

Bioenergética

Diferencia fundamental entre una célula y el conjunto de moléculas que la componen es su mayor organización con respecto al medio:

Axioma

"los organismos vivos presentan un alto grado de orden, y cuando crecen y se dividen crean más orden a partir de materiales que están en un mayor grado de desorden"

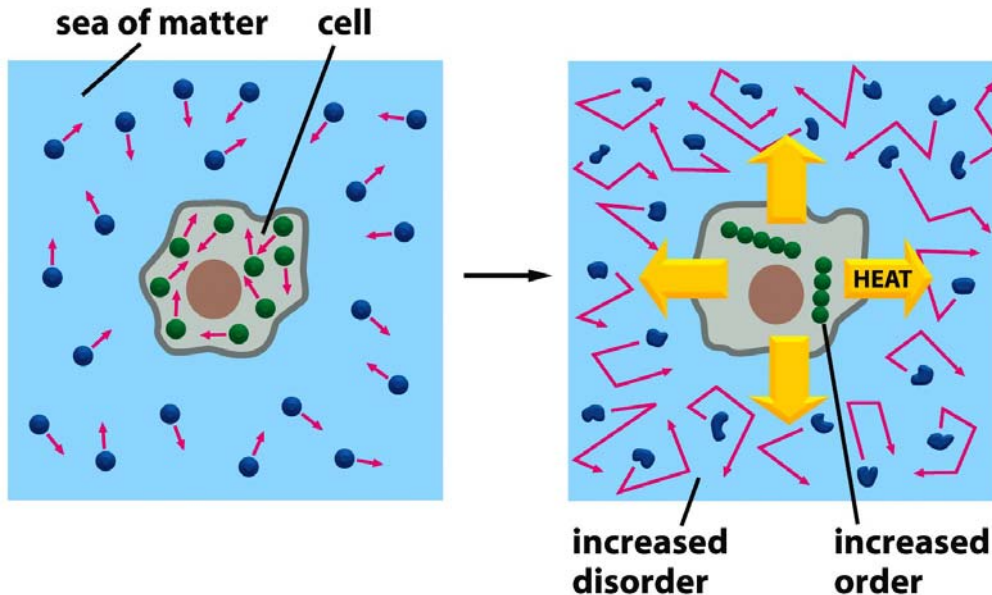
¿Cómo se explica esto?

Los organismos NO son sists. Aislados, están en constante interacción con el medio que los rodea.

Todos los organismos

Fotótrofos
La energía
proviene
de la luz

Quimiótrofos
La energía proviene
de compuestos
químicos



(Aumenta el mov molecular)

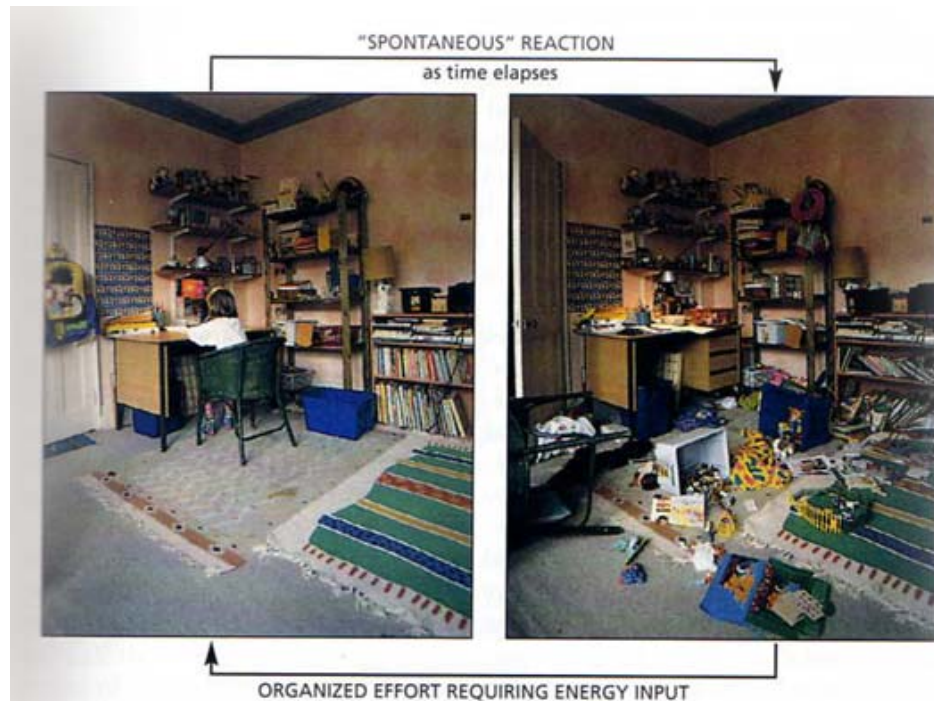
Células captan Energía de su entorno y la usan para generar Orden interno.

Parte de la energía usada se disipa como calor (Entalpía: H) y se libera al entorno.
El orden interno de la cél, hace aumentar la Entropía o desorden (S) del universo.

LA ORGANIZACIÓN CELULAR Y EL SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA.

El segundo principio de la termodinámica:

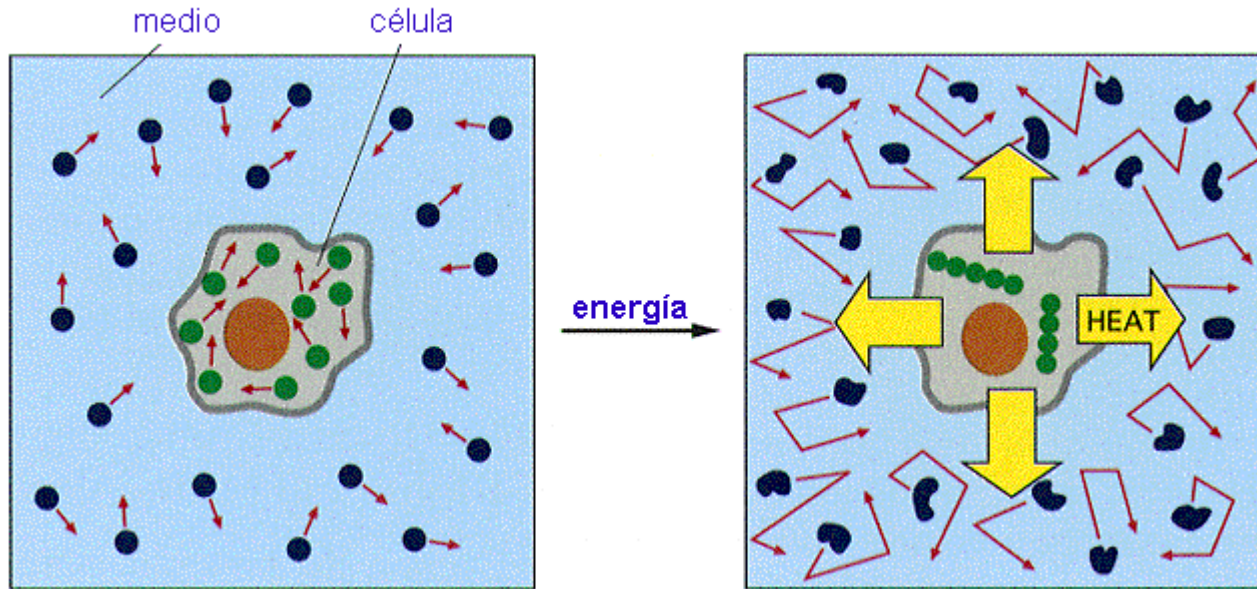
"los sistemas cambian espontáneamente de estados de baja probabilidad a estados de alta probabilidad" (Los sistemas cambiarán espontáneamente hacia estados de mayor entropía o desorden).



Ya que los estados de baja probabilidad son más ordenados, se establece que "el universo cambia constantemente a un estado de desorden mayor ($\Delta S_{\text{univ}} > 0$)".

¿Cómo cumple la organización celular este segundo principio?

Sistema, medio, universo:

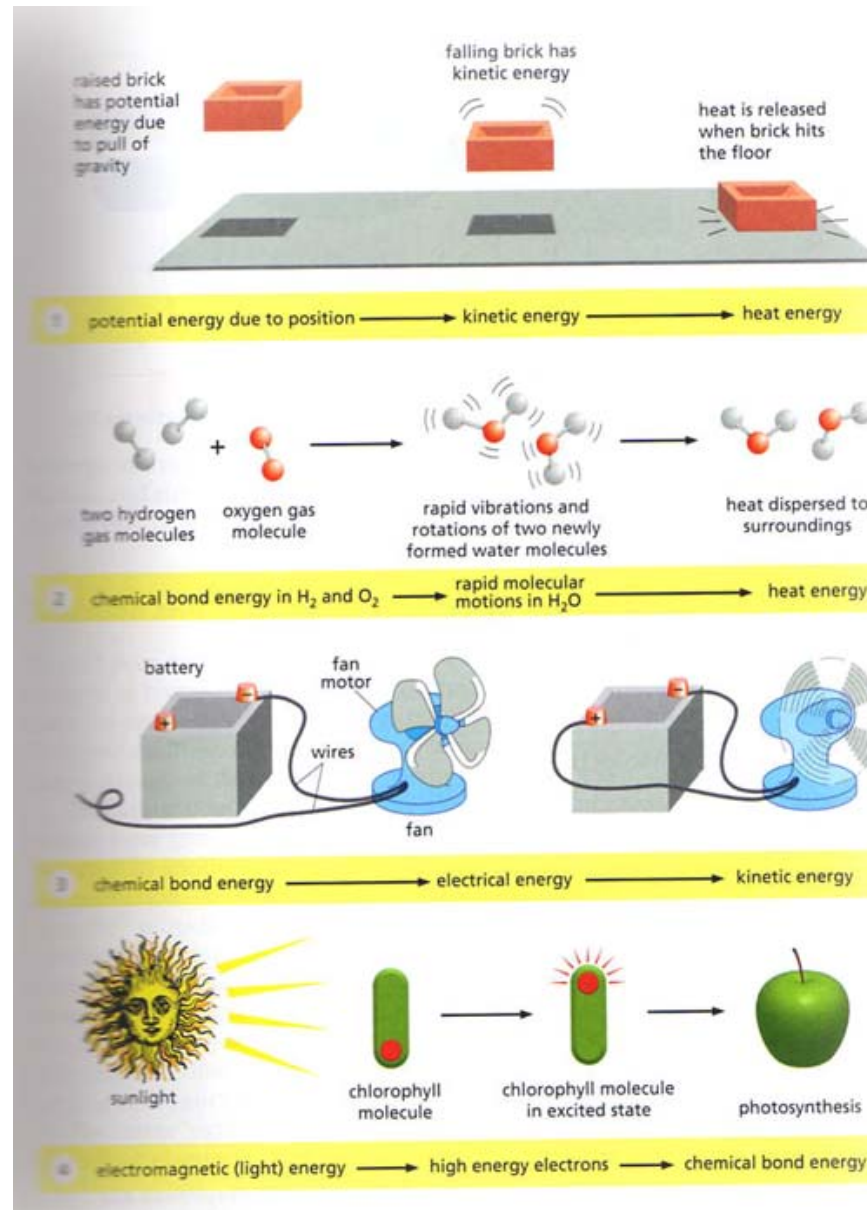


$$\Delta S \text{ sistema} + \Delta S \text{ medio} = \Delta S \text{ universo}$$

Las células para ordenarse utilizan energía. Parte de la energía utilizada se libera al medio en forma de calor.

Esto está ligado a la primera ley de la TD: La E se transforma pero no es creada ni destruída

Algunos ejemplos de transferencia de energía

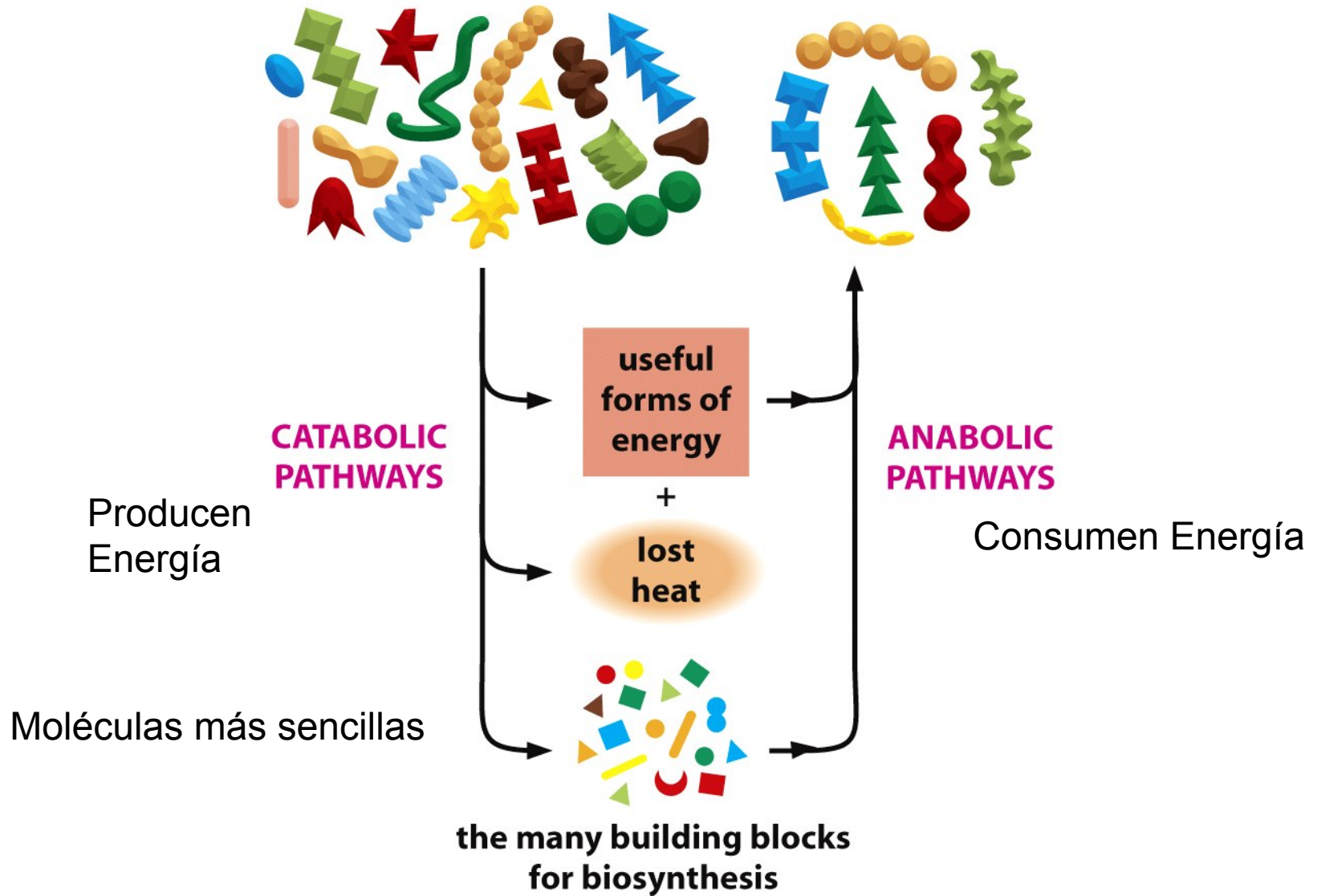


- Por lo tanto, ¿Qué ocurre con los sistemas vivos? ¿en las células?
- ¿De dónde proviene la energía?

Moléculas complejas:
ADN, ARN, proteínas.

food
molecules

the many molecules
that form the cell



ENTALPÍA (H)

La célula entrega energía al medio en forma de calor (h) y de trabajo ($P\Delta V$).

La entalpía (H) es la función termodinámica que integra la energía calórica y el trabajo realizado por el sistema:

$$\Delta H_s = -h + P\Delta V \quad (P: \text{presión}, V: \text{volumen})$$

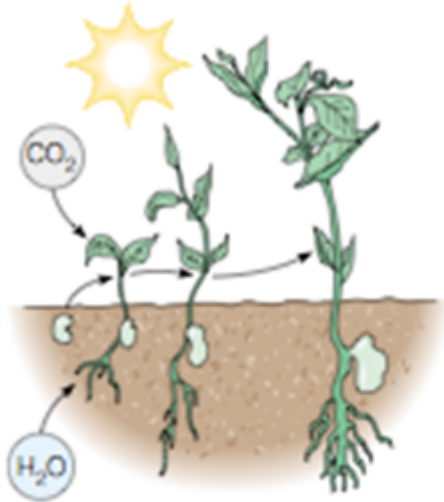
"el cambio de entalpía de un sistema es igual al calor transferido al medio más el trabajo realizado por el sistema"

En la mayoría de los sistemas biológicos $P\Delta V$ es muy pequeño por lo que

$$\Delta H_{\text{sistema}} = -h$$

Un proceso que entrega calor al medio (ΔH_s negativo) es un proceso de tendencia espontánea porque el sistema llega a un estado energético más bajo y por lo tanto más estable.

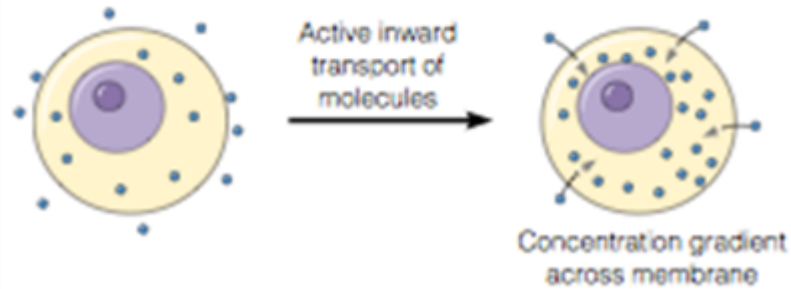
Trabajo ($P\Delta V$)



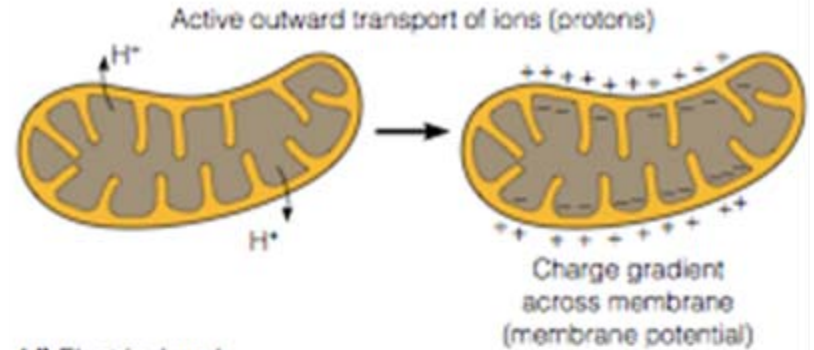
(a) Synthetic work



(b) Mechanical work



(c) Concentration work



(d) Electrical work



(e) Heat



(f) Bioluminescent work

La alteración del universo por procesos espontáneos, es un criterio inadecuado de espontaneidad, debido a que es difícil monitorear la entropía del universo por completo.

Así, la espontaneidad de un proceso depende tanto del cambio de entalpía como del cambio de entropía.

Una relación muy utilizada para determinar la espontaneidad de un proceso biológico es la determinación de la energía libre de Gibbs o G .

ENERGIA LIBRE

La función combinada G relaciona los cambios de entropía y de entalpía en el sistema:

$$G = H - TS; \text{ o: } \Delta G_{\text{sistema}} = \Delta H_{\text{sistema}} - T\Delta S_{\text{sistema}} \text{ (a T cte)}$$

"el cambio de energía libre de un sistema es igual al cambio de entalpía de este sistema menos el cambio de entropía del sistema multiplicado por la temperatura absoluta".

Si no hay cambio de volumen, $\Delta H = -h$ (calor transferido), y

$$\Delta G = -h - T\Delta S$$

Como el 2do. principio de la termodinámica dice que ΔS del universo es siempre positivo se cumple que una reacción ocurrirá en forma

espontánea si ΔG es negativo $\rightarrow$ proceso exergónico.

Al contrario $\Delta G > 0 \rightarrow$ proceso endergónico (necesita E para que ocurra).

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

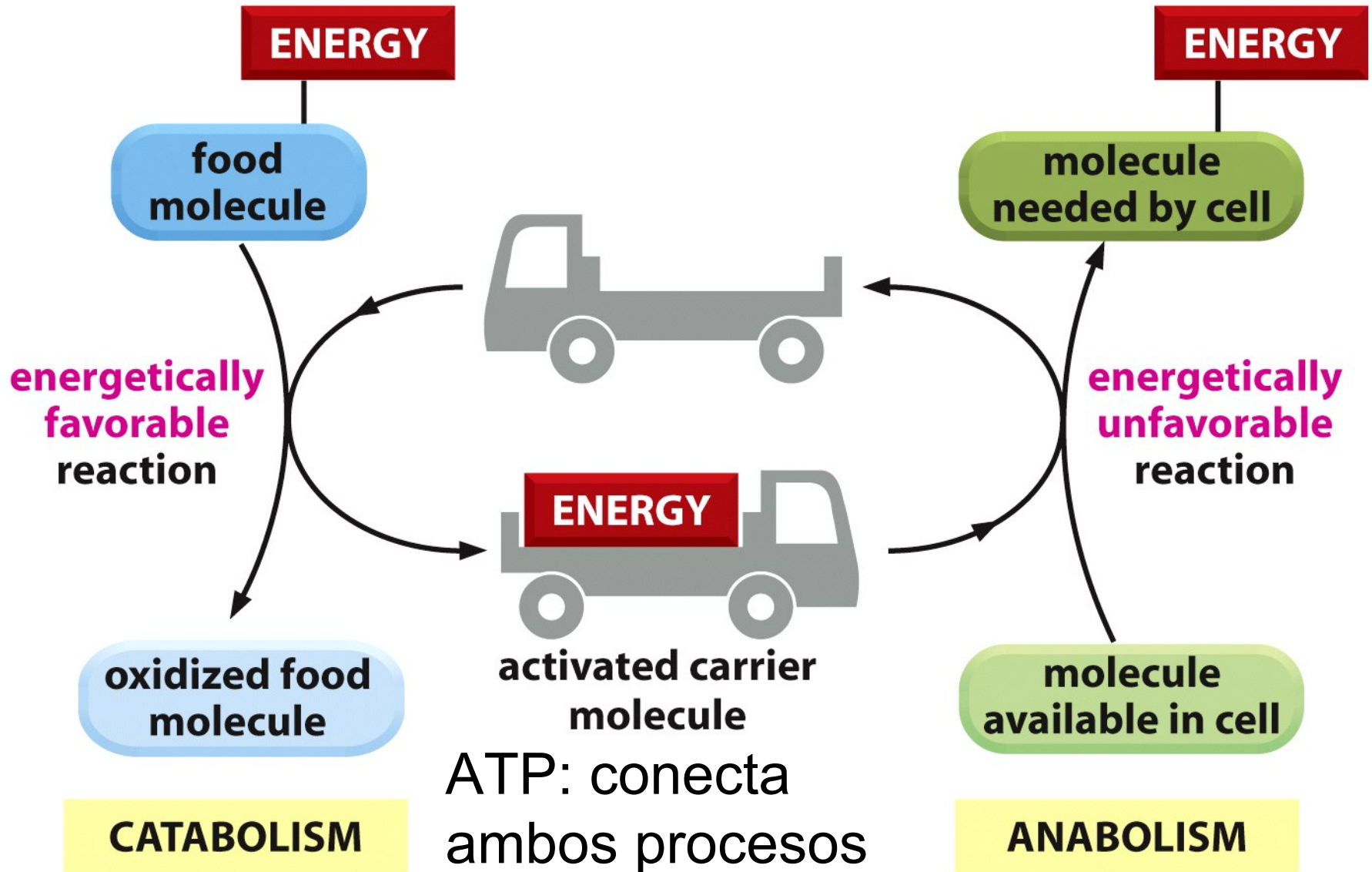
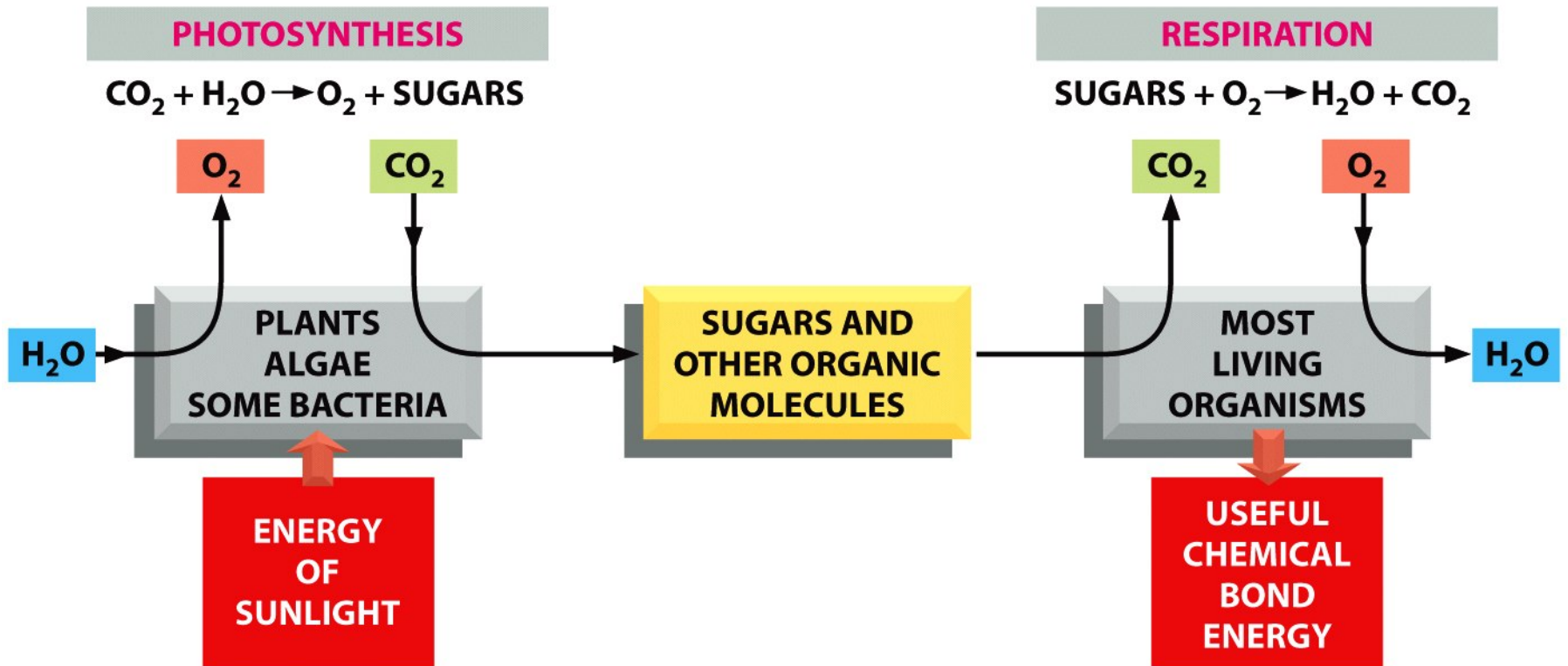


Figure 2-55 Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

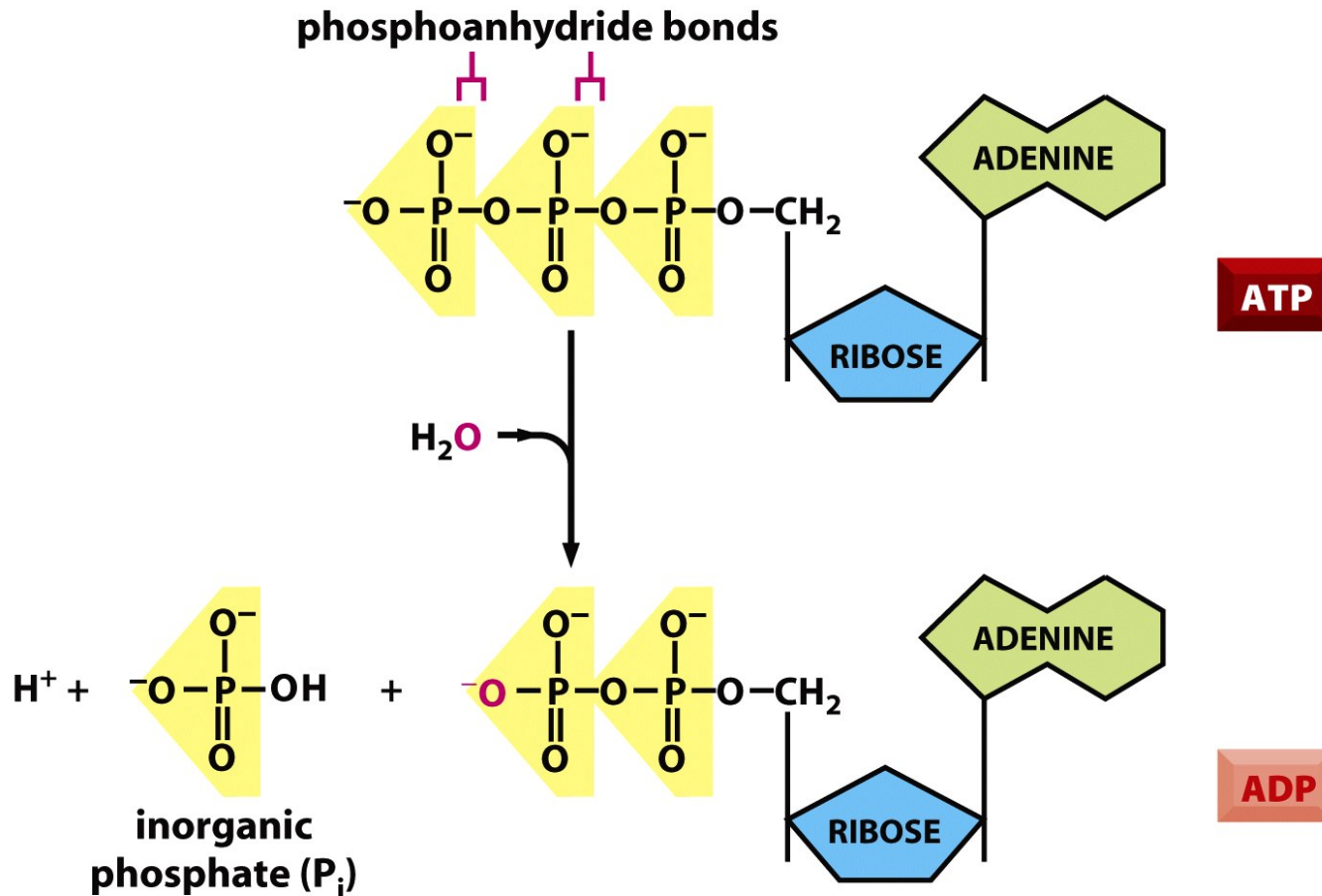
Fotosíntesis y Respiración como Procesos Complementarios.



Energía que permite Trabajo Biológico:
Síntesis de macromoléculas,
trabajo mecánico.

ATP (molécula transportadora de energía)

La ruptura de los enlaces fosfoanhídrido libera energía (reacción con un valor de energía libre negativo) $\longrightarrow$ TRABAJO BIOLÓGICO



Moléculas de relevancia en el Metabolismo

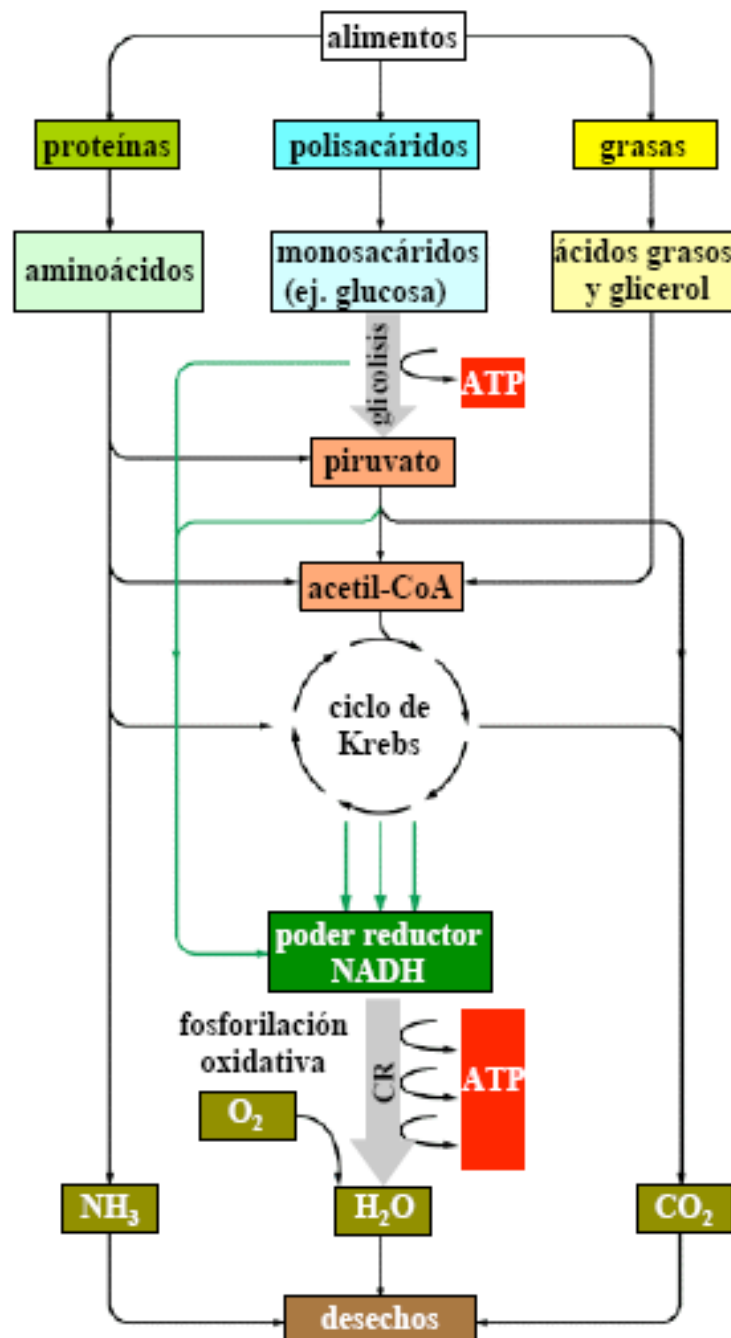
Table 2–5 Some Activated Carrier Molecules Widely Used in Metabolism

ACTIVATED CARRIER	GROUP CARRIED IN HIGH-ENERGY LINKAGE
ATP	phosphate
NADH, NADPH, FADH ₂	electrons and hydrogens
Acetyl CoA	acetyl group
Carboxylated biotin	carboxyl group
S-Adenosylmethionine	methyl group
Uridine diphosphate glucose	glucose

Etapa 1:
desdoblamiento de
macromoléculas a
subunidades simples

Etapa 2:
desdoblamiento de
las subunidades a
acetil-CoA y pro-
ducción de canti-
dades limitadas de
ATP y NADH

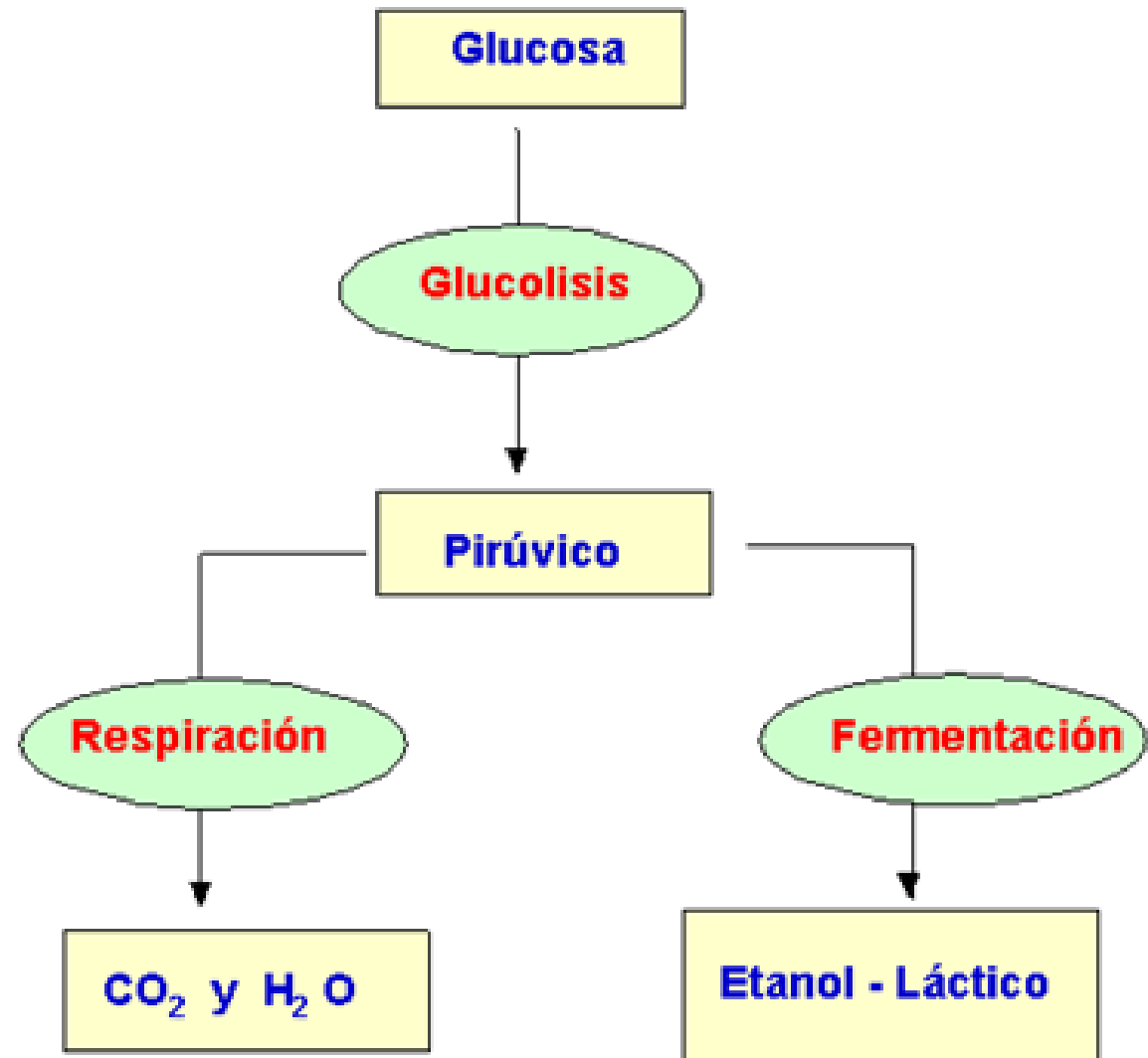
Etapa 3:
oxidación completa
del acetil-CoA hasta
 CO_2 y H_2O con pro-
ducción de grandes
cantidades de ATP y
NADH



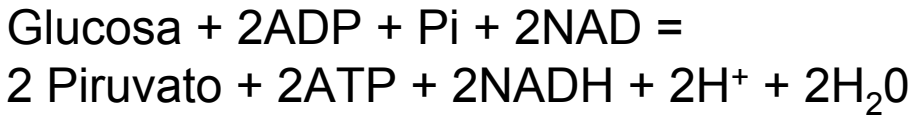
¿Cómo las células obtienen la E?

VÍAS DEL CATABOLISMO

Los organismos autótrofos fijan la energía solar en forma de energía química contenida en los compuestos orgánicos, glucosa, en particular. Esta energía, convenientemente liberada, será utilizada posteriormente por las partes de la planta que no tienen cloroplastos, como suele ser el caso de las raíces y tallos no verdes, o por toda la planta cuando falta la energía solar. Es también esta energía la que permite la vida de los organismos heterótrofos. La **respiración celular** y las **fermentaciones** son las vías catabólicas más corrientes para la obtención de la energía contenida en las sustancias orgánicas. Ambas vías, no obstante, tienen una primera fase común: la **glucolisis**



Glucosa



glicólisis
(10 reacciones sucesivas)

condiciones
anaeróbicas

2 Piruvato

condiciones
anaeróbicas

2 Etanol + 2CO₂

fermentación
alcohólica en
levaduras

condiciones
aeróbicas

2CO₂

2 Lactato

fermentación a lactato
en músculo, eritrocitos,
y
microorganismos

2 AcetilCoA

ciclo de
Krebs

4CO₂ + 4H₂O

Células animales, vegetales
y muchas bacterias bajo
condiciones aeróbicas

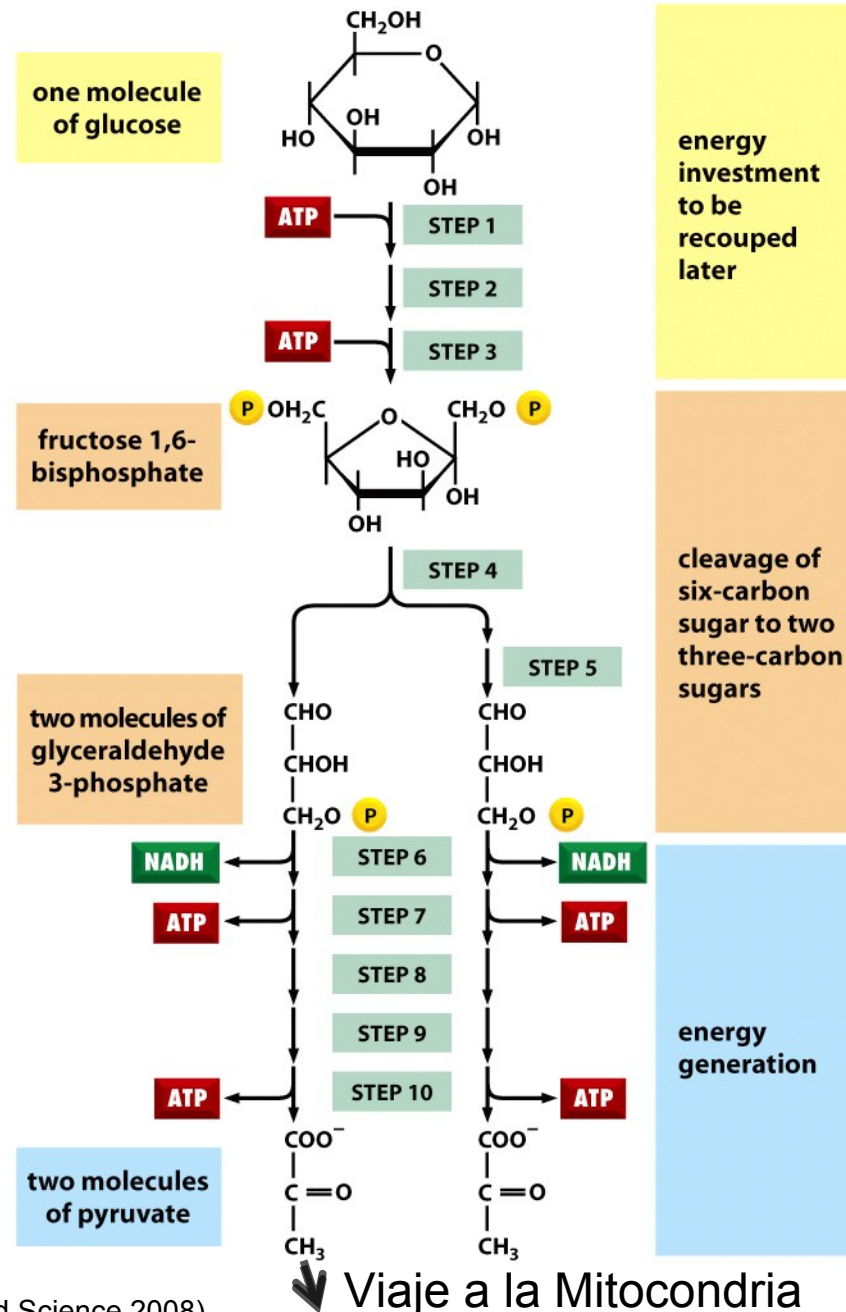
Glicólisis:

Ocurre en el
Citosol de la célula

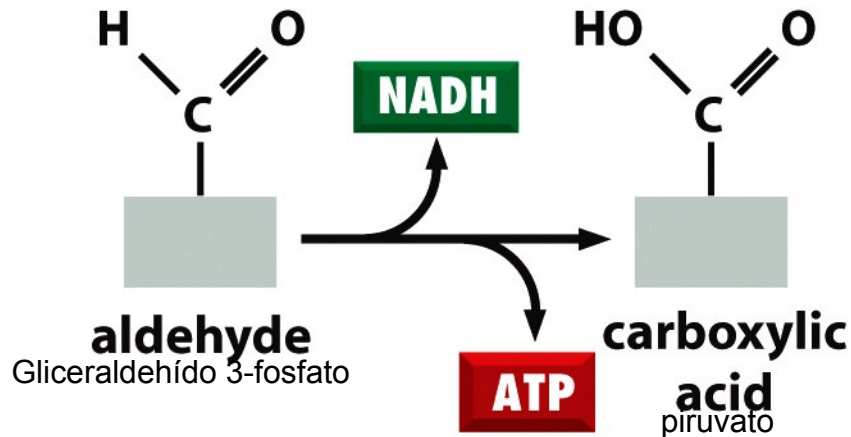
Recordar:

Sin Oxígeno-Fermentación

En presencia de oxígeno-
respiración celular

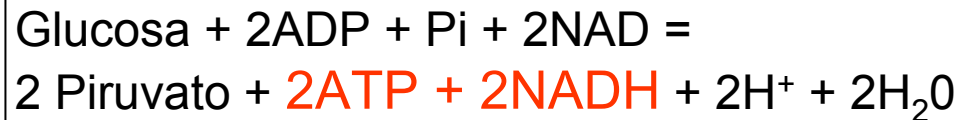


SUMMARY OF STEPS 6 AND 7



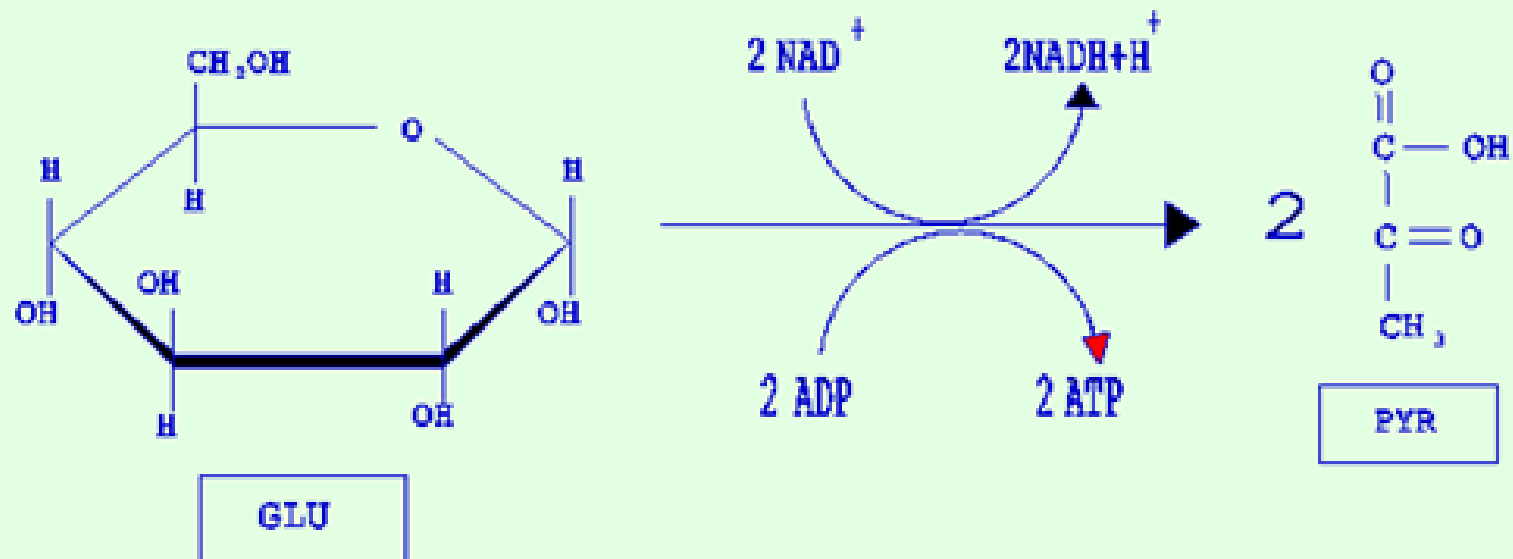
Much of the energy of oxidation has been stored in the activated carriers ATP and NADH.

La oxidación de la Glucosa genera ATP y NADH



LA GLUCOLISIS

La definiremos como el conjunto de reacciones que degradan la **glucosa (C6)** transformándola en dos moléculas de **ácido pirúvico (PYR) (C3)**. Estas reacciones se realizan en el hialoplasma de la célula. Es un proceso anaerobio, que no necesita oxígeno, y en el que por cada molécula de **glucosa (GLU)** se obtienen 2ATP y 2NADH+H⁺.

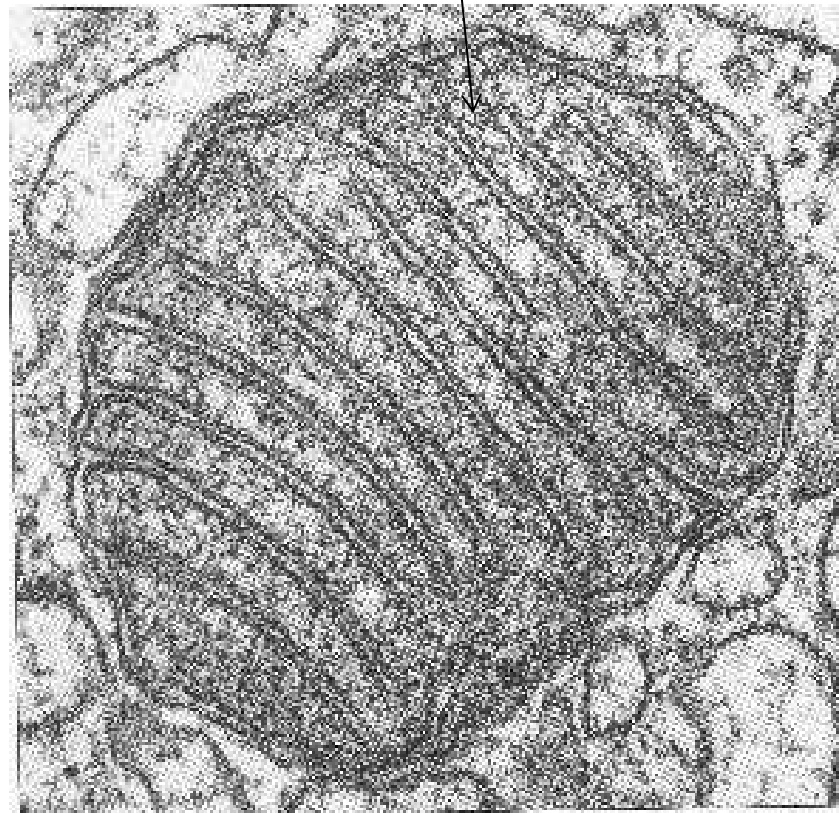


MITOCONDRIAS

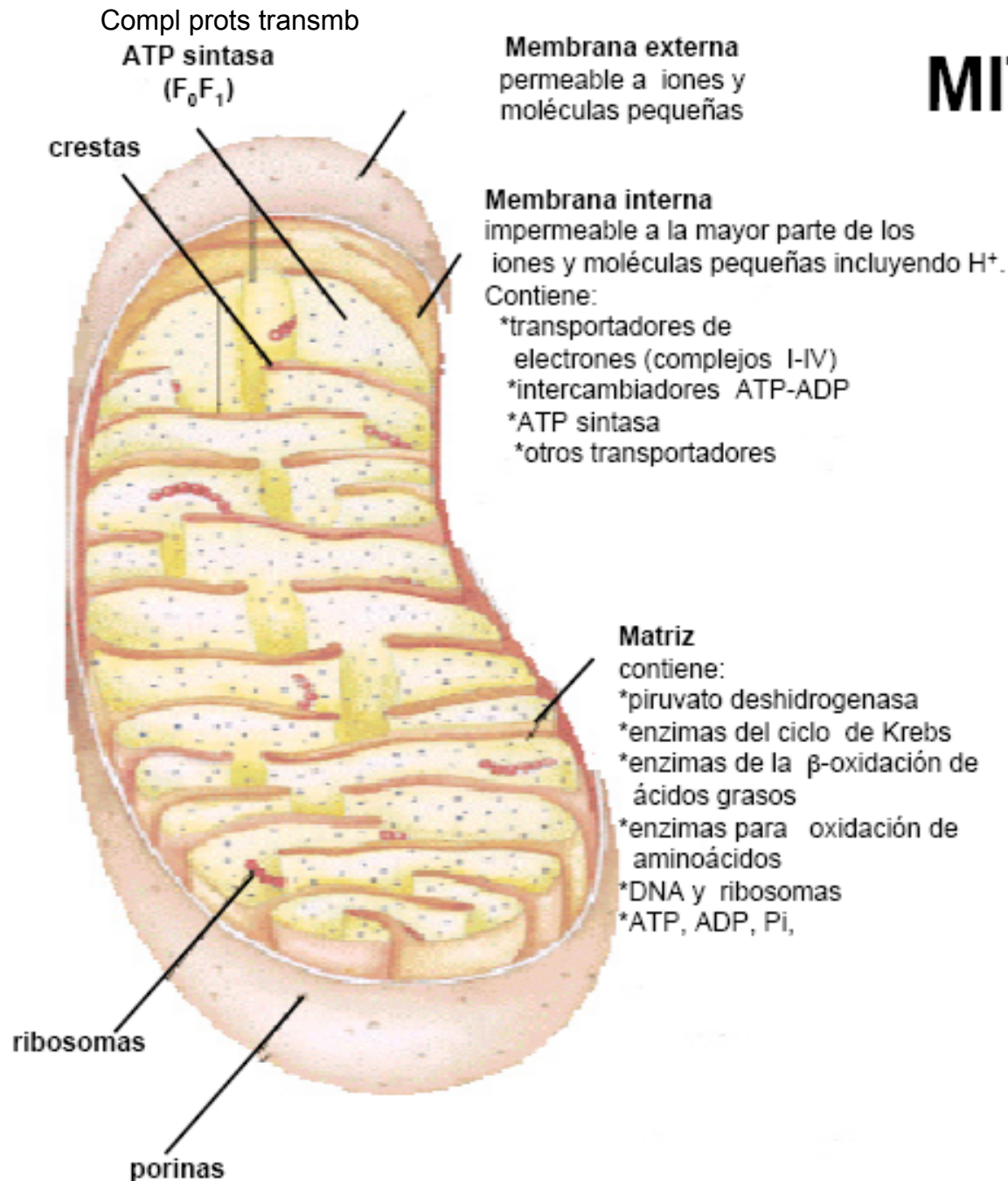


0,2 A 10 um de diámetro
1 a 4 um de longitud

DNA
mitocondrial



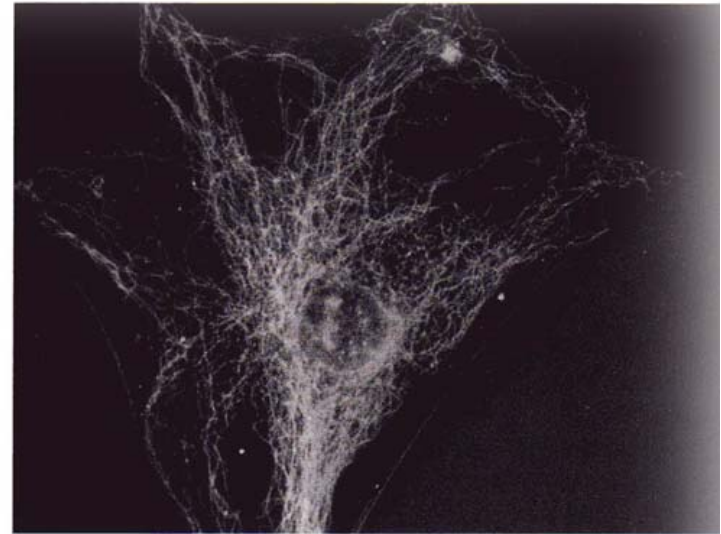
MITOCONDRIAS



Son organelos
móviles y plásticos,
adoptan distintas
formas y se
distribuyen en el
citósol asociadas a
microtúbulos,
variando de acuerdo
al tipo celular.



(A)

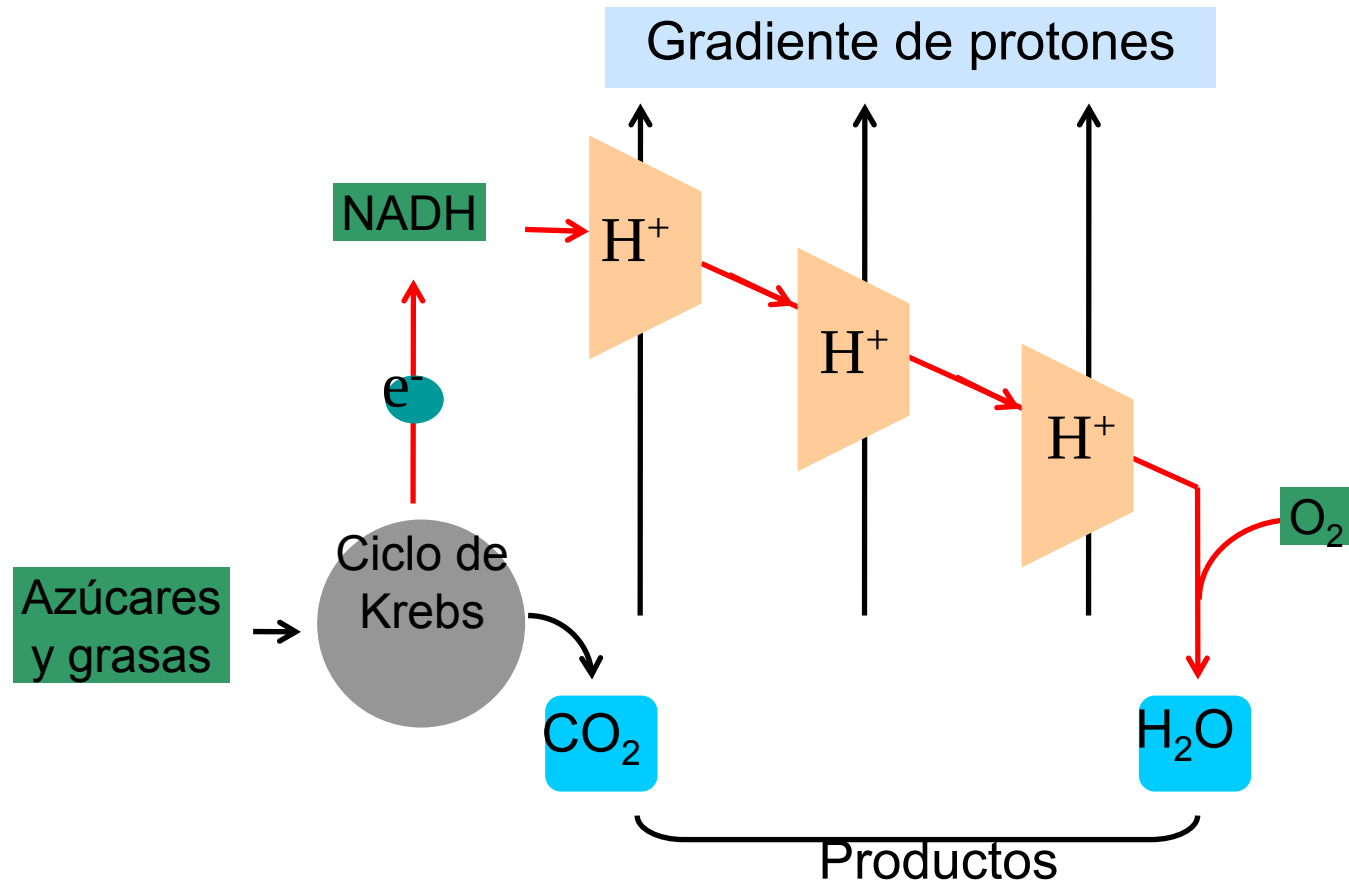


(B)

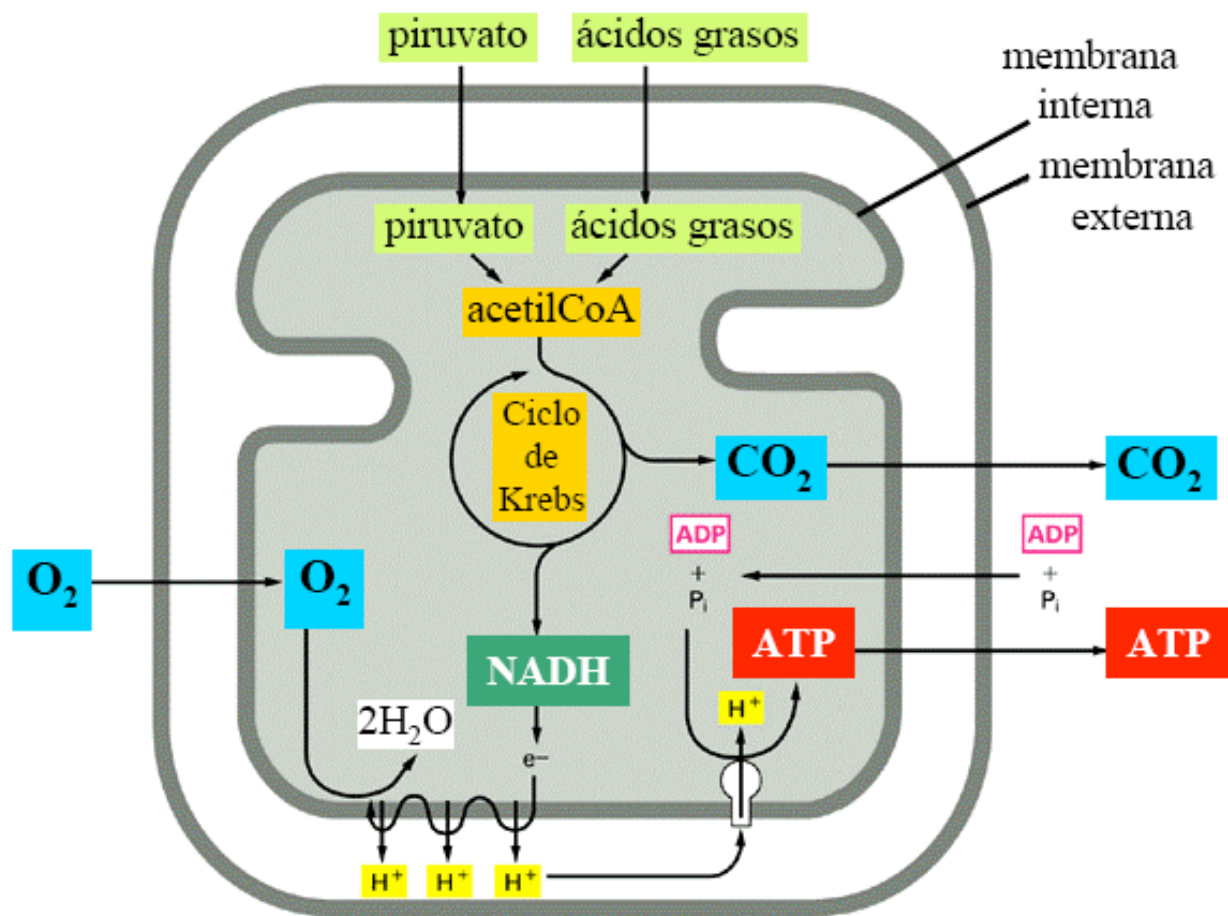
10 μm

Fig 14-5. Relación entre mitocondrias y microtúbulos. A la izquierda, marcación con fluoróforo para mitocondrias; a la derecha, marcación con fluoróforo para microtúbulos.

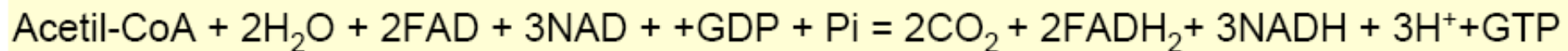
MITOCONDRIA



Vías metabólicas que ocurren en la mitocondria: Ciclo de Krebs y Fosforilación Oxidativa



Ciclo de Krebs: Sustratos y Productos



Ciclo de Krebs

(ciclo de los ácidos tricarboxílicos)
(ciclo del ácido cítrico)

Piruvato



Acetyl-CoA

Matriz Mitocondrial

Citrate

Oxidación del grupo acetilo proveniente del
piruvato hasta CO_2

Isocitrate

CO_2

NADH

Fosforilación

α -Ketoglutarate

CO_2

NADH

Oxidativa

Succinyl-CoA

GTP
(ATP)

Energía química

Succinate

FADH_2

Fumarate

Malate

NADH

Oxaloacetate

Fosforilación

Oxidativa



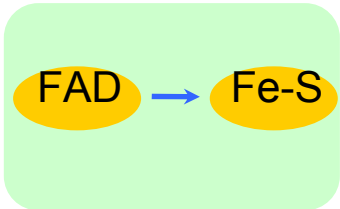
Fosforilación Oxidativa = Síntesis de ATP manejada por la transferencia de electrones hasta el Oxígeno y la formación en paralelo de un gradiente de H^+ .

Fotosíntesis = Síntesis de ATP manejada por la luz solar.

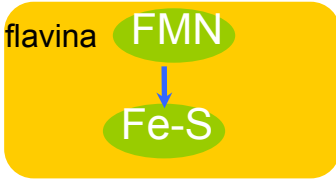
→ Explican la mayor parte del ATP producido por los organismos aerobios.

→ La degradación de carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos convergen en esta etapa.

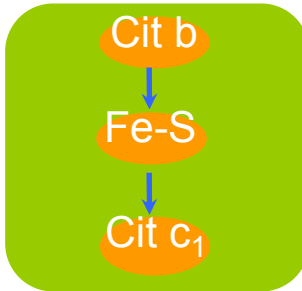
Fosforilación Oxidativa



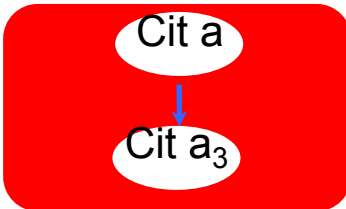
Succinato deshidrogenasa
(Complejo II)



NADH - Q
deshidrogenasa
(Complejo I)



CoQ - Cit c
reductasa
(Complejo III)



Cit c oxidasa
(Complejo IV)

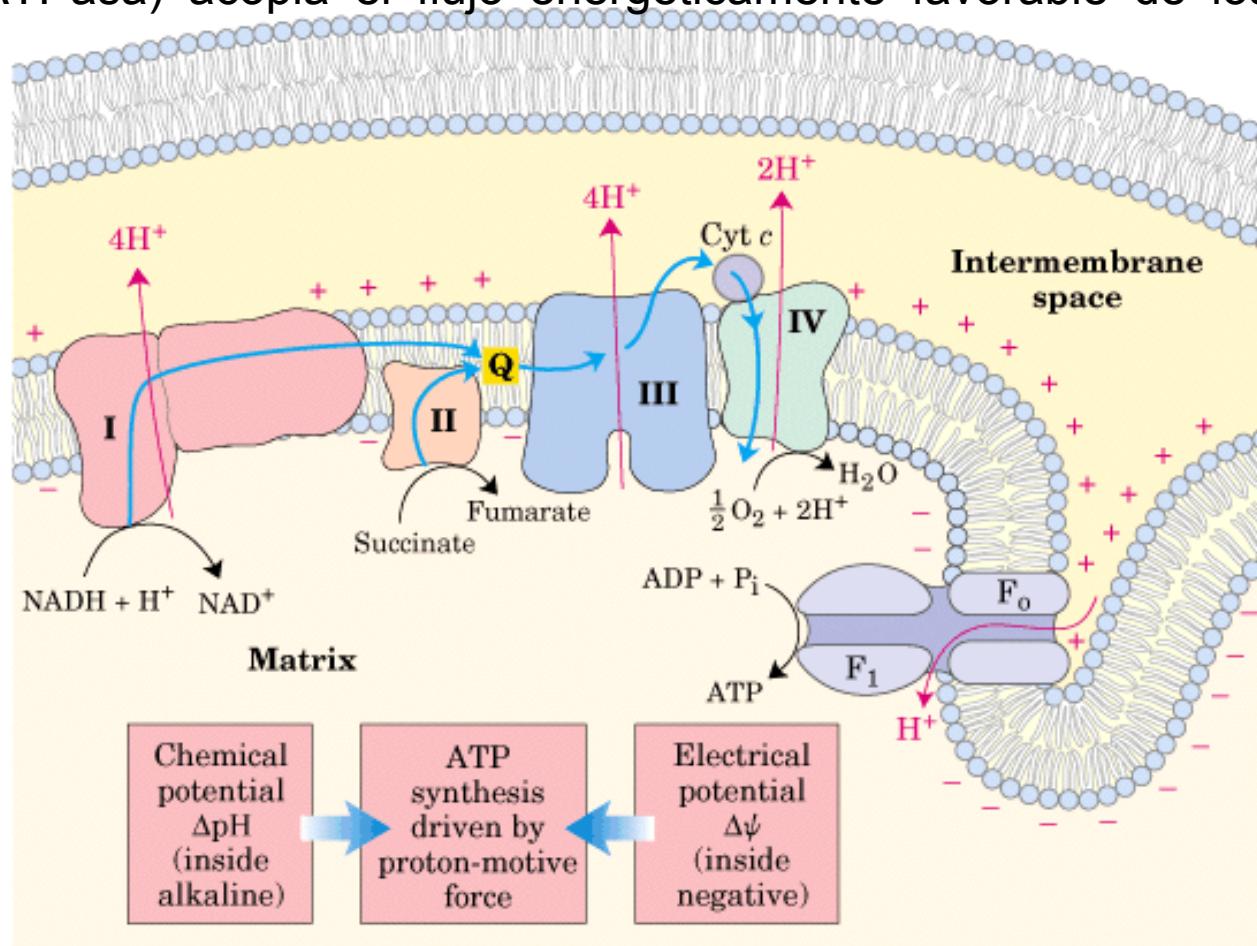
Cianuro
CO
Azida



FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

La energía derivada del transporte de electrones se acopla a la formación de un gradiente de protones.

El complejo V (ATPasa) acopla el flujo energéticamente favorable de los H^+ a la síntesis de ATP.



NADH = 3 moléculas de ATP
 $FADH_2$ = casi 2 moléculas de ATP

El ATP producido se usa para realizar Trabajo Biológico.

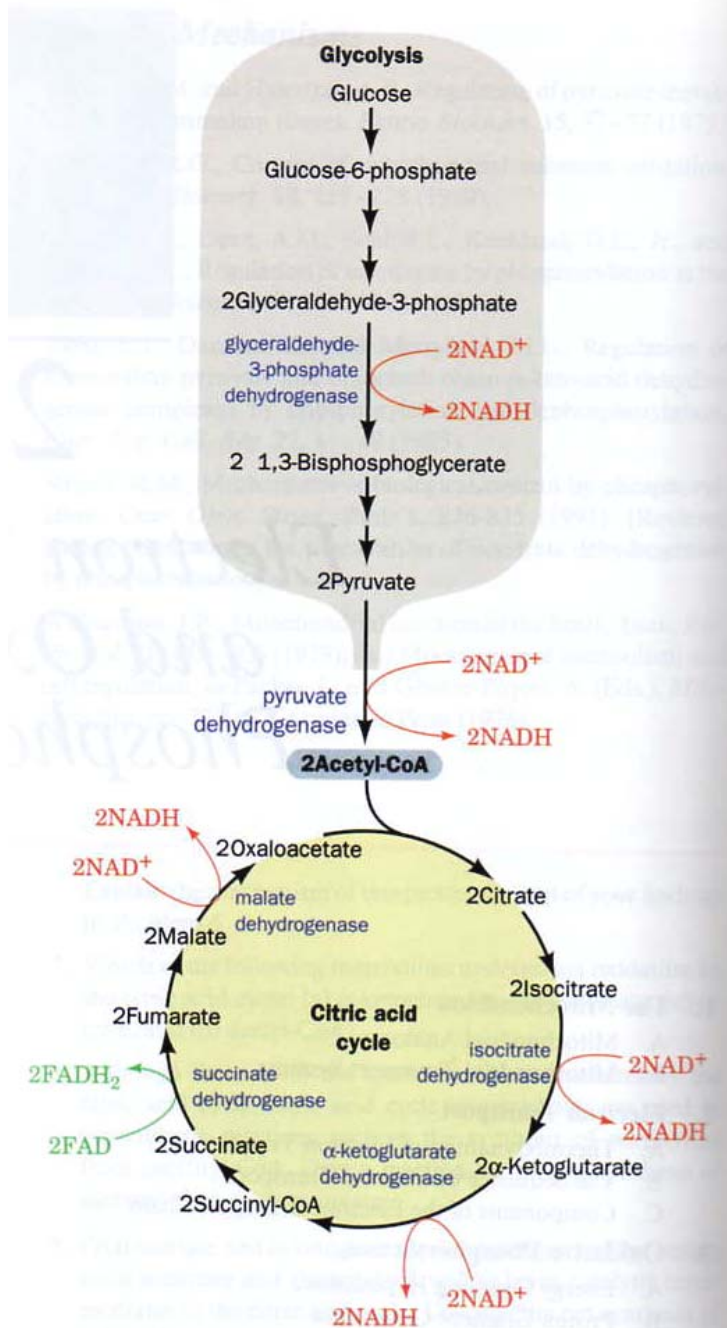


FIGURE 20-1. The sites of electron transfer that form NADH and FADH₂ in glycolysis and the citric acid cycle.

Esquema Resumen de los procesos de glicólisis y ciclo de Krebs.

A partir de 1 molécula de glucosa:

-10 NADH

- 2 FADH₂

Por lo tanto:

- 30 ATP

- 4 ATP Generados a partir de NADH y FADH₂

- (+ 2 ATP glicólisis + 2 ATP (o GTP) directamente del ciclo de Krebs)

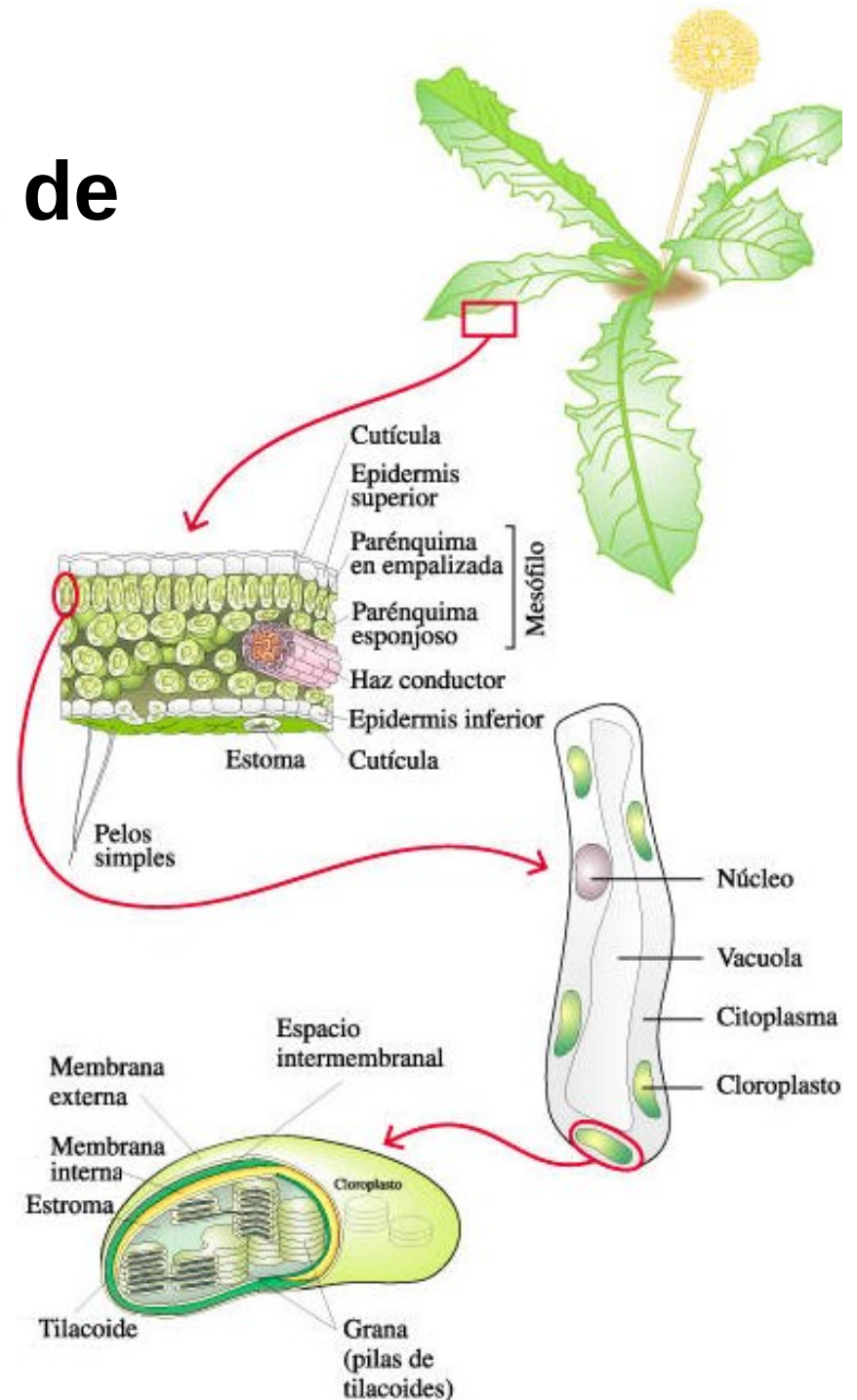
-Por lo tanto en total: 36 ó 38 ATP

Acoplamiento quimiosmótico

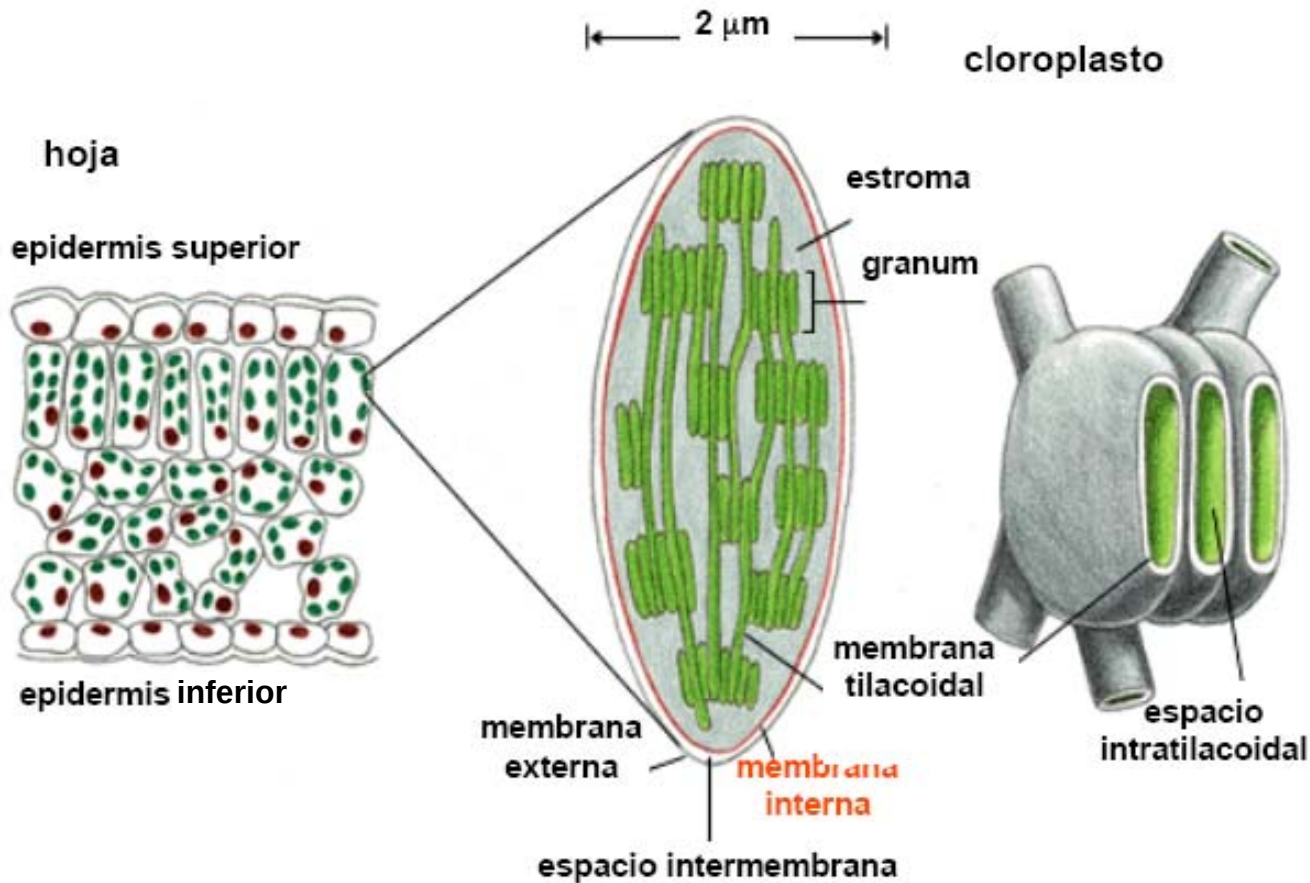
La hipótesis quimiosmótica, propuesta por Peter Mitchell en 1961, consistía de cuatro postulados. En términos de las funciones de la mitocondria eran los siguientes:

- 1.- La cadena respiratoria mitocondrial es translocadora de protones. La cadena bombea protones fuera de la matriz cuando se transportan electrones a lo largo de ella.
- 2.- El complejo ATP sintasa también transloca protones a través de la membrana interna. Debido a su actividad reversible puede usar la energía de la hidrólisis del ATP para bombear protones a través de la membrana, pero si existe una gradiente electroquímica de protones suficientemente grande, los protones fluyen en dirección inversa a través del complejo y permiten la síntesis de ATP.
- 3.- La membrana mitocondrial interna es impermeable a H^+ , OH^- y en general a cationes y aniones.
- 4.- En la membrana mitocondrial interna existe un conjunto de proteínas transportadoras encargadas de la entrada y la salida de metabolitos y de ciertos iones orgánicos.

Ubicación de los cloroplastos en la hoja de una planta

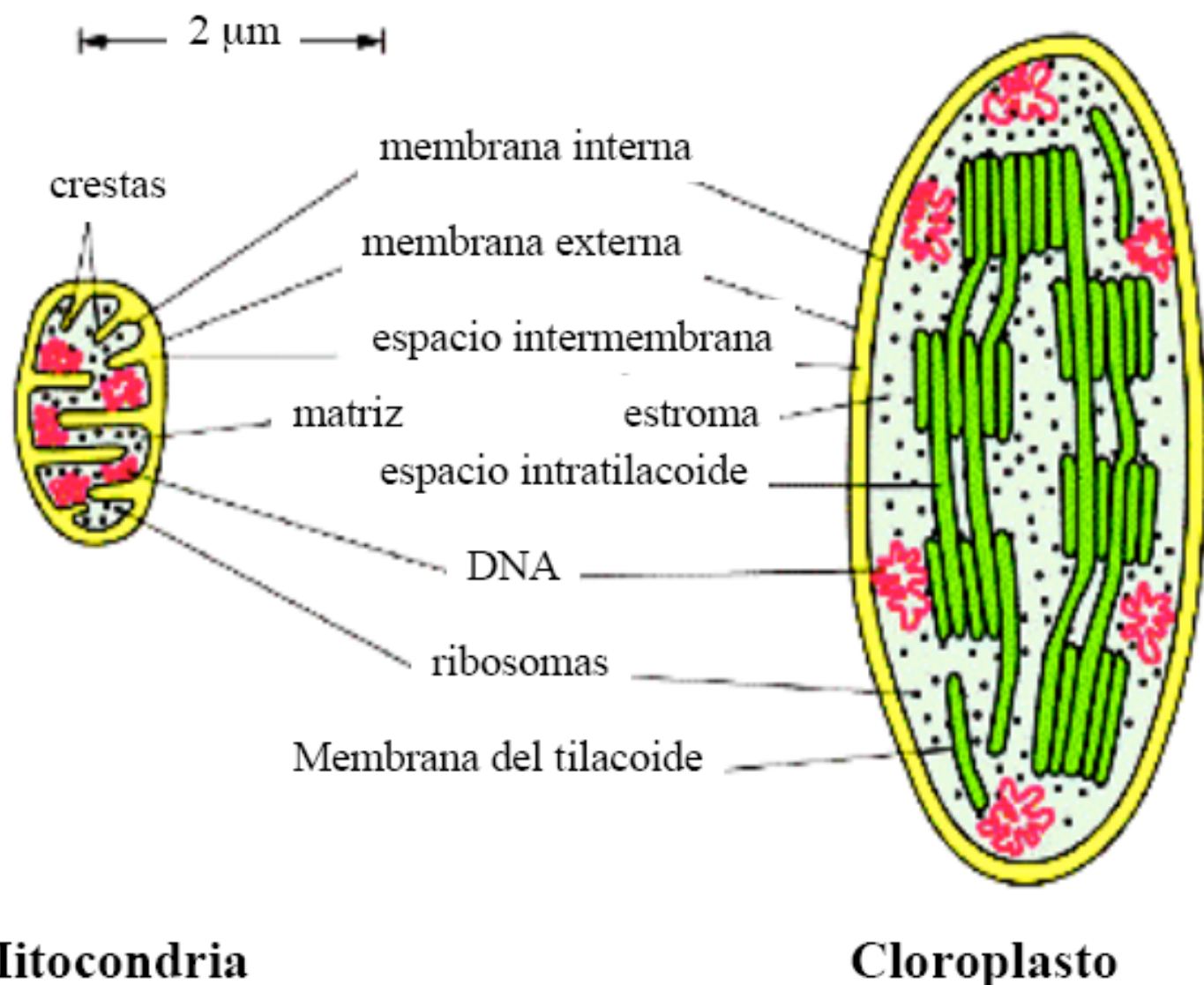


CLOROPLASTOS



2 a 4 μm diámetro
5 a 10 μm de largo
20 a 40 por célula

Comparación entre mitocondrias y cloroplastos



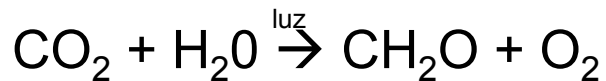
Entonces:

- Ambos organelos contienen DNA, RNA y ribosomas propios.
- Se reproducen por fisión binaria.
- En ambos casos para explicar el origen de los organelos, se postula la idea de una relación simbiótica entre una bacteria y un eucarionte (en el caso del cloroplasto sería un eucarionte no fotosintético)

Fotosíntesis

Proceso dirigido por energía luminosa en que se fija el CO₂ para generar carbohidratos.

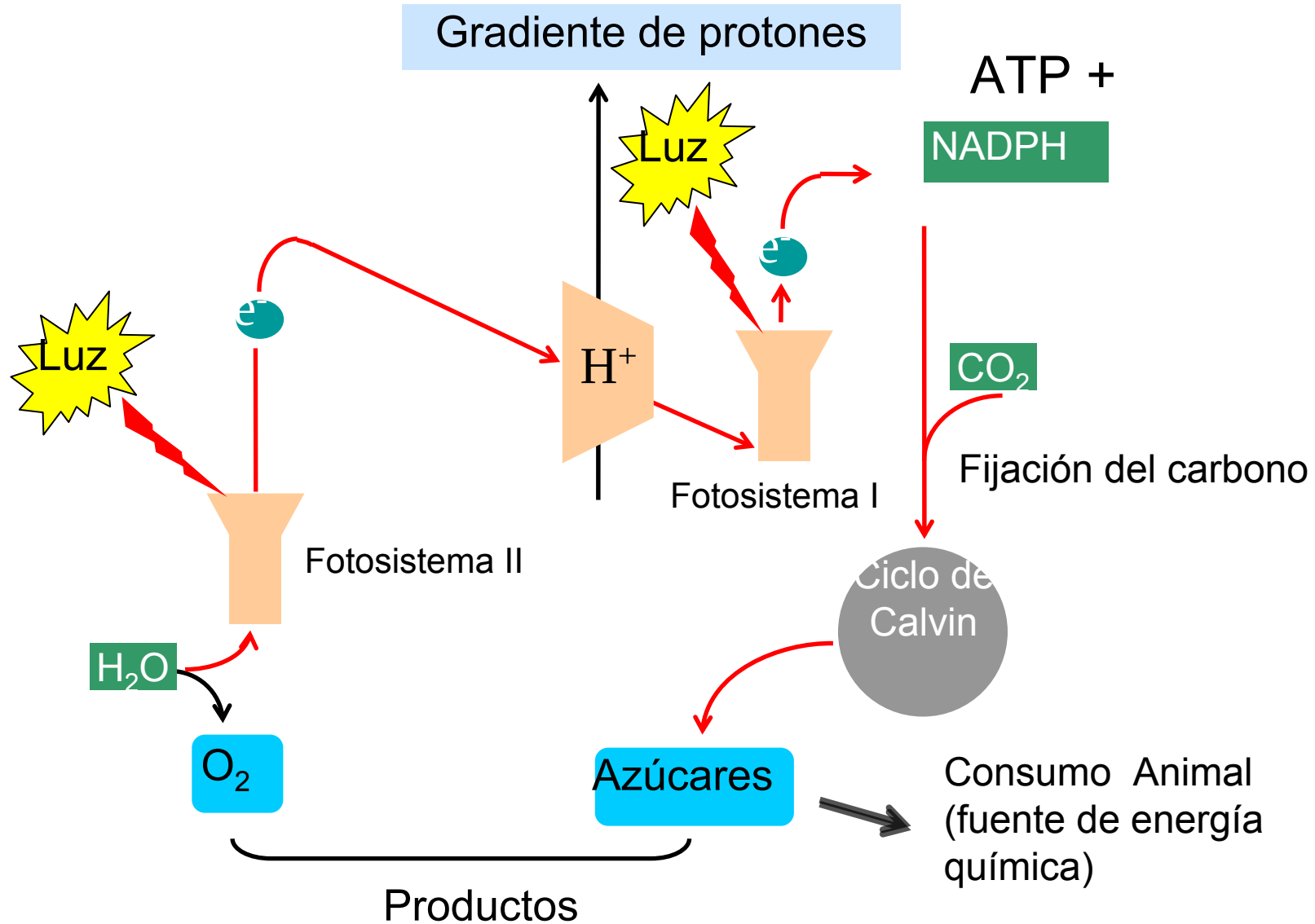
Básicamente:



2 Etapas:

1. Fase Luminosa: Se generan NADPH y ATP → mb tilacoide (en procariotes ocurre en cromatóforos, derivado de la mb interna plasmática)
2. Fase Oscura (no dependientes de luz): Utiliza las moléculas anteriores y se sintetizan CH a partir de CO₂ y H₂O → ocurre en el estroma en una serie de rxs. químicas.

CLOROPLASTO



Luz

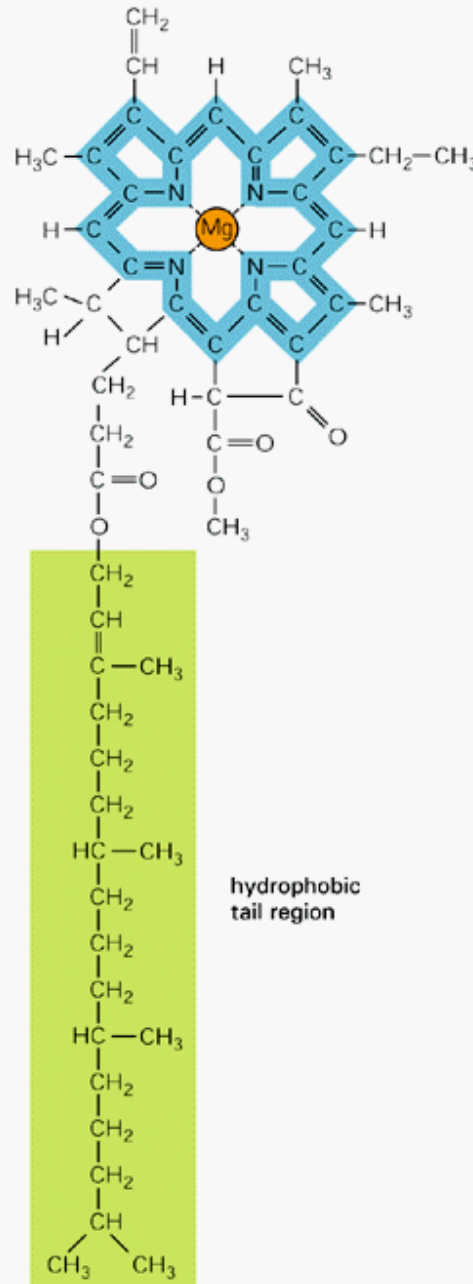


Excitación electrónica a niveles de mayor energía.

Sucede:

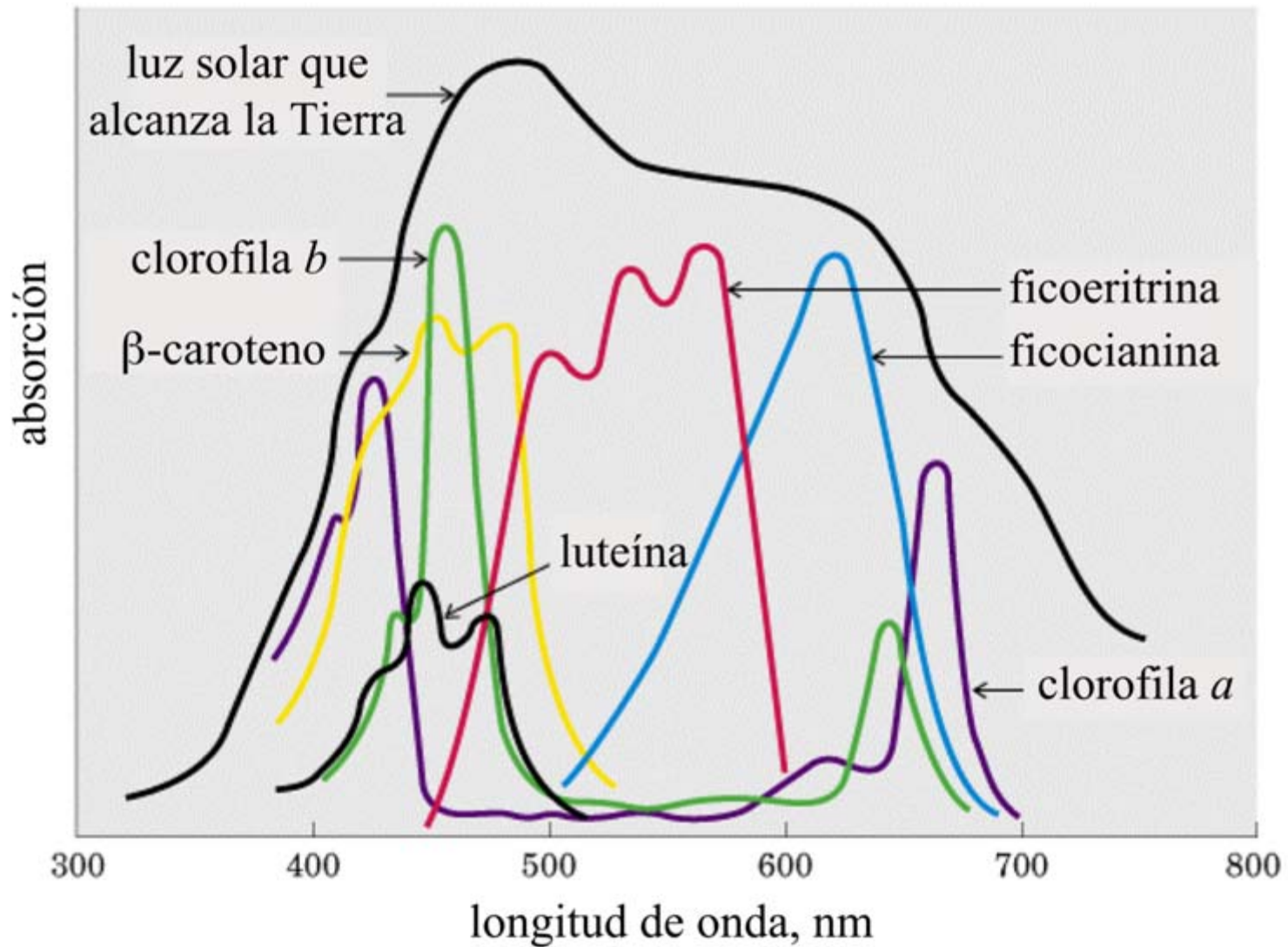
Transferencia electrónica a un receptor de electrones (Fotosistemas).

La clorofila capta electrones del Agua.



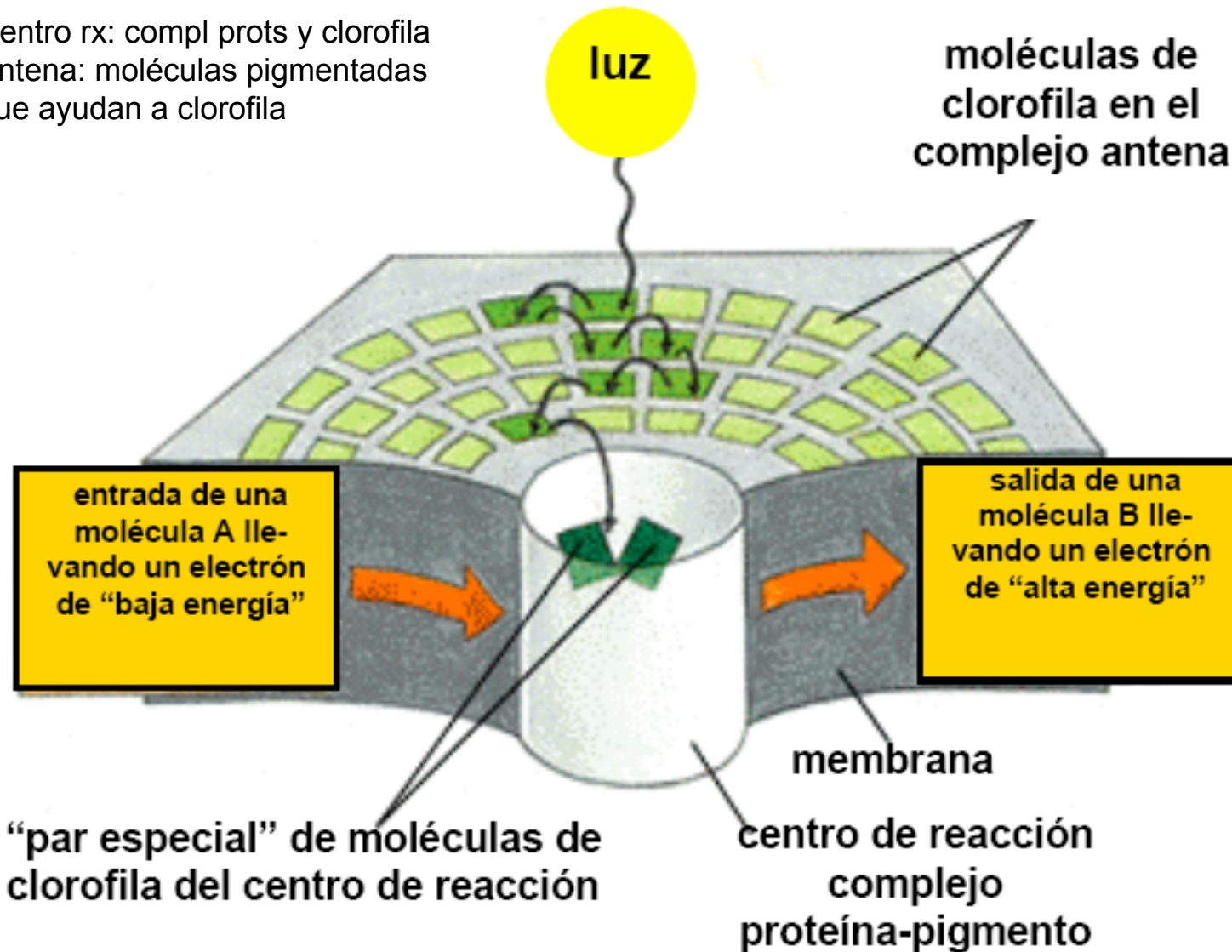
Clorofila

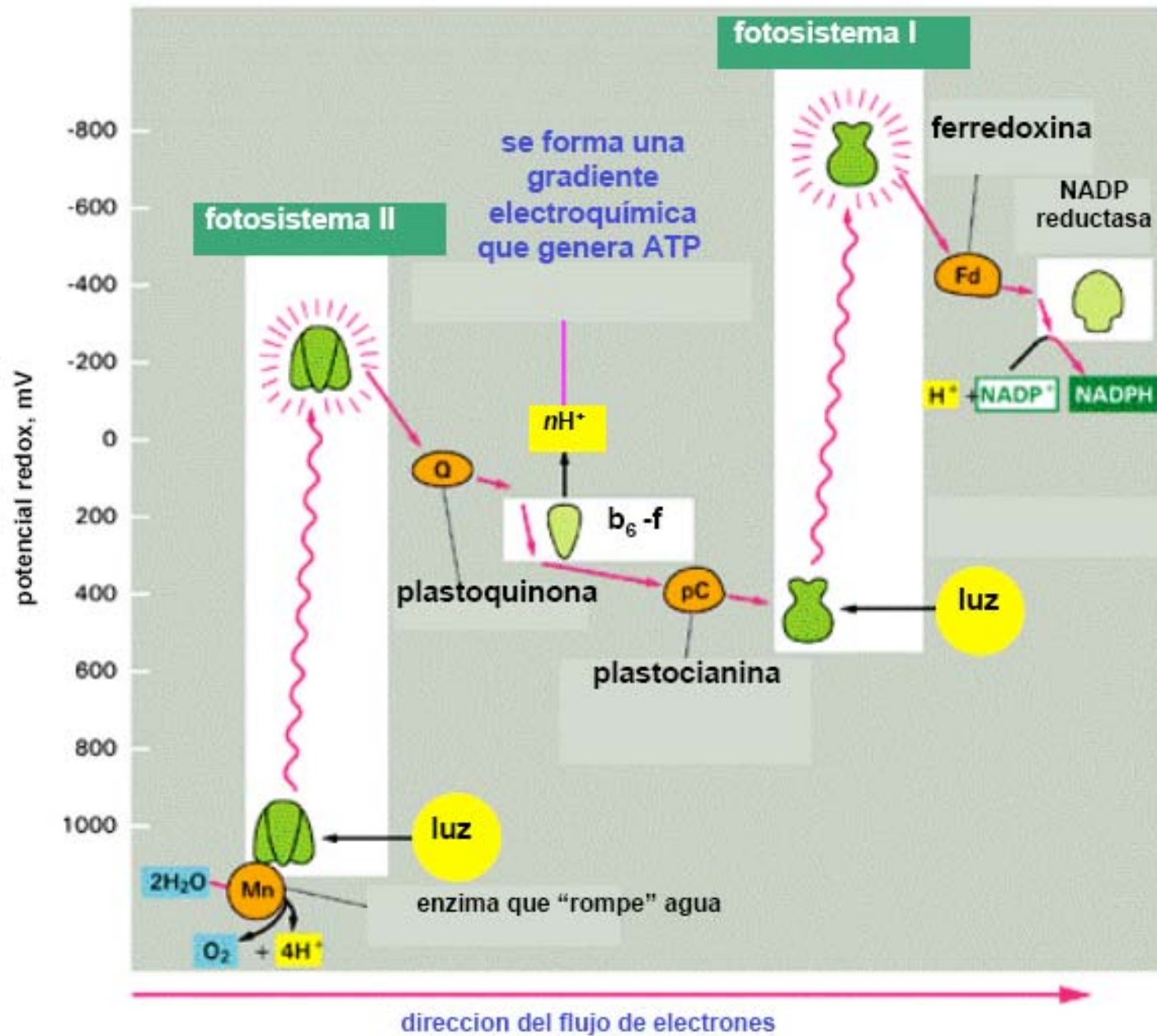
Espectro de absorción de distintos pigmentos fotosintéticos

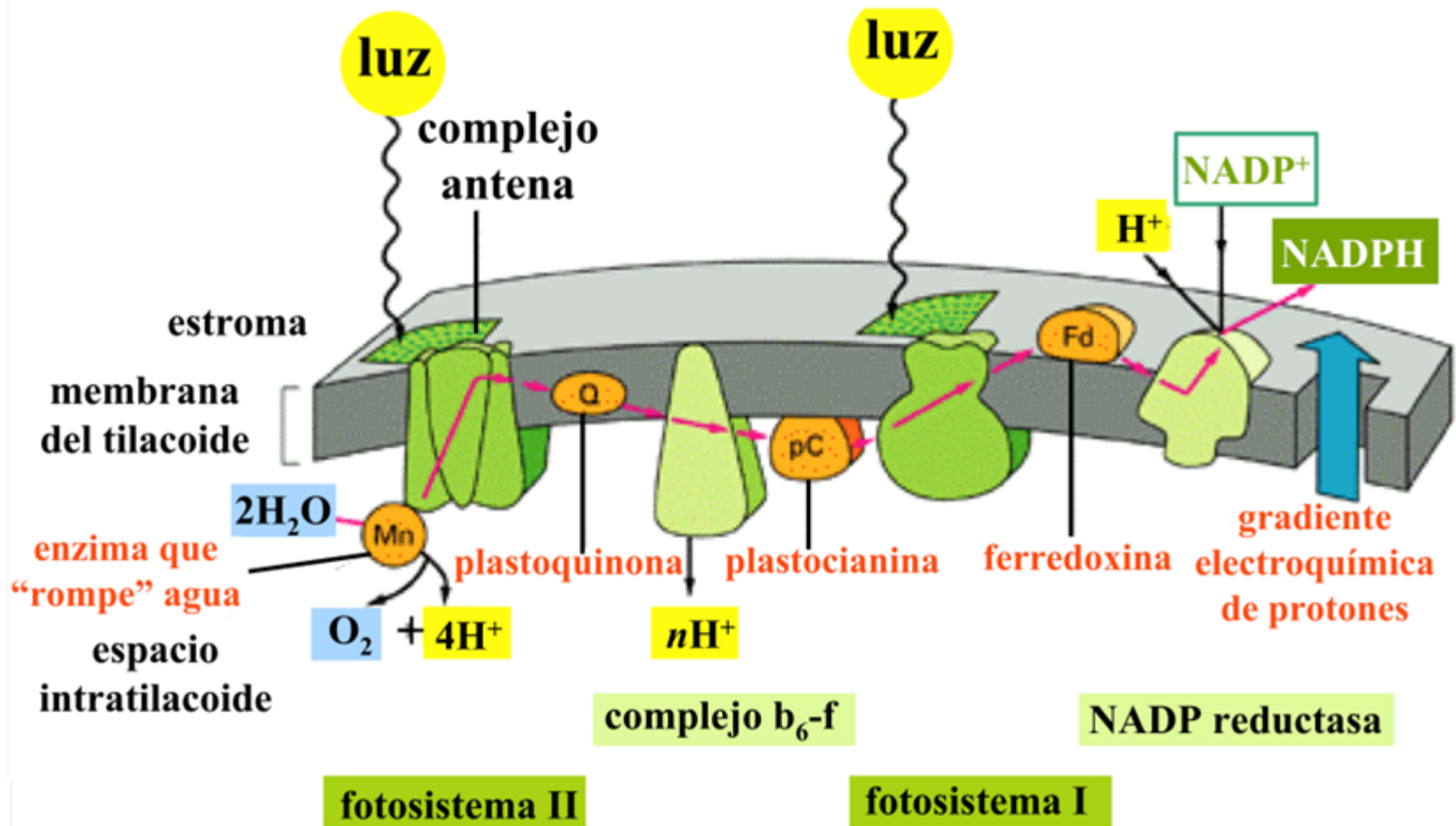


Esquema de un Fotosistema (Centro de reacción+Complejo Antena)

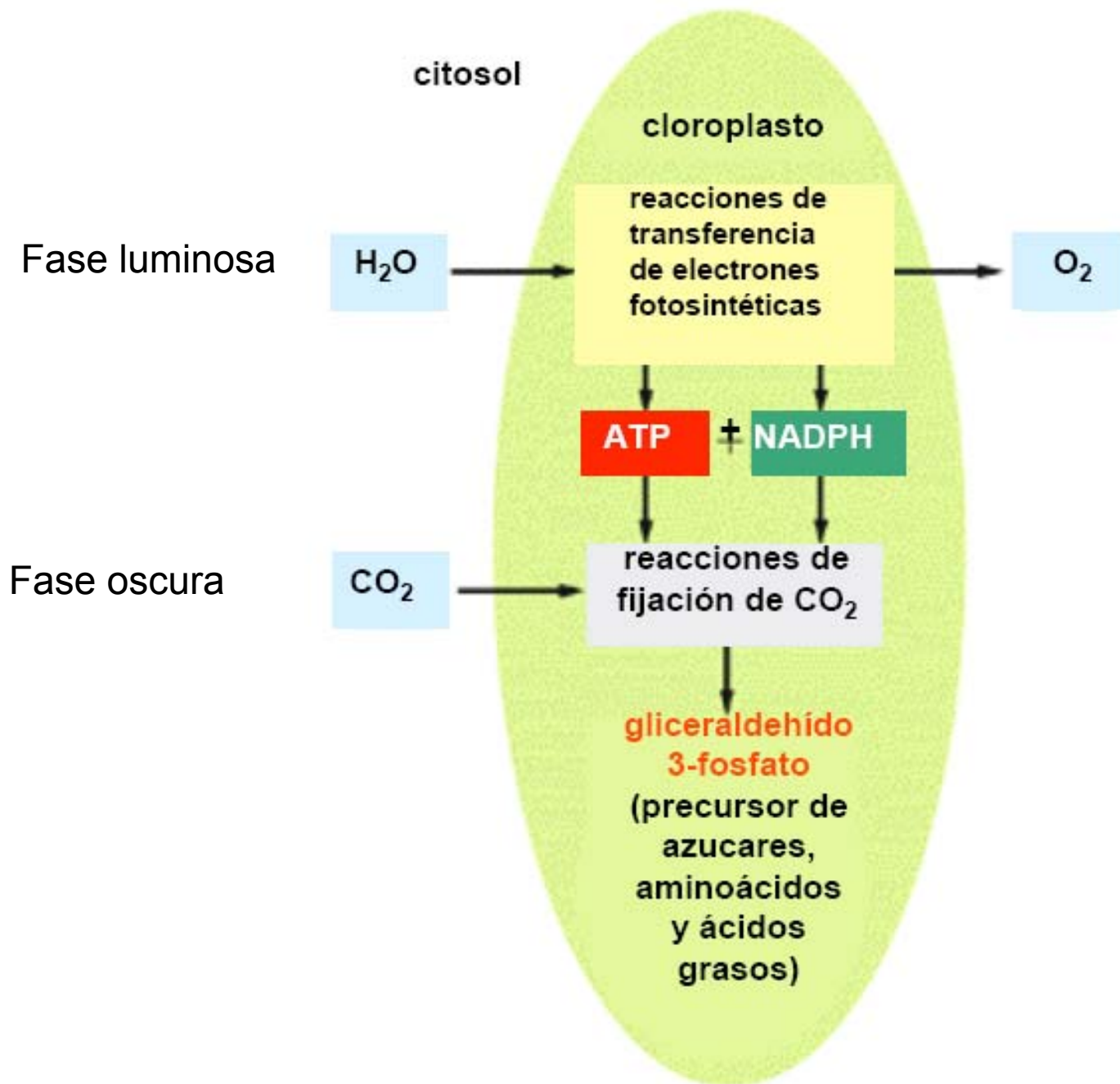
Centro rx: compl prots y clorofila
Antena: moléculas pigmentadas que ayudan a clorofila





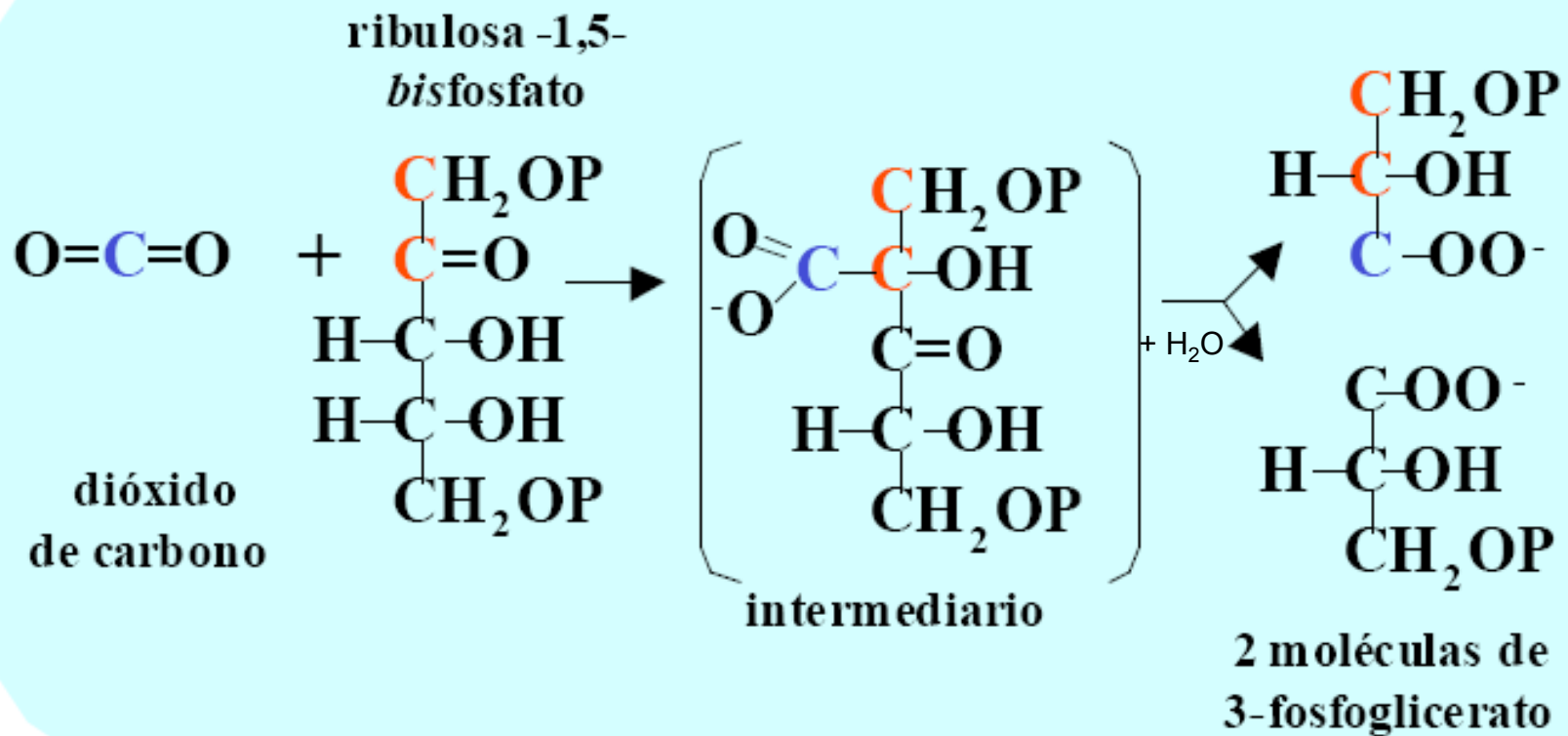


En la membrana tilacoidal ocurre la transferencia electrónica, a la par, los H^+ son bombeados hacia el interior del tilacoide. El flujo de estos H^+ retornando al estroma a través de la ATP sintasa permite la síntesis del ATP.



Reacción catalizada por la ribulosa-1,5-*bis*fosfato carboxilasa oxigenasa (Rubisco)

(en estroma)



Ciclo de Calvin Benson

