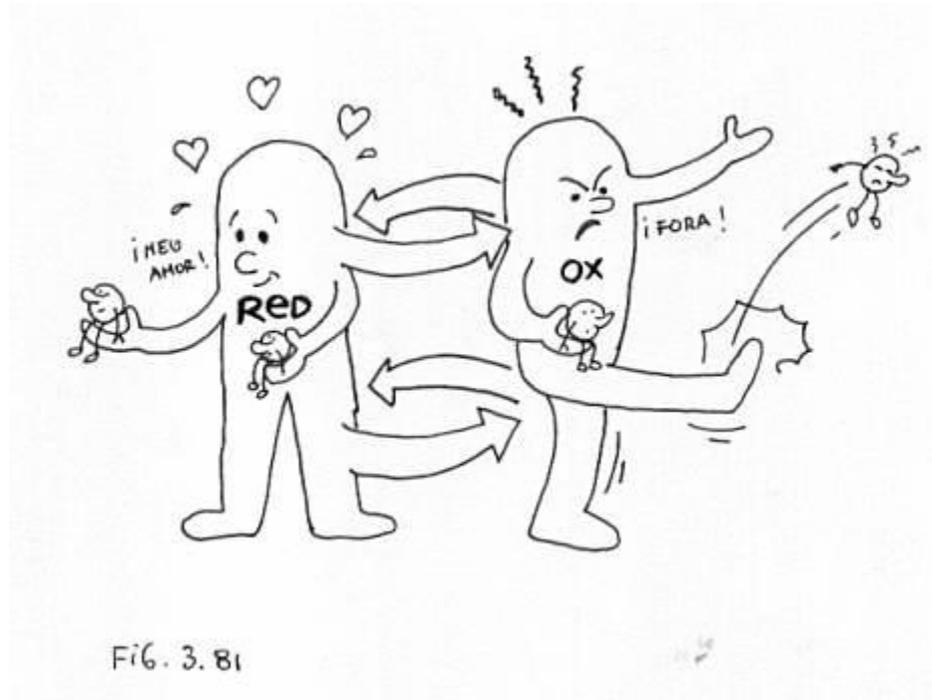


OXIDACIÓN DE LA GLUCOSA

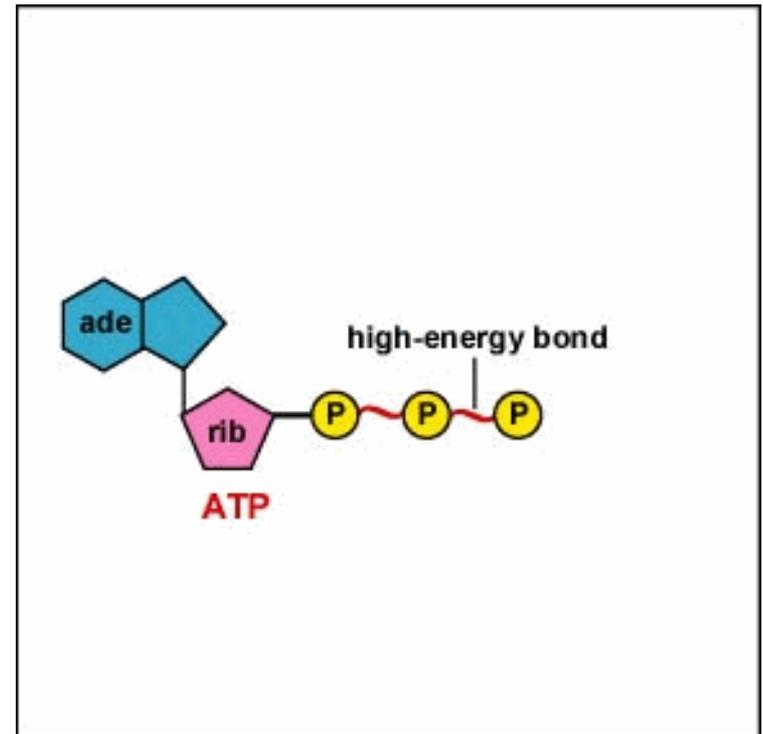
GLUCÓLISIS
DECARBOXILACIÓN OXIDATIVA
CICLO DE KREBS
CADENA TRANSPORTADORA DE ELECTRONES

Reacciones de oxido-reducción



Energía celular

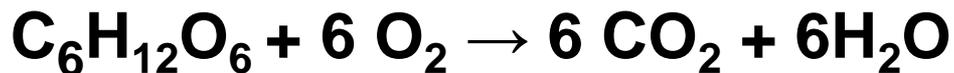
- El ATP es el principal transportador de energía en los sistemas vivos
 - Síntesis química
 - Contracción muscular.
 - Mitosis y meiosis.
 - Transporte activo.
 - Impulso nervioso.
 - Sinapsis.



Oxidación de la glucosa

- Oxidación: pérdida de electrones.
- Reducción: ganancia de electrones.
- Reacciones de oxidoreducción:
 - Electrones mayor energía a menor energía.

GLUCOSA + OXÍGENO  DIÓXIDO DE CARBONO + AGUA + ENERGÍA



DG = -686 Kcal/mol

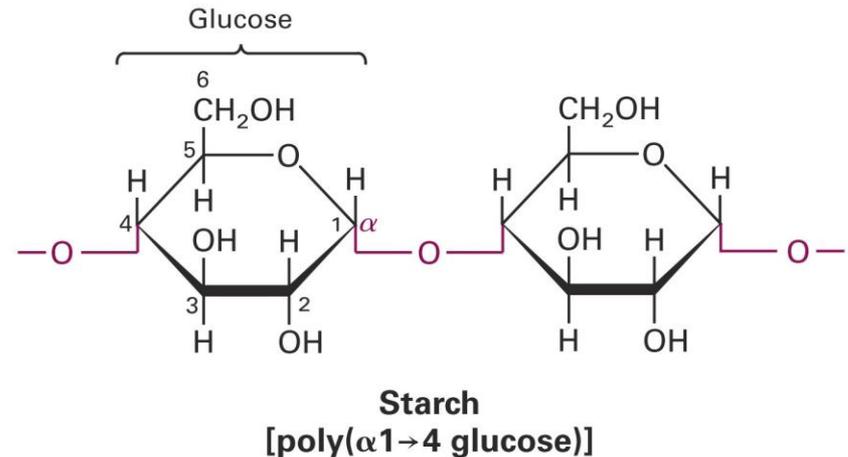
- **$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6H_2O$**
- **$\Delta G = -686 \text{ Kcal/mol}$**
- Aproximadamente el 40% de esta energía libre se conserva en la conversión de ADP a ATP.
- 60% de la energía se libera en forma de calor.
- Entropía.
- Entalpía.

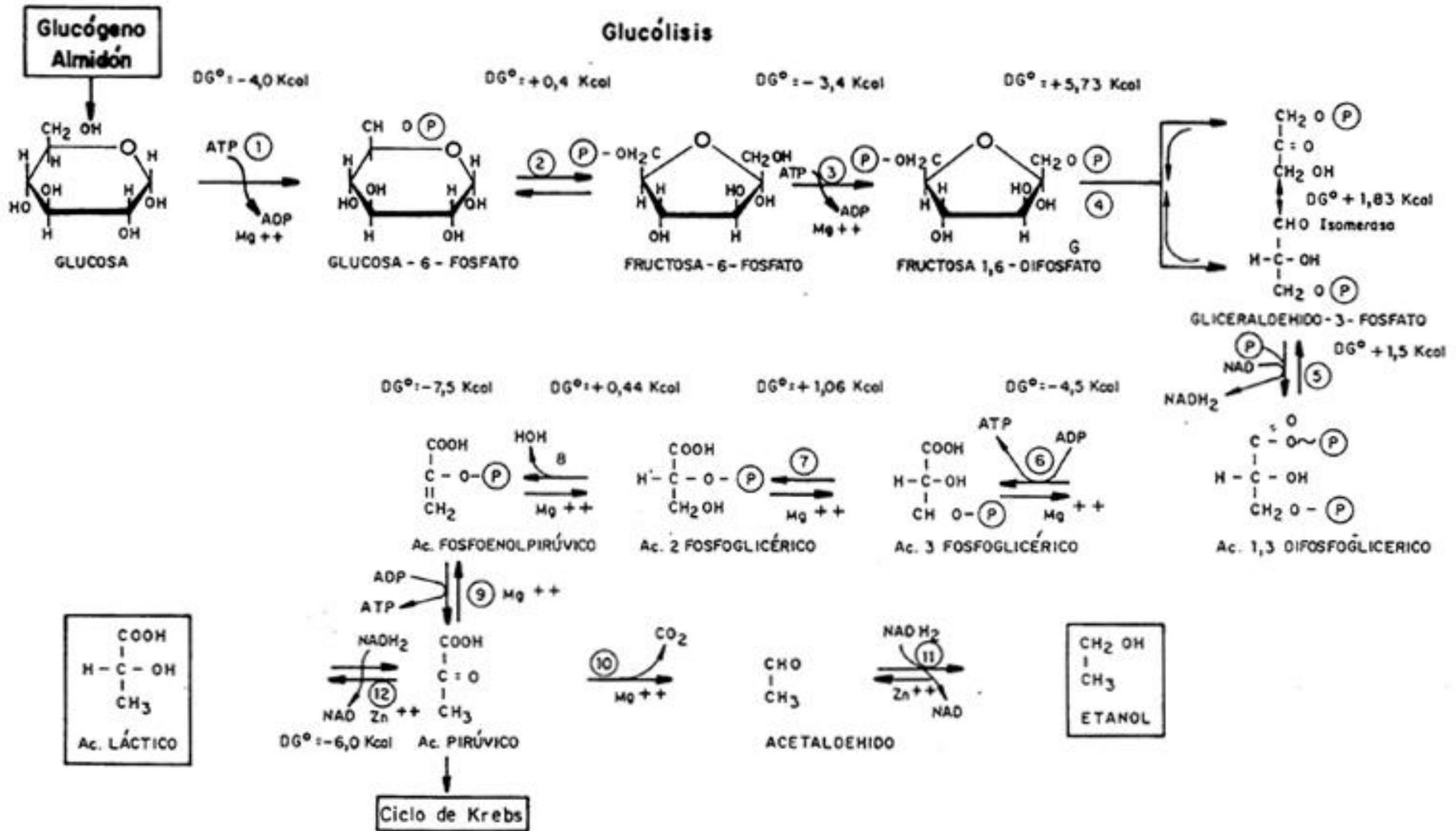
Etapas de la oxidación de la glucosa

- Glucólisis.
 - Citoplasma.
 - Glucosa \rightarrow 2 ácido pirúvico.
 - Eliminación de 4H
 - $2\text{NAD}^+ \rightarrow 2\text{NADH}$
 - Cambio de la energía libre: -143Kcal/mol
 - 2ATP
- Respiración:
 - En la mitocondria.
 - Formación de:
 - Dióxido de carbono.
 - NADH
 - Oxígeno acepta electrones y protones.
 - Formación de agua.
 - $\Delta G = -543\text{ Kcal/mol}$.
 - 36 ATP
 - Descarboxilación oxidativa
 - Ciclo de krebs.
 - Cadena transportadora de electrones.

Glucólisis

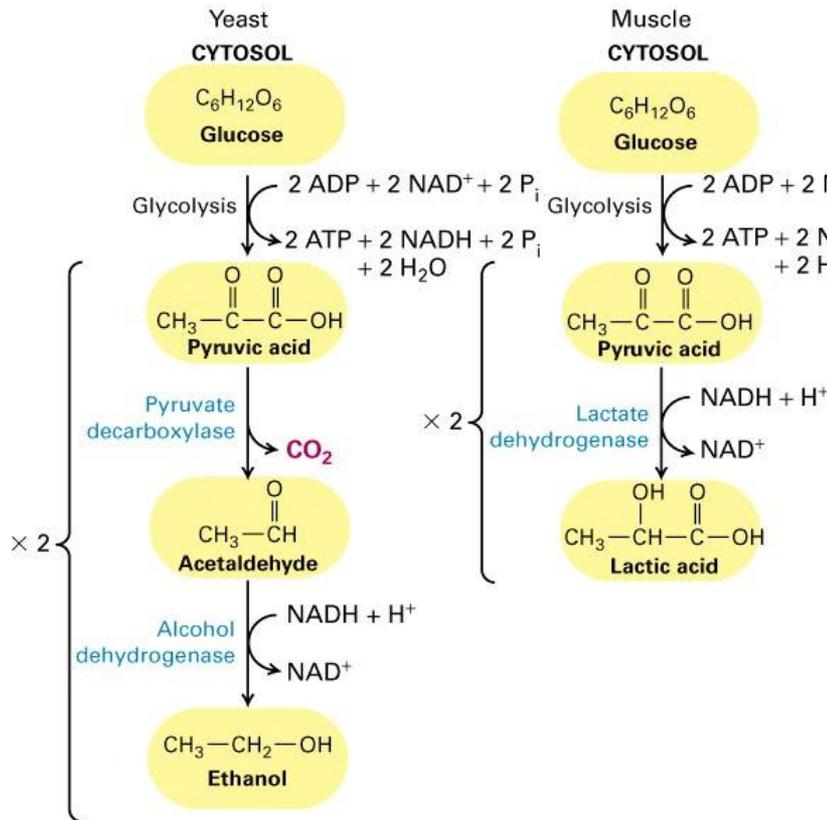
- Lisis de la glucosa.
- Nueve reacciones.
- Cada una catalizada por una enzima específica.
- Requiere energía en sus primeros pasos.
- Consume 2 ATP
- Produce 4 ATP



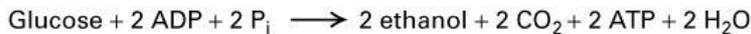


1. Glucocinasa ; 2. Fosfohexosa isomerasa ; 3. Fosfofructocinasa ; 4. Aldolasa ; 5. Gliceraldehido - 3 - Fosfato Deshidrogenasa
 6. Fosfoglicerocinasa ; 7. Fosfogliceromutasa ; 8. Enolasa ; 9. Kinasa Pirúvica ; 10. Descarboxilasa Pirúvica
 11. Deshidrogenasa Alcohólica ; 12. Deshidrogenasa Láctica

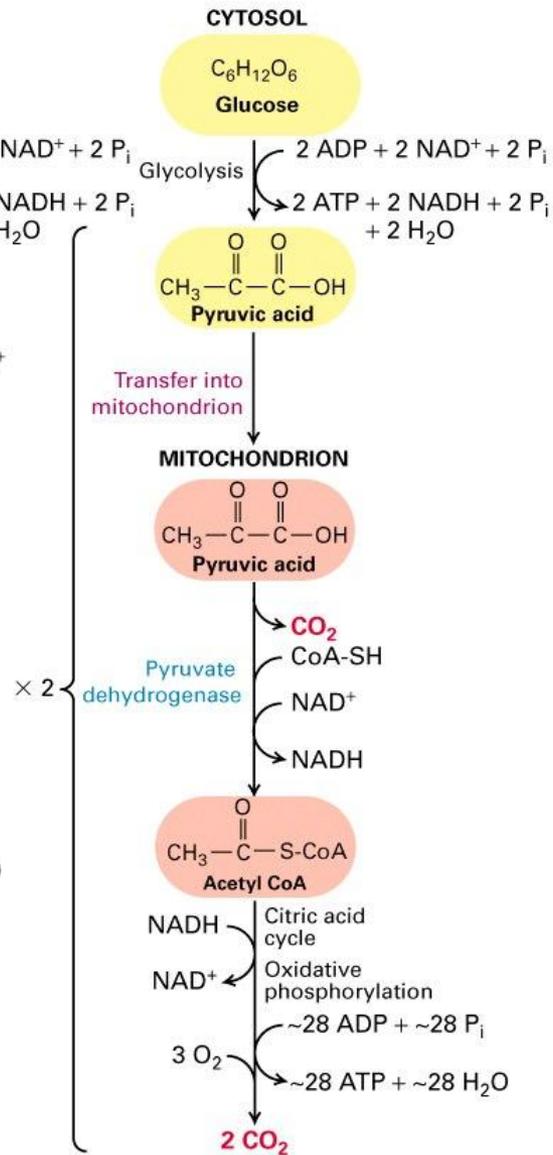
ANAEROBIC METABOLISM (FERMENTATION)



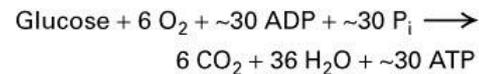
Overall reactions of anaerobic metabolism:



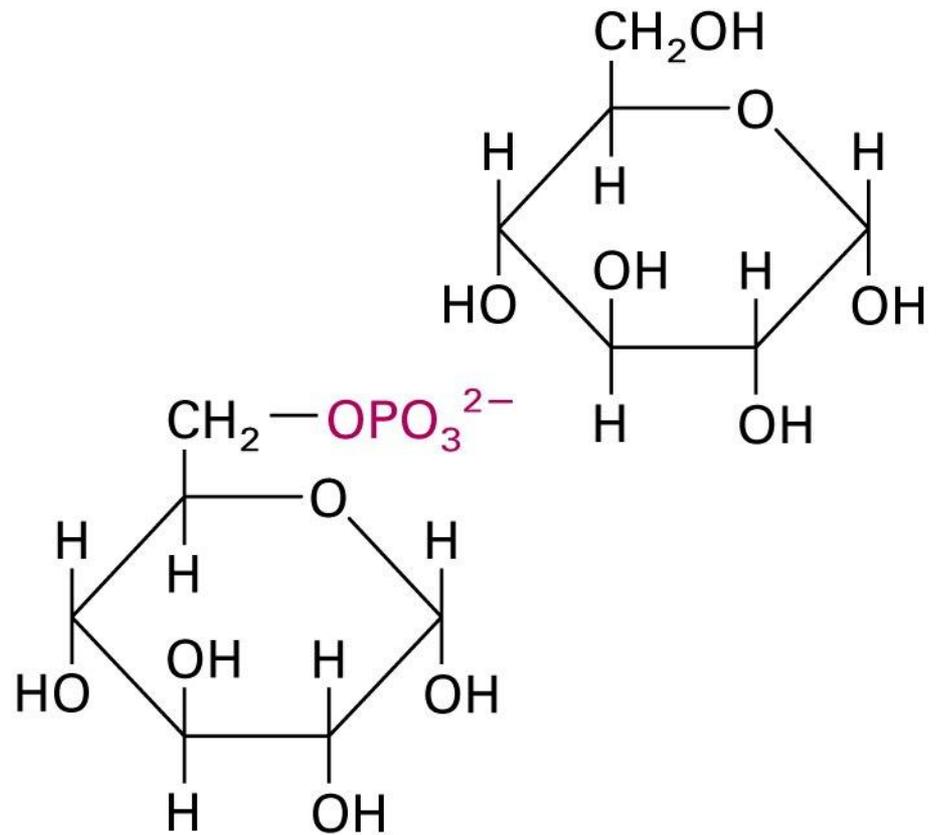
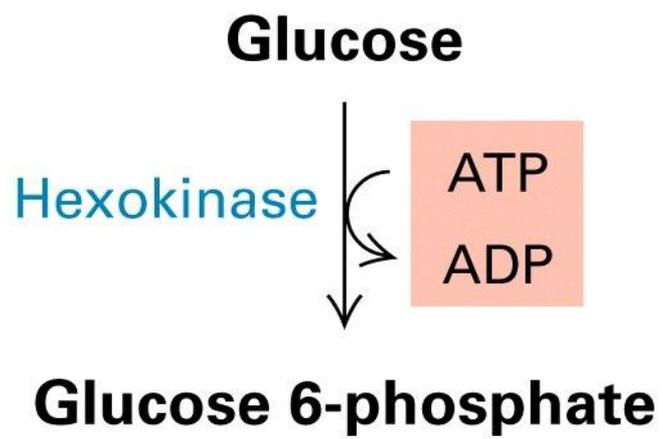
AEROBIC METABOLISM



Overall reaction of aerobic metabolism:



1

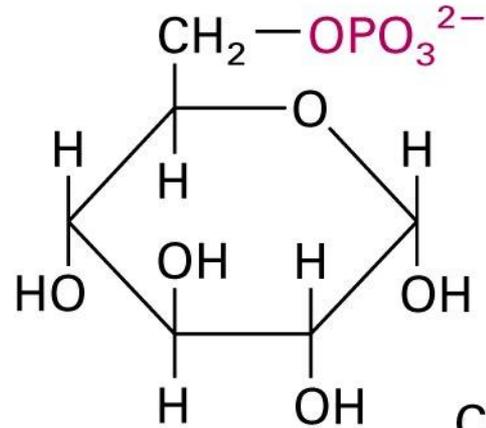


2

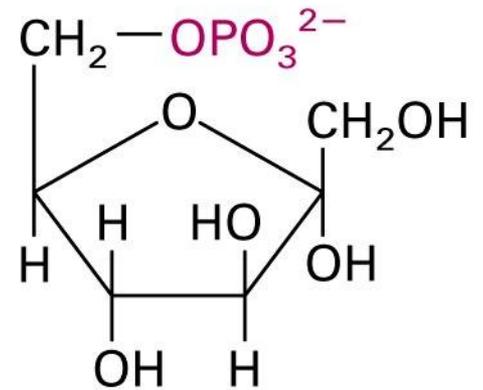
Phosphoglucose
isomerase



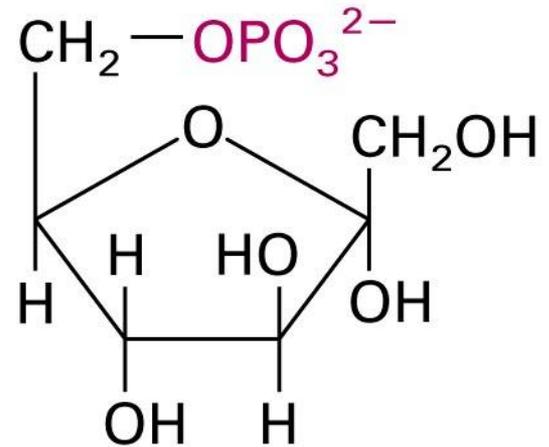
Glucose 6-phosphate



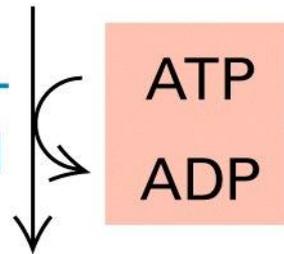
Fructose 6-phosphate



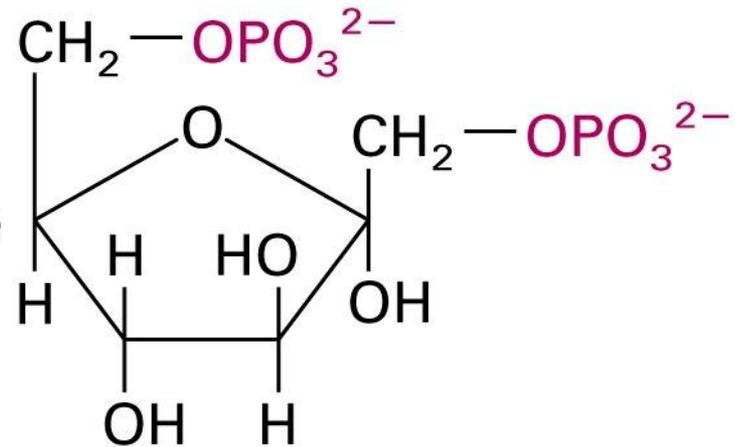
Fructose 6-phosphate



3 Phosphofructo-kinase-1



Fructose 1,6-bisphosphate



Fructose 1,6-bisphosphate

4

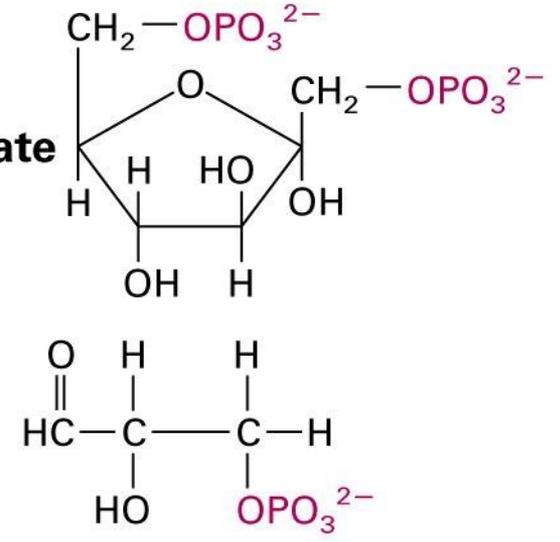
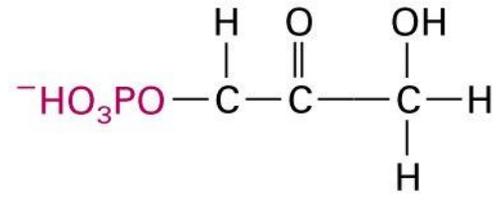
Aldolase

5

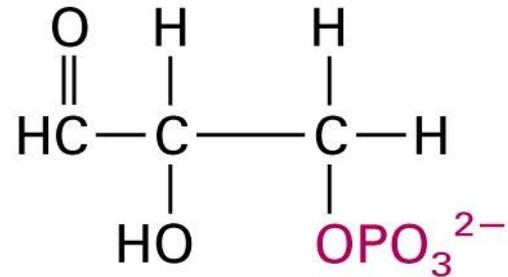
Triose phosphate isomerase

Glyceraldehyde 3-phosphate (2 molecules)

Dihydroxyacetone phosphate



**Glyceraldehyde
3-phosphate
(2 molecules)**

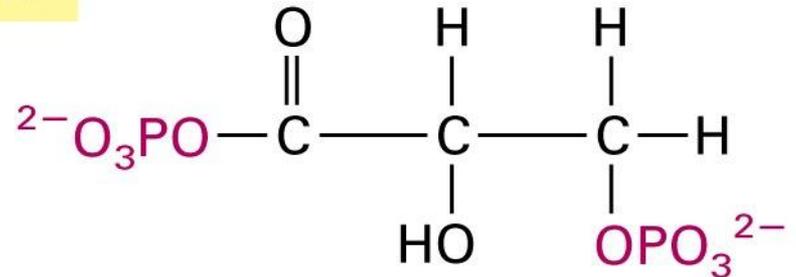


6

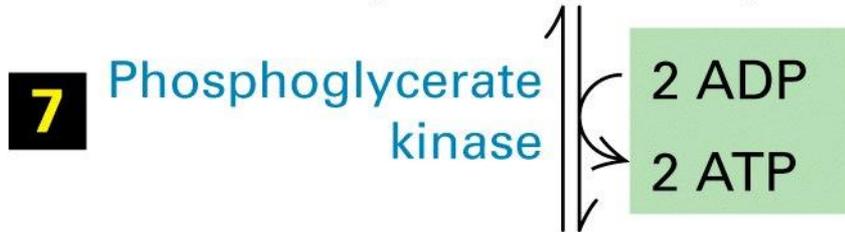
Glyceraldehyde
3-phosphate
dehydrogenase



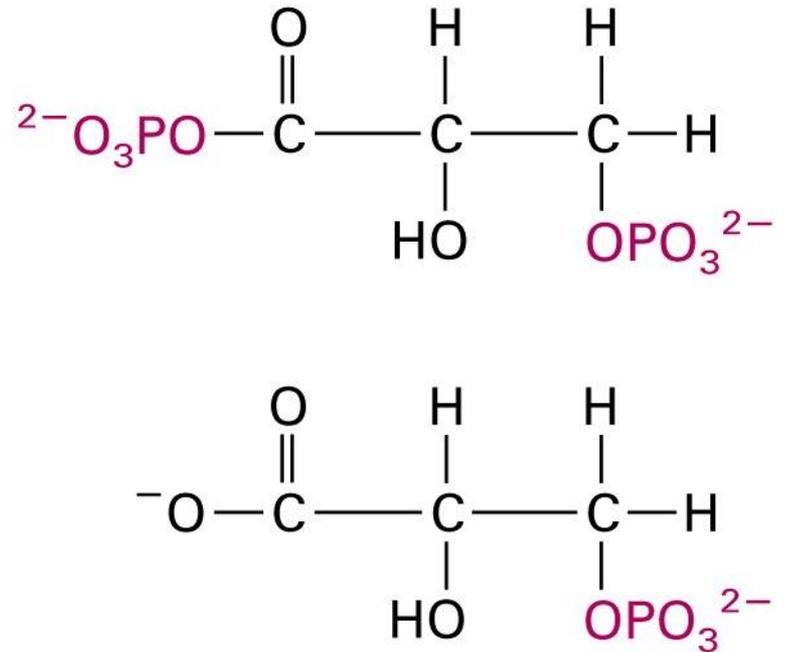
**1,3-Bisphosphoglycerate
(2 molecules)**



**1,3-Bisphosphoglycerate
(2 molecules)**



**3-Phosphoglycerate
(2 molecules)**



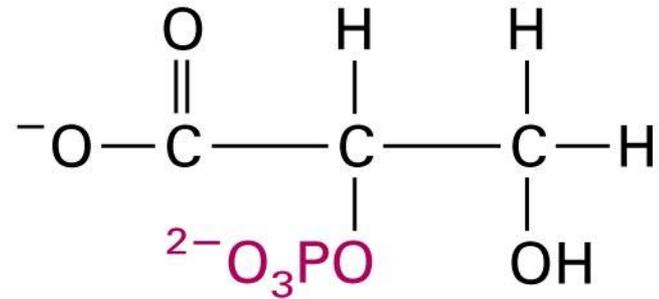
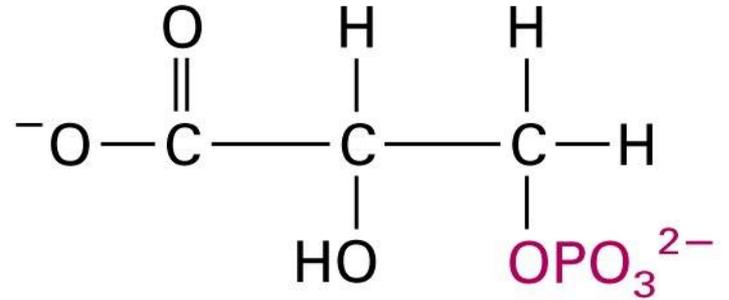
8

Phosphoglyceromutase

**3-Phosphoglycerate
(2 molecules)**



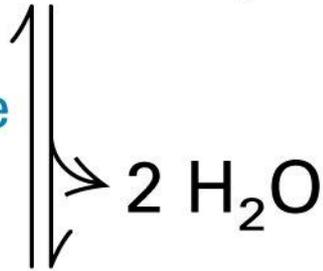
**2-Phosphoglycerate
(2 molecules)**



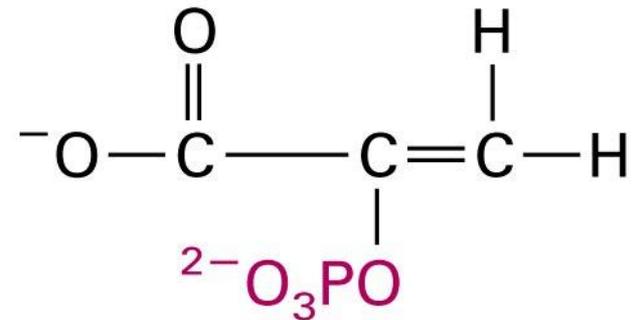
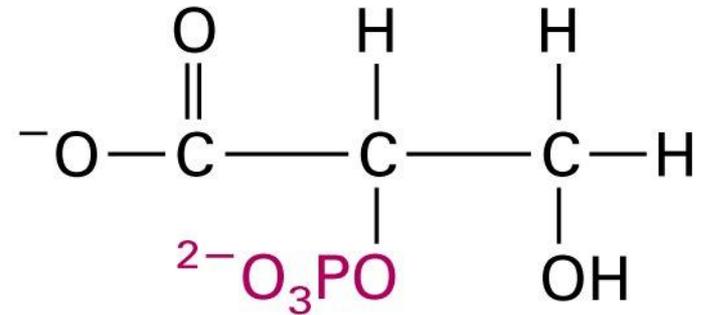
9

**2-Phosphoglycerate
(2 molecules)**

Enolase



**Phosphoenolpyruvate
(2 molecules)**



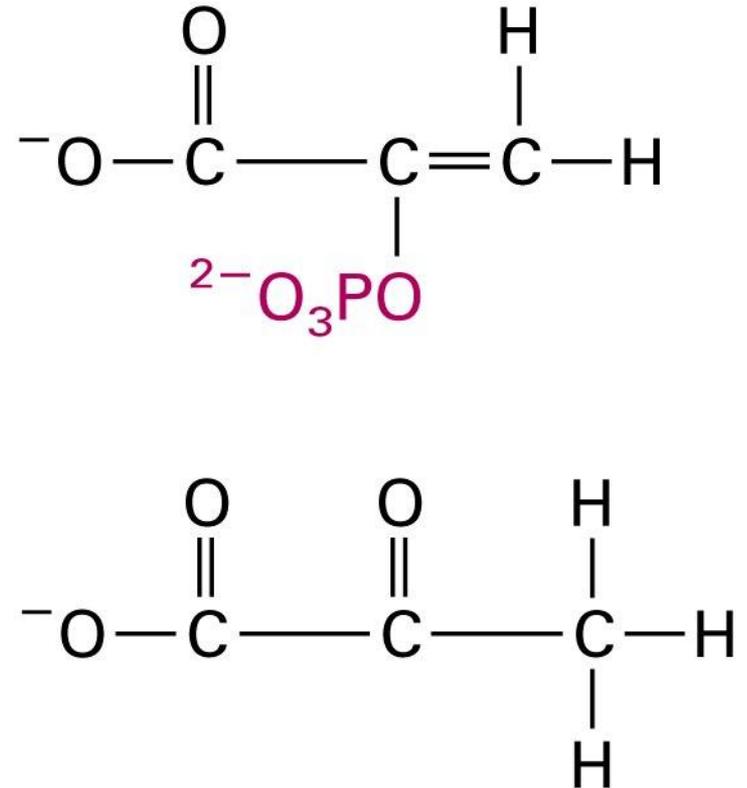
**Phosphoenolpyruvate
(2 molecules)**

10

Pyruvate
kinase

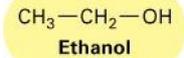
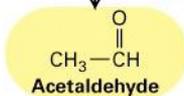
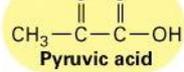
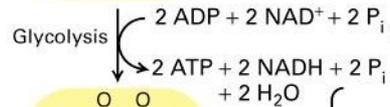
2 ADP
2 ATP

**Pyruvate
(2 molecules)**



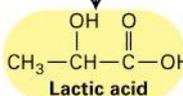
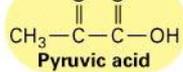
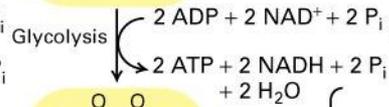
ANAEROBIC METABOLISM (FERMENTATION)

Yeast
CYTOSOL



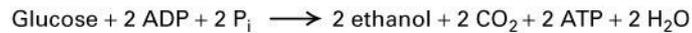
$\times 2$

Muscle
CYTOSOL



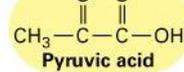
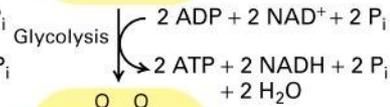
$\times 2$

Overall reactions of anaerobic metabolism:



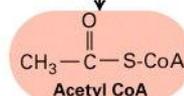
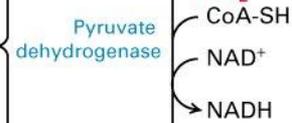
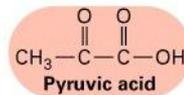
AEROBIC METABOLISM

CYTOSOL



Transfer into mitochondrion

MITOCHONDRION



NADH Citric acid cycle

NAD⁺ Oxidative phosphorylation

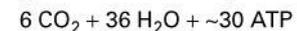
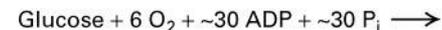
$\sim 28 ADP + \sim 28 P_i$

$3 O_2 \xrightarrow{\sim 28 ATP + \sim 28 H_2O}$

$2 CO_2$

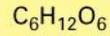
$\times 2$

Overall reaction of aerobic metabolism:

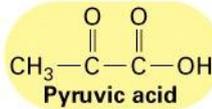
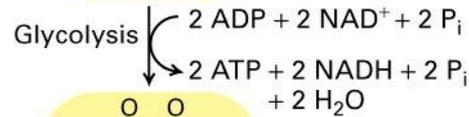


AEROBIC METABOLISM

CYTOSOL

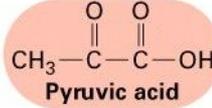


Glucose

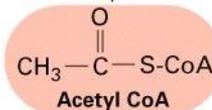
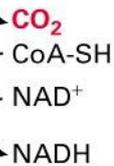


Transfer into mitochondrion

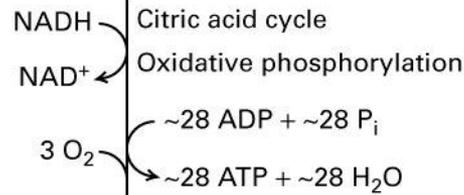
MITOCHONDRION



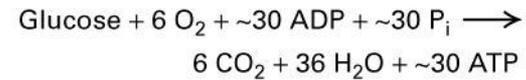
Pyruvate dehydrogenase



× 2



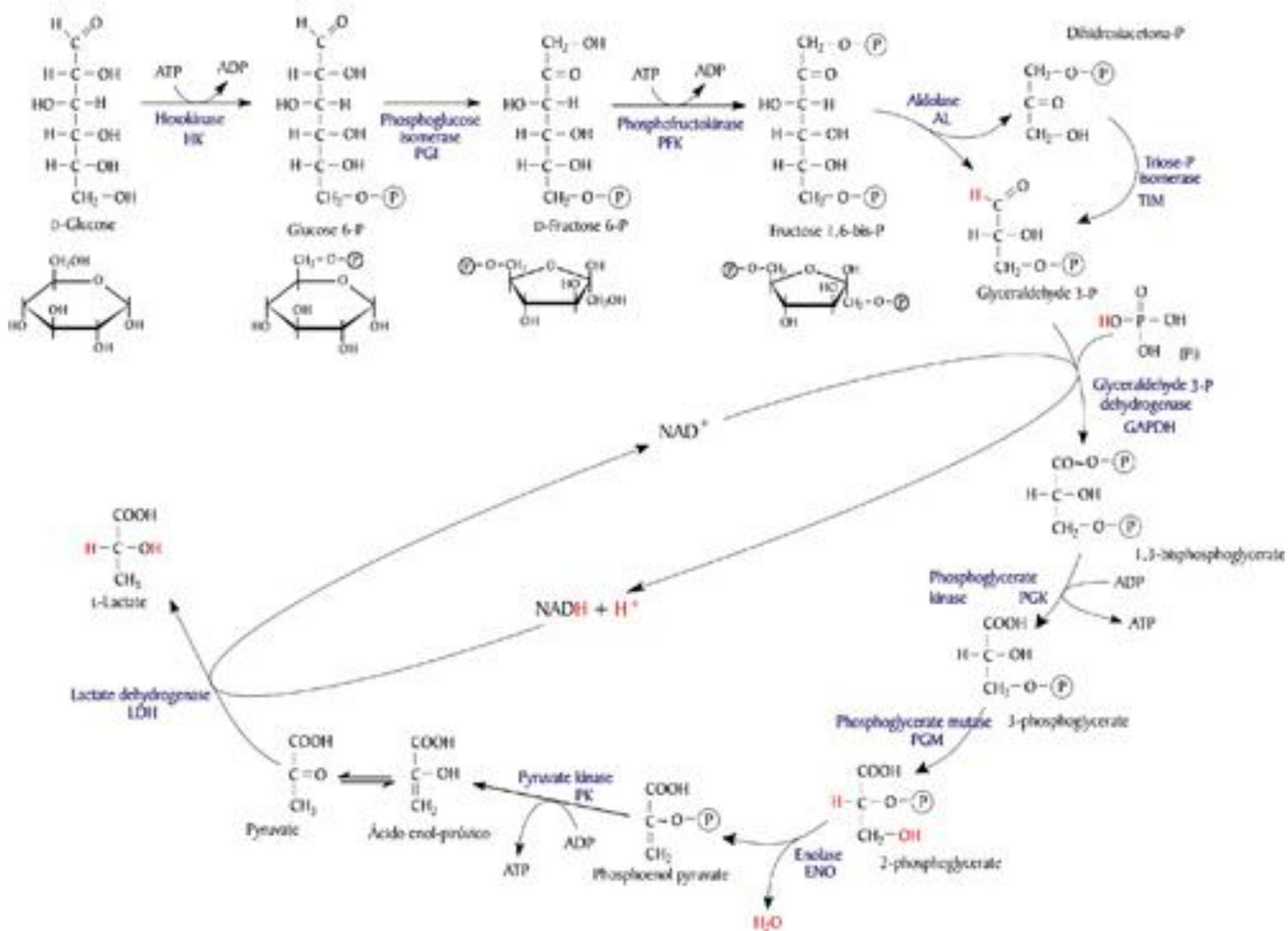
Overall reaction of aerobic metabolism:



Vías anaeróbicas - Fermentación sin oxígeno

- Ácido pirúvico → etanol (alcohol etílico)
 - En levaduras.
 - En el hollejo de las uvas.
 - Concentración de alcohol de 12 – 17%
- Ácido pirúvico → ácido láctico
 - En microorganismos y células musculares
 - Ejercicio intenso.
 - Fatiga muscular.
 - En el hígado se metaboliza a ácido pirúvico.

Glycolysis



Significado biológico de la glucólisis

- Apareció tempranamente en el escenario evolutivo.
- Genera 2 ATP
- Es adecuada para las necesidades de muchos microorganismos.

Respiración

- Ácido piruvico \rightarrow $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ATP}$
- Se lleva a cabo en las mitocondrias.
 - Membrana interna
 - 80% proteínas.
 - 20% lípidos.
 - Membrana externa.
- Dos pasos previo la decarboxilación oxidativa.
 - Ciclo de Krebs.
 - Cadena transportadora de electrones.

Mitocondrias

- 25% del volumen citoplasmático.
- Dos compartimientos:
 - Espacio intermembranoso.
 - Matriz.
 - Concentración proteica de 500 mg/ml (50%)
- Membrana externa:
 - Porinas.
- Membrana interna.
 - Crestas mitocondriales
 - Complejo F_0F_1
 - Cadena transportadora de electrones.
 - Cardiolipina (difosfatidilglicerol)

Intermembrane space

Outer membrane

Inner membrane

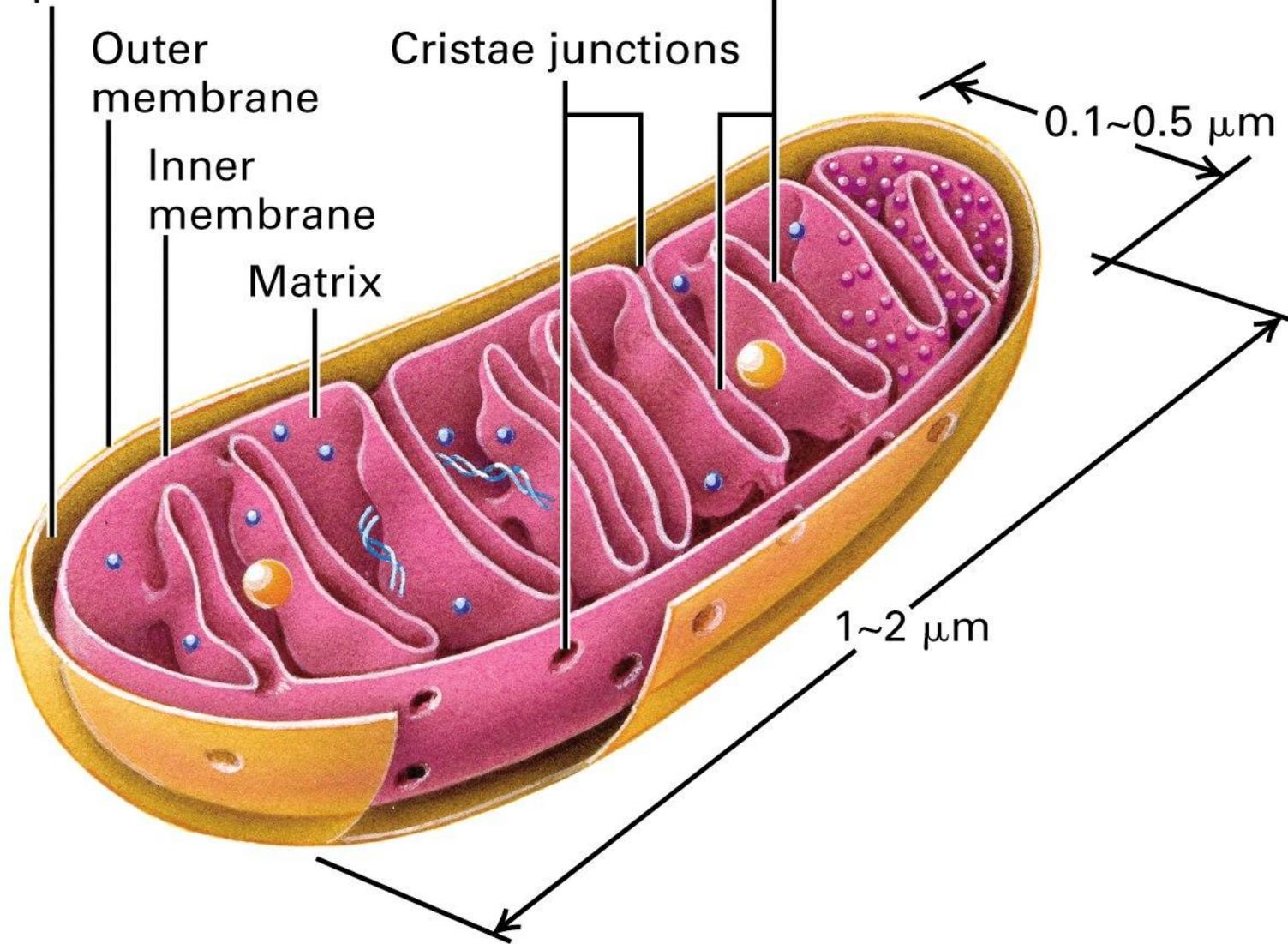
Matrix

Cristae

Cristae junctions

0.1~0.5 μm

1~2 μm



Membrana externa

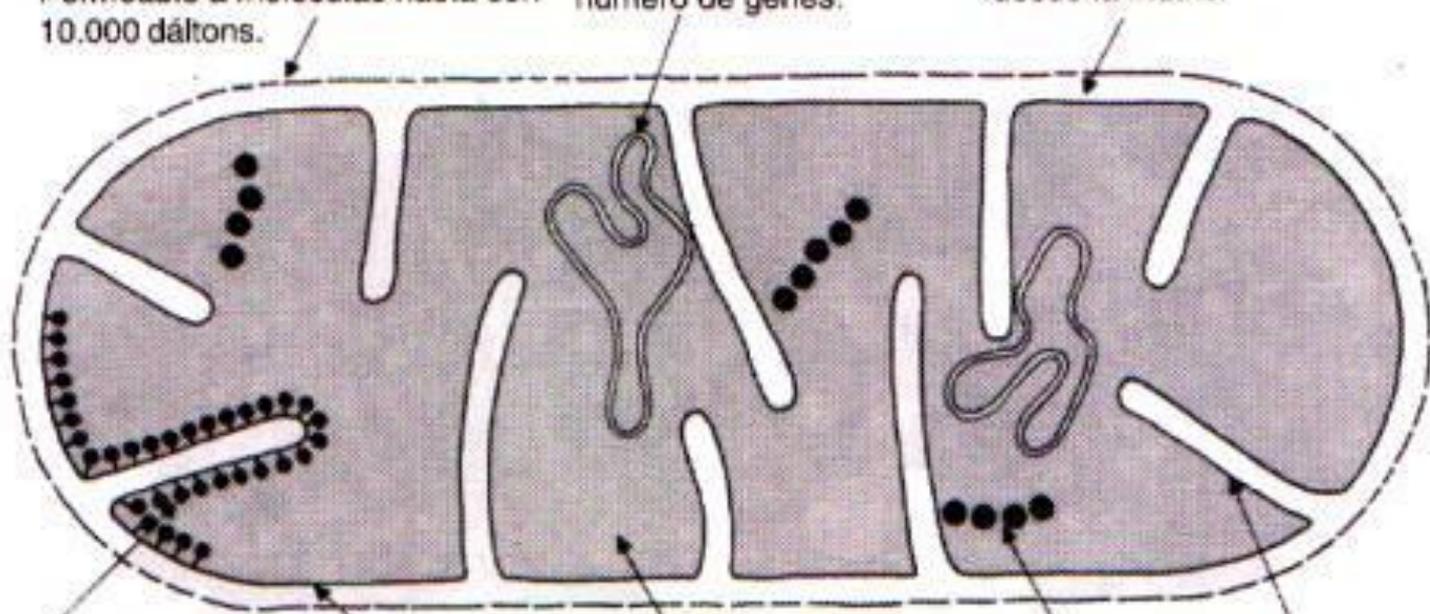
Contiene enzimas de degradación de los lípidos y ácidos grasos. Permeable a moléculas hasta con 10.000 dáltons.

DNA mitocondrial

Una o más cadenas dobles que contienen un escaso número de genes.

Espacio intermembranoso

Contiene varias enzimas. Acumula protones transportados desde la matriz.



Corpúsculos elementales

Forman parte de la membrana interna y contienen un complejo proteico con actividad de ATP-sintetasa.

Membrana interna

Impermeable, contiene los componentes de la cadena de transporte de electrones. Transporte transmembrana de protones.

Matriz mitocondrial

Contiene enzimas que metabolizan piruvato y ácido graso produciendo acetilcoenzima A, contiene enzimas del ciclo del ácido cítrico, tRNA, mRNA y rRNA.

Ribosomas mitocondriales

Contienen RNA ribosomal. Participa de la síntesis proteica

Cresta mitocondrial

Pliegues de la membrana interna que aumentan su superficie.

Decarboxilación oxidativa

- $2\text{Ácido pirúvico} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{NADH} + 2\text{AcetilCoA}$ ($\Delta G = -8,0\text{Kcal/mol}$)
 - Los átomos de oxígeno y carbono del grupo carboxilo se pierden en forma de CO_2 .
 - Queda un grupo acetilo (CH_3CO).
 - Reducción de $2\text{NAD}^+ \rightarrow 2\text{NADH}$.
 - Unión del acetilo al CoA.
 - Nexa entre glucólisis y ciclo de Krebs.

Ciclo de Krebs

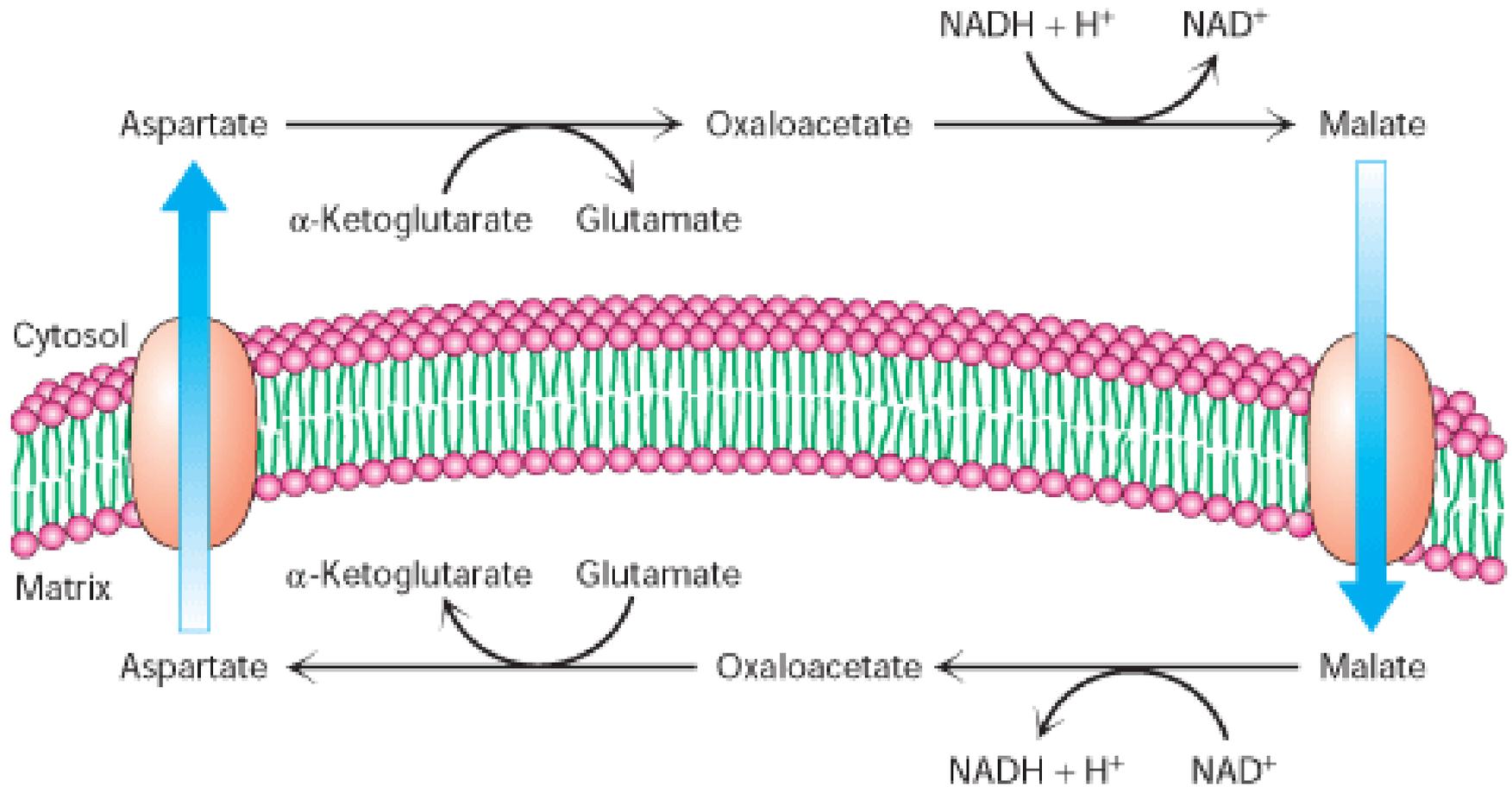
Ciclo del ácido cítrico

- Conjunto de nueve reacciones
- AcetilCoA se une al oxalacetato.
 - Produce → Ácido cítrico.
 - Oxidación completa a CO₂.
 - Producción final oxalacetato.
 - Producción por cada vuelta del ciclo
 - GTP → ATP
 - 3NADH
 - FADH₂
 - 2CO₂
 - No se requiere oxígeno.

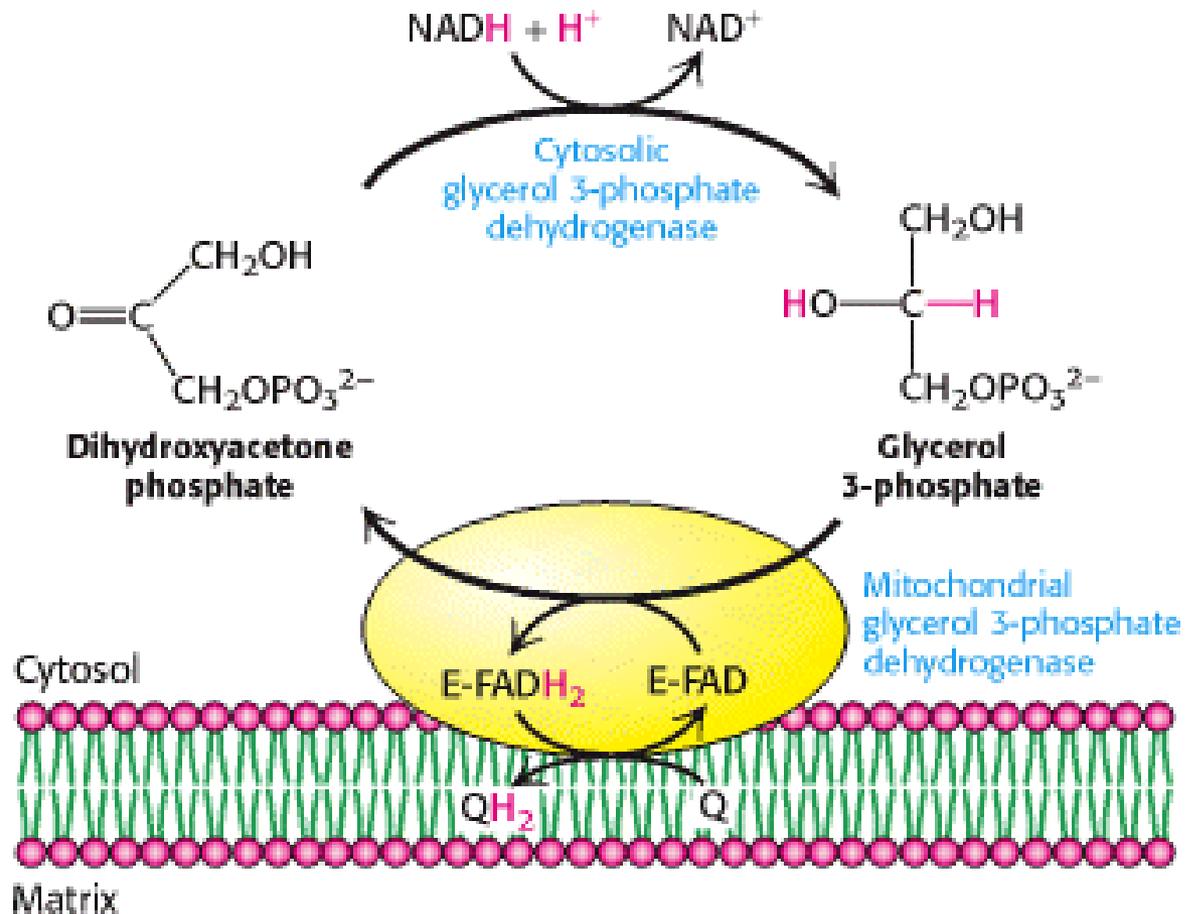
Regeneración de NADH producido en el citosol

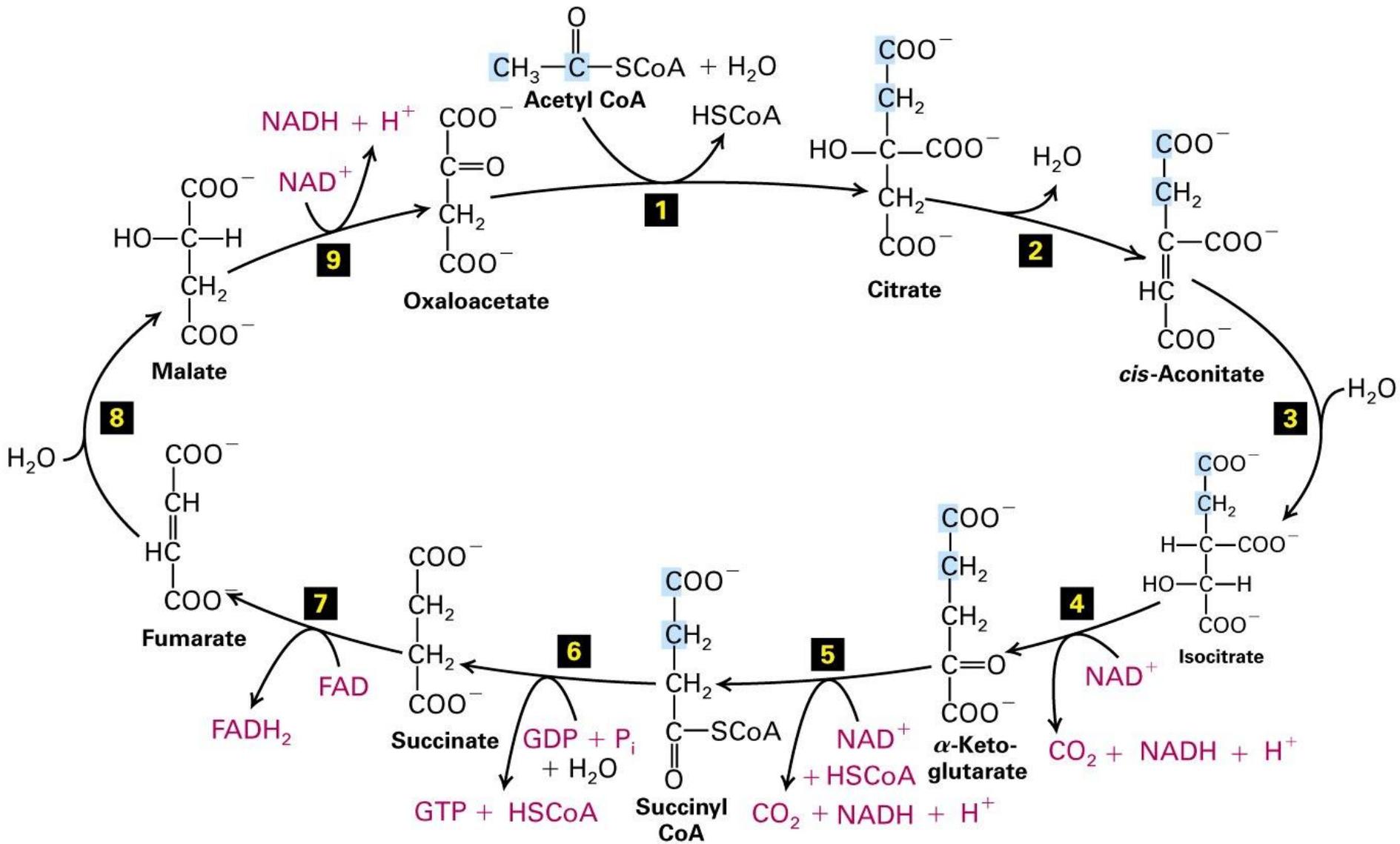
- Lanzadera de malato
 - El NADH citosólico reduce oxalacetato a malato y se forma NAD⁺
 - Una antiporte (αcetoglutarato - malato) transporta malato a la matriz.
 - Malato en oxalacetato y reduce NAD⁺ a NADH.
 - Oxalacetato a aspartato y se intercambia con glutamato
 - En el citosol el aspartato se reconvierte en oxalacetato acoplado a una reacción de conversión de αcetoglutarato en glutamato.
- Efecto neto es
 - NADH → NAD⁺ en el citosol.
 - NAD⁺ → NADH en la matriz.

Lanzadera Malato



Lanzadera Glicerol - Fosfato

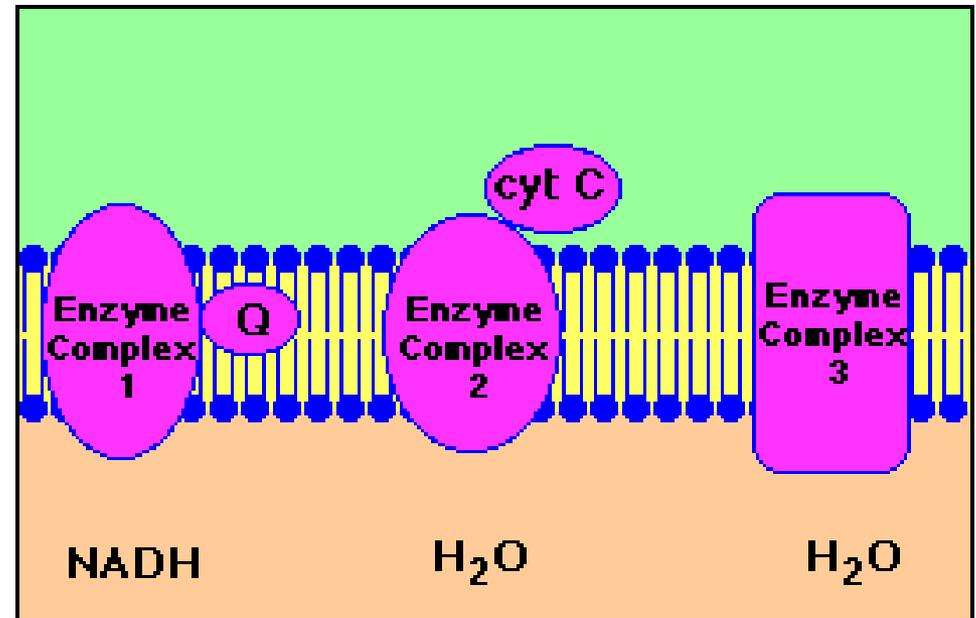
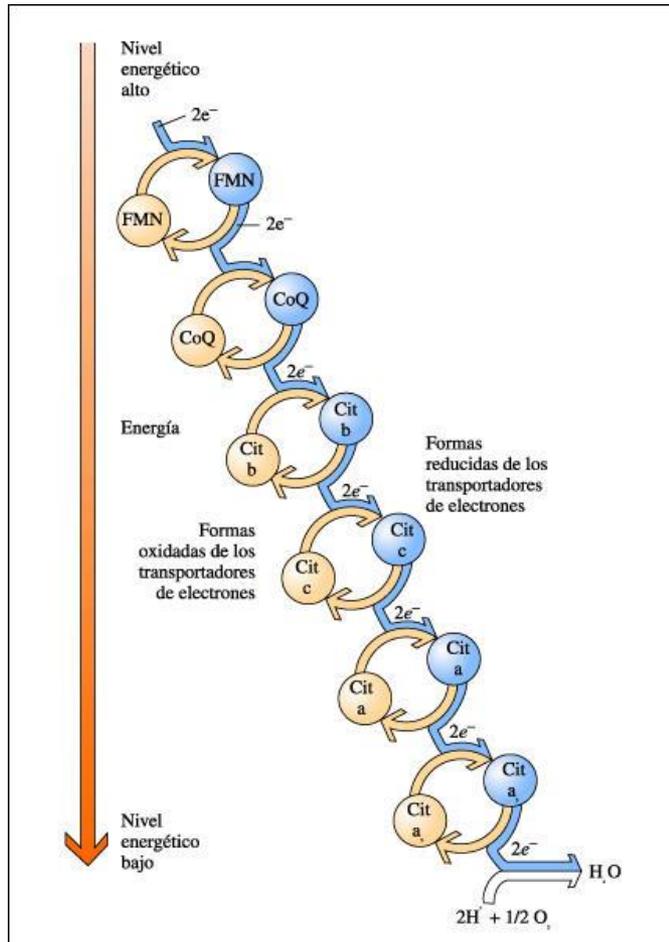


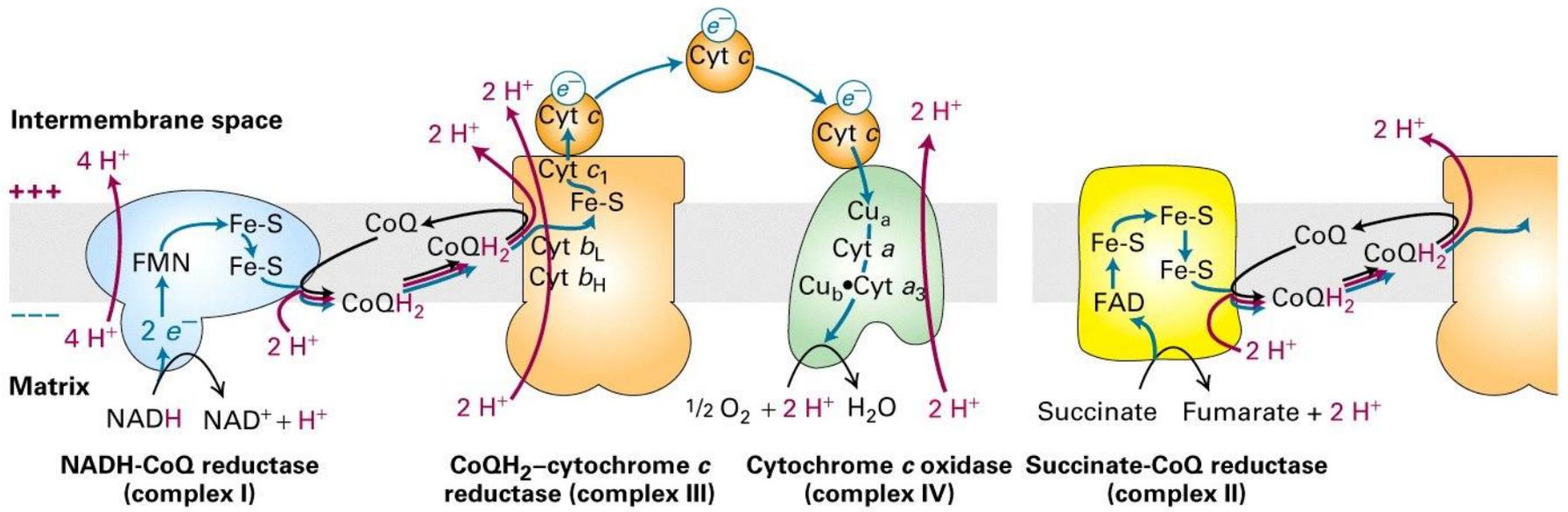


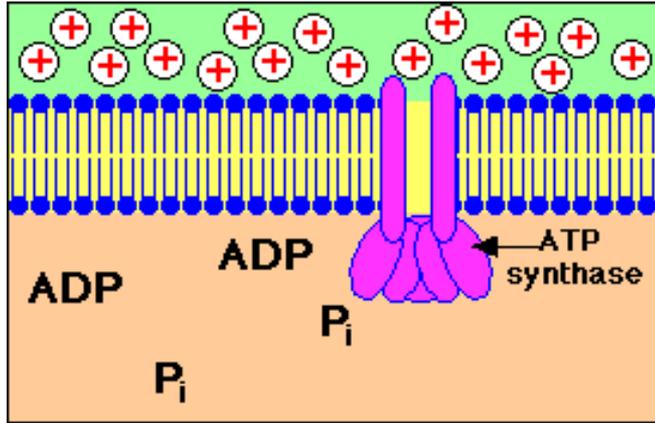
Cadena transportadora de electrones

- Transportadores de electrones de alta energía: NADH y FADH₂
 - los electrones ingresan a la cadena.
 - Son aceptados finalmente por el oxígeno.
 - Producción de una molécula de agua.
 - Formación de un gradiente quimiosmótico de protones.
 - Fosforilación oxidativa acoplada al proceso quimiosmótico.

Cadena transportadora de electrones



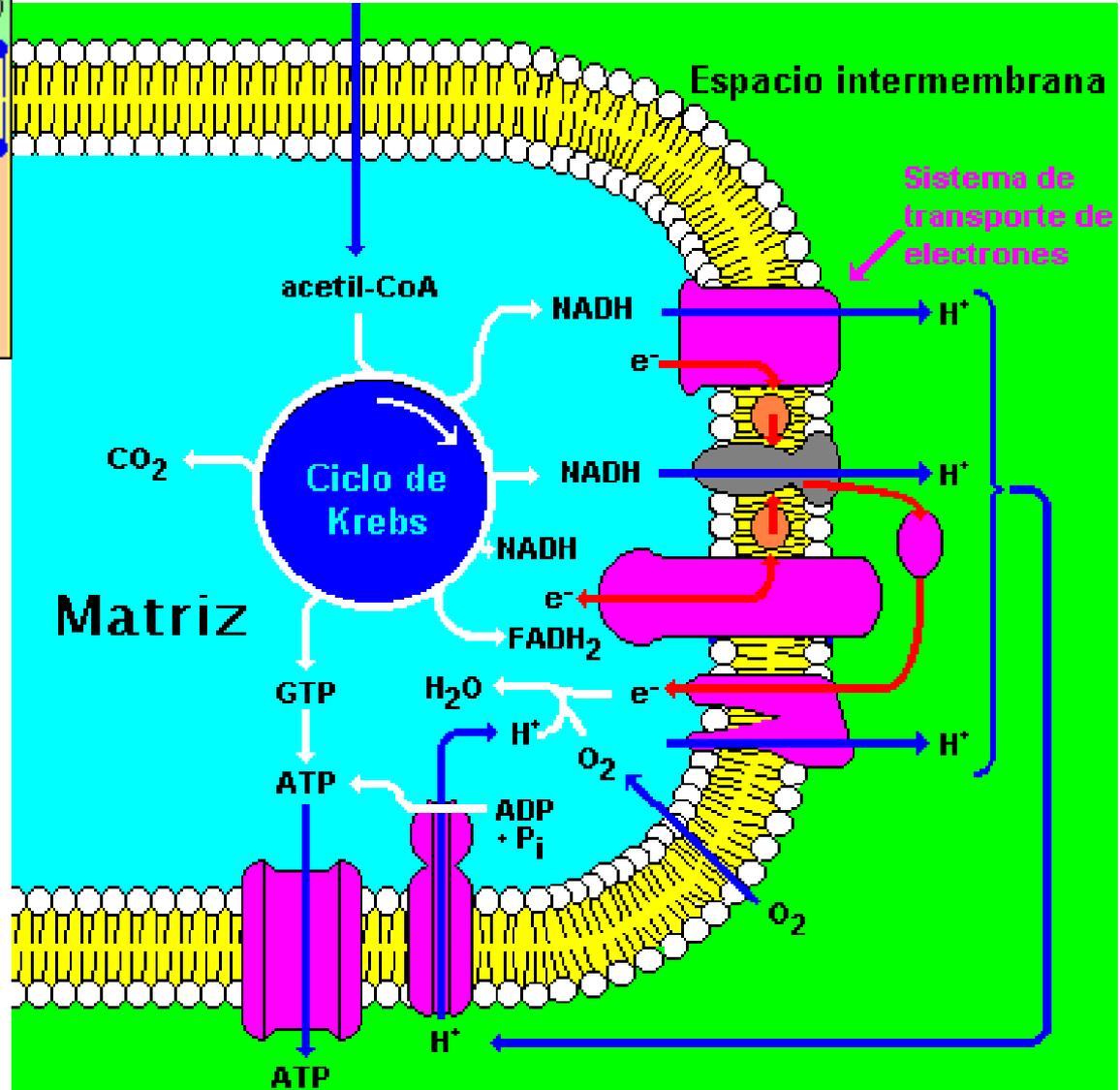


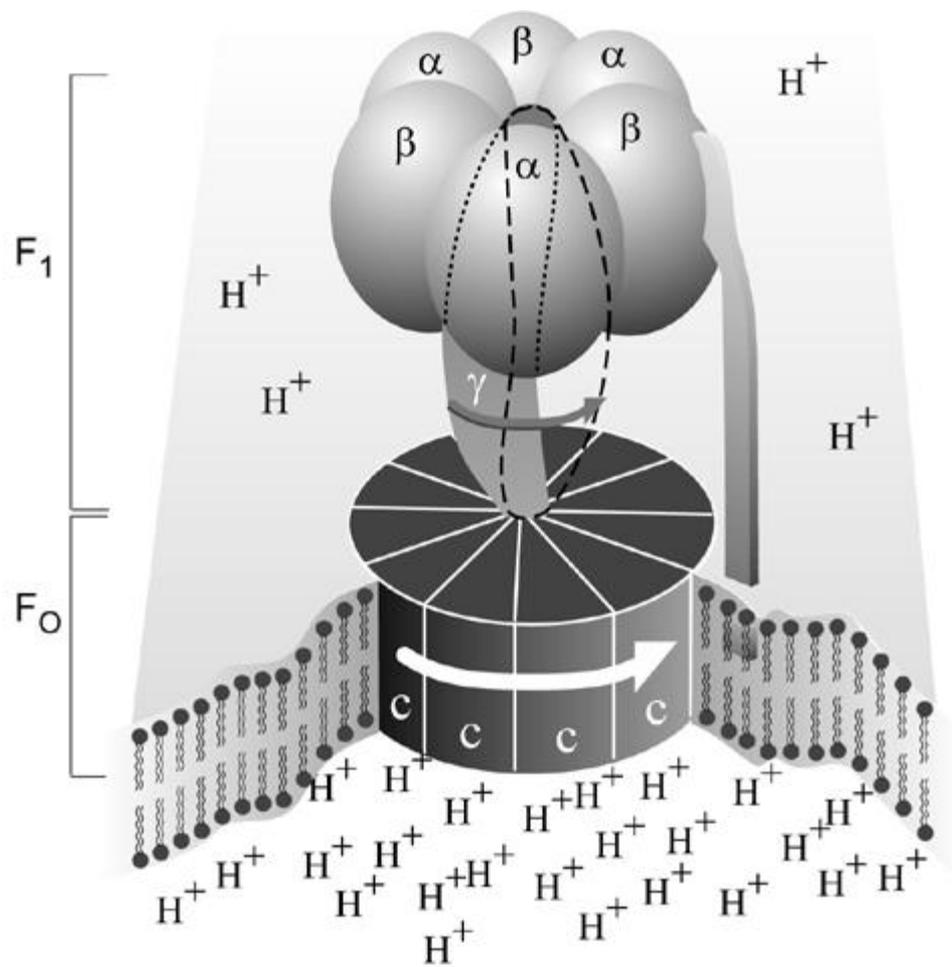


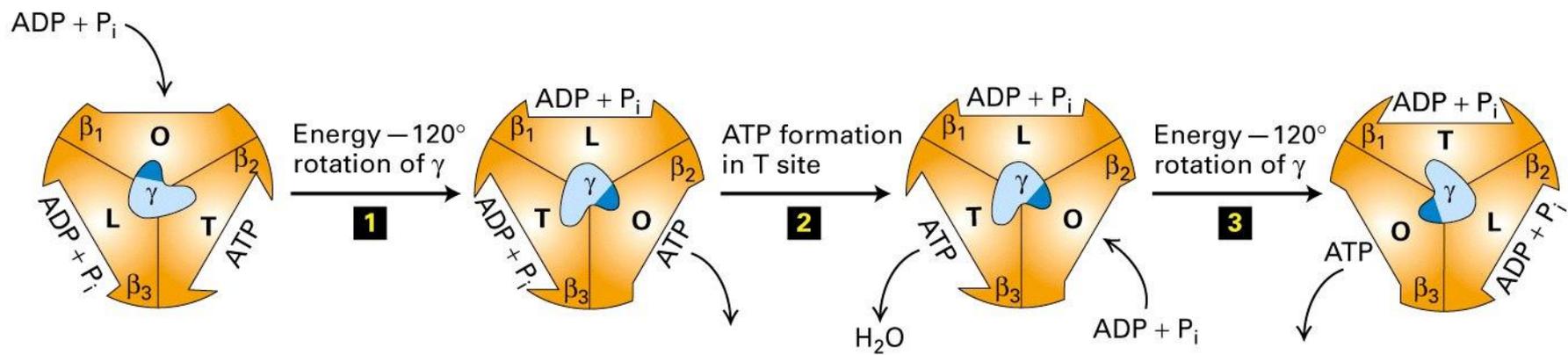
Formación de ATP.

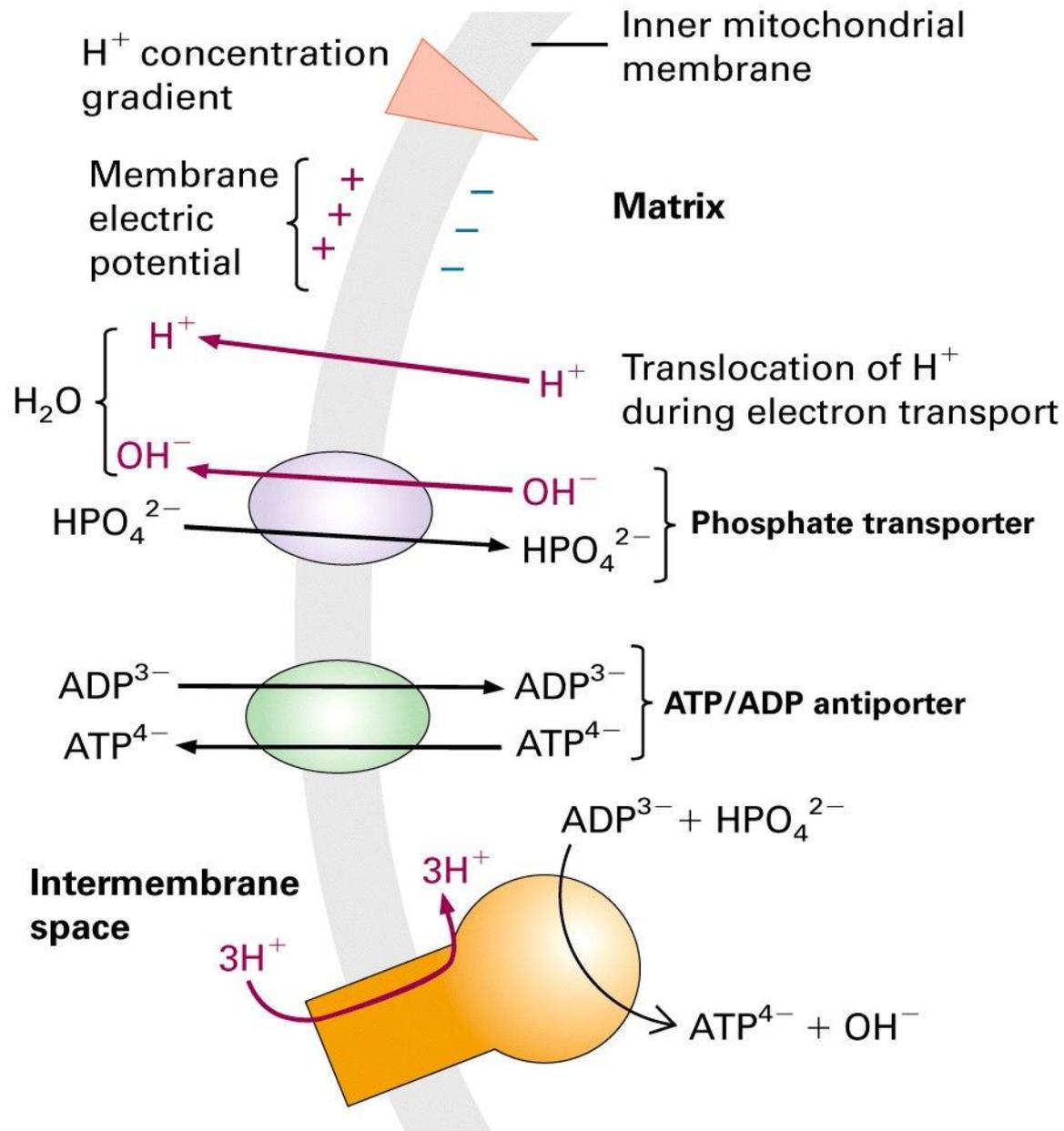
Impulsado por un gradiente de protones.

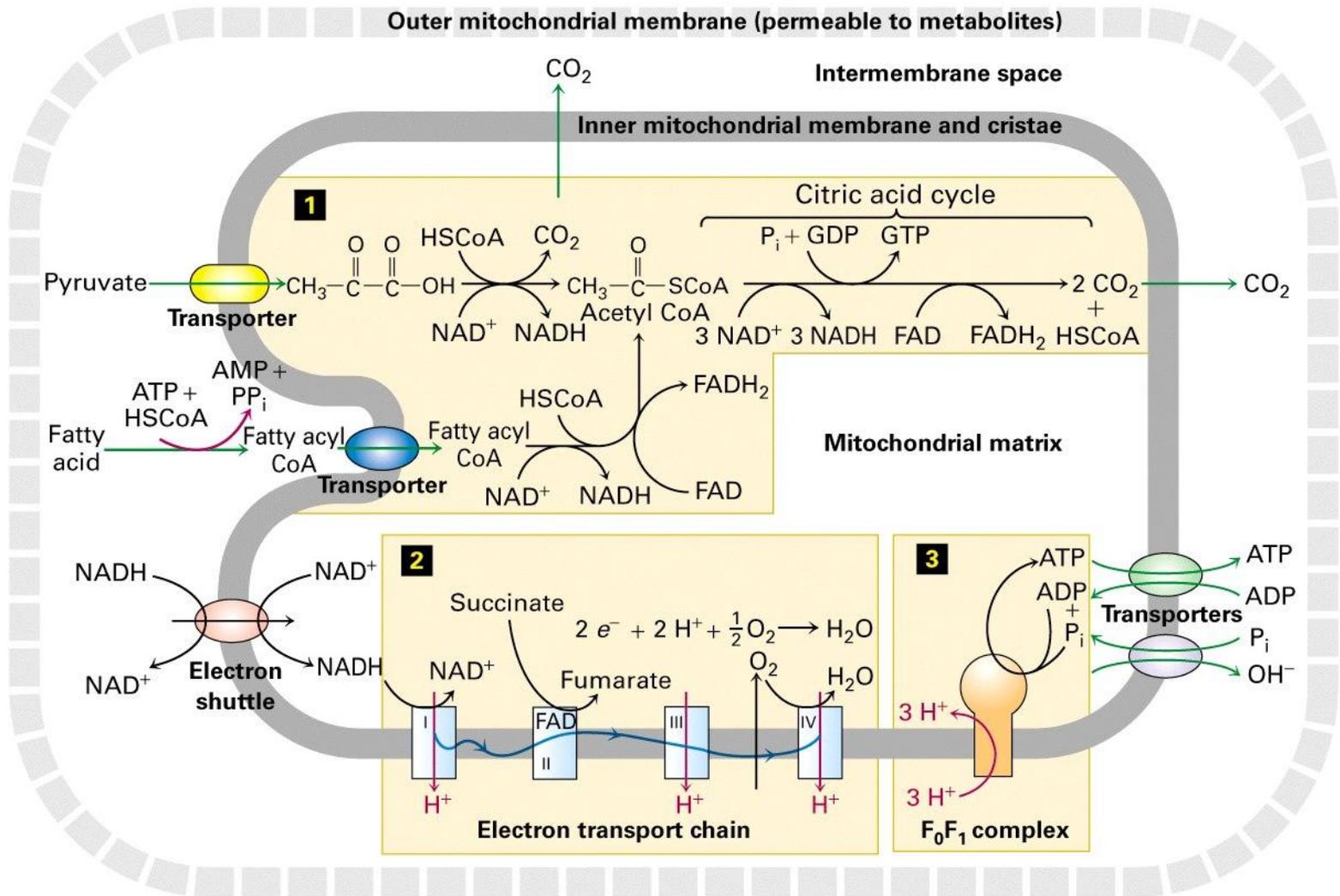
Establecido a través de la membrana mitocondrial externa











- 1** Pyruvate dehydrogenase, citric acid cycle, and fatty acid metabolism
- 2** Electron transport from NADH and FADH_2 to oxygen; generation of proton-motive force
- 3** ATP synthesis by F_0F_1 using proton-motive force

