Sistemas subcelulares de conversión de energía:

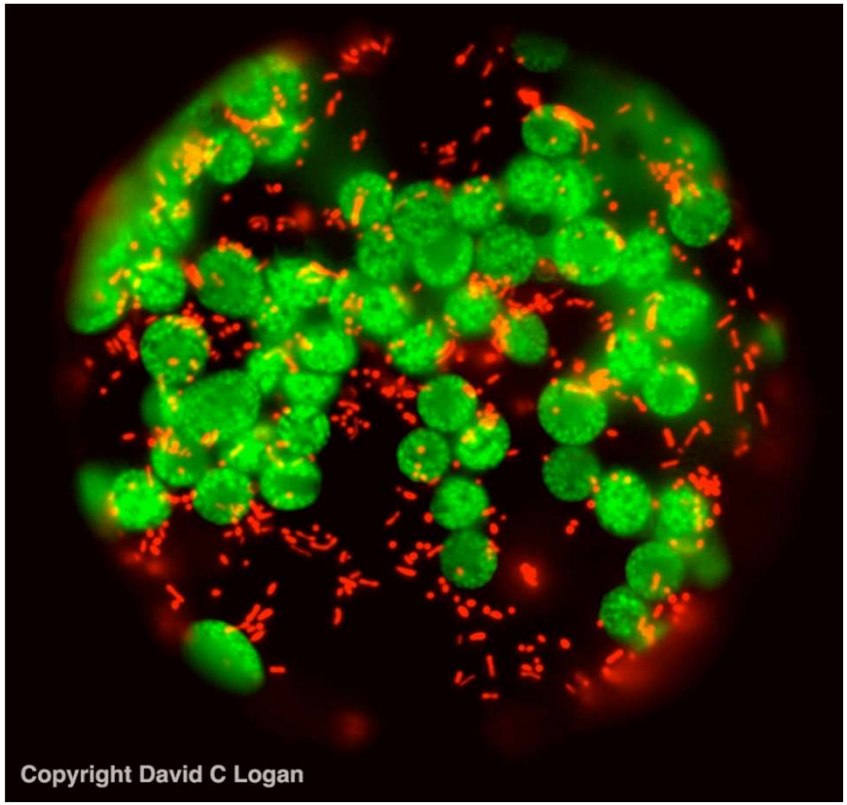
Mitocondrias y Cloroplastos

zoom

¿cuáles son las principales características estructurales de estos organelos?

¿cómo generan la energía que luego va a ser utilizada para los procesos celulares?

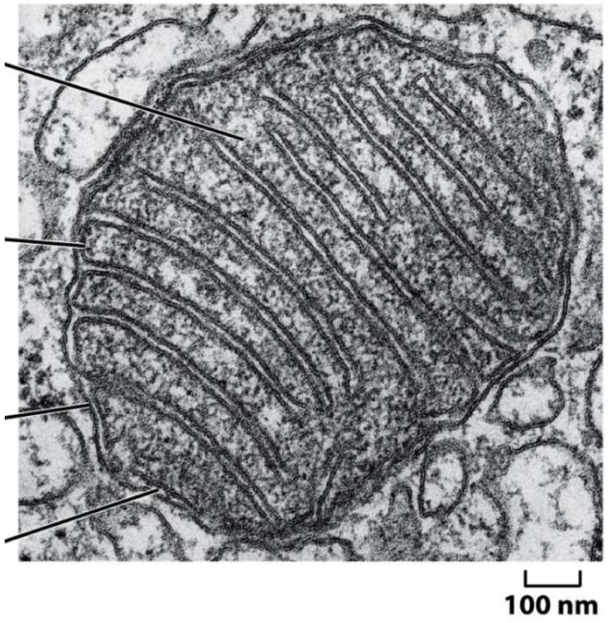
¿cómo se forman estos organelos?



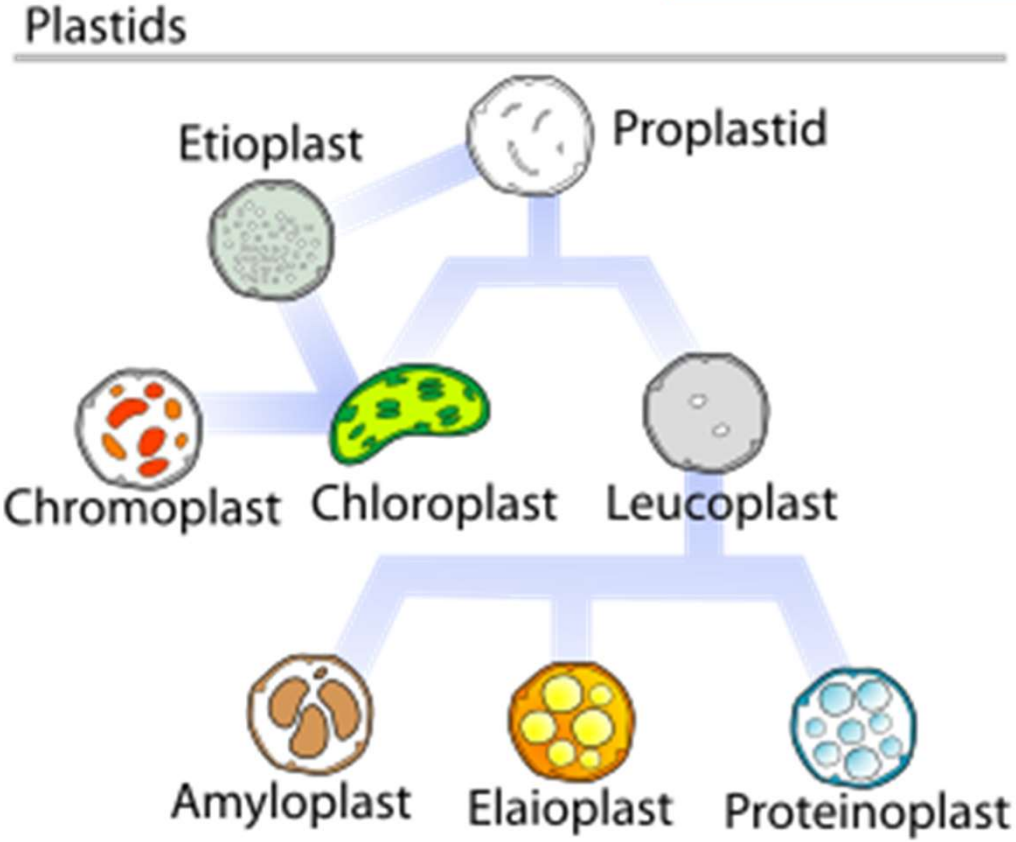
Características comunes

* con doble membrana
* con genoma propio
* aislados del tráfico vesicular
* auto-replicantes

mitocondrias



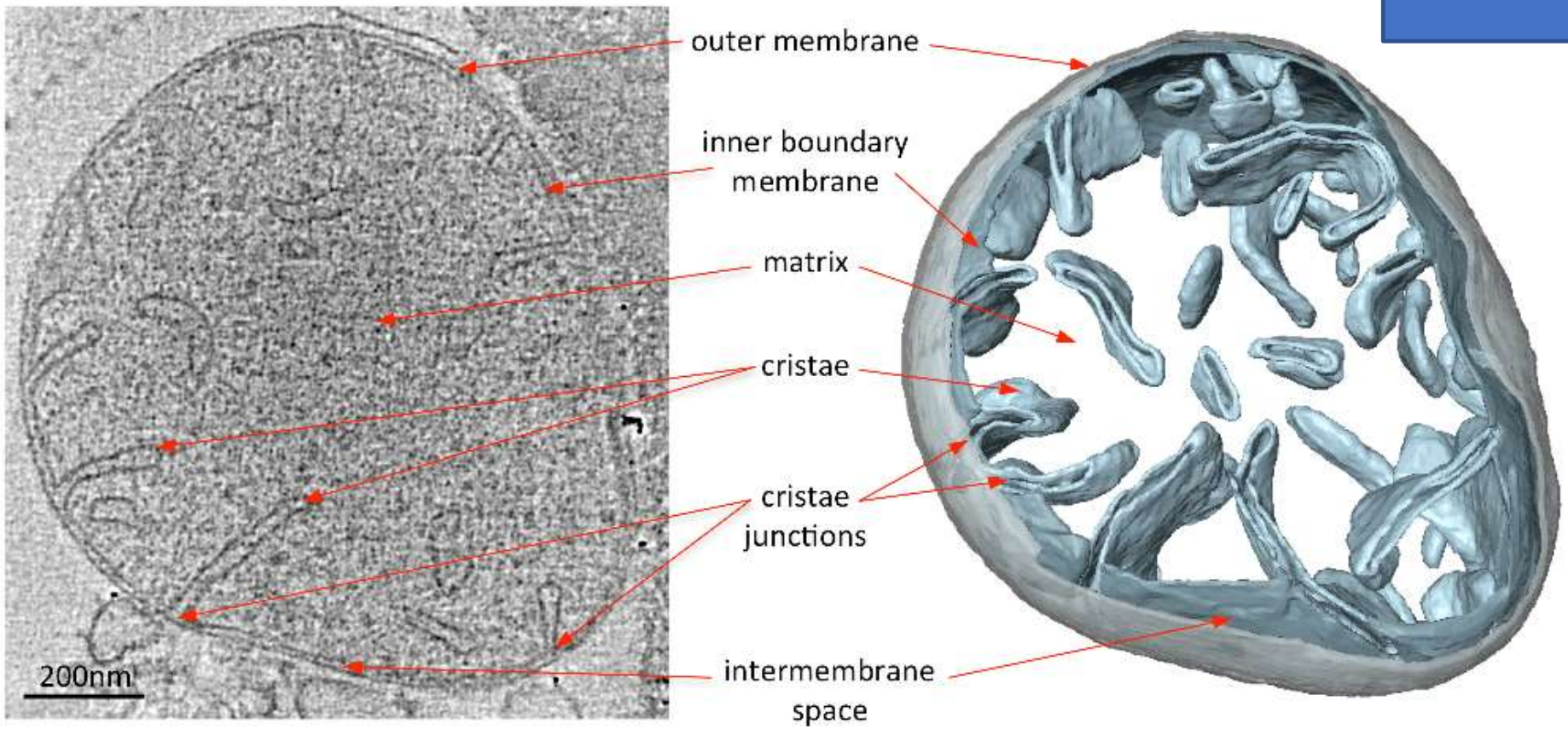
zoom



Estructura de mitocondrias

zoom

- Eucariotas

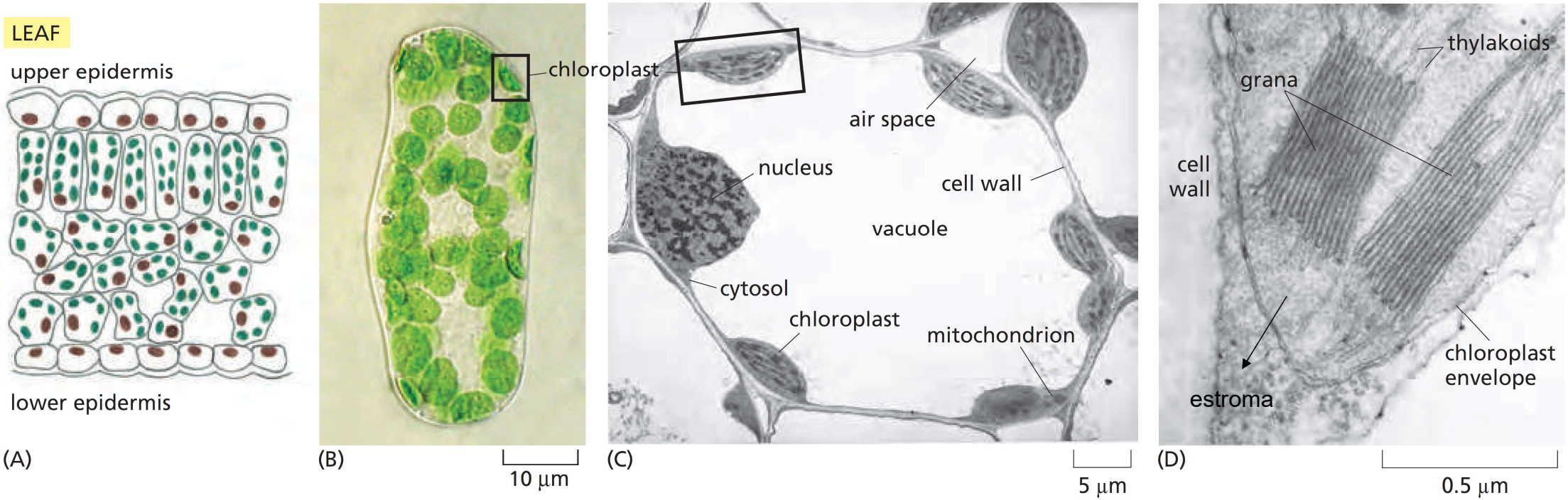


S. cerevisiae

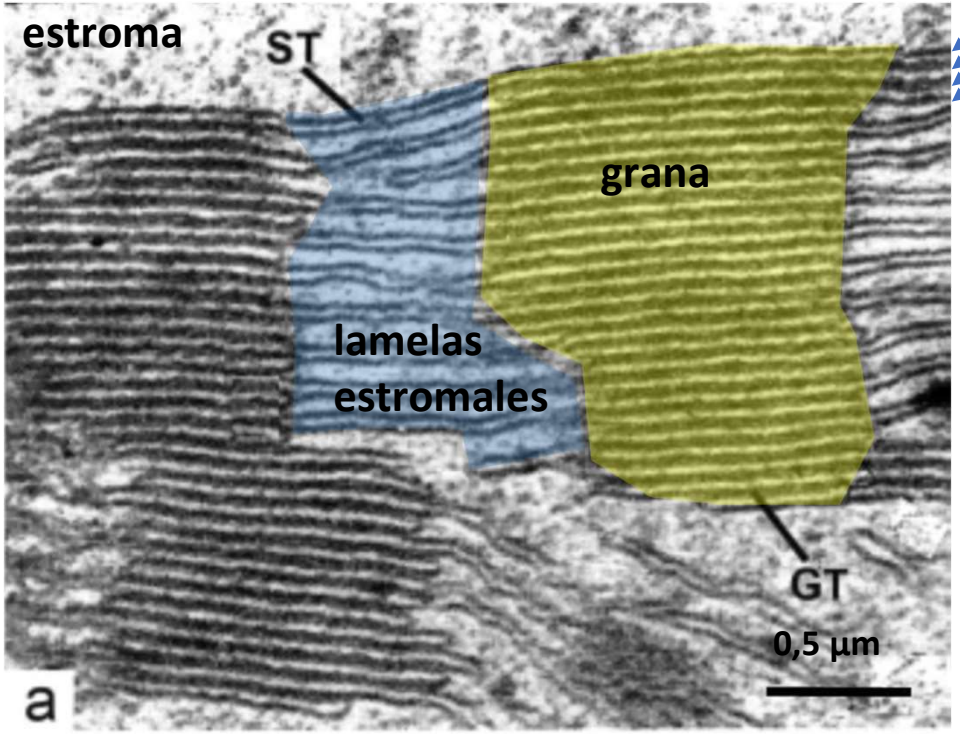
Estructura de cloroplastos

zoom

- **Plantas, algas y algunos protistas**



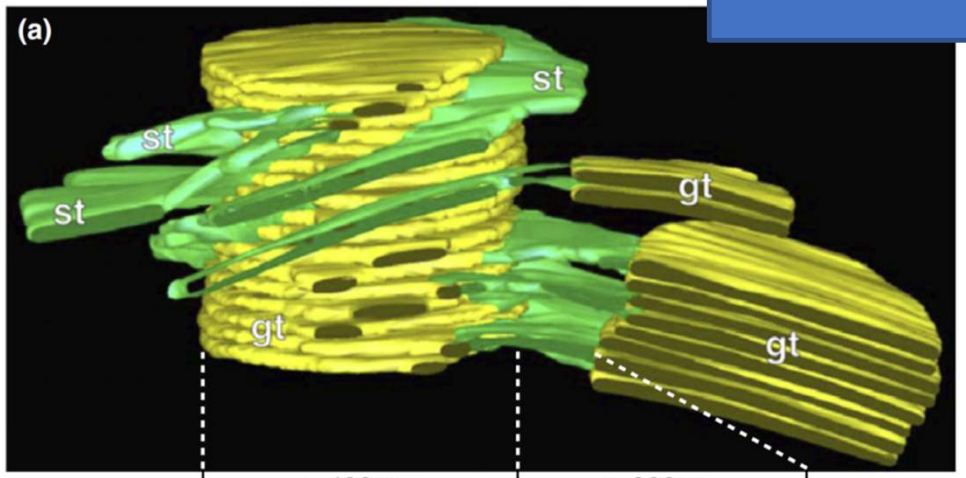
tilacoides



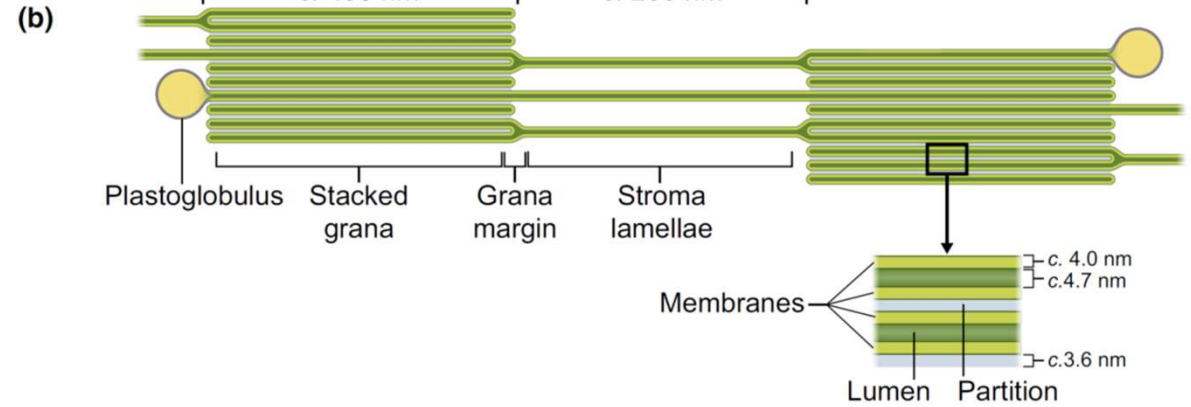
Corn chloroplast
TEM

membrana tilacoidal

zoom

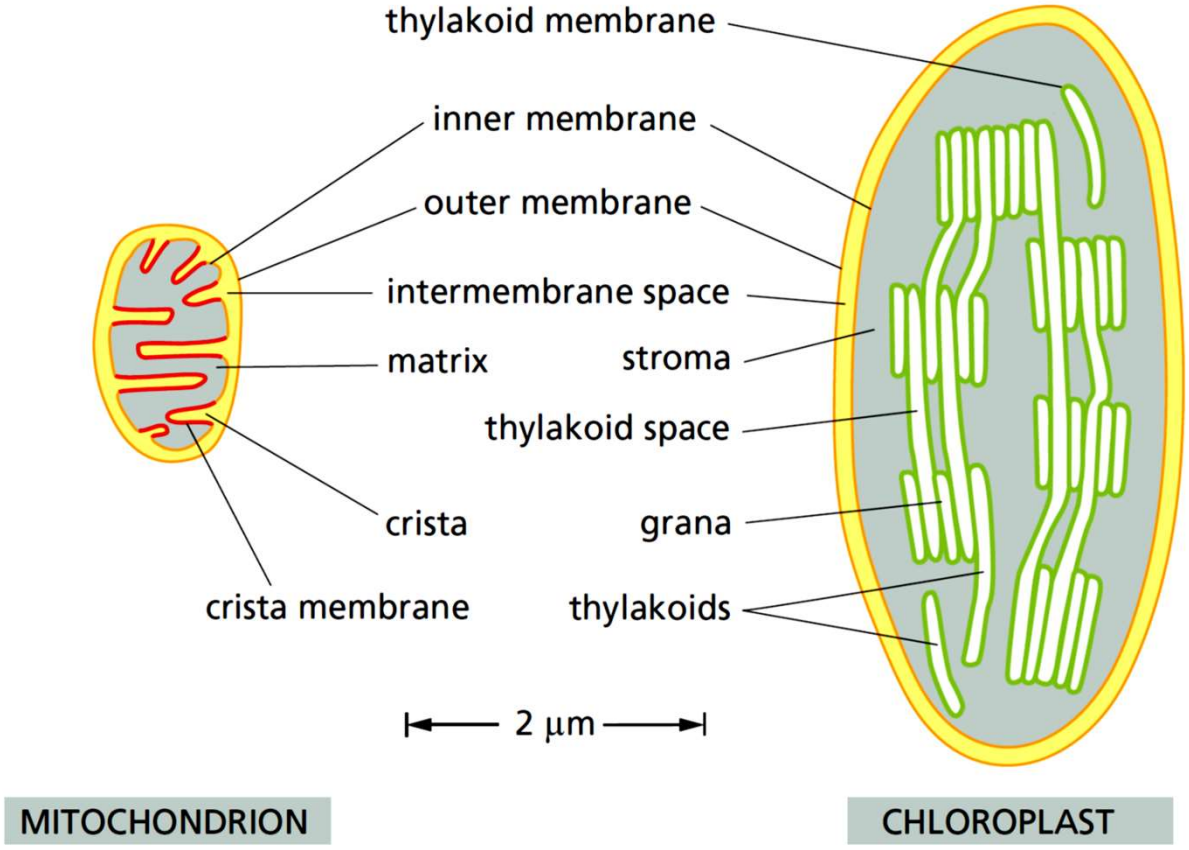


Electron tomography based - model



Estructura de mitocondrias y cloroplastos

zoom



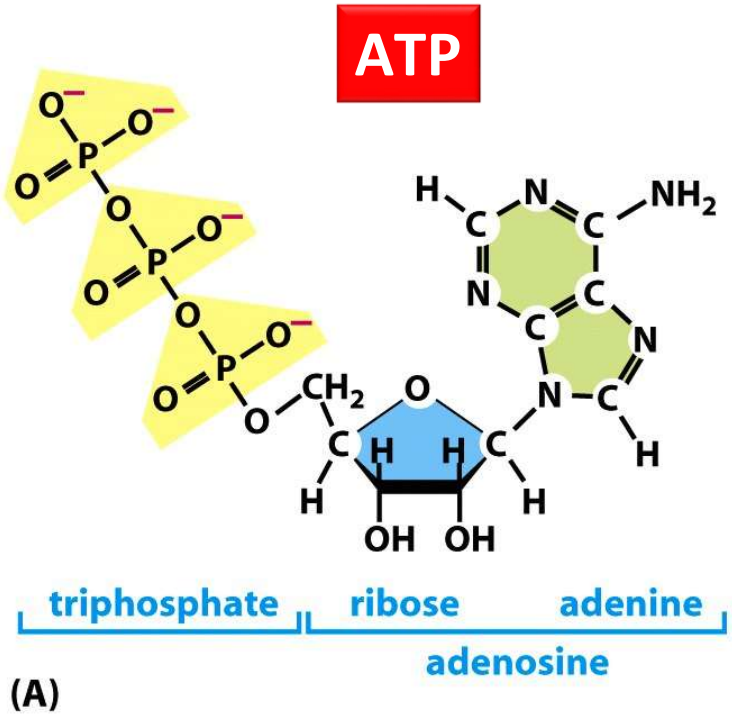
dos membranas

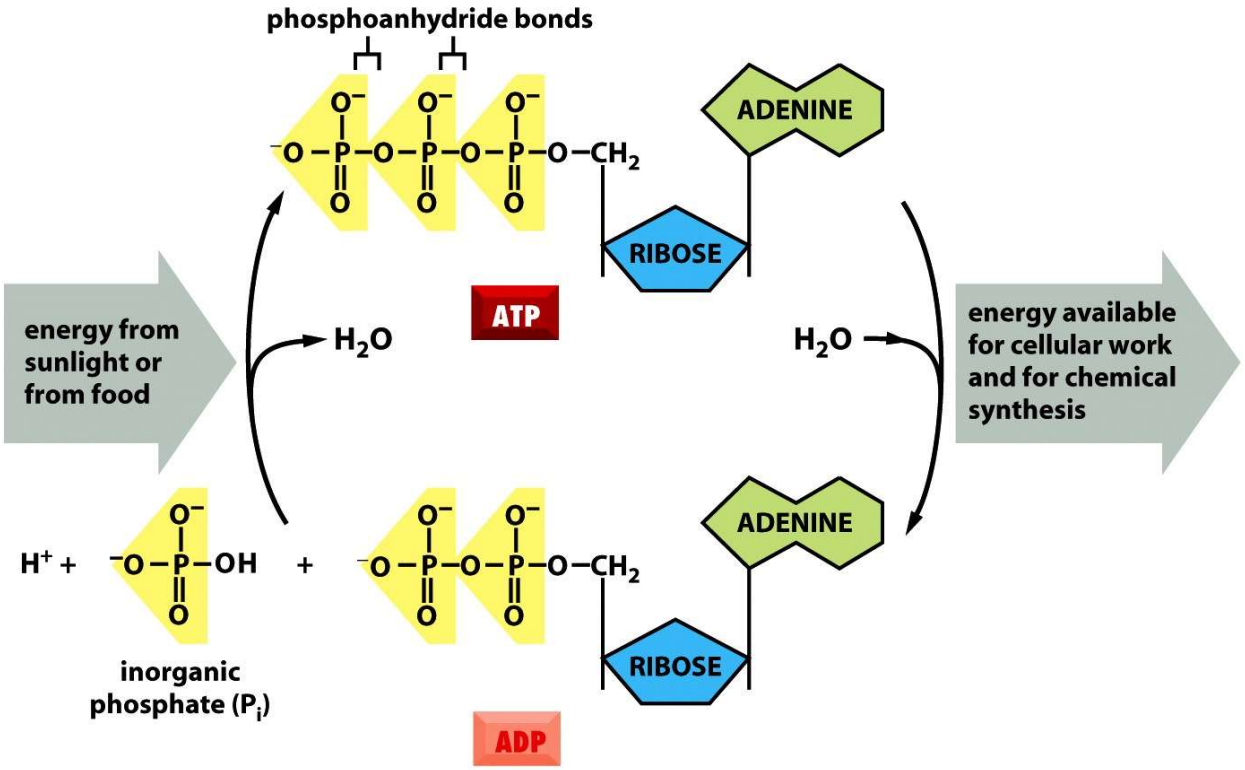
EXTERNA → con PORINAS
permeable a iones, metabolitos, ATP, ADP, proteínas < 10kDa

INTERNA → semi-permeable
sólo difunde libremente O_2, CO_2, agua

¿cómo se genera la energía requerida para los procesos celulares?

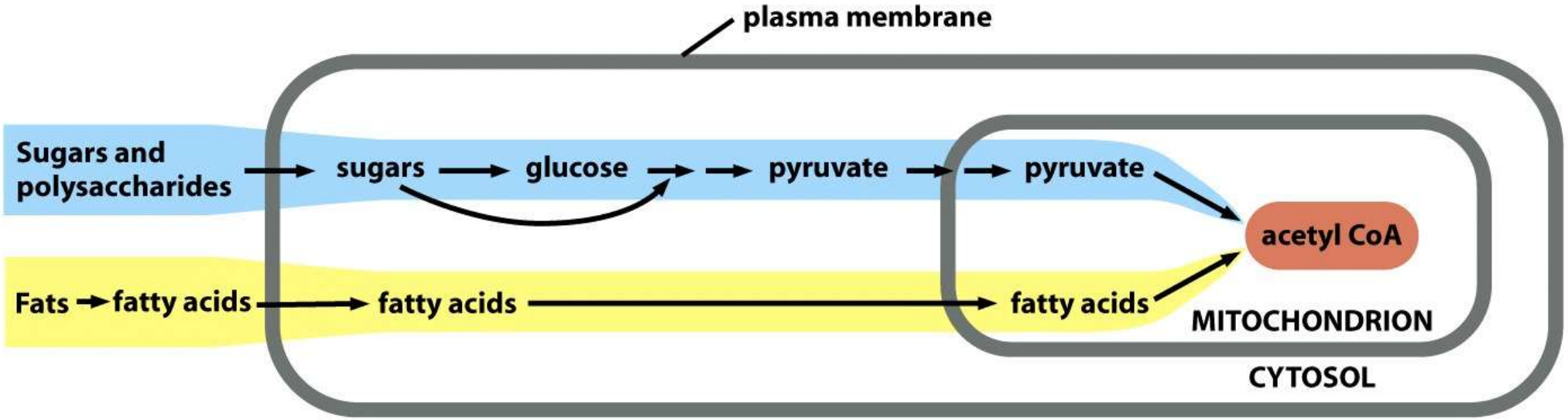
zoom





¿De dónde proviene esa energía?

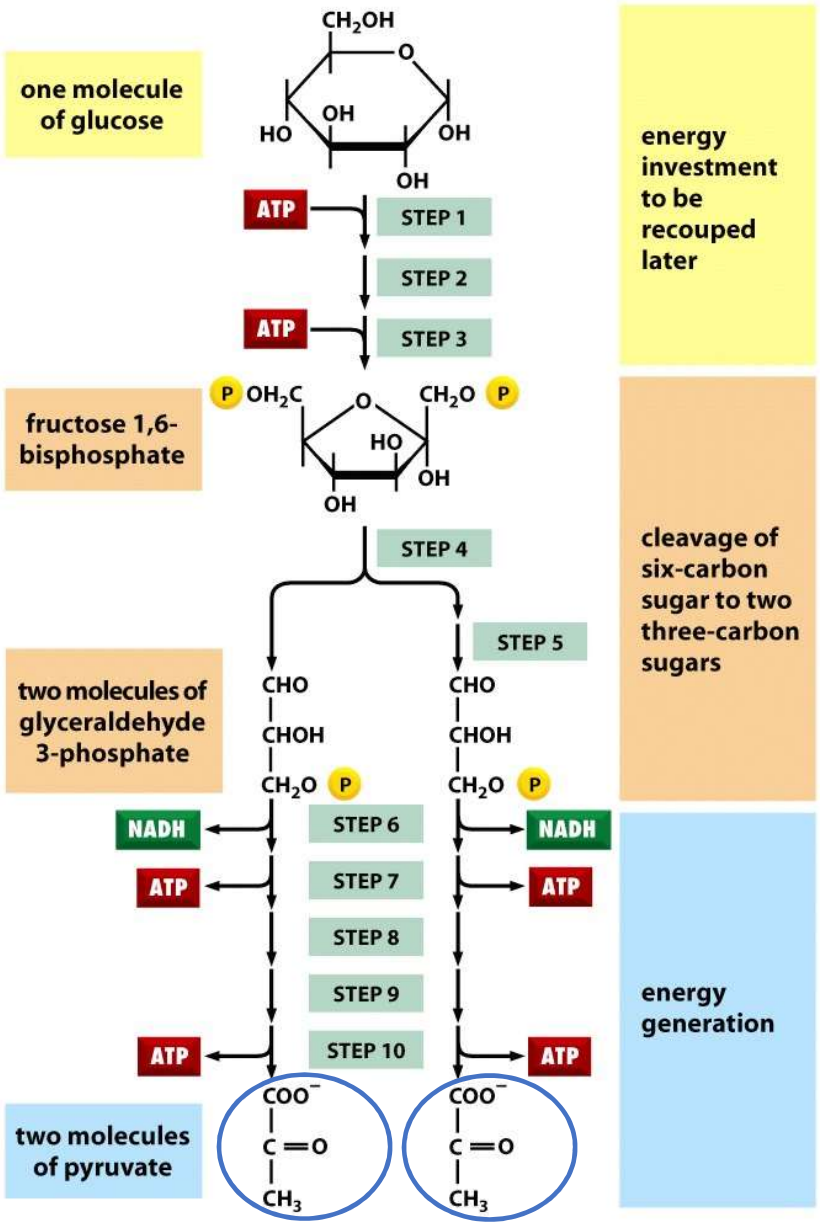
zoom



¿De dónde proviene esa energía?

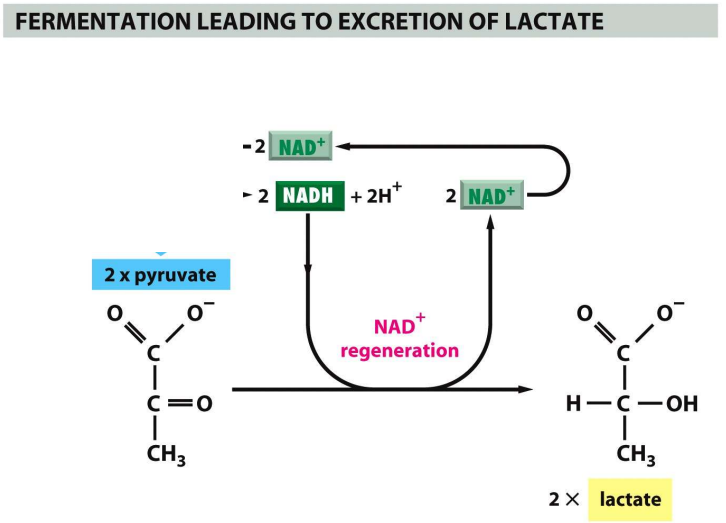
Glucólisis

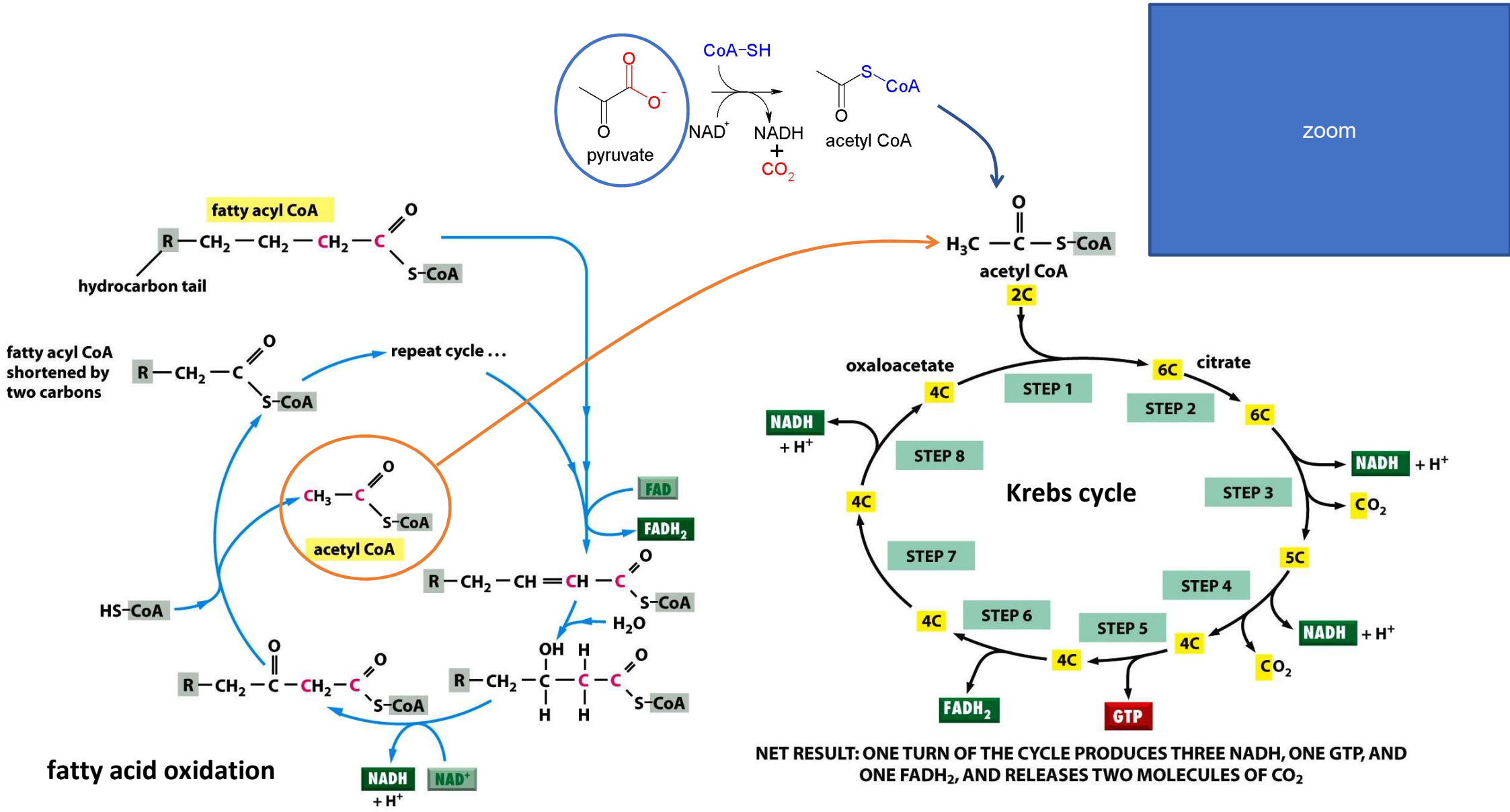
- **Citoplasma**
- No requiere la presencia de O_2



zoom

en condiciones anaeróbicas....





MATRIZ MITOCONDRIAL

zoom

TABLE 14–1 Product Yields from the Oxidation of Sugars and Fats

A. Net products from oxidation of one molecule of glucose

In cytosol (glycolysis)

1 glucose → 2 pyruvate + 2 NADH + 2 ATP

In mitochondrion (pyruvate dehydrogenase and citric acid cycle)

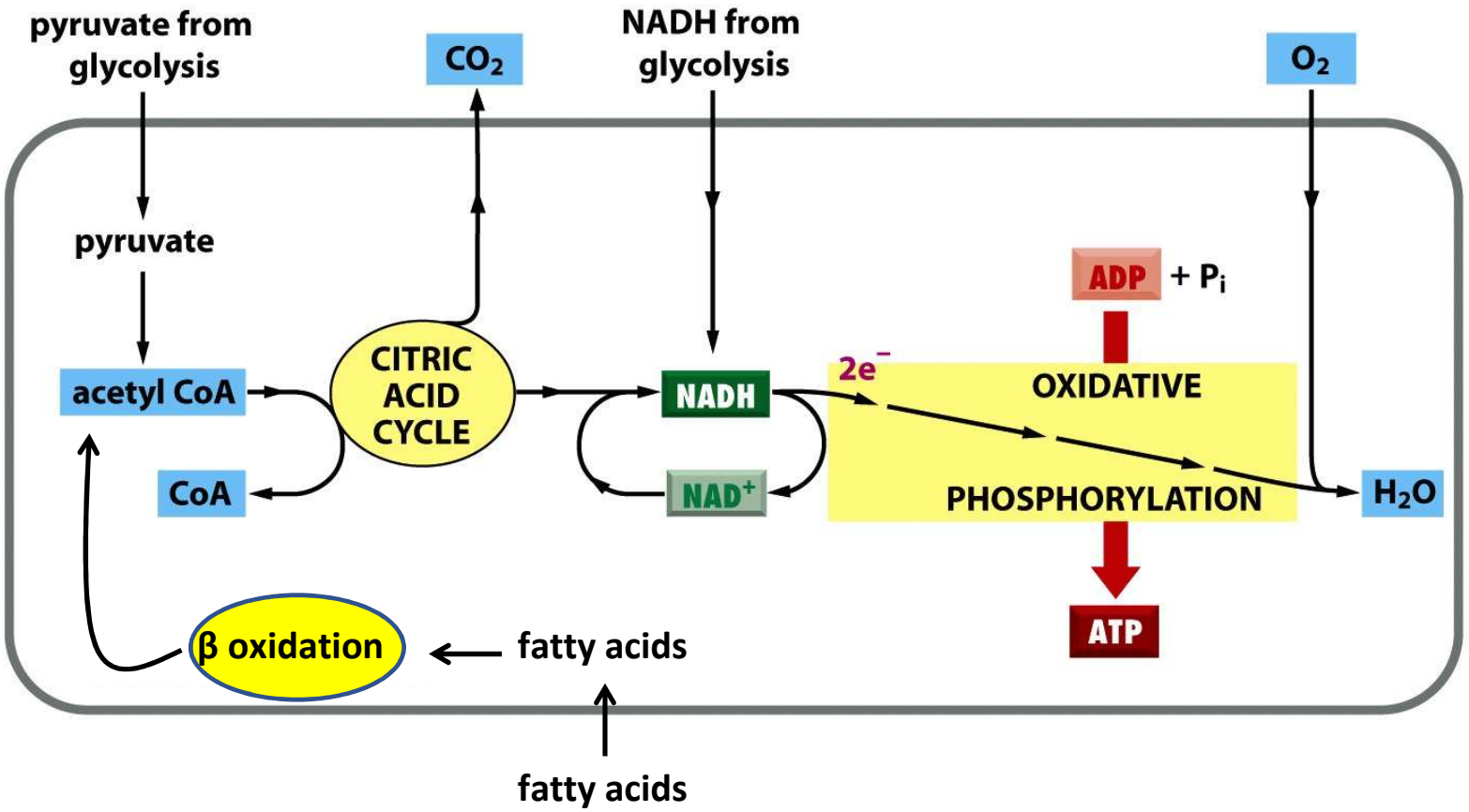
2 pyruvate → 2 acetyl CoA + 2 NADH
2 acetyl CoA → 6 NADH + 2 $FADH_2$ + 2 GTP

B. Net products from oxidation of one molecule of palmitoyl CoA (activated form of palmitate, a fatty acid)

In mitochondrion (fatty acid oxidation and citric acid cycle)

1 palmitoyl CoA → 8 acetyl CoA + 7 NADH + 7 $FADH_2$
8 acetyl CoA → 24 NADH + 8 $FADH_2$ + 8 GTP

La fosforilación oxidativa permite generar grandes cantidades de ATP



zoom

glicólisis +
fosforilación oxidativa
1 Glucosa

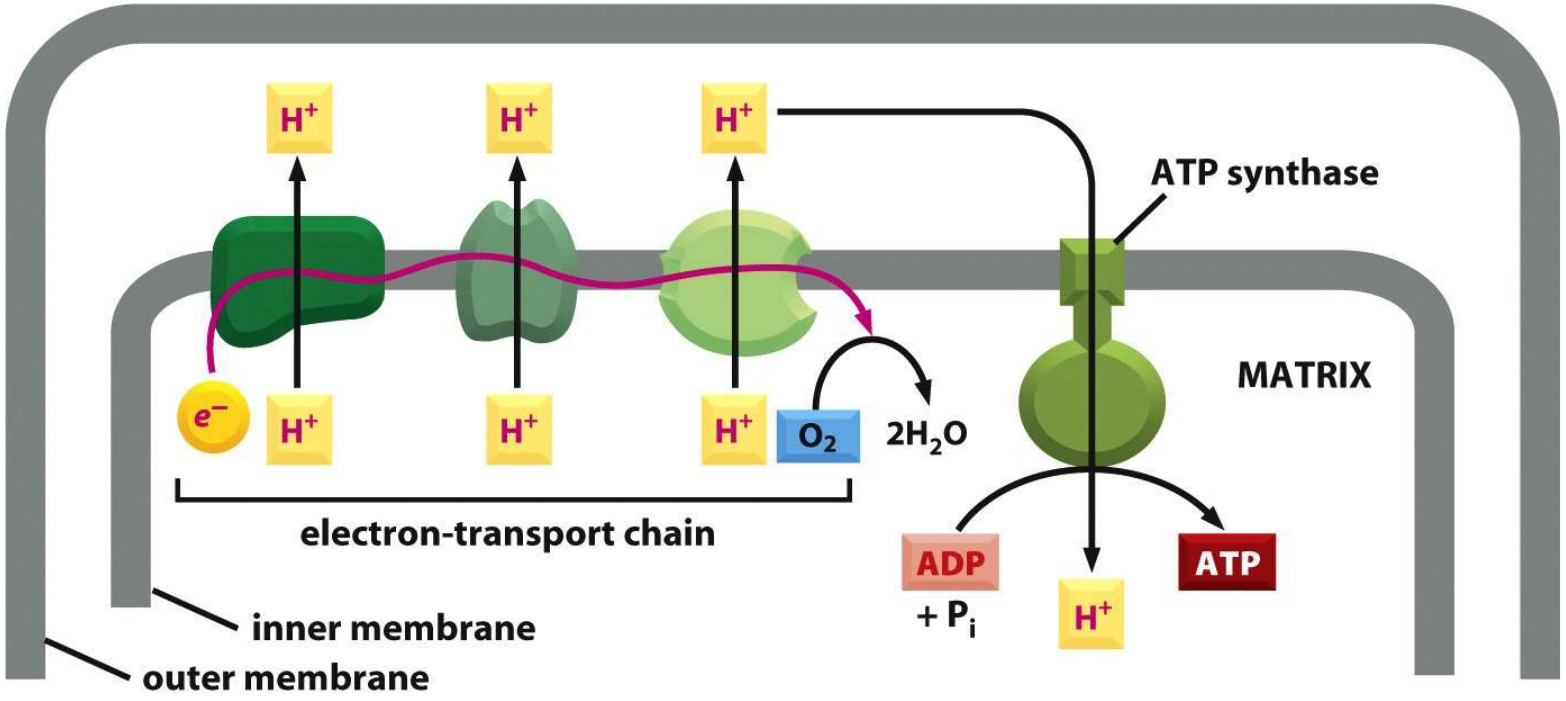
30 ATP

β-oxidación +
fosforilación oxidativa
1 palmitoyl-CoA

116 ATP

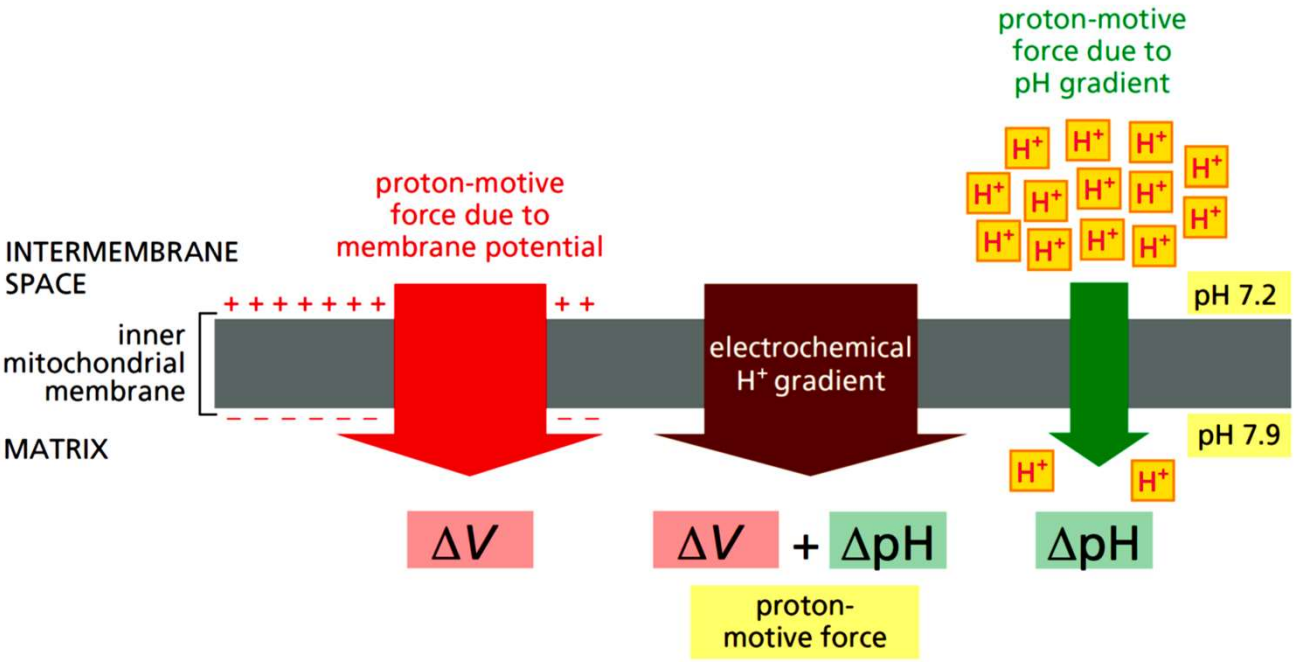
¿de qué se trata la fosforilación oxidativa?

zoom

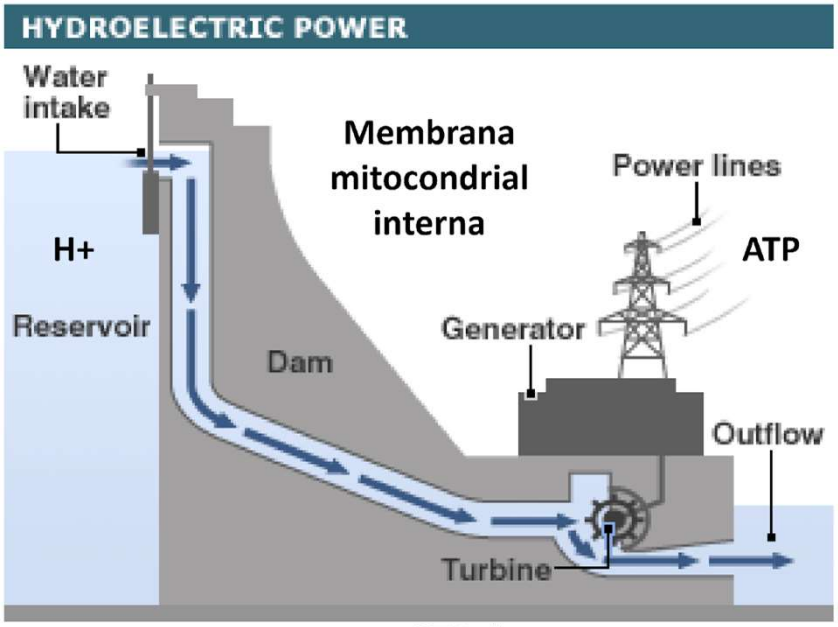


fosforilación oxidativa

zoom



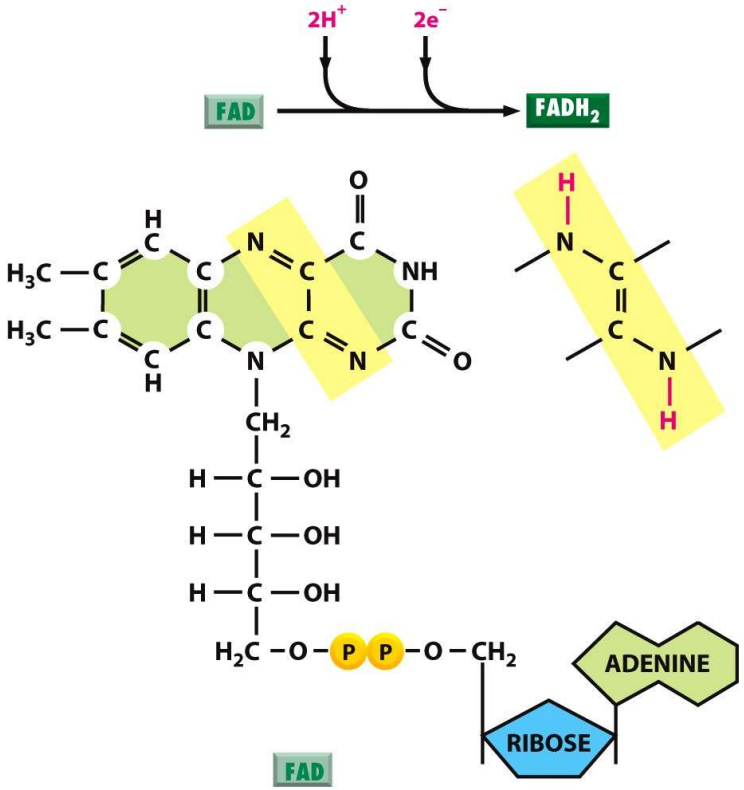
$pH = -\log_{10} [H+]$

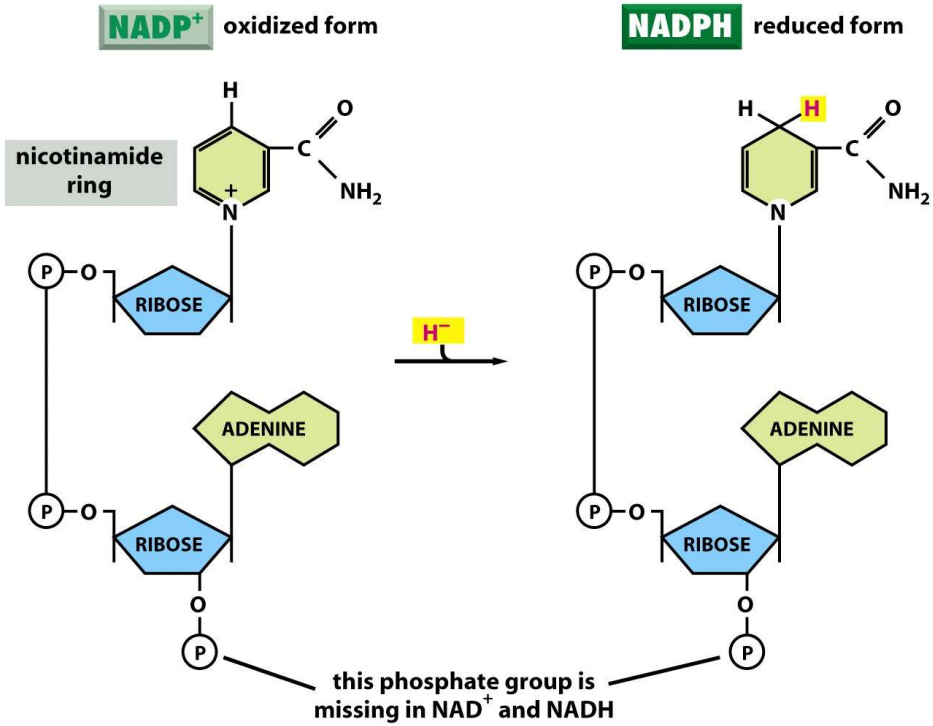


ATP sintasa

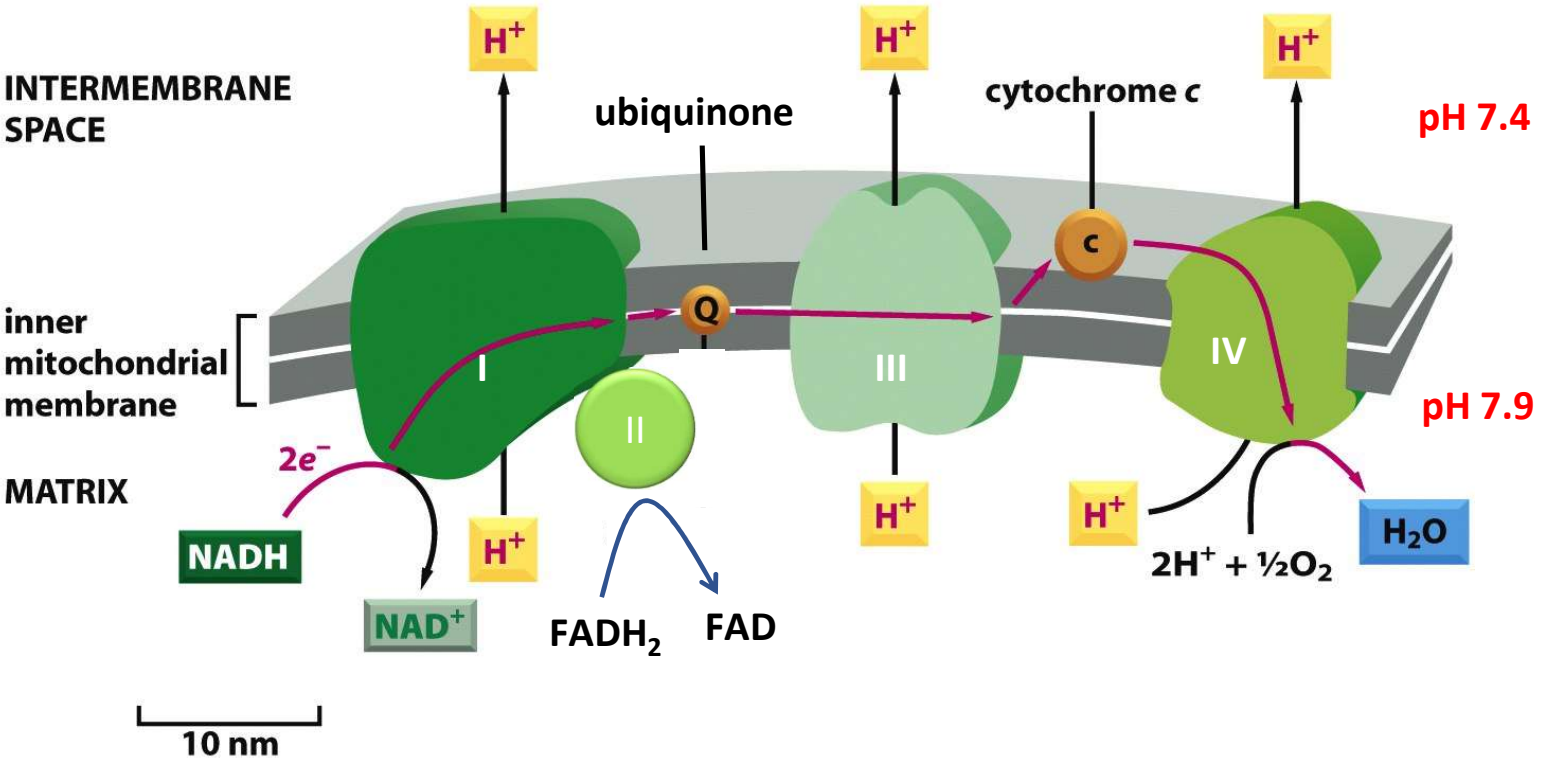
fosforilación oxidativa: los intermediarios

zoom





fosforilación oxidativa: el transporte de e^-



zoom

Complex II: Succinate dehydrogenase

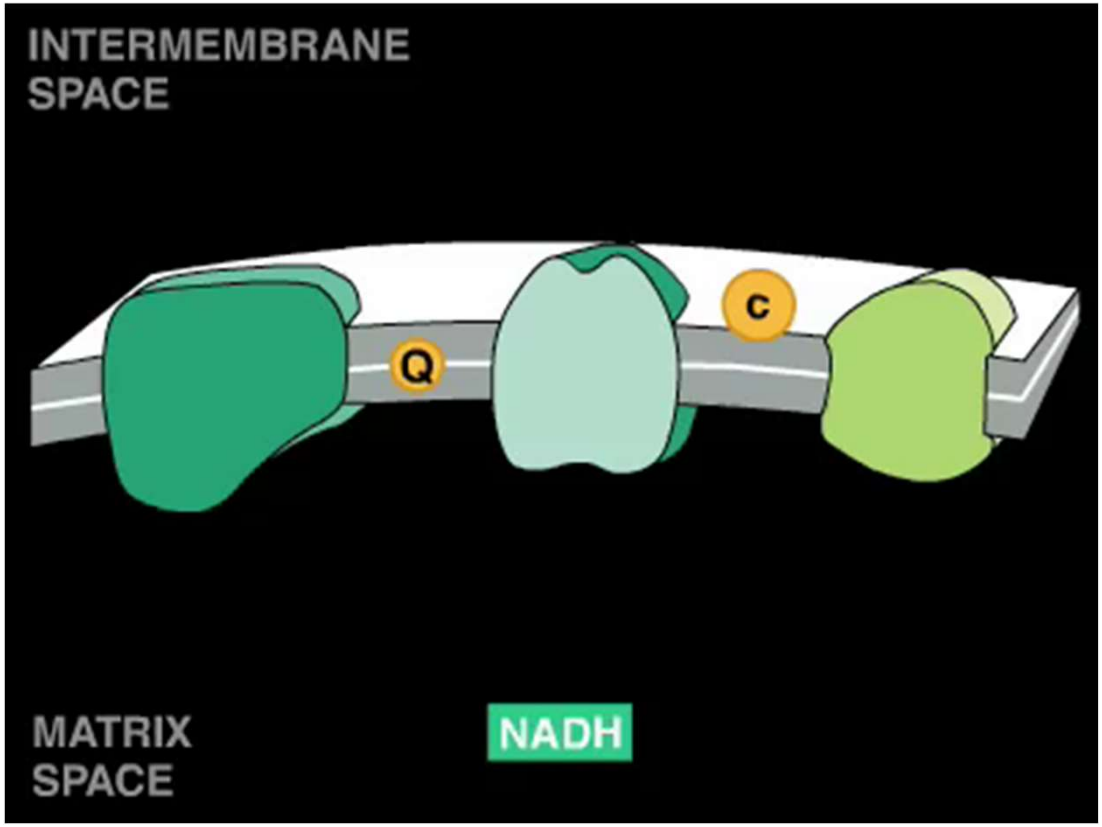
complex I: NADH dehydrogenase complex

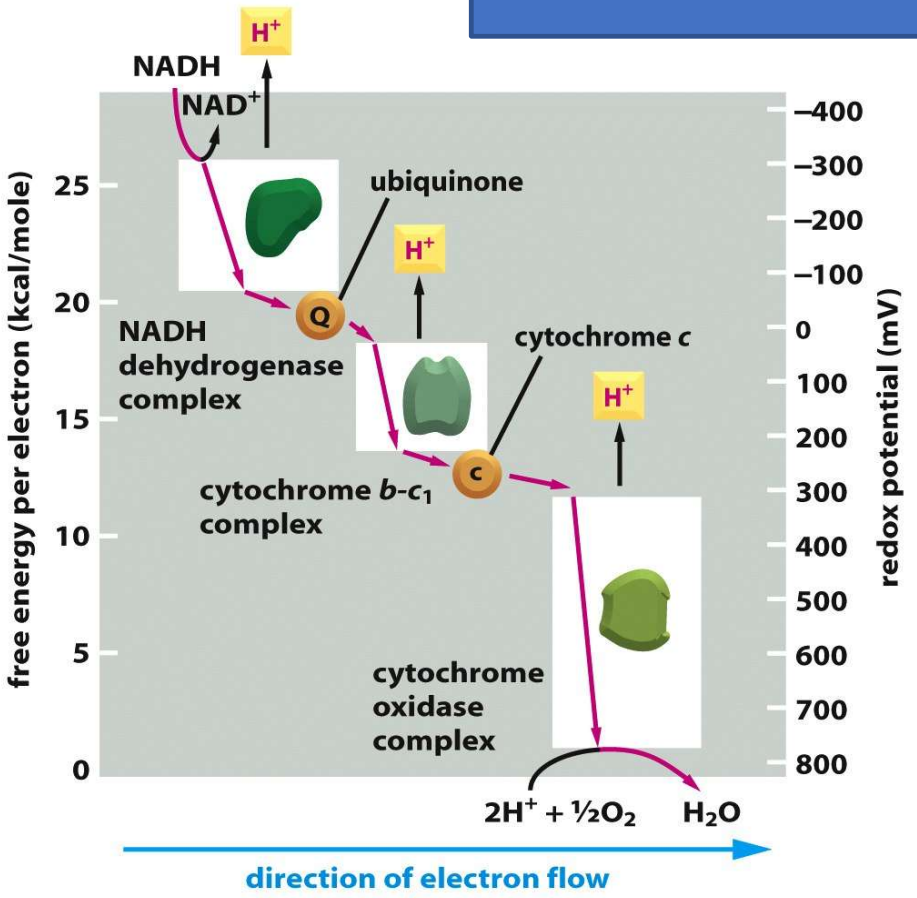
complex III: cytochrome reductase complex

complex IV: cytochrome oxydase complex

fosforilación oxidativa: el transporte de e^-

zoom

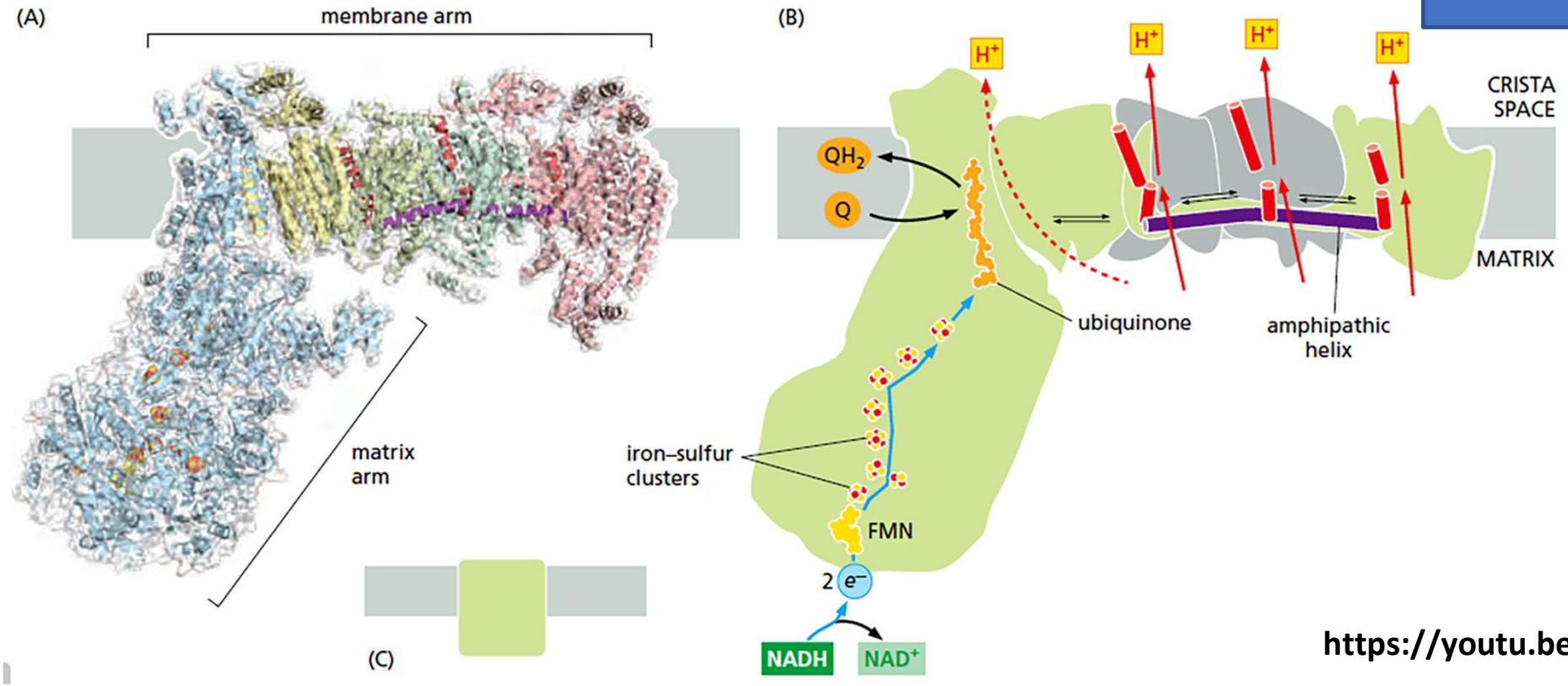




fosforilación oxidativa: el transporte de e^-

zoom

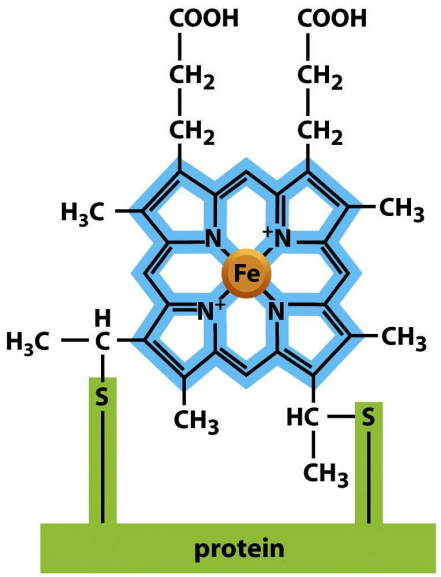
NADH deshidrogenasa



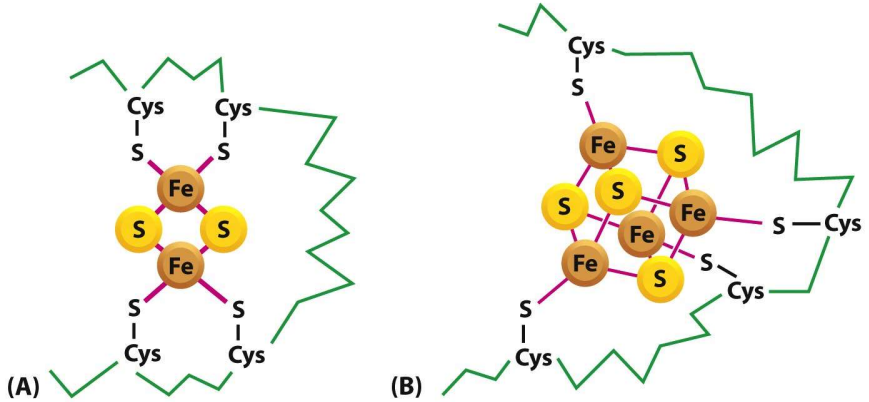
https://youtu.be/LQmTKxI4Wn4

fosforilación oxidativa: el transporte de e^-

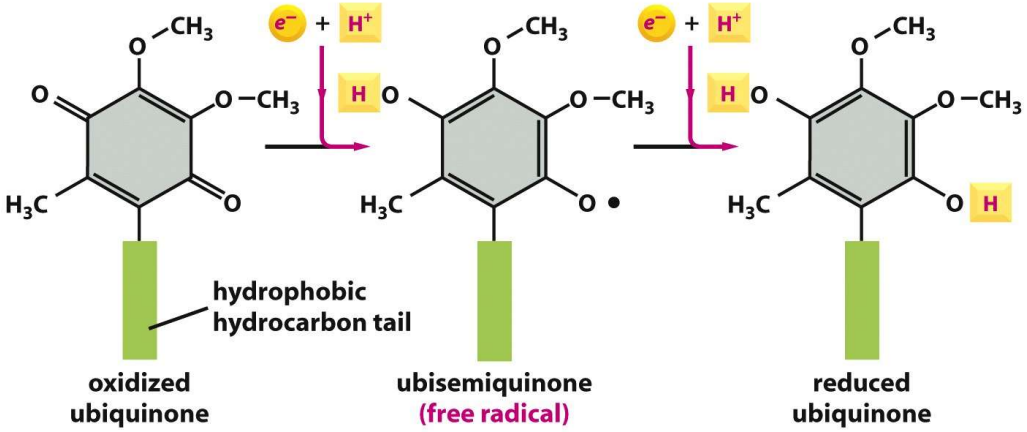
zoom



grupo hemo del citocromo C
6 diferentes

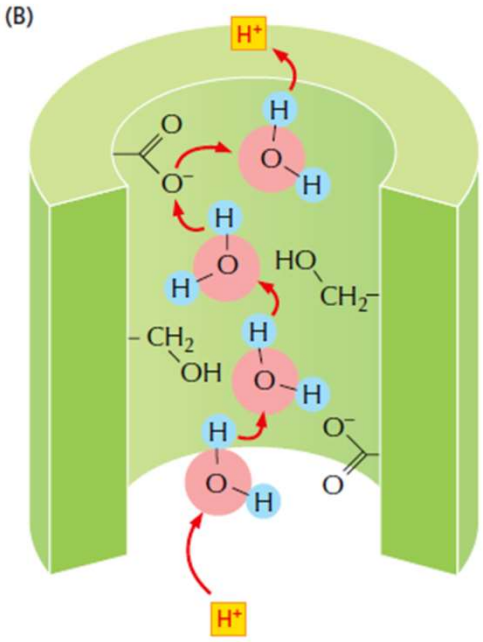


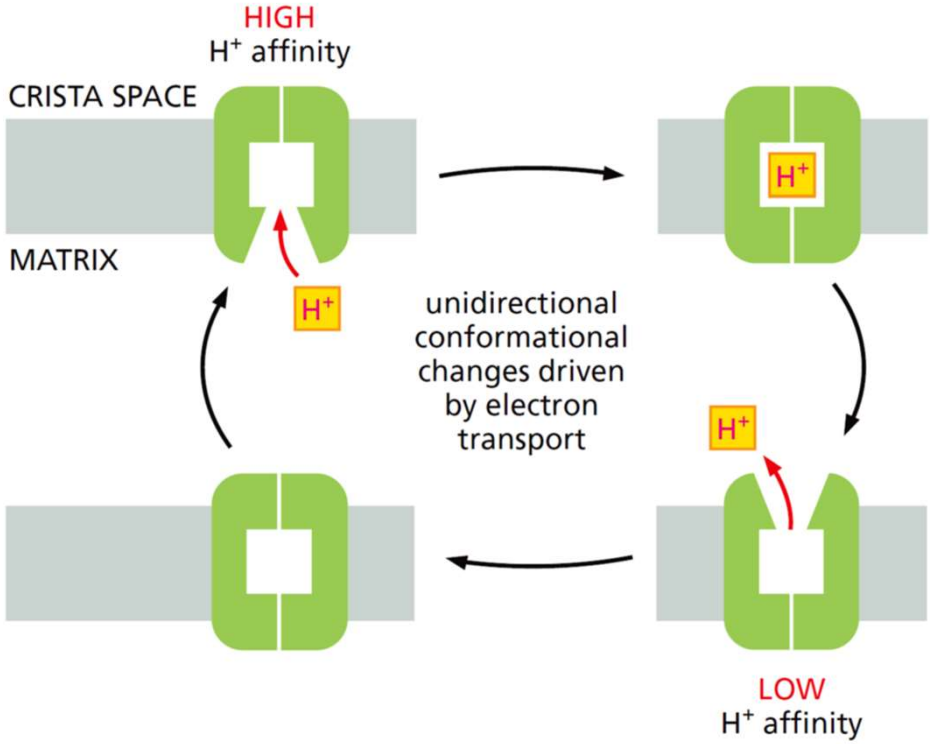
centros ferro-sulfurados
8 diferentes



fosforilación oxidativa: el transporte de H^+

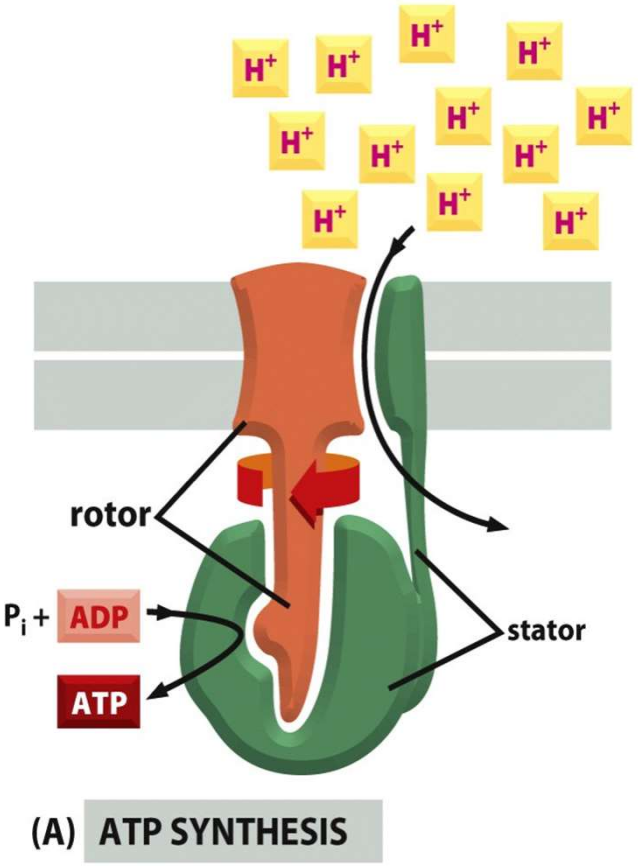
zoom

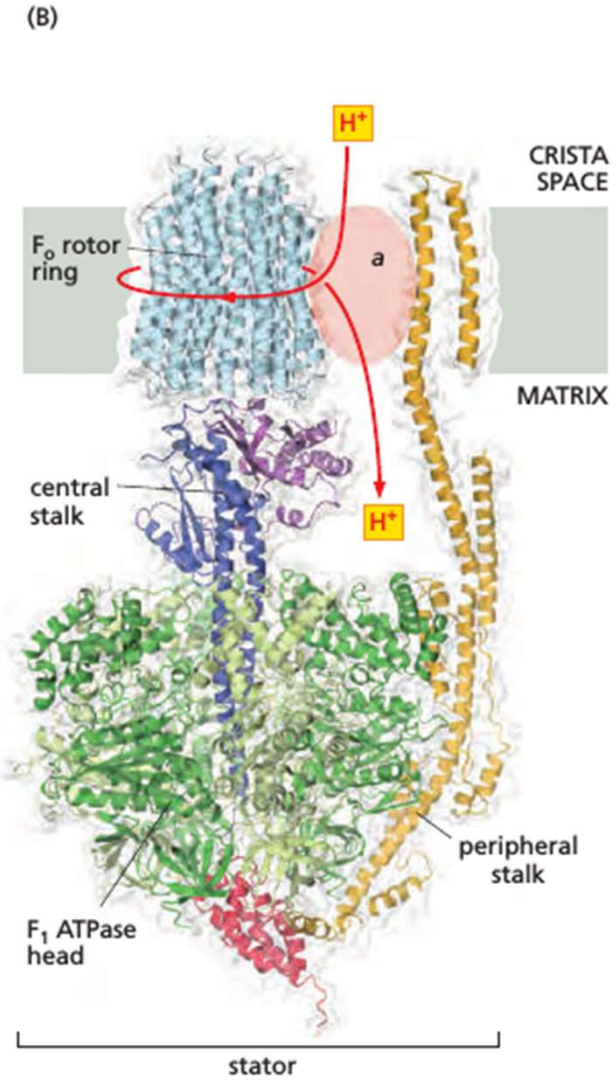




fosforilación oxidativa: la síntesis de ATP

zoom

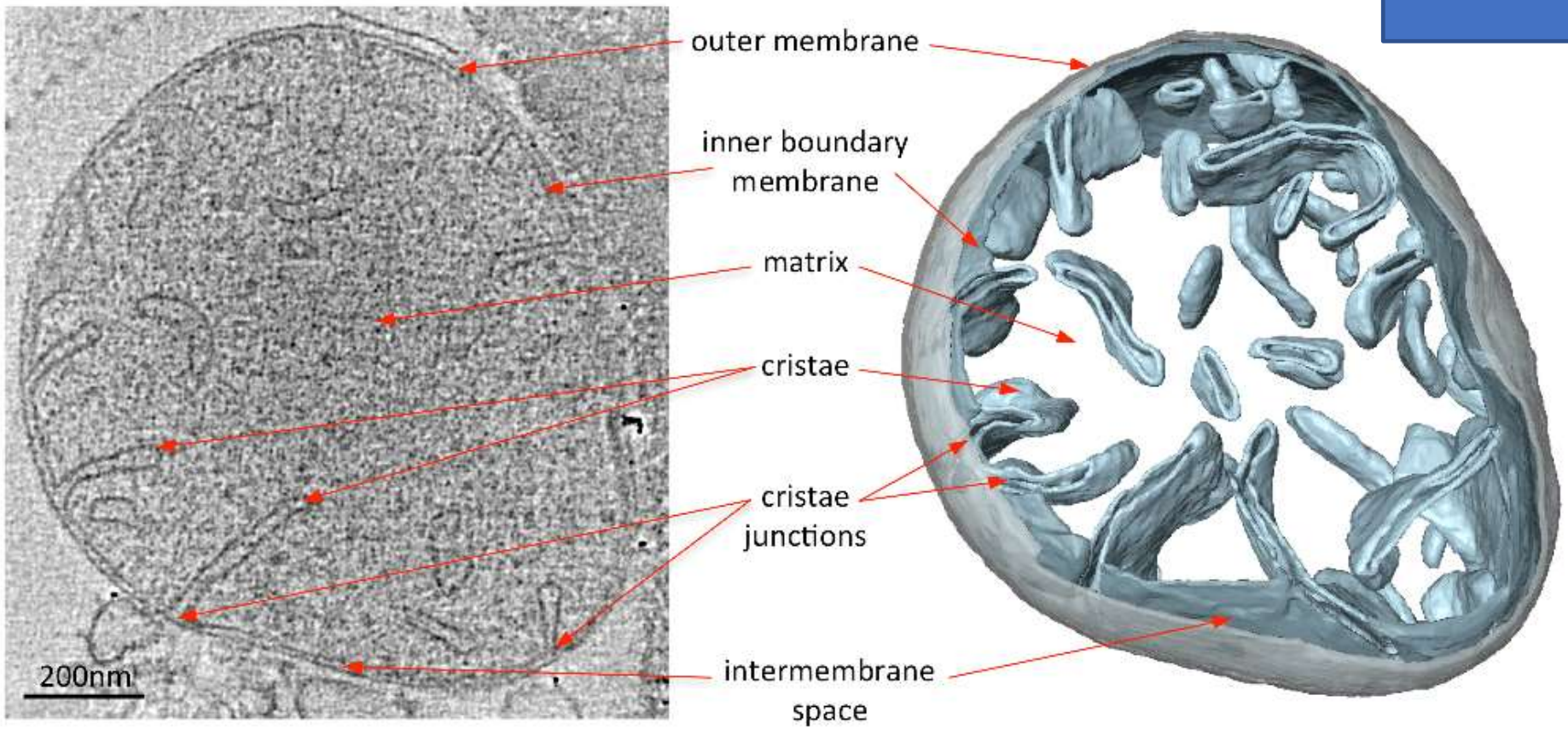




https://youtu.be/kXpzp4RDGJI

crestas y fosforilación oxidativa: relación estructura-función

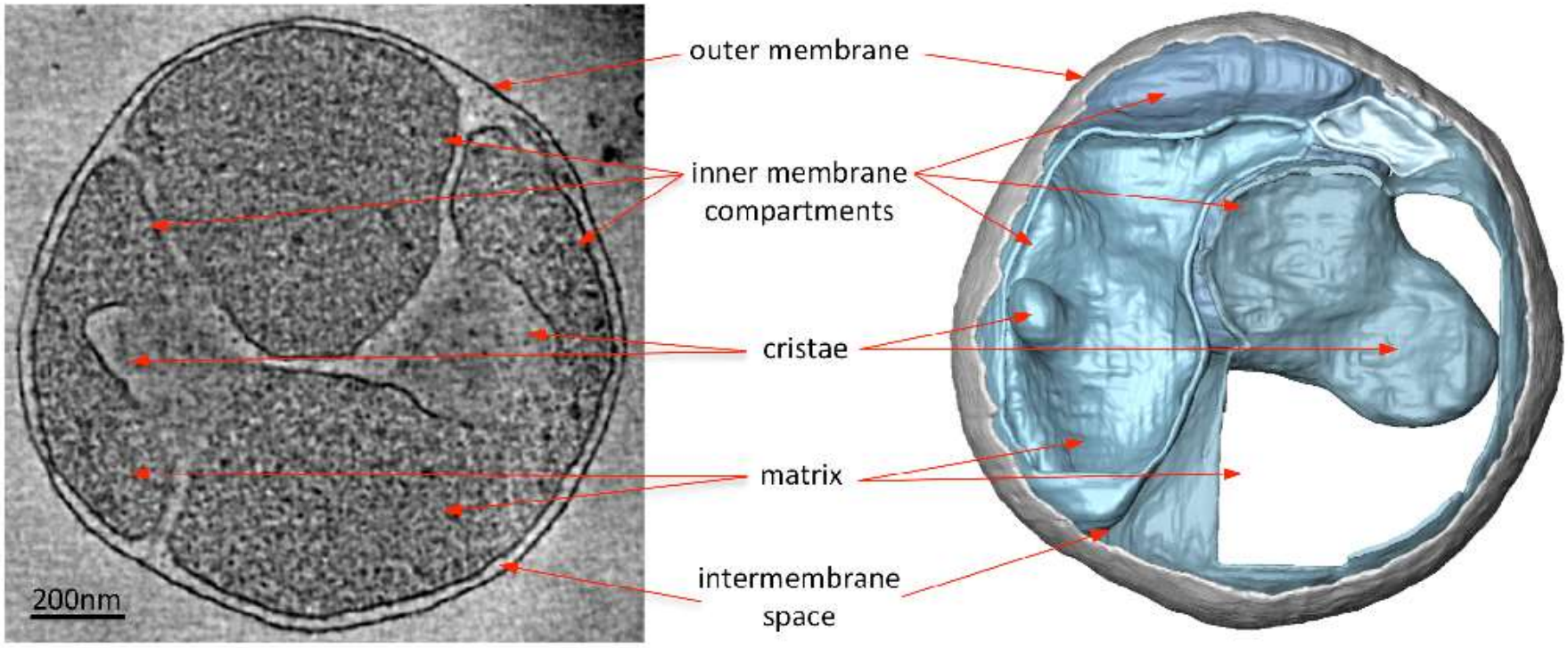
zoom



S. cerevisiae

crestas y fosforilación oxidativa: relación estructura-función

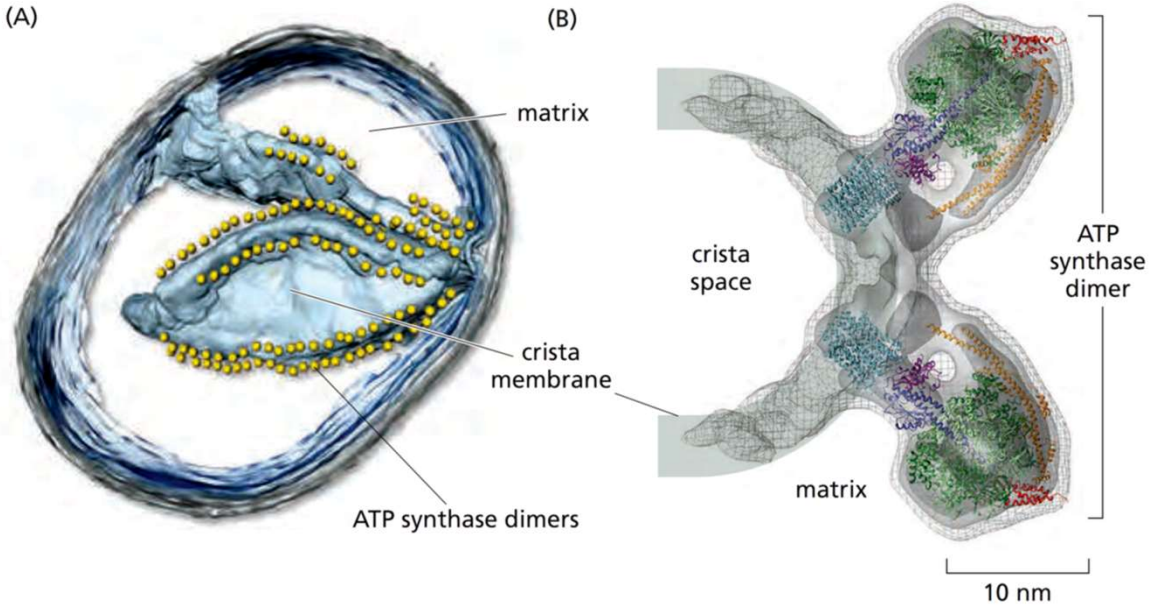
zoom

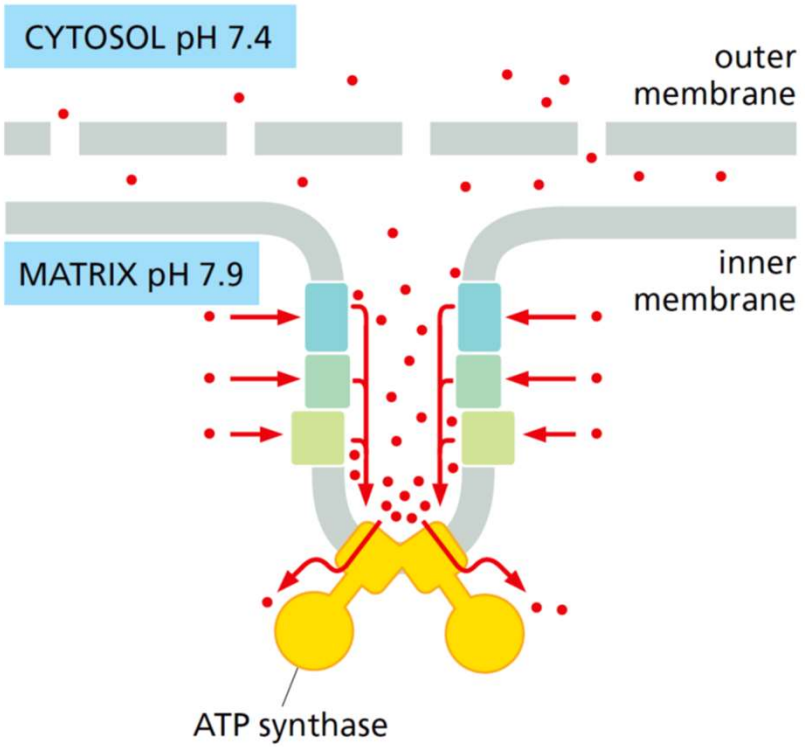


S. cerevisiae w/o ATP synthase

crestas y fosforilación oxidativa: relación estructura-función

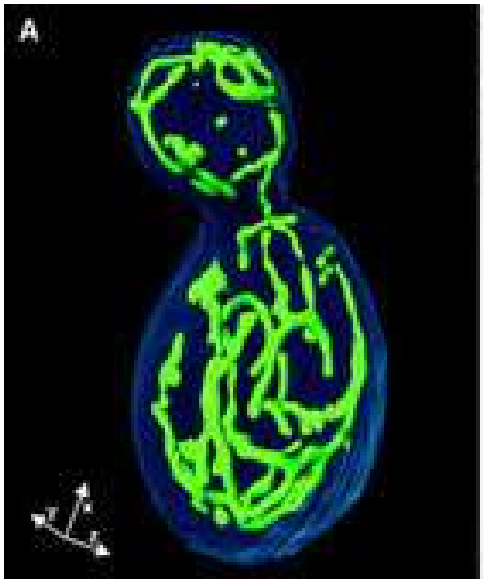
zoom

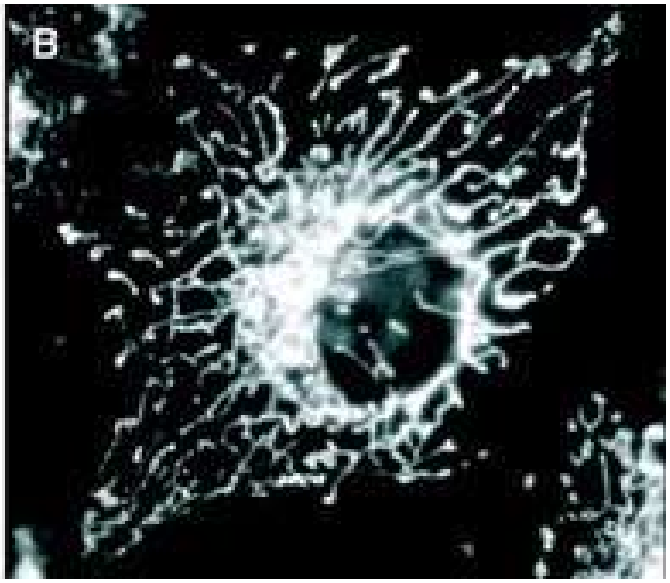




Dinámica de mitocondrias

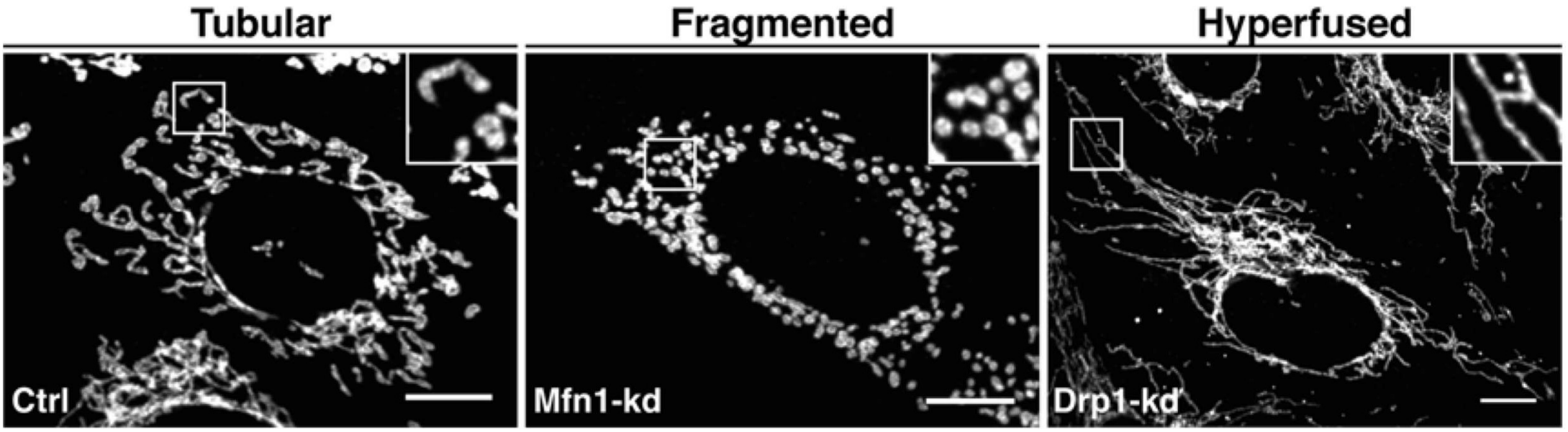
zoom





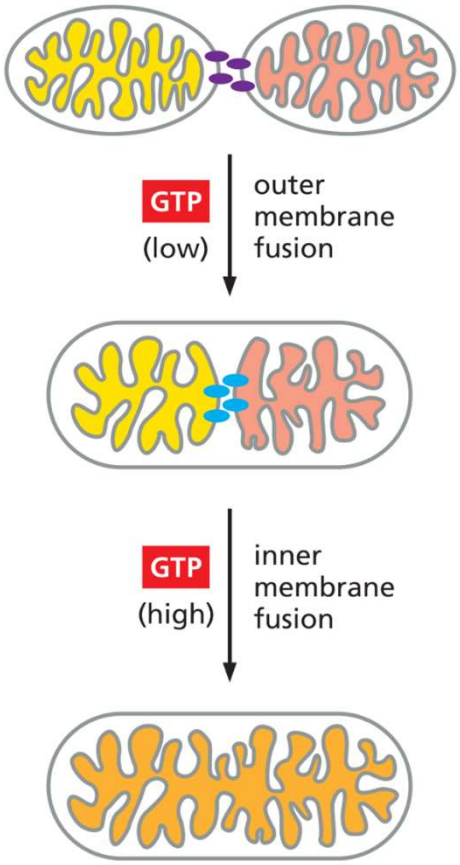
Dinámica de mitocondrias

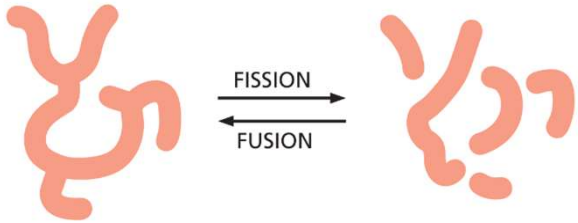
zoom



Anti-TOM

Dinámica de mitocondrias

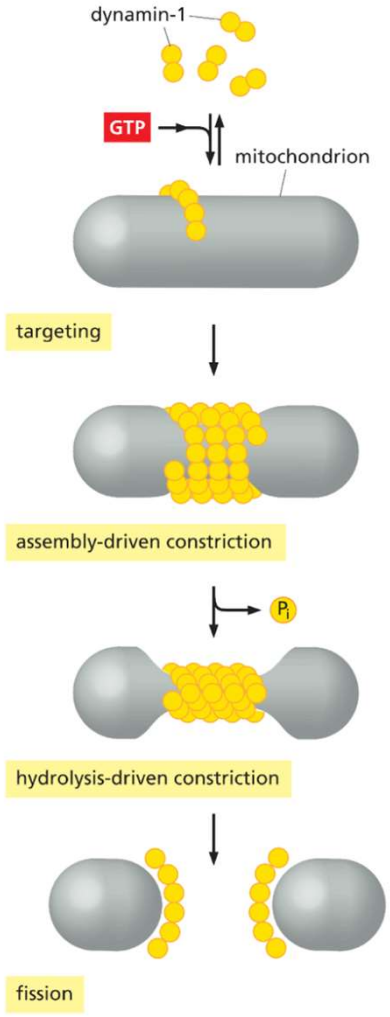




GTPasa parecidas a dinamina:
Mitofusinas (MFN1/2)
OPA-1

Charcot-Marie-Tooth neuropathy type 2A

dominant optic atrophy



GTPasa asociada a dinamina
DRP-1

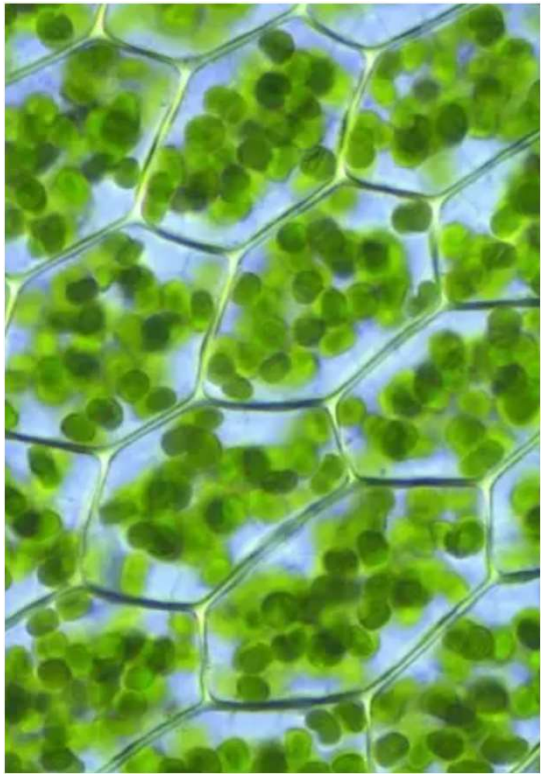
zoom

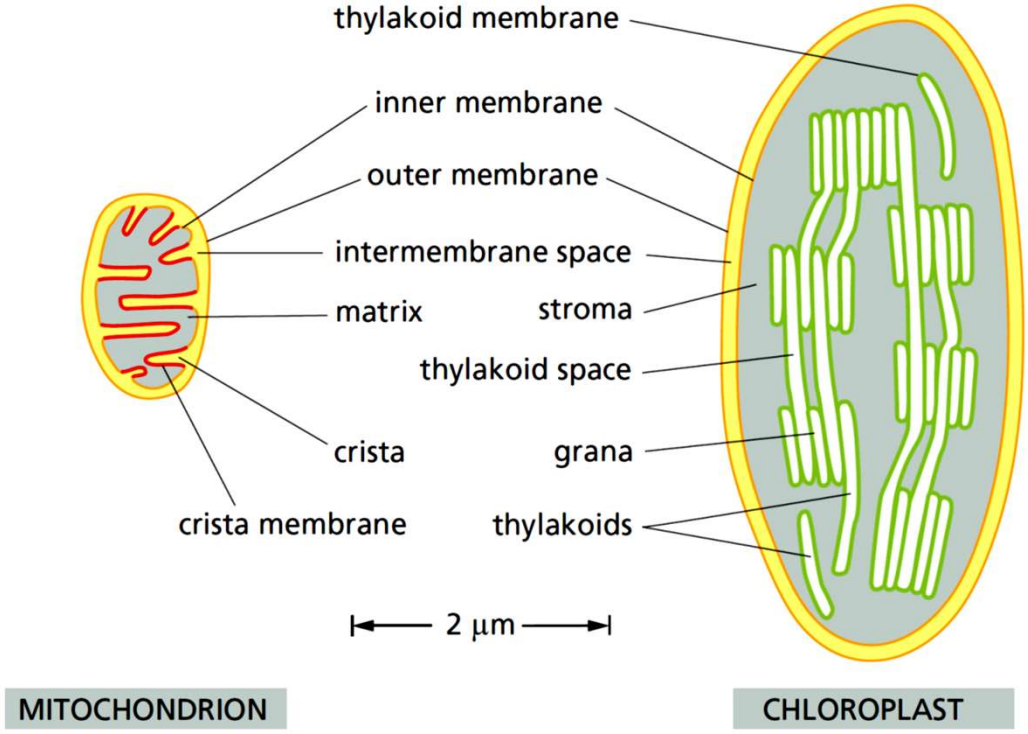
FISIÓN
FUSIÓN
TRANSPORTE
DEGRADACIÓN

FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

cloroplastos

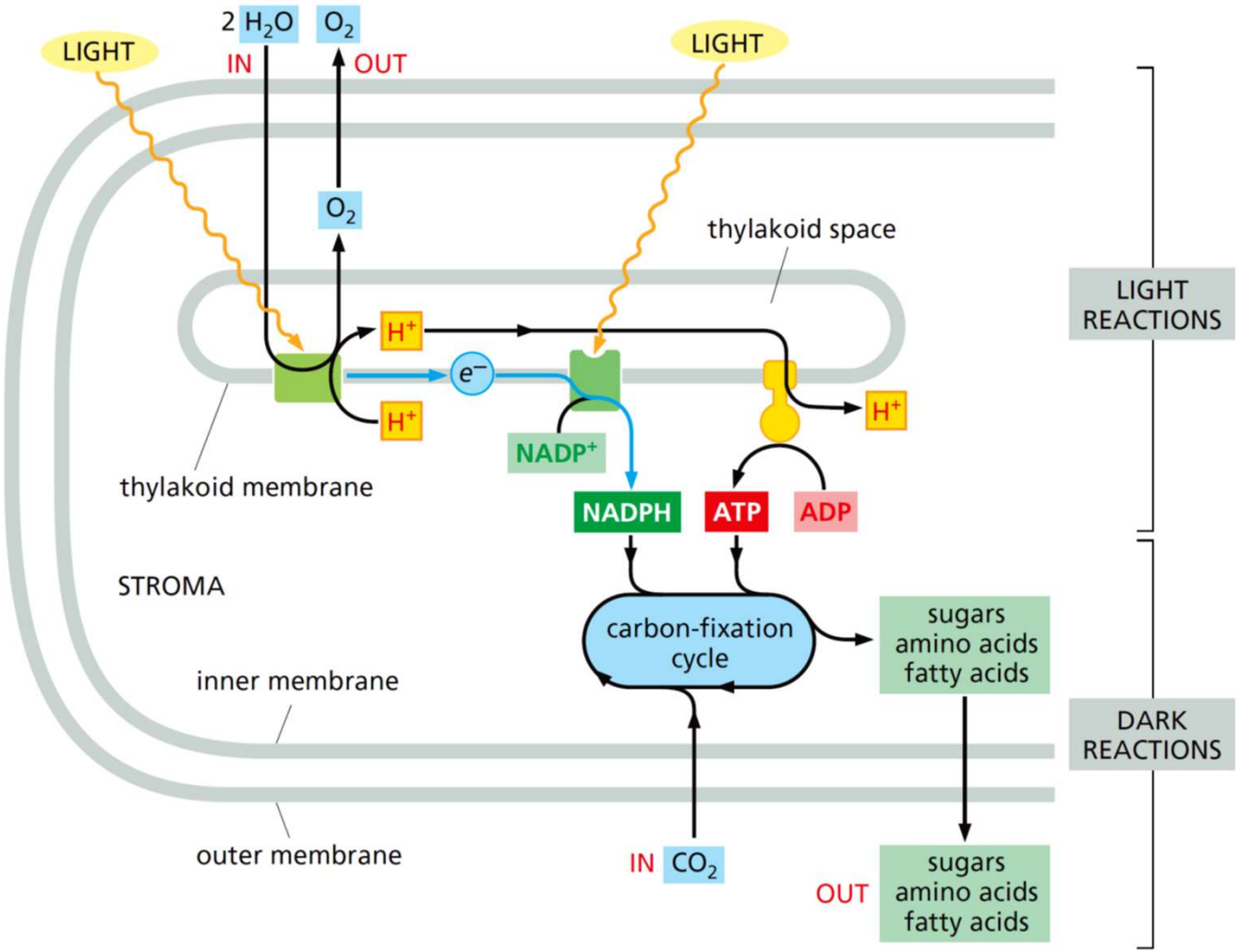
zoom





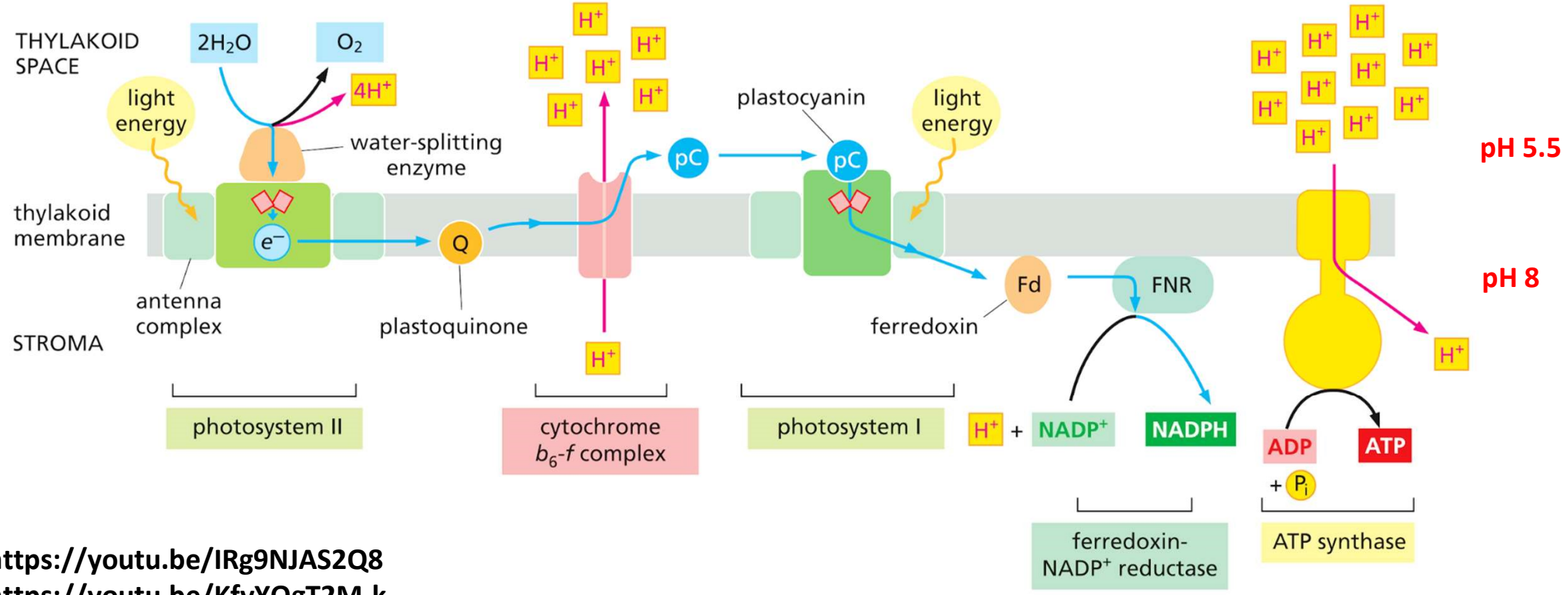
cloroplastos: fotosíntesis

zoom



fotosíntesis: fotofosforilación

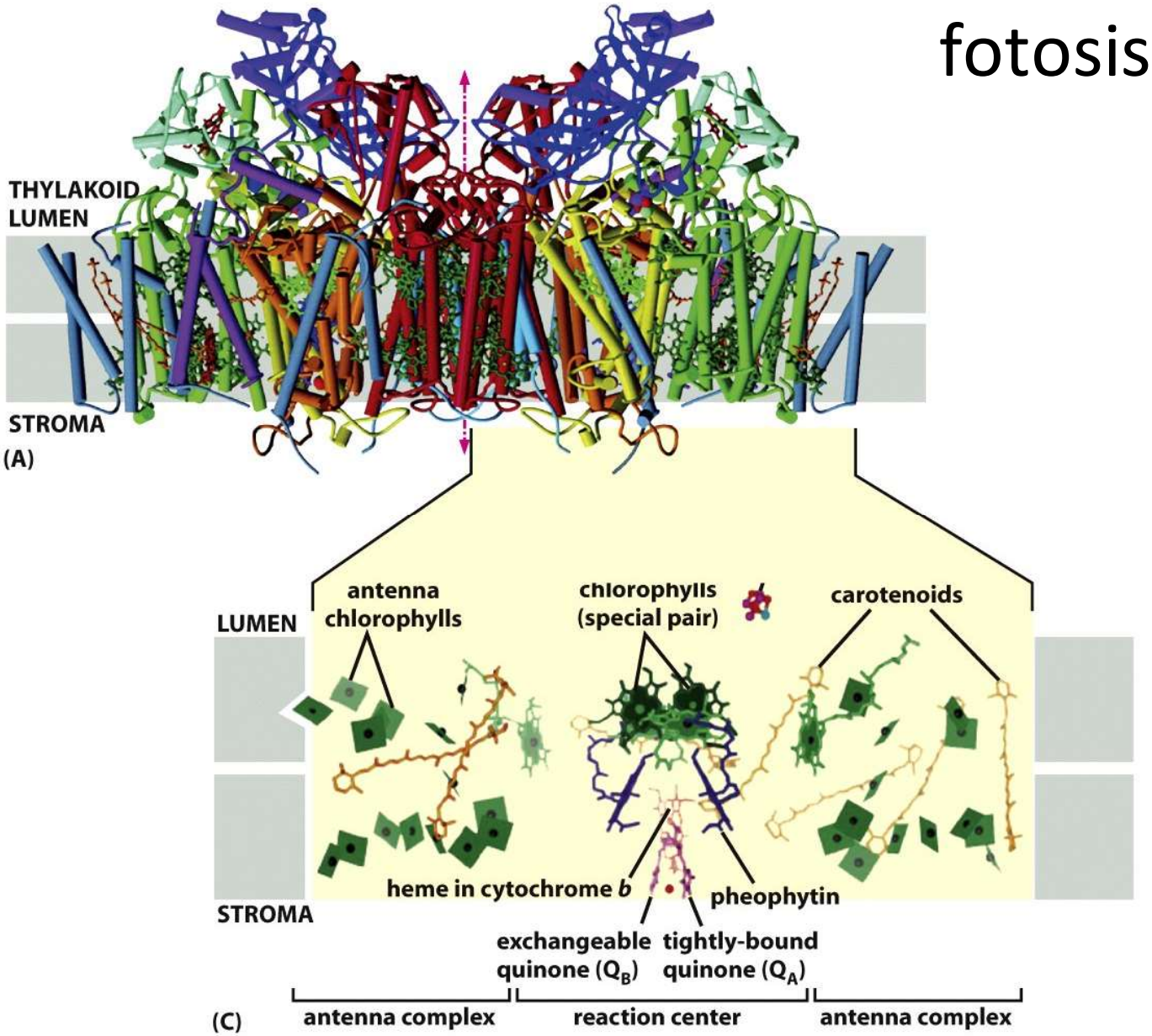
zoom



https://youtu.be/IRg9NJAS2Q8
https://youtu.be/KfvYQgT2M-k

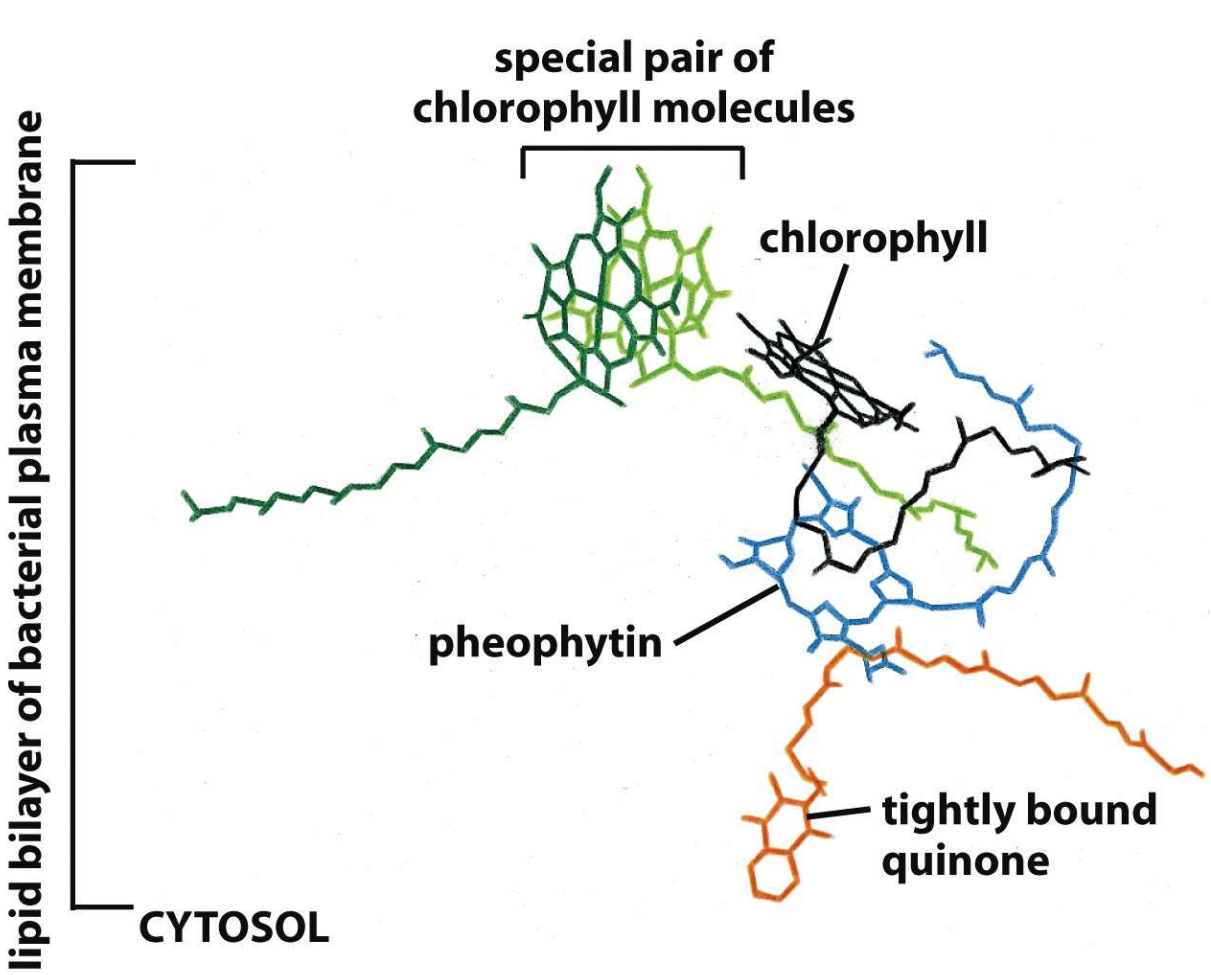
fotosistemas

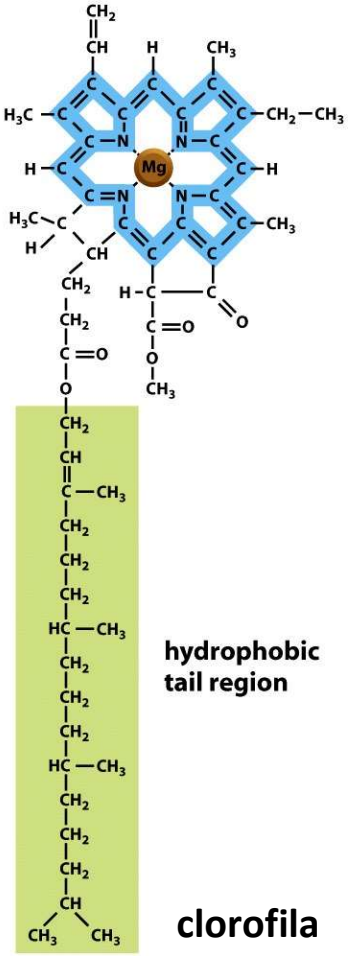
zoom



Centro de reacción bacteriano

zoom

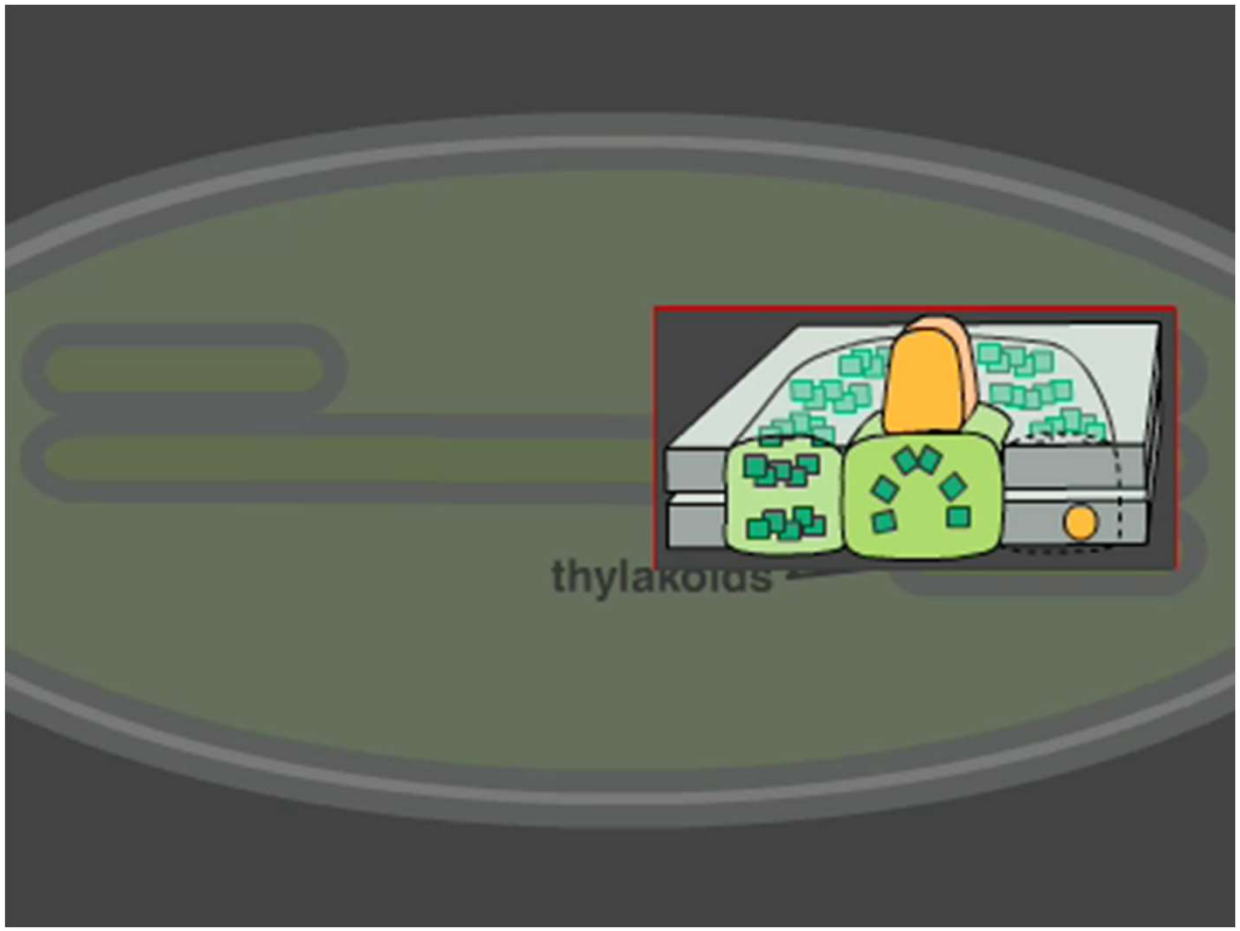




fotofosforilación: fotosistemas

fotosistema II

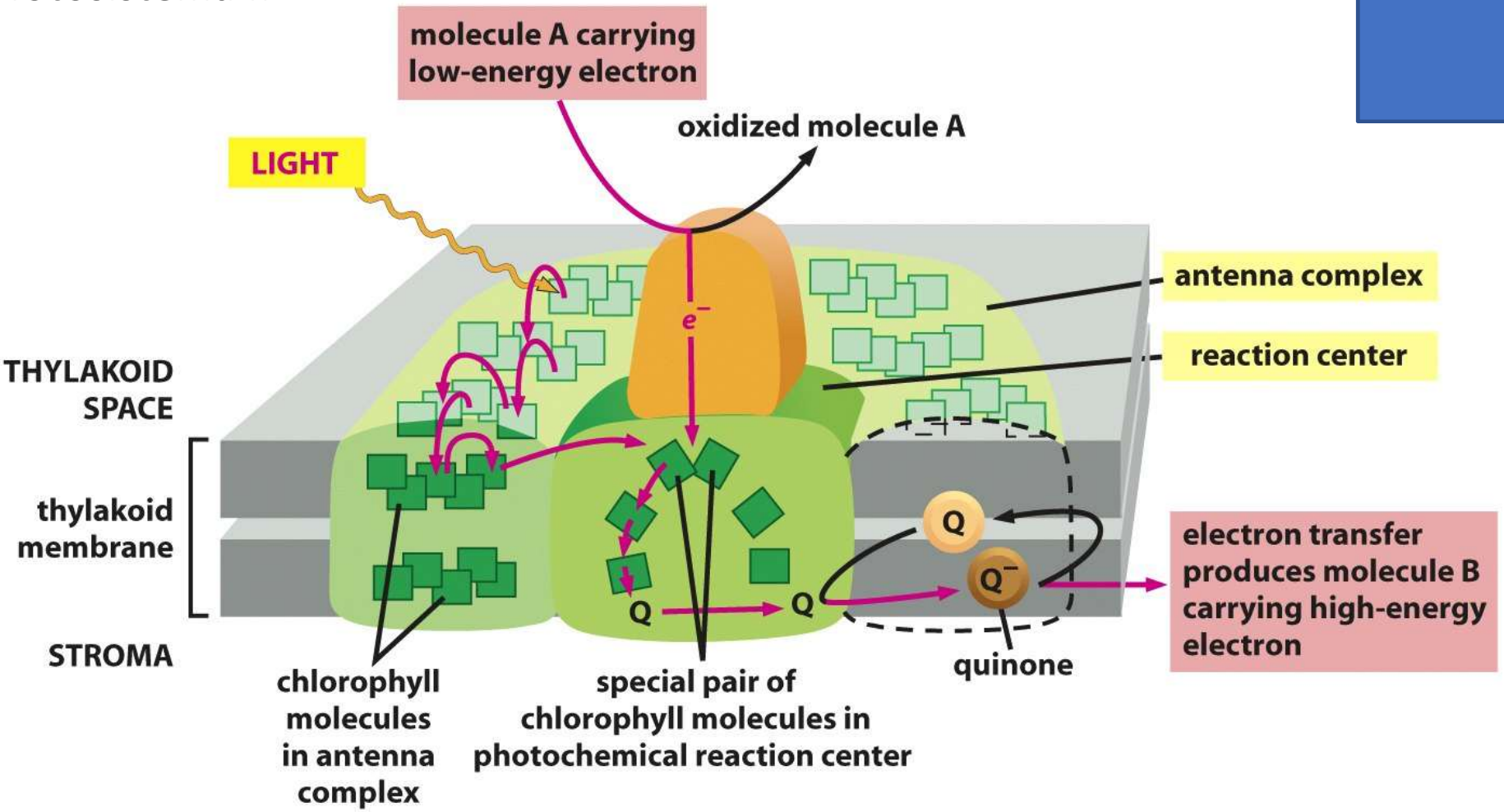
zoom



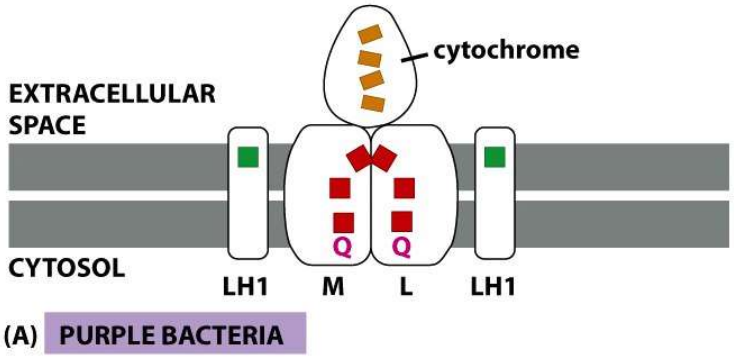
fotofosforilación: fotosistemas

fotosistema II

zoom

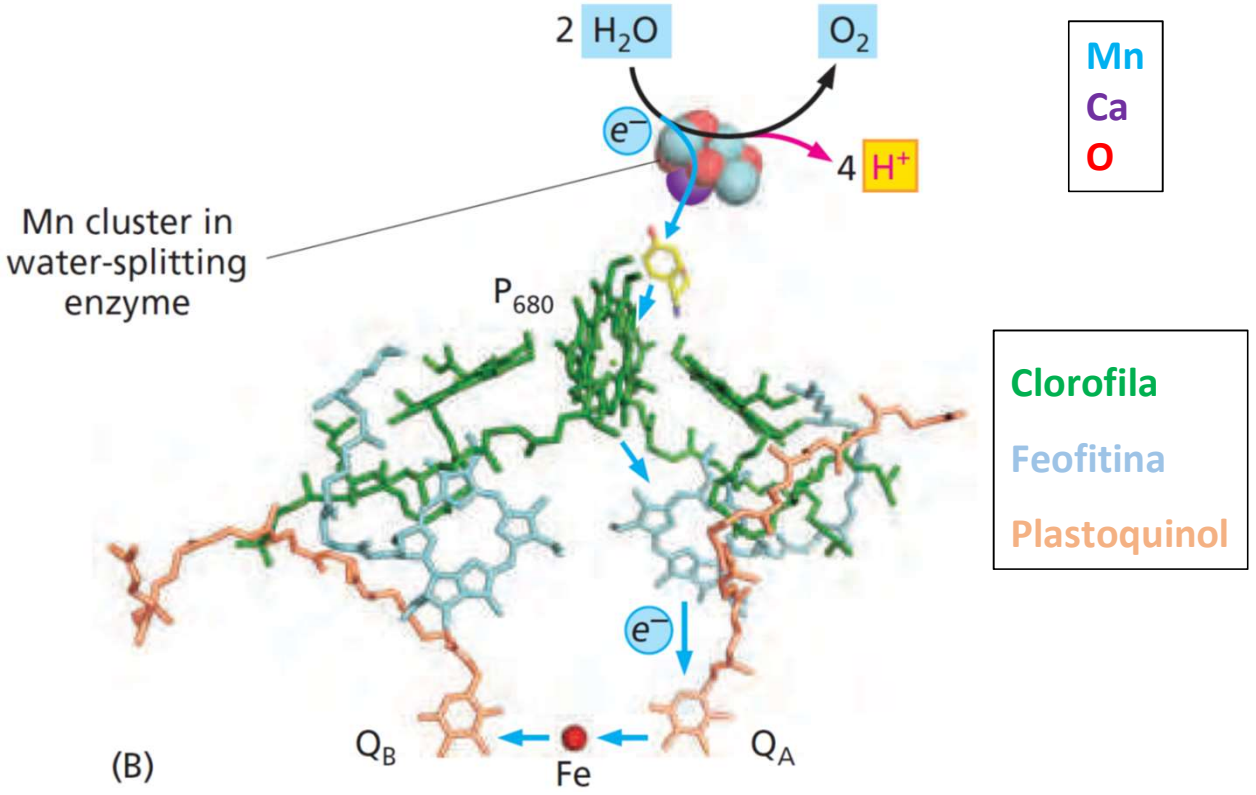


fotosistemas



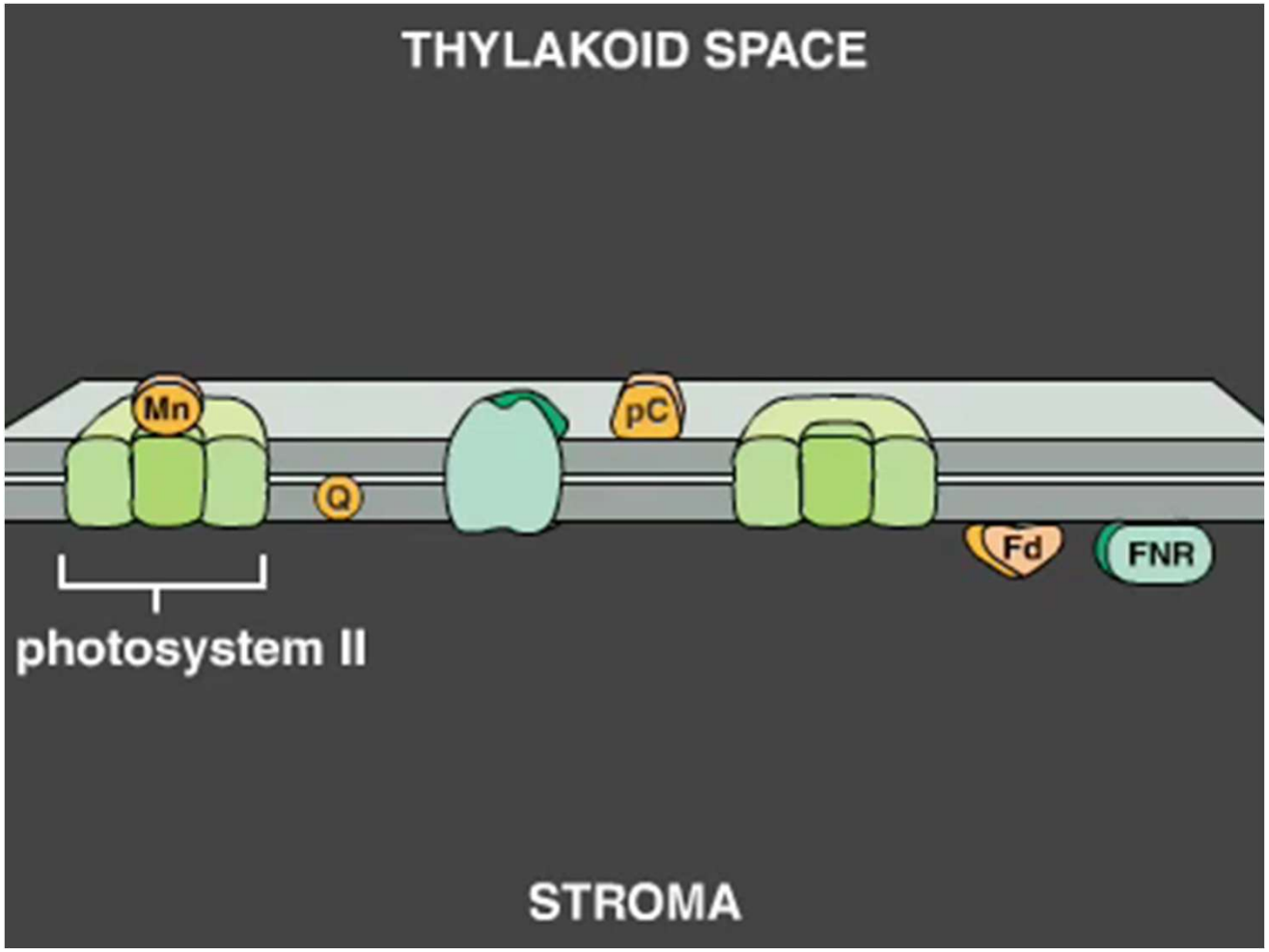
zoom

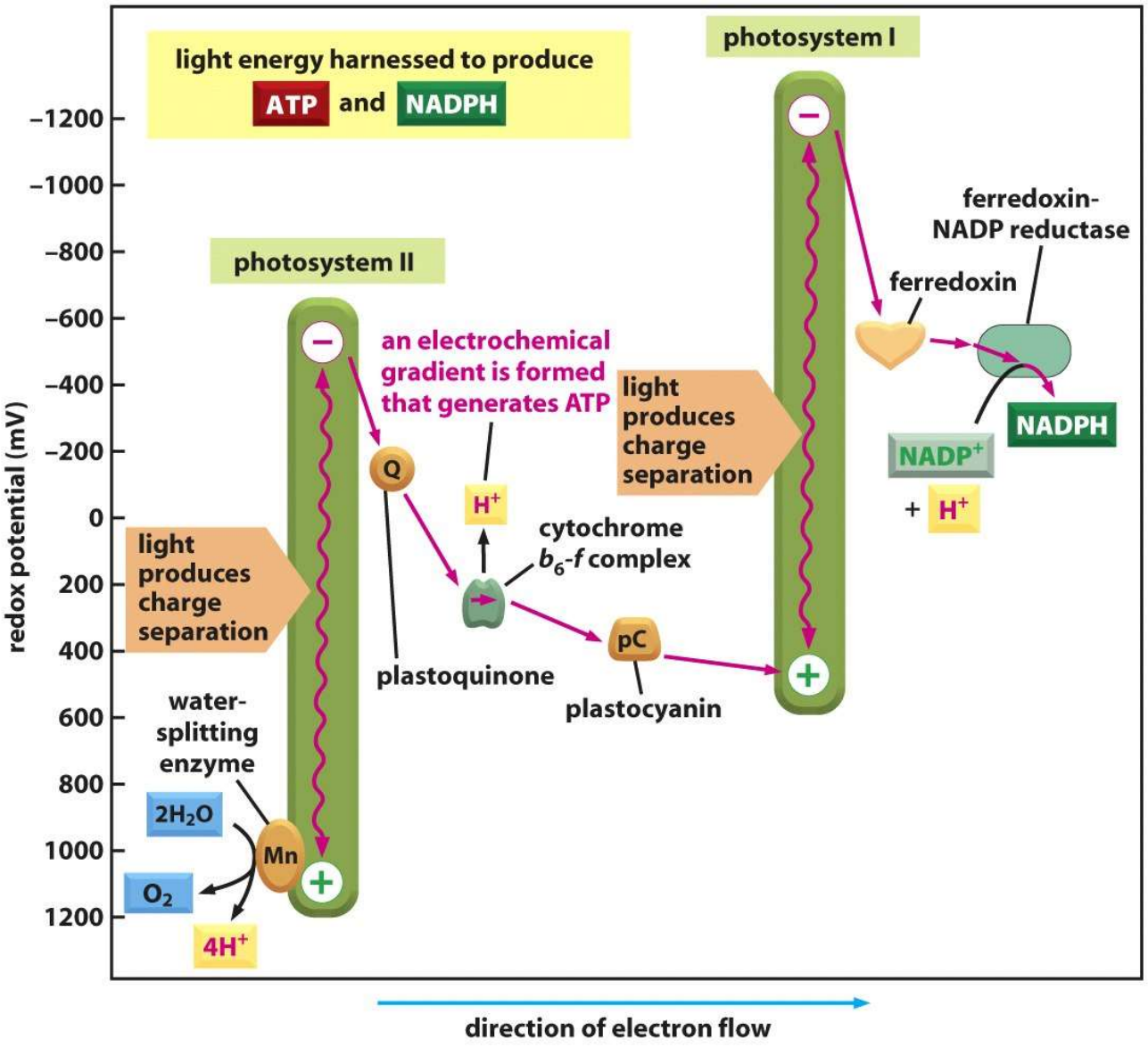
fotosistema II



fotofosforilación: transporte de e^-

zoom





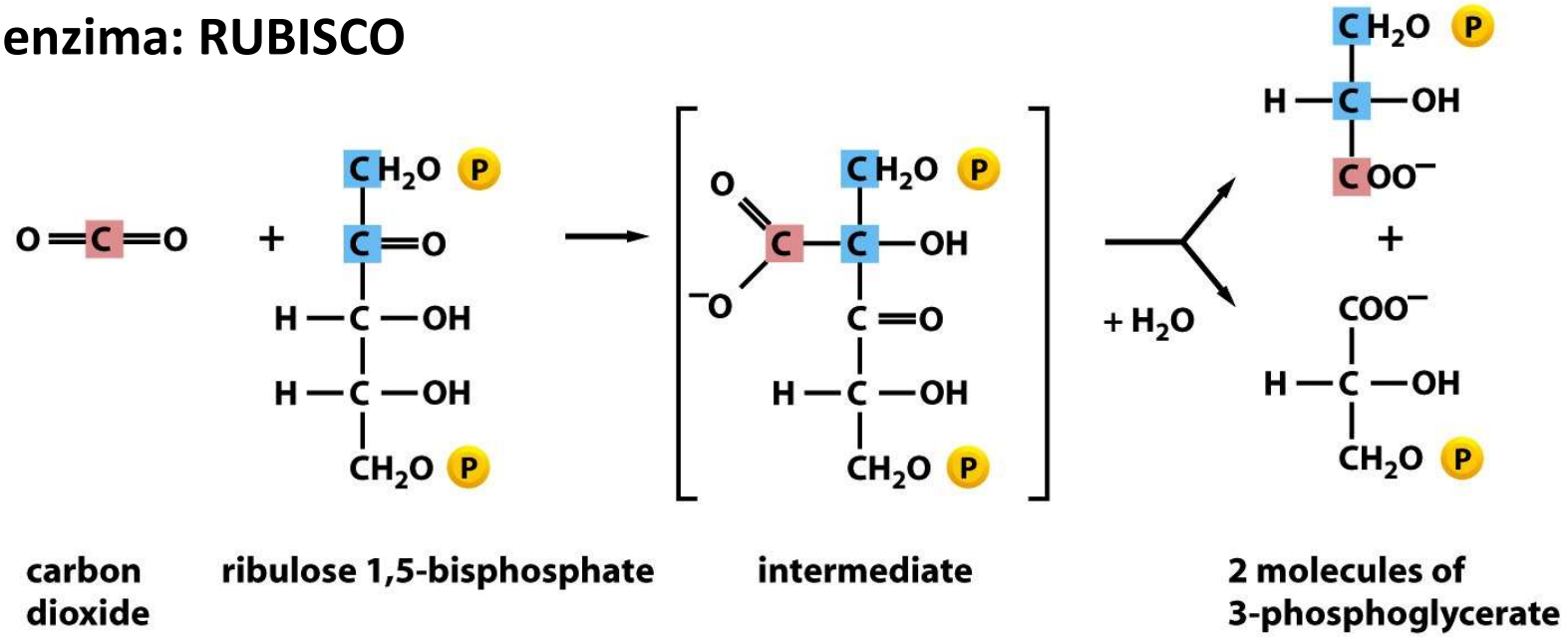
zoom

fotofosforilación: transporte de e^-

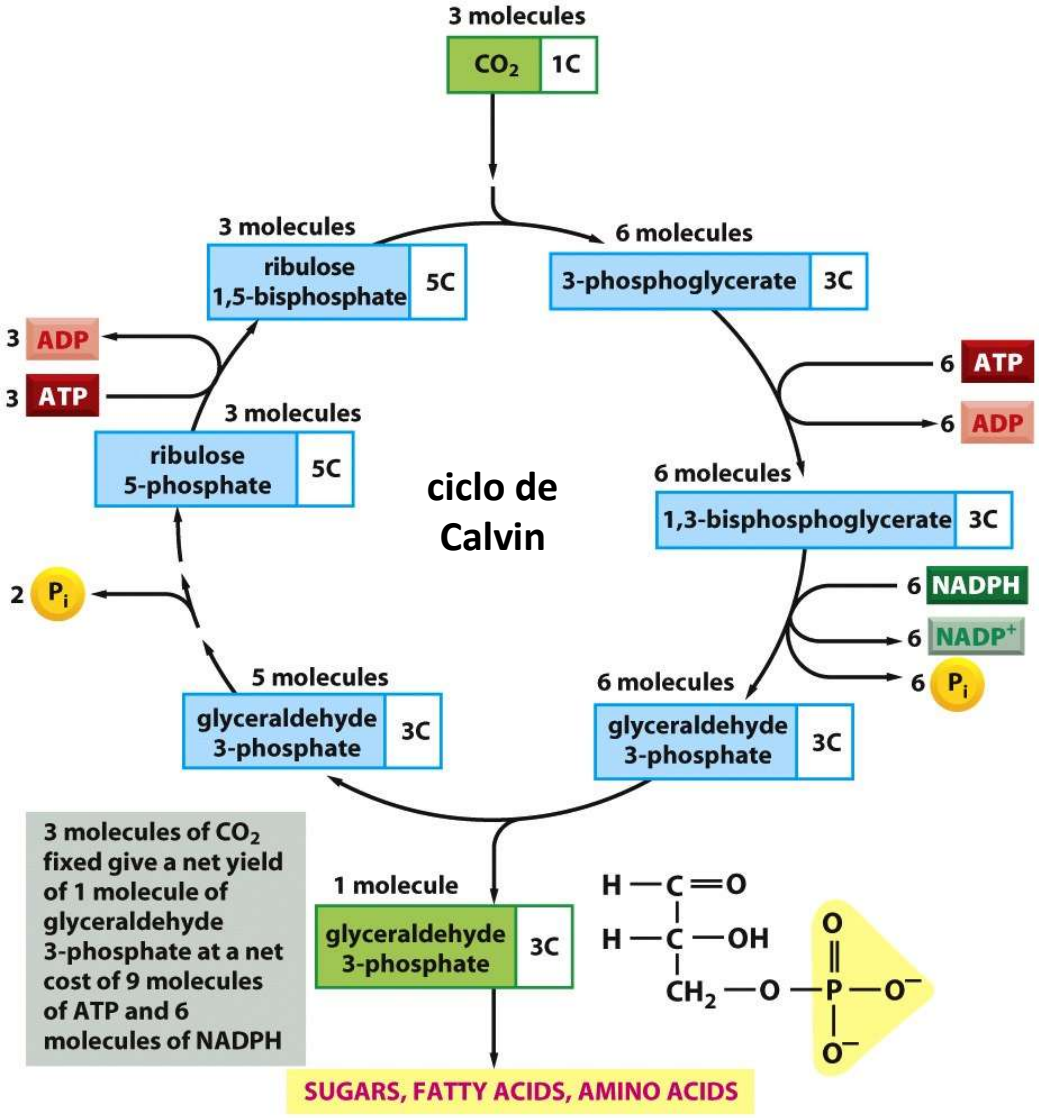
fotosíntesis: fijación de CO_2

zoom

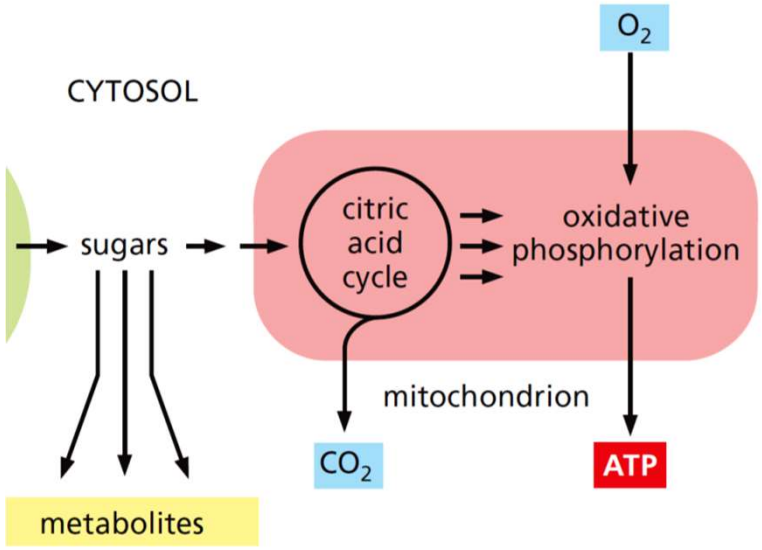
enzima: RUBISCO



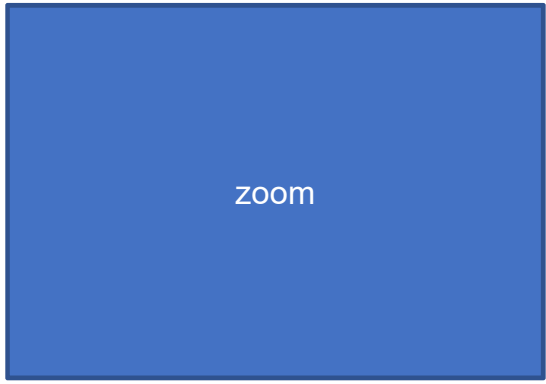
fotosíntesis: fijación de CO_2



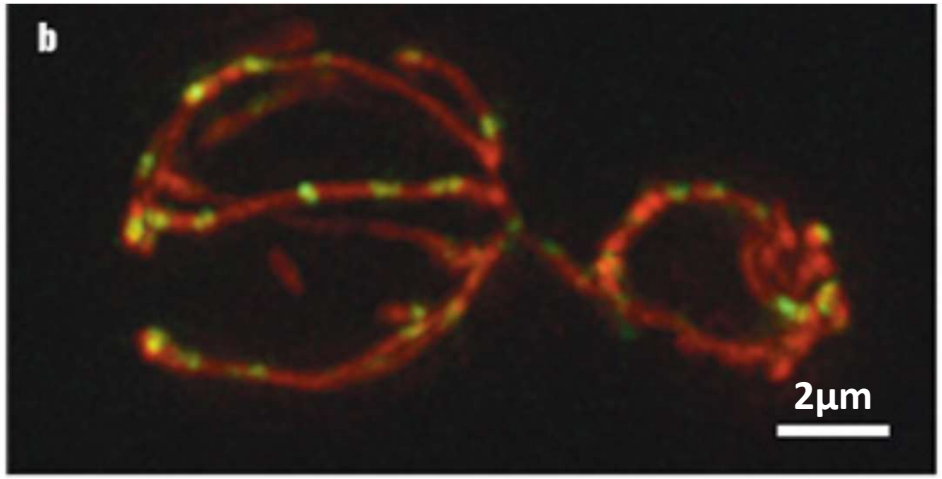
zoom



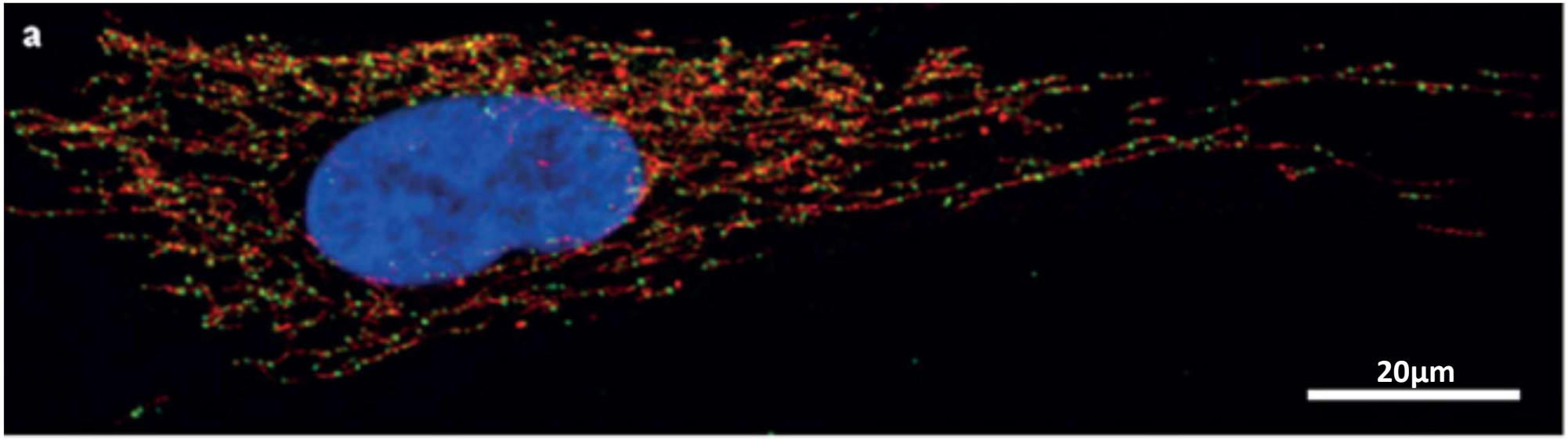
¿Cómo se forman las mitocondrias y cloroplastos?



zoom

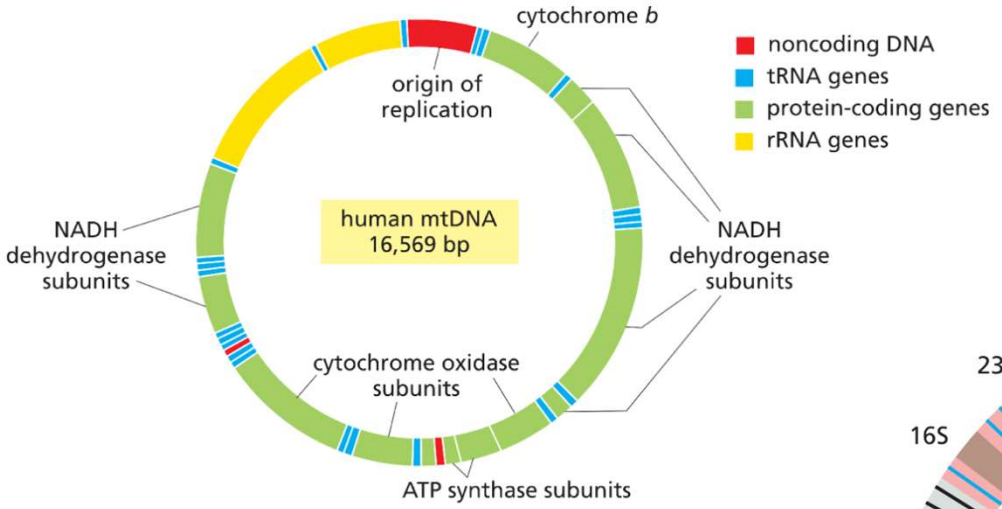


anti-ADNmt
anti-TOM (mitocondrias)



Kukat et al. 10.1073/pnas.1109263108

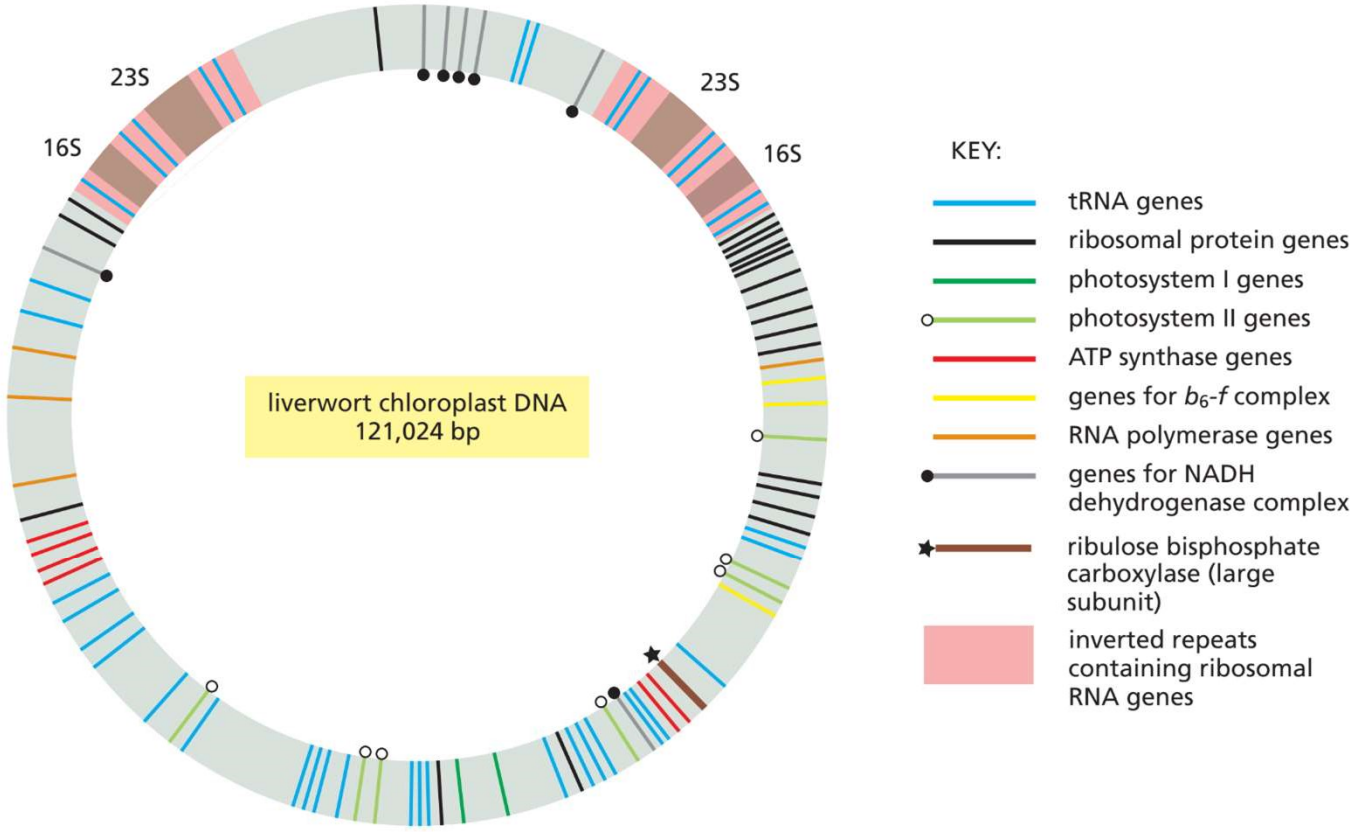
El genoma de mitocondrias y cloroplastos



zoom

- ADNmt: herencia materna en plantas y animales

- 2/3 plantas superiores heredan por vía materna - Otros pueden tener herencia biparental



El genoma de mitocondrias y cloroplastos

zoom

TABLE 14–3 Some Differences Between the "Universal" Code and Mitochondrial Genetic Codes*

Codon	"Universal" code	Mitochondrial codes			
		Mammals	Invertebrates	Yeasts	Plants
UGA	STOP	*Trp*	*Trp*	*Trp*	STOP
AUA	Ile	*Met*	*Met*	*Met*	Ile
CUA	Leu	Leu	Leu	*Thr*	Leu
AGA AGG	Arg	*STOP*	*Ser*	Arg	Arg

**Red* italics indicate that the code differs from the "Universal" code.

- Sistema simplificado de sólo 22 tRNAs (reglas "relajadas" de apareamiento codón – anticodón)

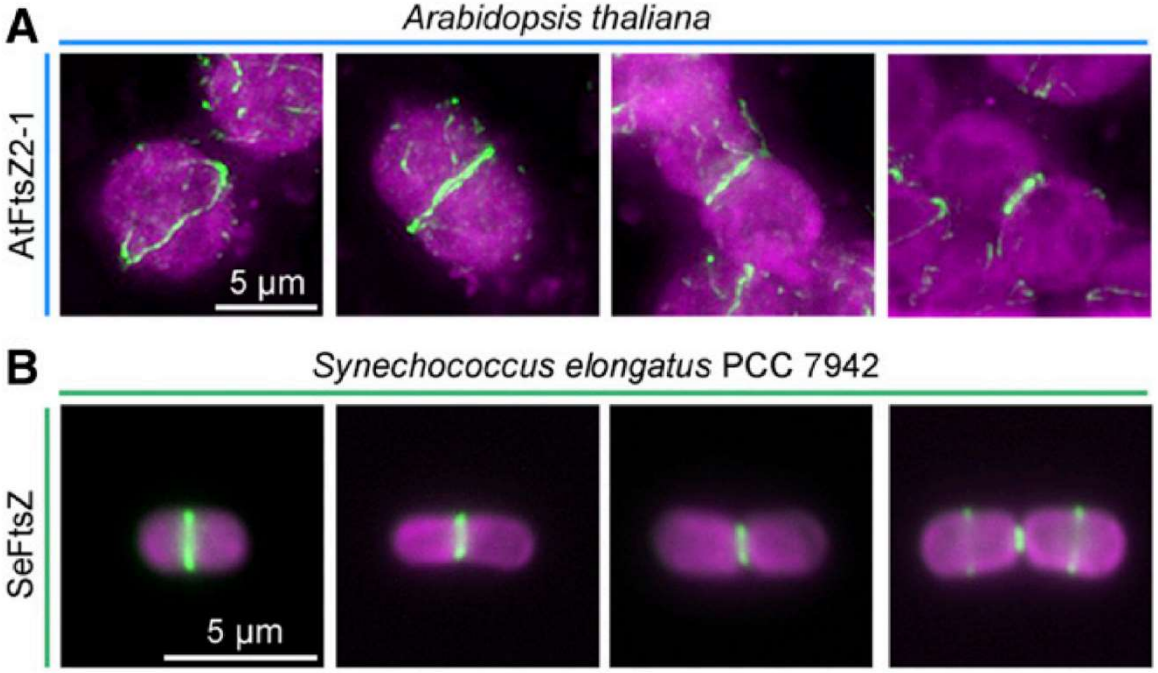
- Pequeño número de genes y de codones permite "deriva" evolutiva del código genético

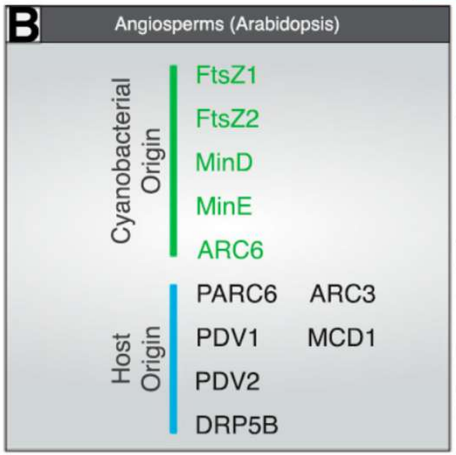
formación de cloroplastos

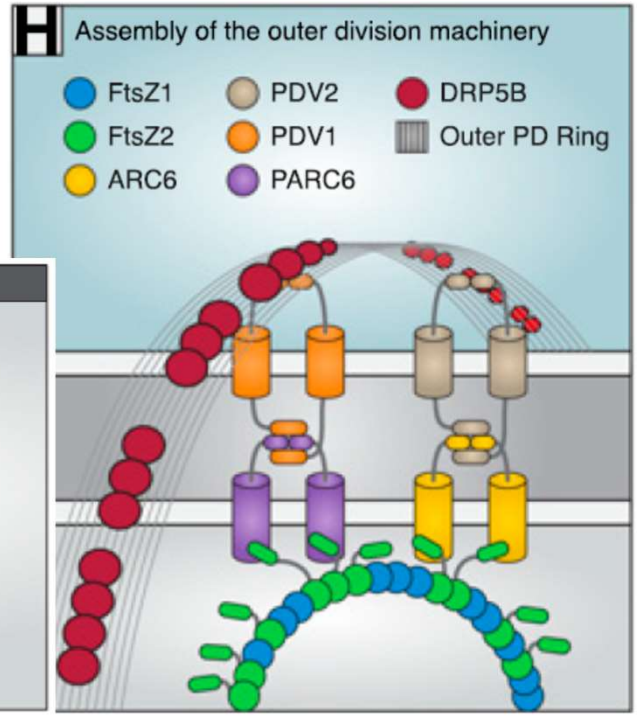
clorofila

FtsZ (GTPasa)

zoom







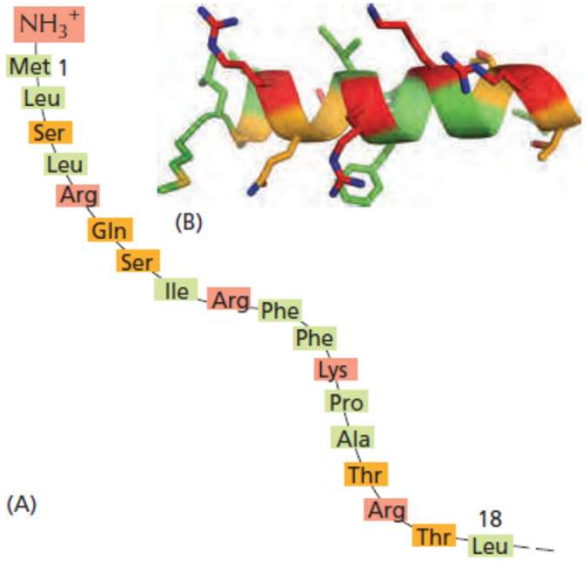
Plant Physiol. 2018 Jan;176(1):138-151. doi: 10.1104/pp.17.01272.

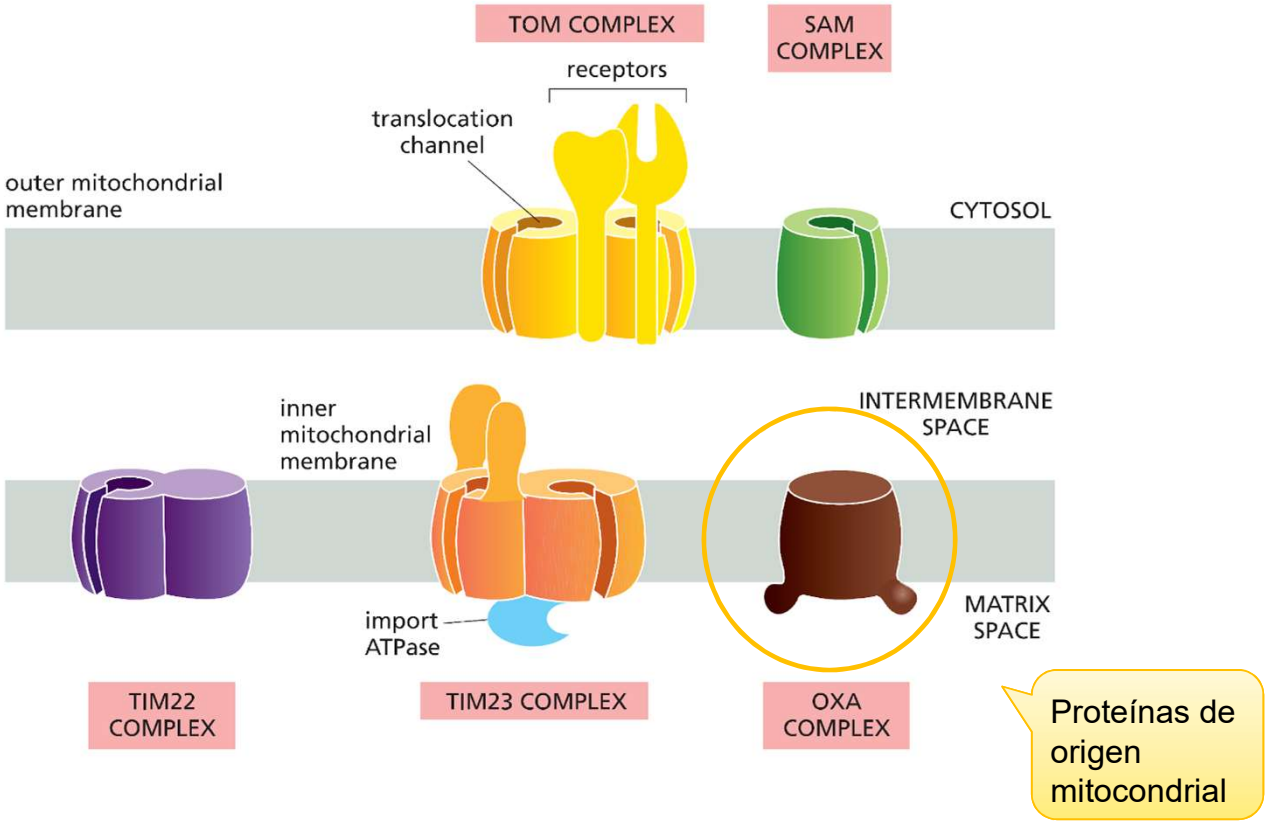
Transporte de proteínas hacia mitocondrias

- es Post-traduccional
- Participan:

- Secuencias señal (N-terminal, internas)
- Translocadores de membrana
- Chaperonas
- ATP

zoom



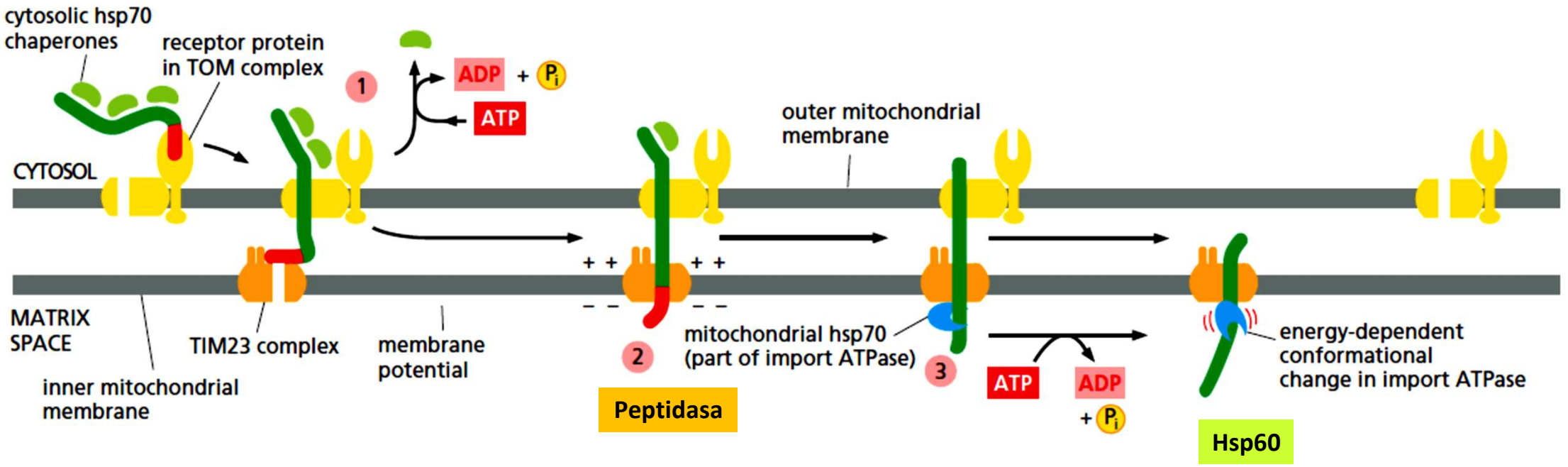


Proteínas de origen mitocondrial

Transporte de proteínas hacia mitocondrias

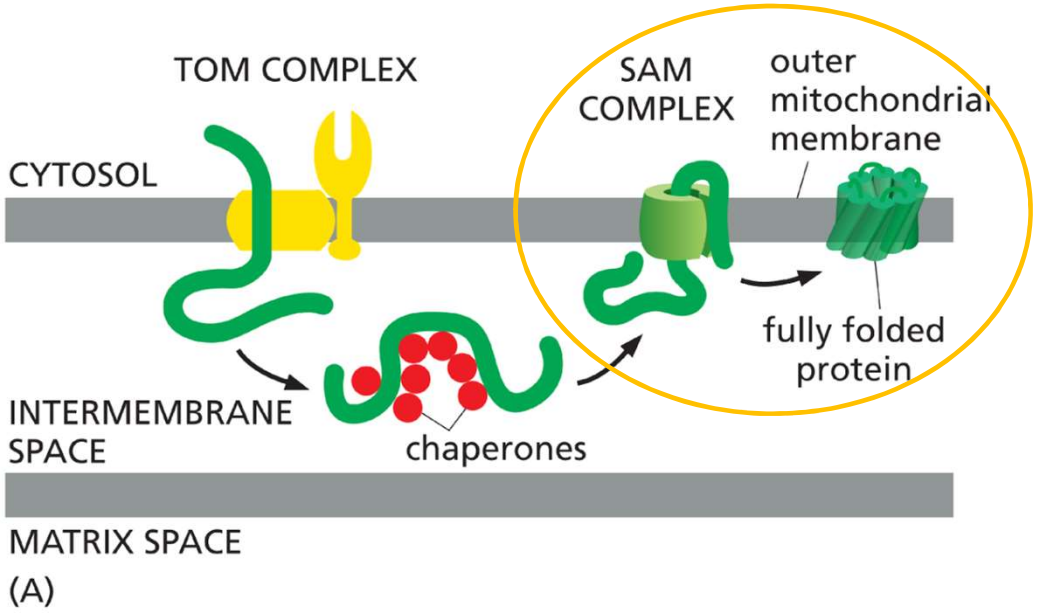
zoom

Proteínas de matriz



Transporte de proteínas hacia mitocondrias

zoom

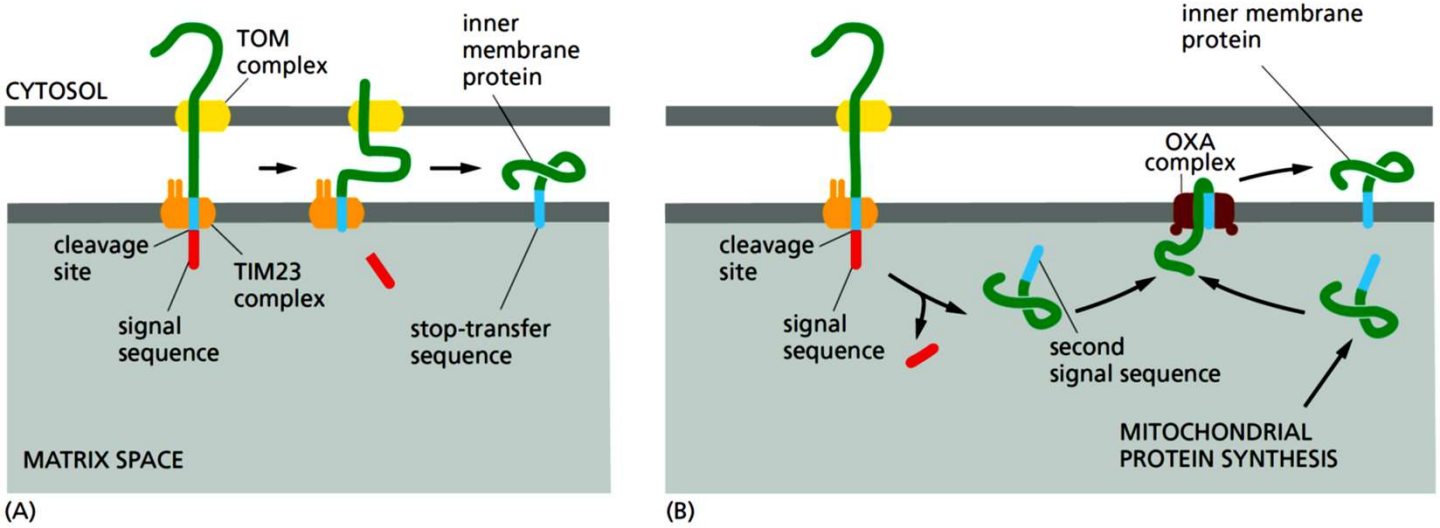


Translocadores similares para inserción de porinas en bacterias G(-)

Proteínas de membrana externa

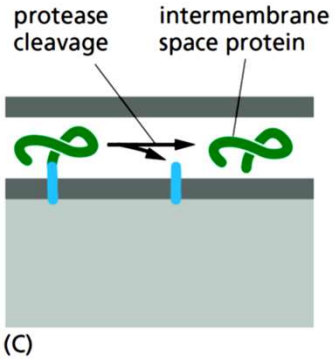
Transporte de proteínas hacia mitocondrias

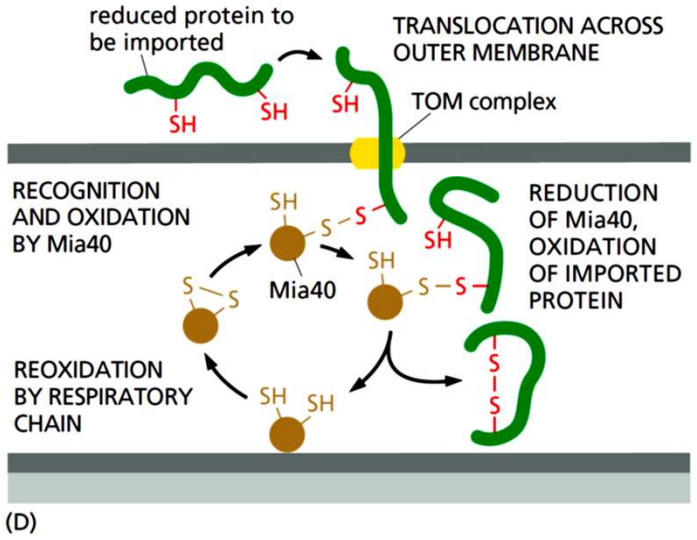
zoom

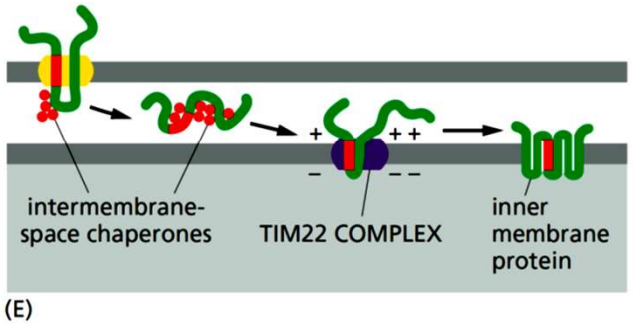


Proteínas de membrana interna

péptido señal con secuencia hidrofóbica

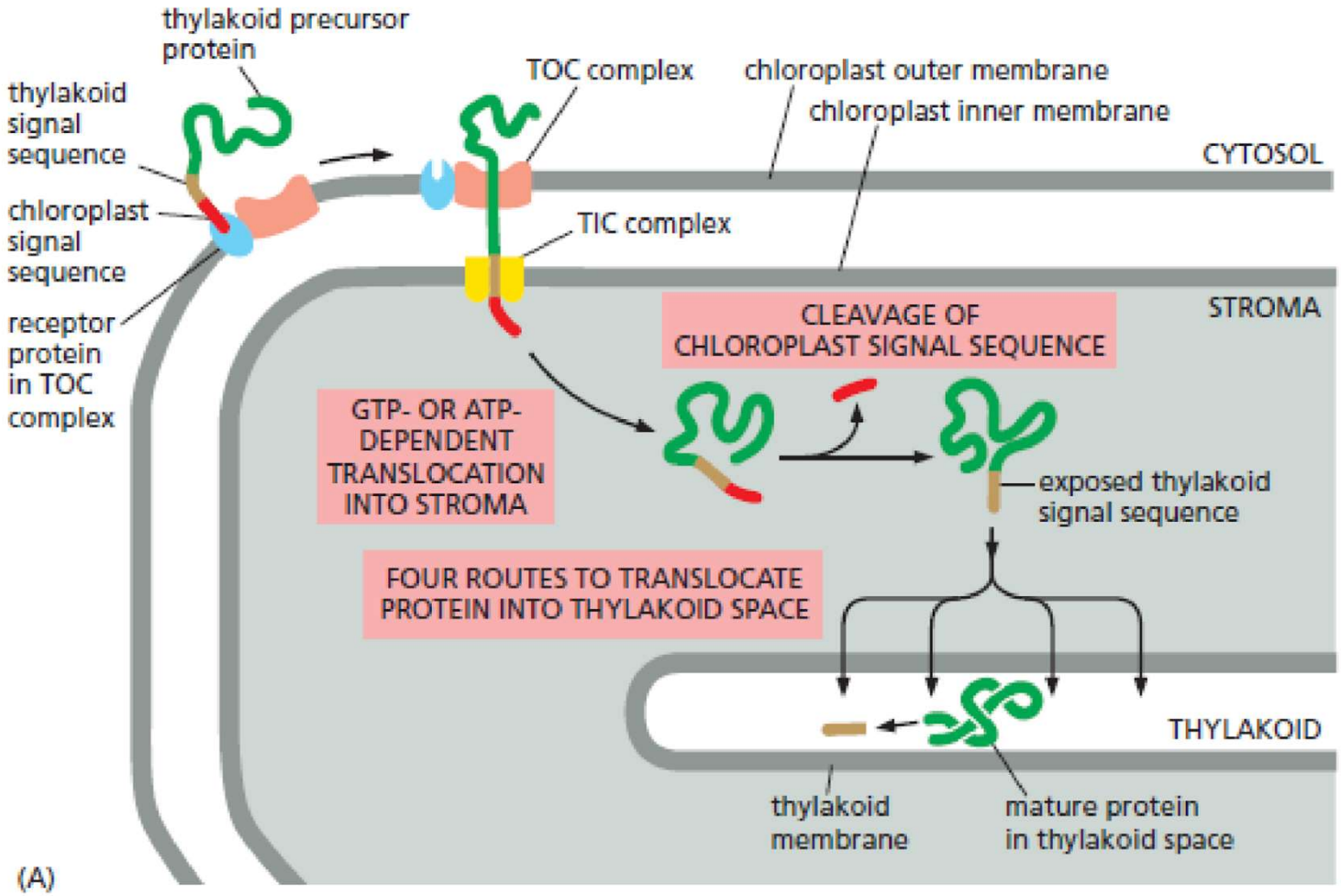






Transporte de proteínas hacia cloroplastos

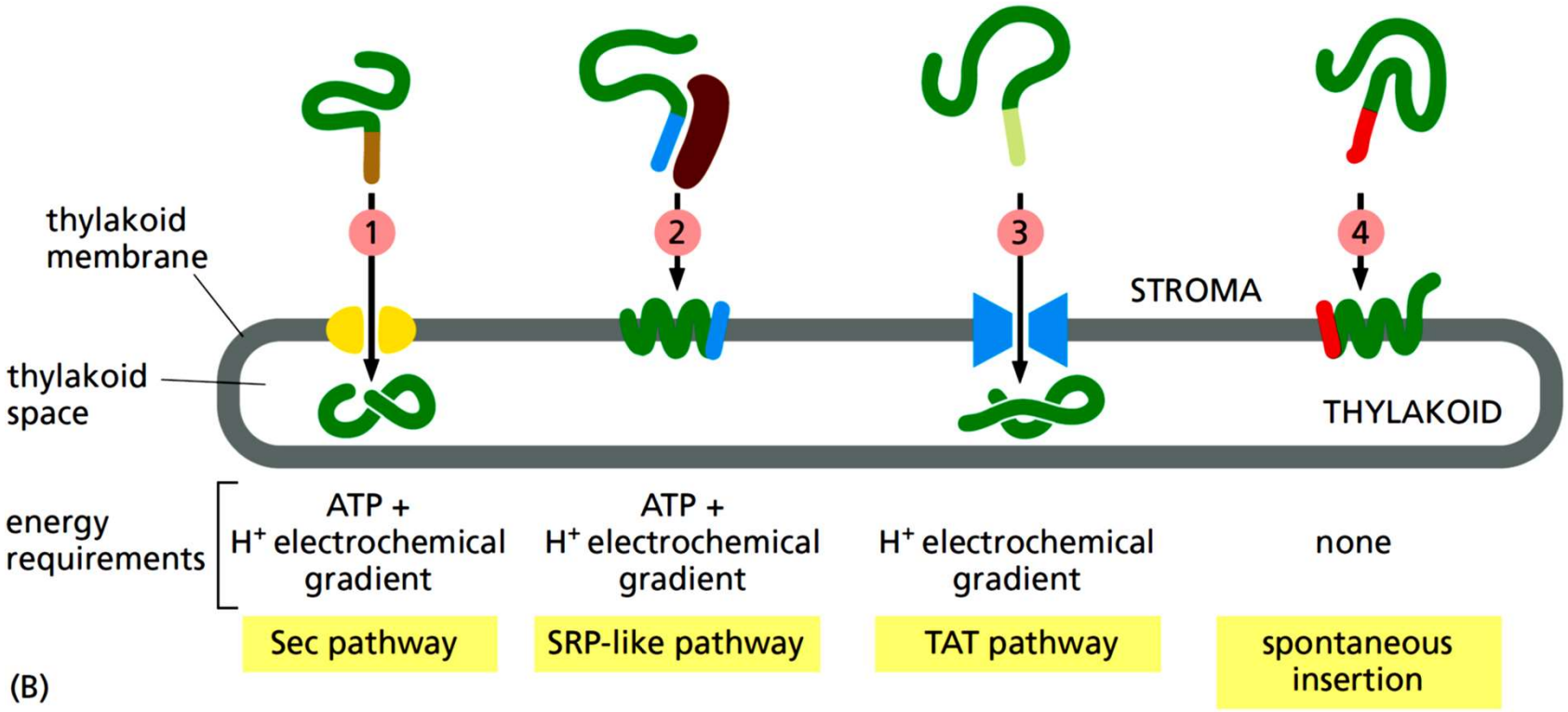
zoom



- es Post-traduccional
- Participan:
  - Secuencias señal (N-terminal, internas)
  - Translocadores de membrana
  - Chaperonas
  - ATP y GTP

Transporte de proteínas hacia cloroplastos

zoom

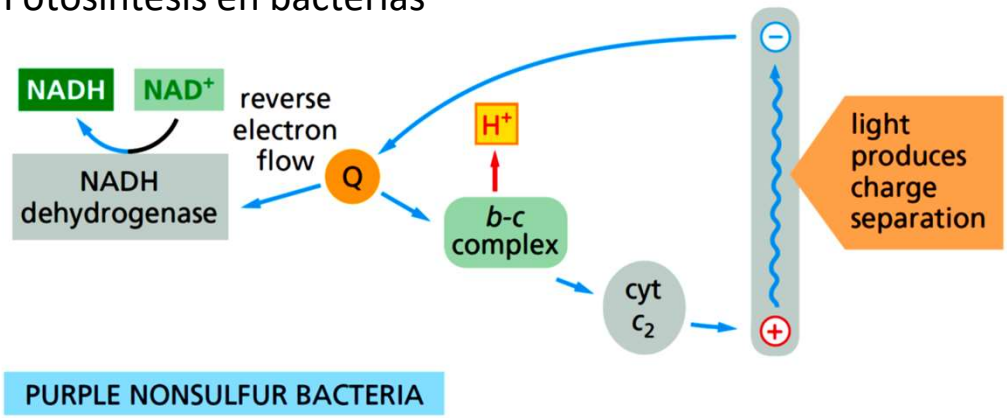


¿cuál es el origen evolutivo de mitocondrias y cloroplastos?

zoom

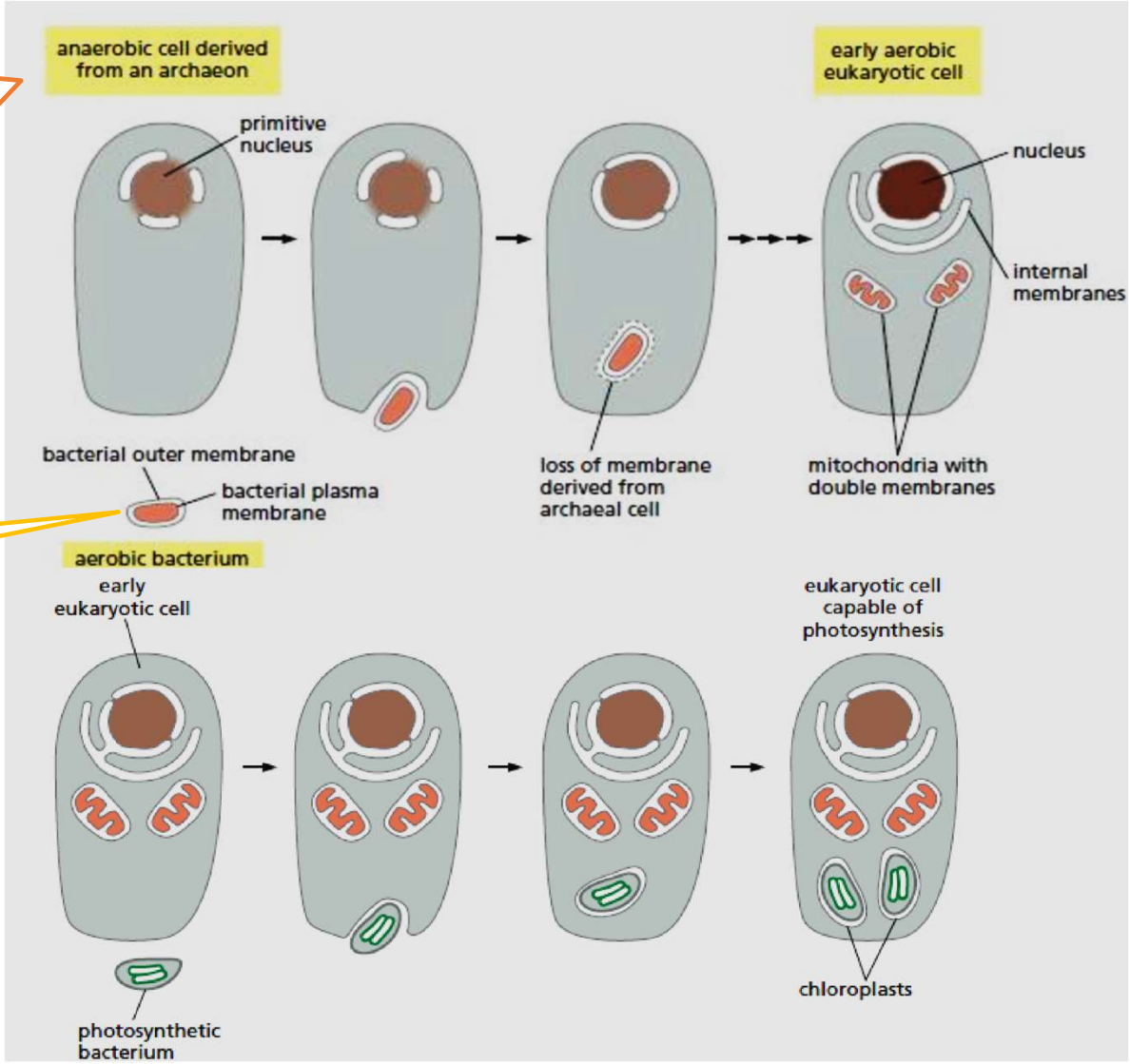
- Sistemas genéticos similares a bacterias
- Sensibilidad a antibióticos
- Inicio de proteínas con N-formil metionina
- Sistemas quimiosmóticos están presentes en bacterias
- Mecanismo de inserción de proteínas en membrana externa mitocondrial es similar al de bacterias
- Cloroplastos se dividen de forma muy similar a bacterias (FtsZ)
- Secuencias regulatorias en ADNcl

Fotosíntesis en bacterias



Teoría endosimbiótica

Homólogos en archea de: actina, tubulina, histonas y sistema de replicación de ADN



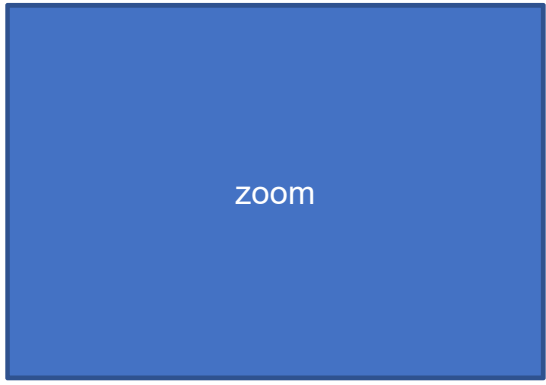
α-proteo-bacteria

Ciano-bacteria

zoom

Lynn Margulis
1938-2011

Mitocondrias y cloroplastos tienen otras funciones…



CLOROPLASTOS

- Síntesis ácidos grasos y lípidos de membrana
- Síntesis de isoprenoides, tetrapirroles
- Síntesis de almidón
- Síntesis de hormonas

MITOCONDRIAS

- Ciclo de la urea (algunos pasos)
- Formación de centros Fe-S
- Síntesis de lípidos (junto a Retículo)
- Regulación de concentración de Calcio (junto a Retículo)
- Regulación de muerte celular programada (Apoptosis)

Bibliografía

- Bruce Alberts 6ta edición: Capítulos 12 y 14

- Molecular Cell Biology - Lodish, 8th edition Capítulo 12- Cellular energetics