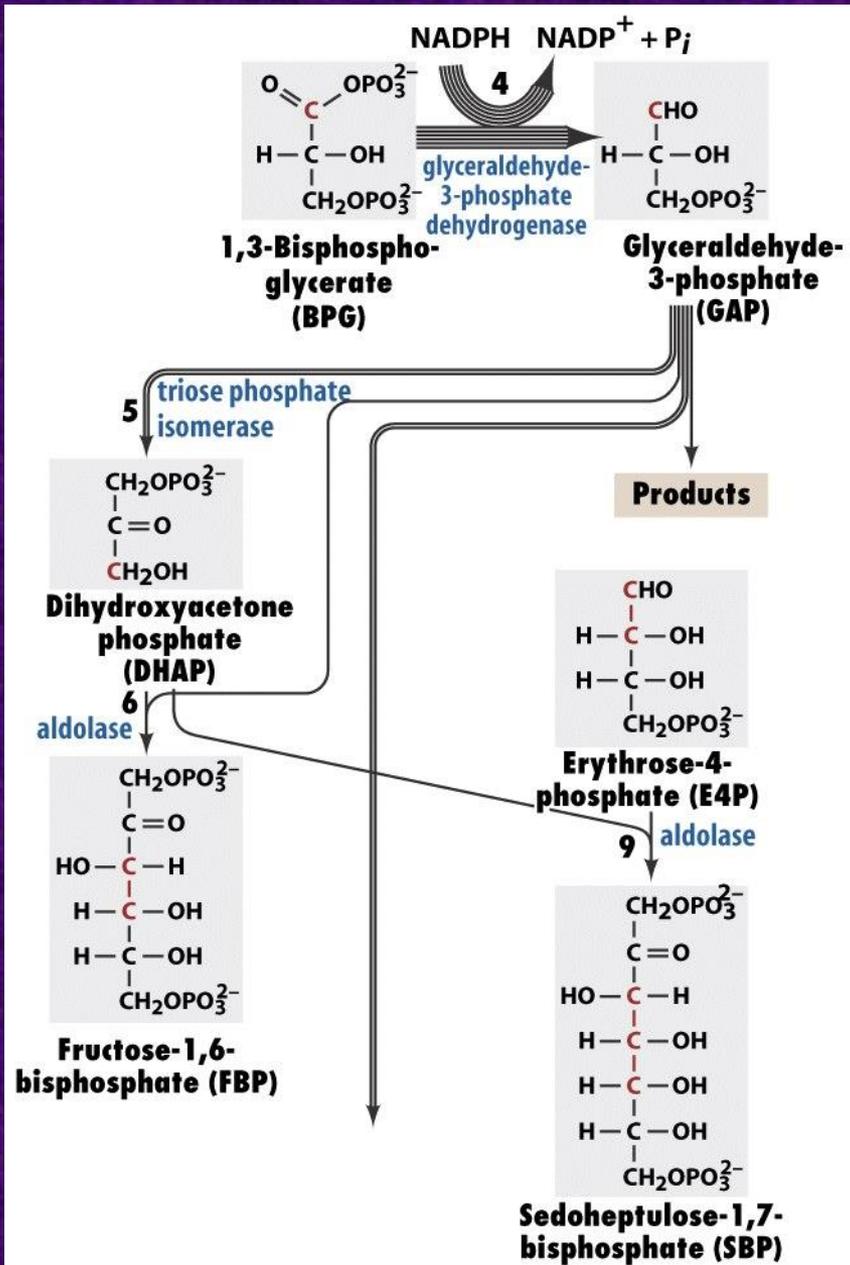


Figure 18-24 part 2 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
 © 2006 John Wiley & Sons

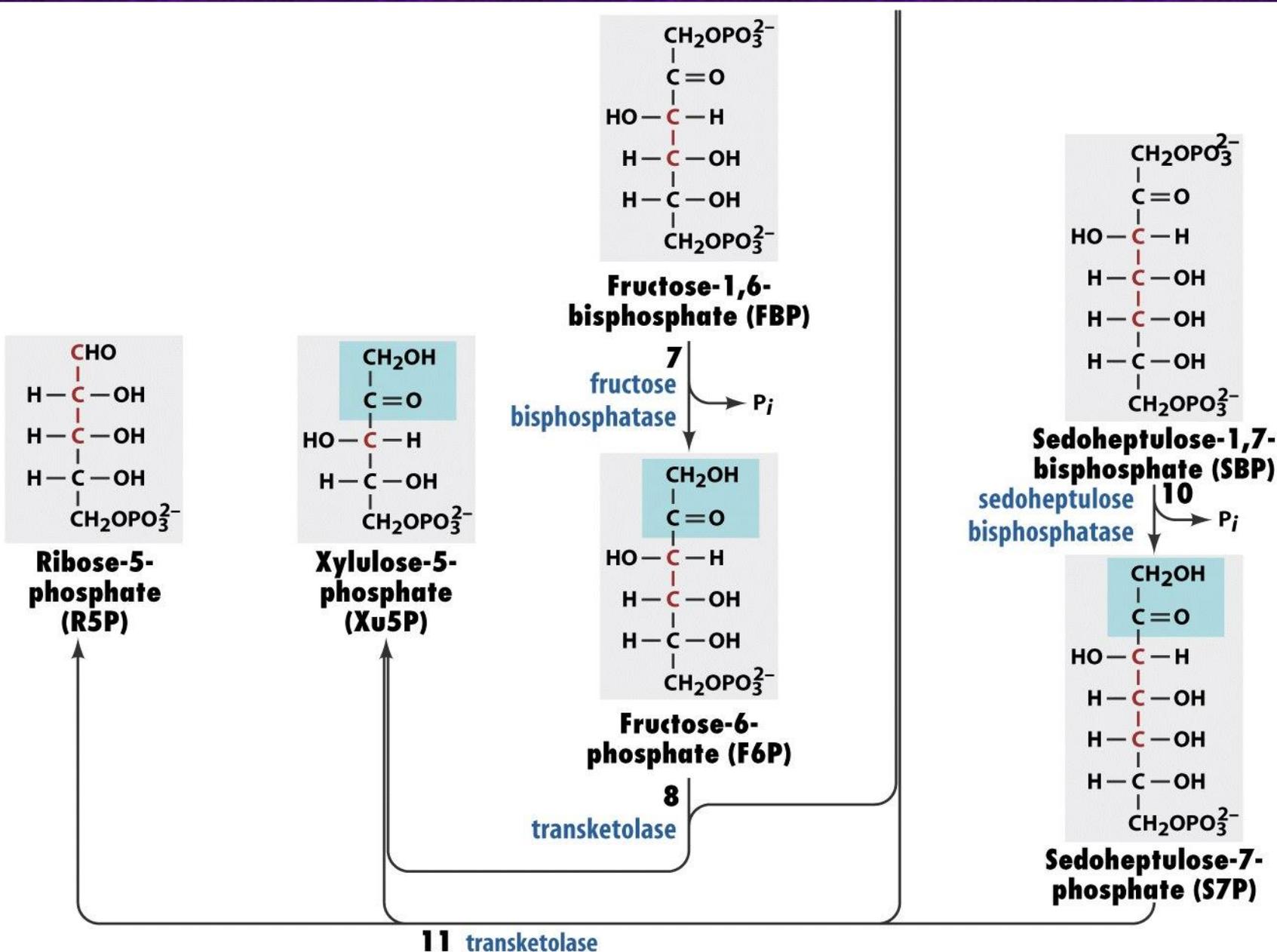


Figure 18-24 part 3 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
 © 2006 John Wiley & Sons

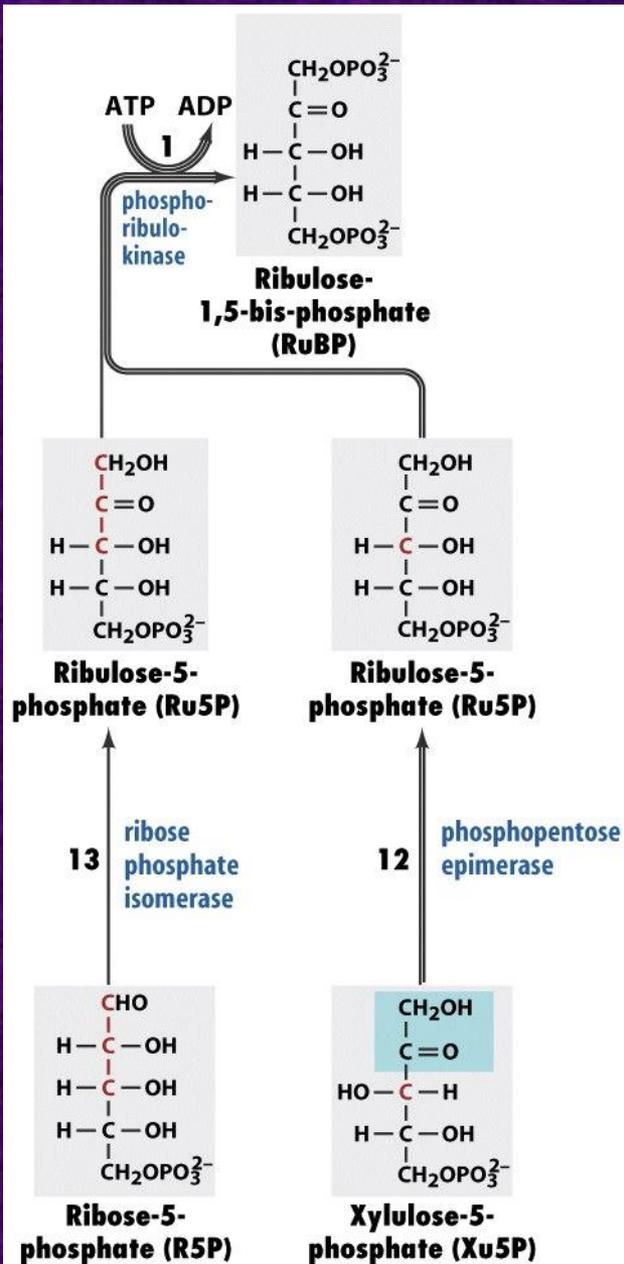


Figure 18-24 part 4 Fundamentals of Biochemistry, © 2006 John Wiley & Sons