

I.E.S. JOAQUÍN TURINA
 Departamento de CC.NN
 2º Biología

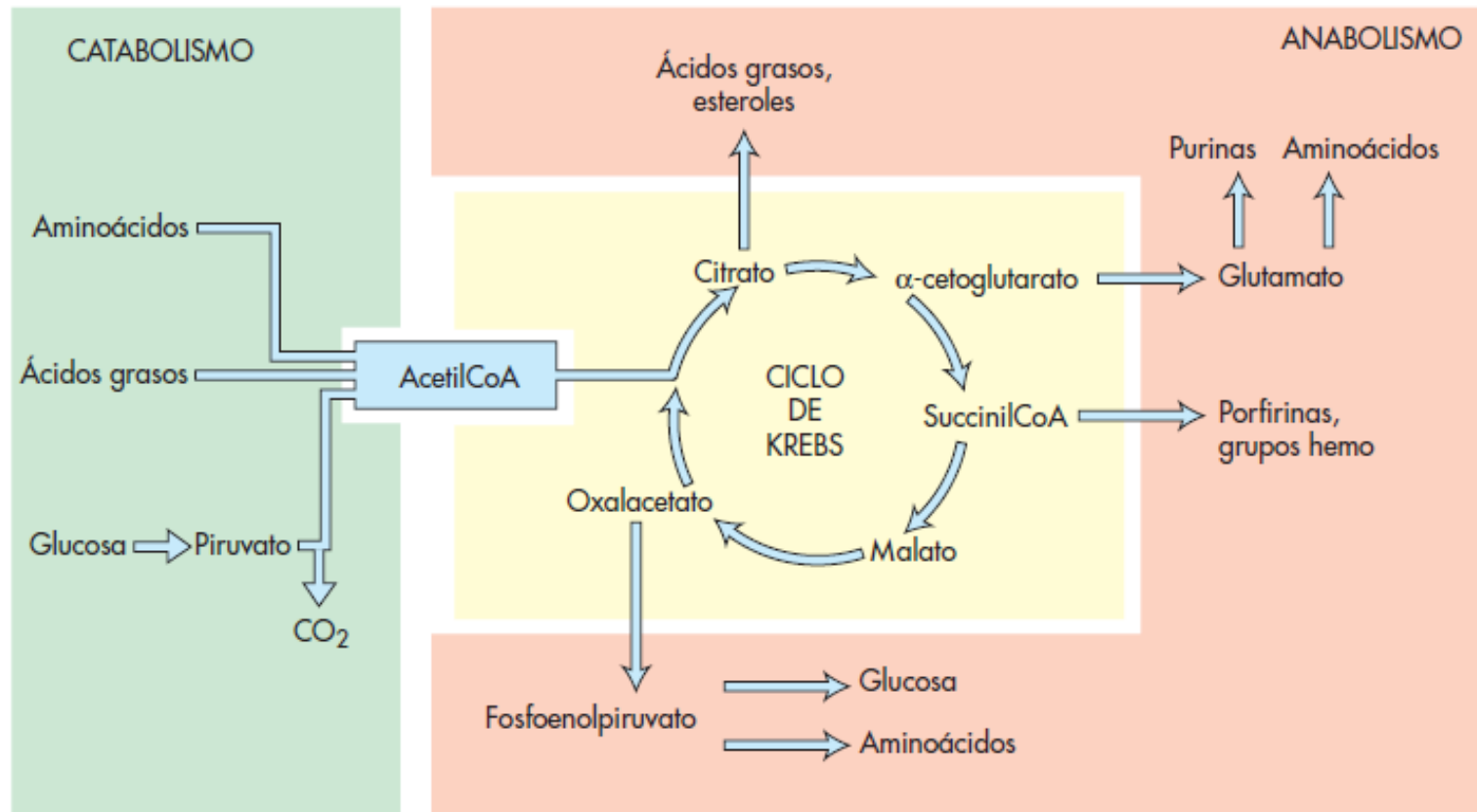
Tema 17

Metabolismo celular

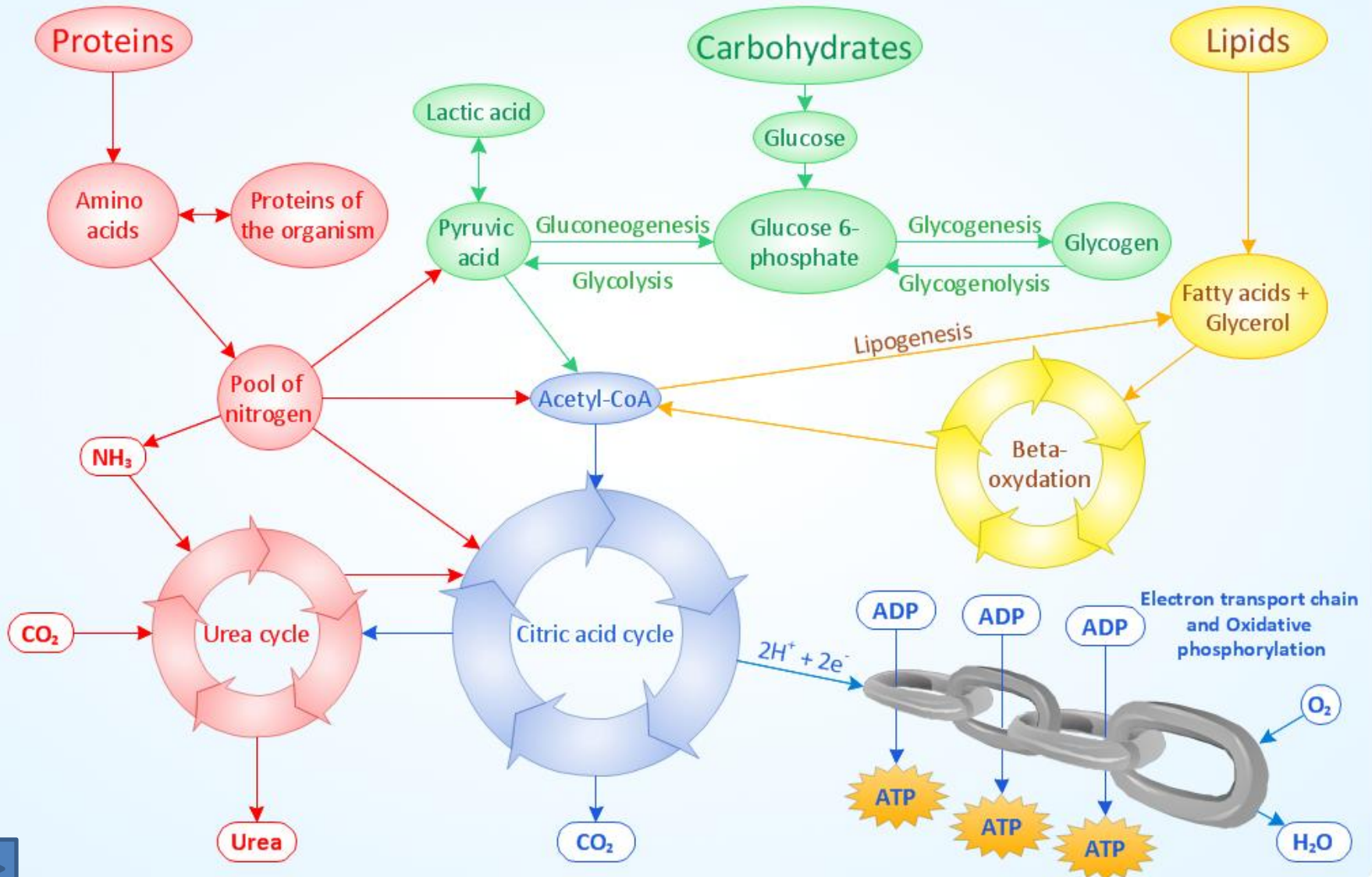
Tema 17. Catabolismo

- Concepto de catabolismo
- Procesos generales
- Catabolismo de glúcidos
 - Glucólisis
 - Fermentación
 - Descarboxilación oxidativa
 - Ciclo de Krebs
 - Cadena respiratoria
- Hipótesis de Mitchell
- Balances
- Catabolismo de lípidos

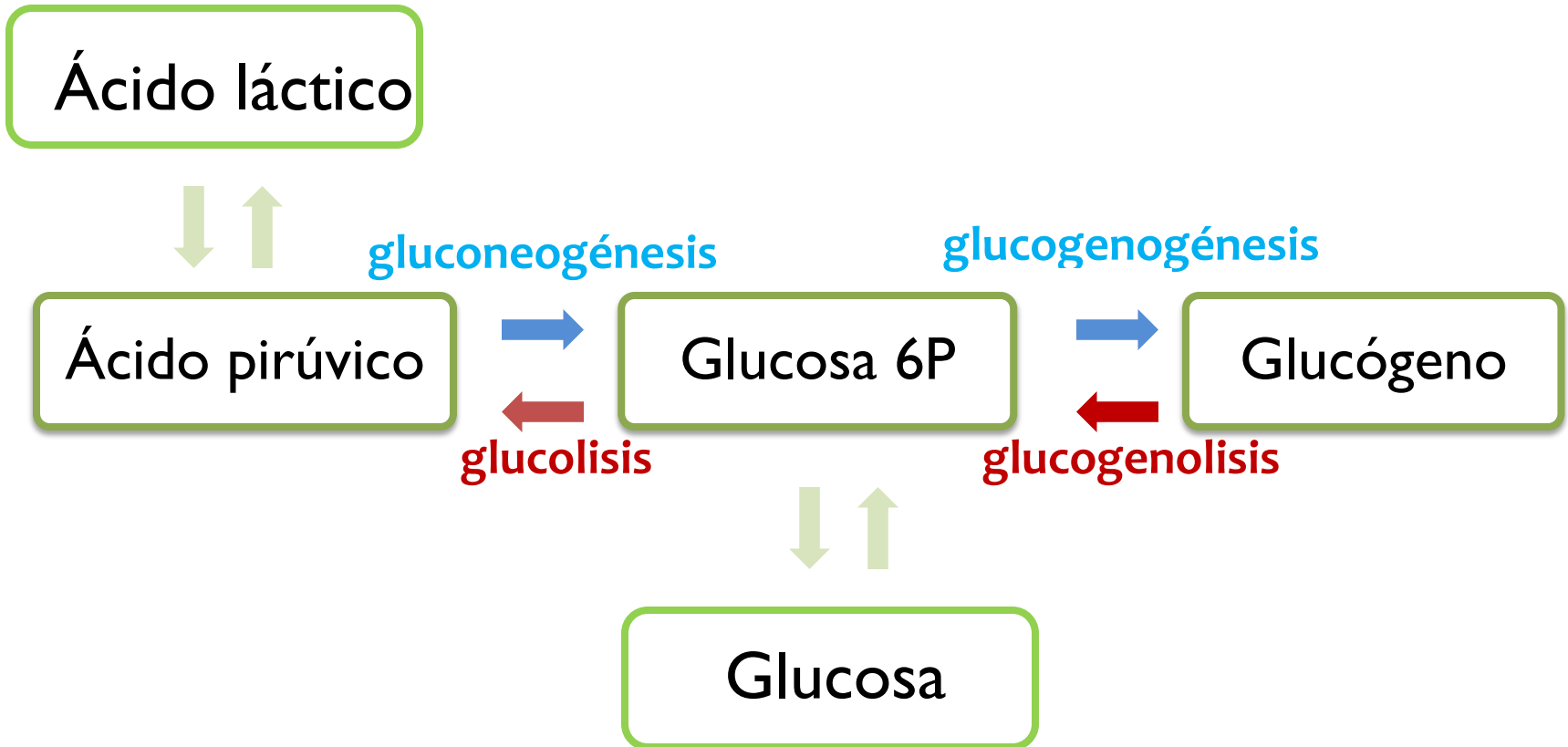
Metabolismo celular: resumen



Metabolism: Key Processes

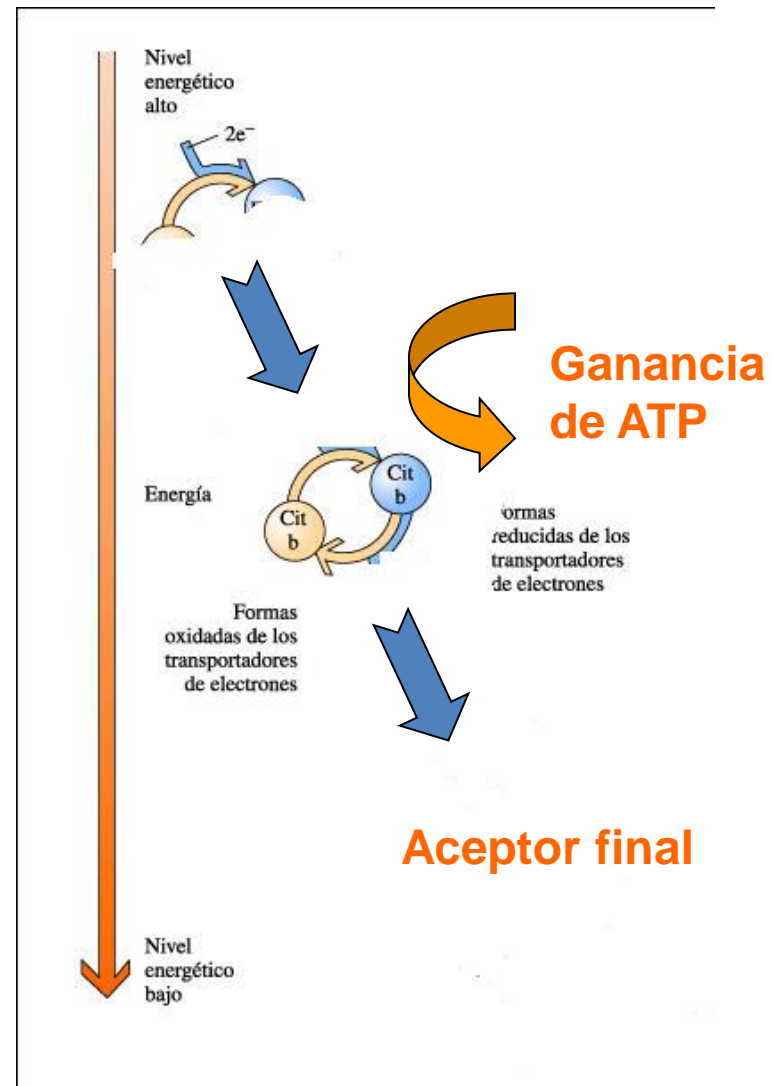


Procesos anabólicos y catabólicos en torno a la glucosa



Las células y los aceptores de electrones

- Según aceptor final:
 - Aerobias
 - Anaerobias
 - Facultativas



Tipos de catabolismo

Fermentación

Proceso parcial, interrumpido

No hay total degradación



Se podría obtener más ATP

anaeróbica

Respiración

Proceso total, finalizado

Hay total degradación

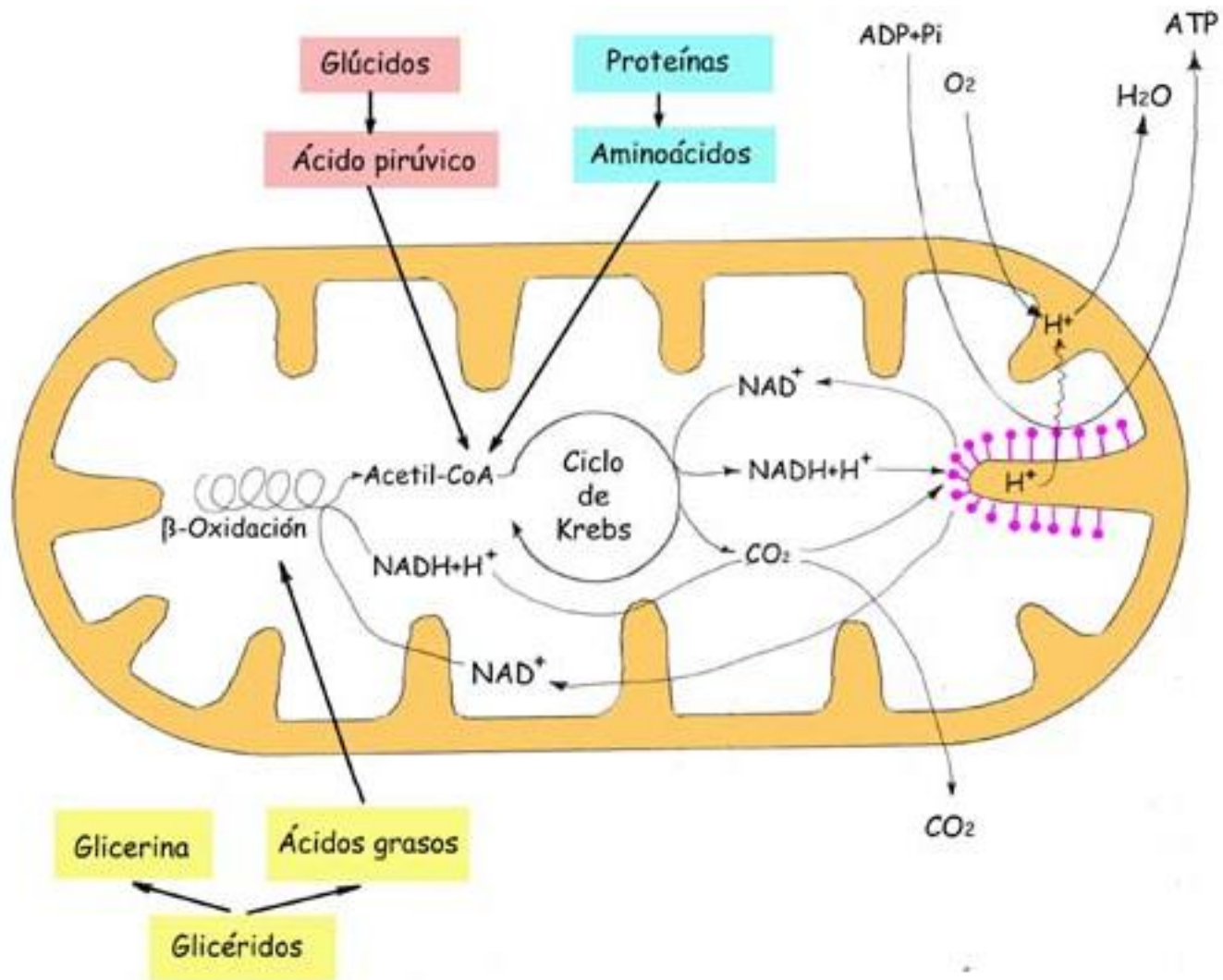


Máximo de ATP

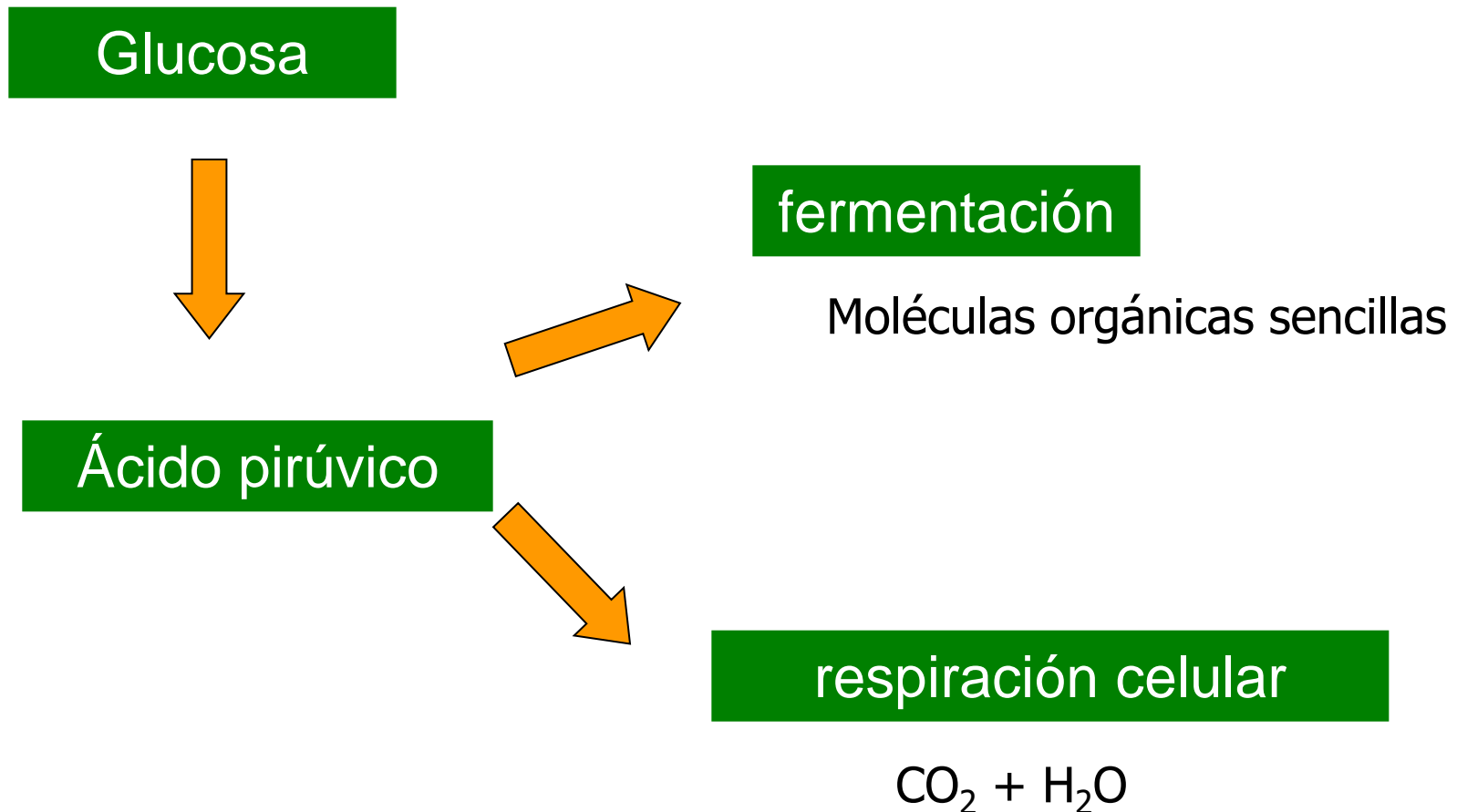
aeróbica



Esquema Catabolismo



Catabolismo de glúcidos



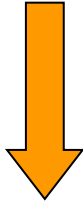


1



glucosa

1



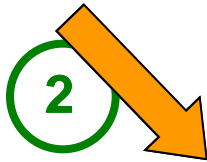
pirúvico

3



Acetil-CoA

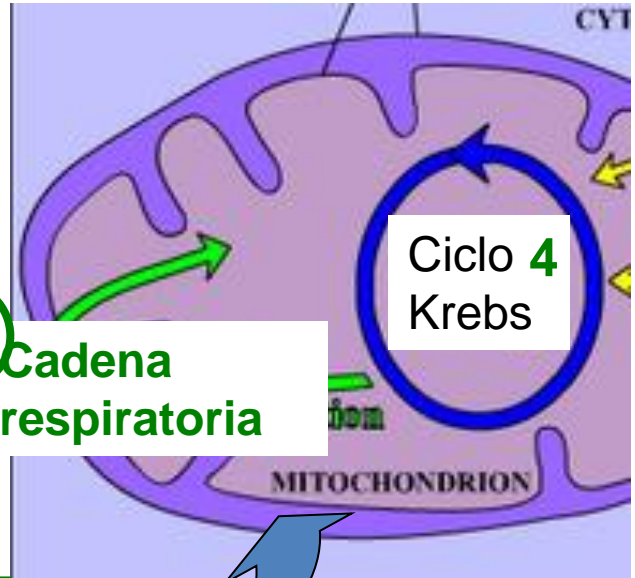
2



fermentación

5

Cadena respiratoria

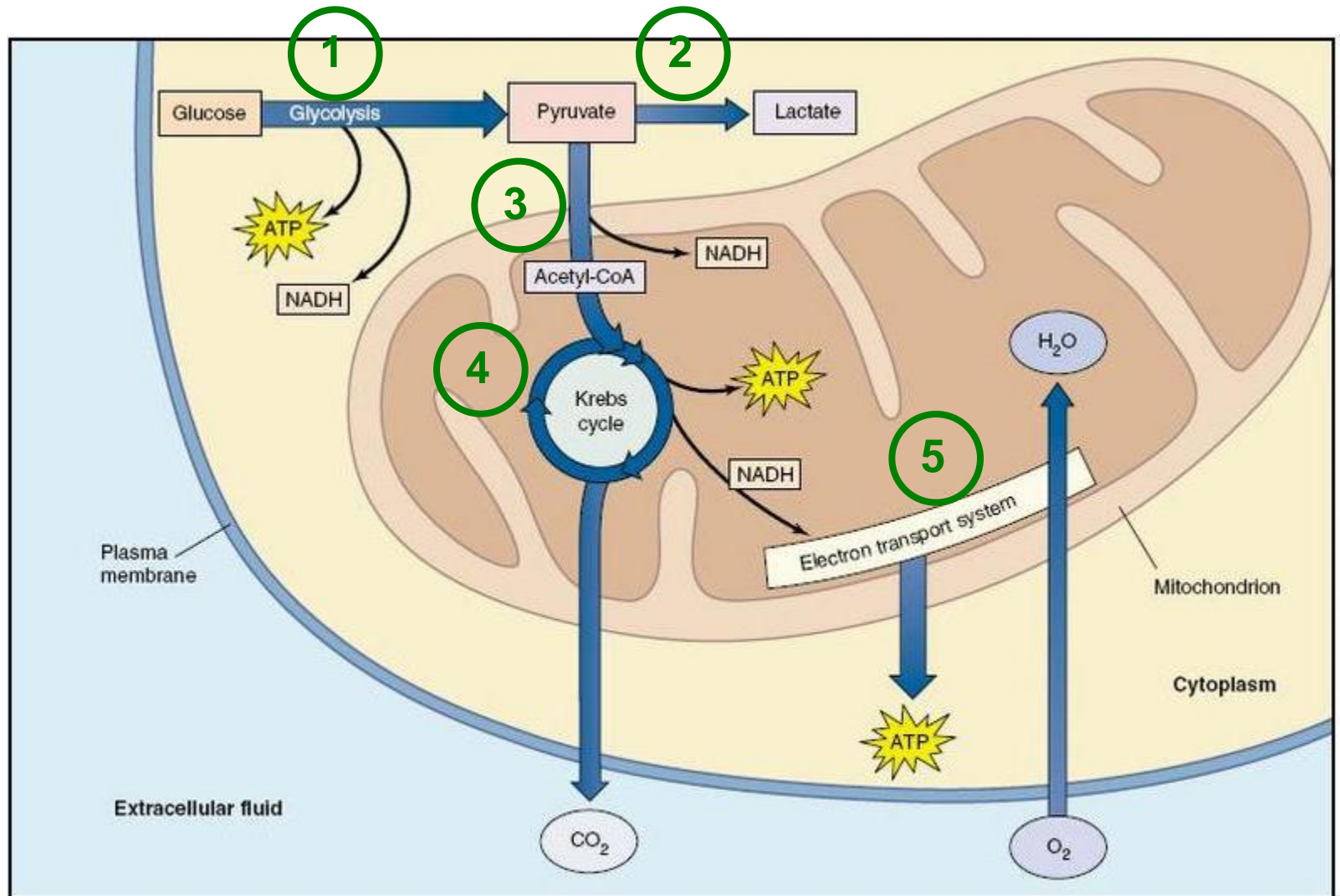


4

1. Glucólisis
2. Fermentación
3. Descarboxilación oxidativa
4. Ciclo de Krebs
5. Cadena respiratoria



Catabolismo de glúcidos



An overview of aerobic respiration.

Puntos de interés

1. ¿Dónde?

Lugar o estructura celular dónde se produce

2. ¿Cómo?

Esquema general de la reacción

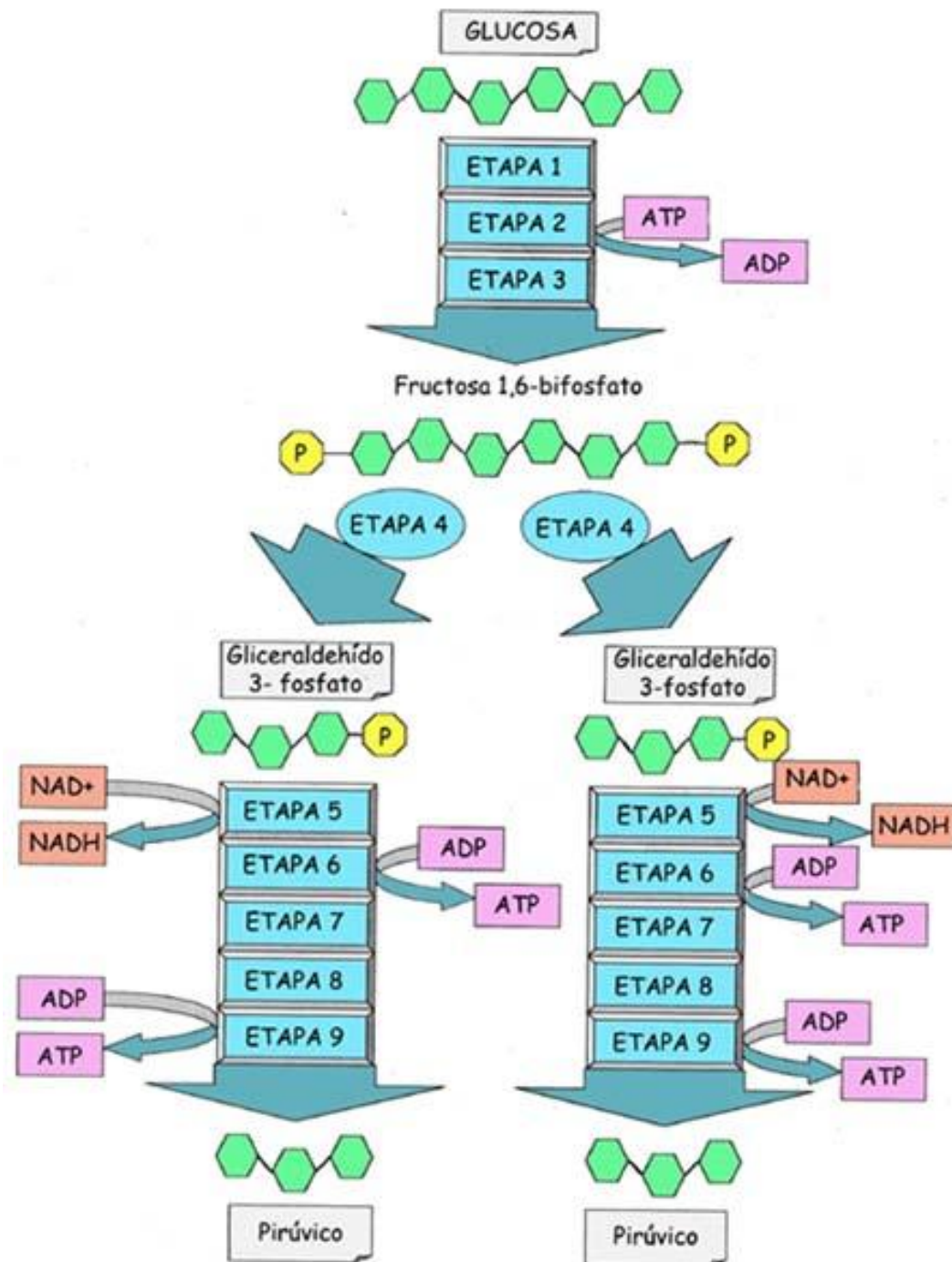
3. ¿Para qué?

Significado biológico

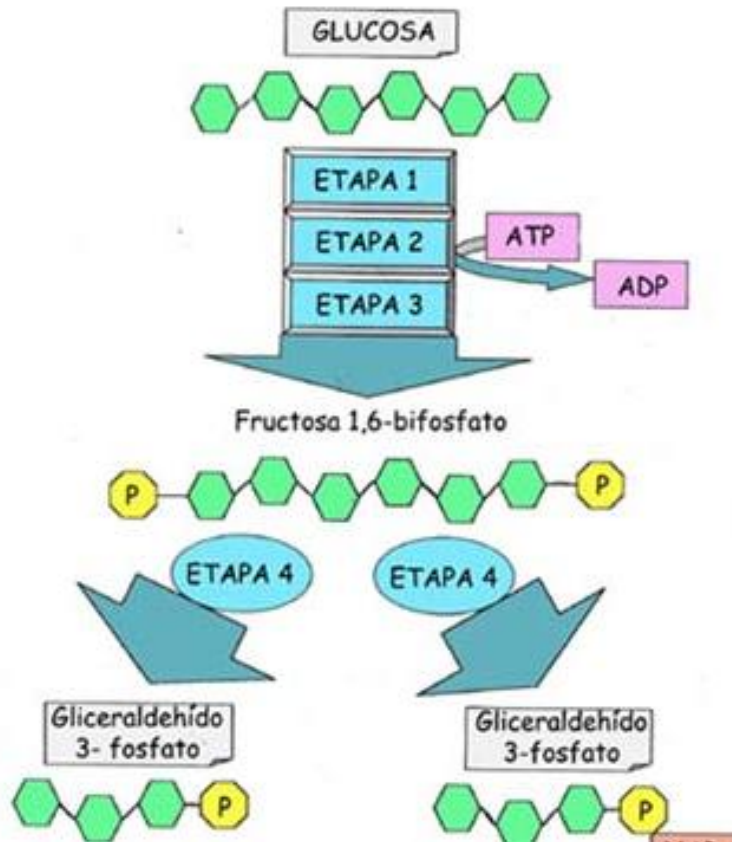
4. Resumen

Ecuación global

Glucólisis

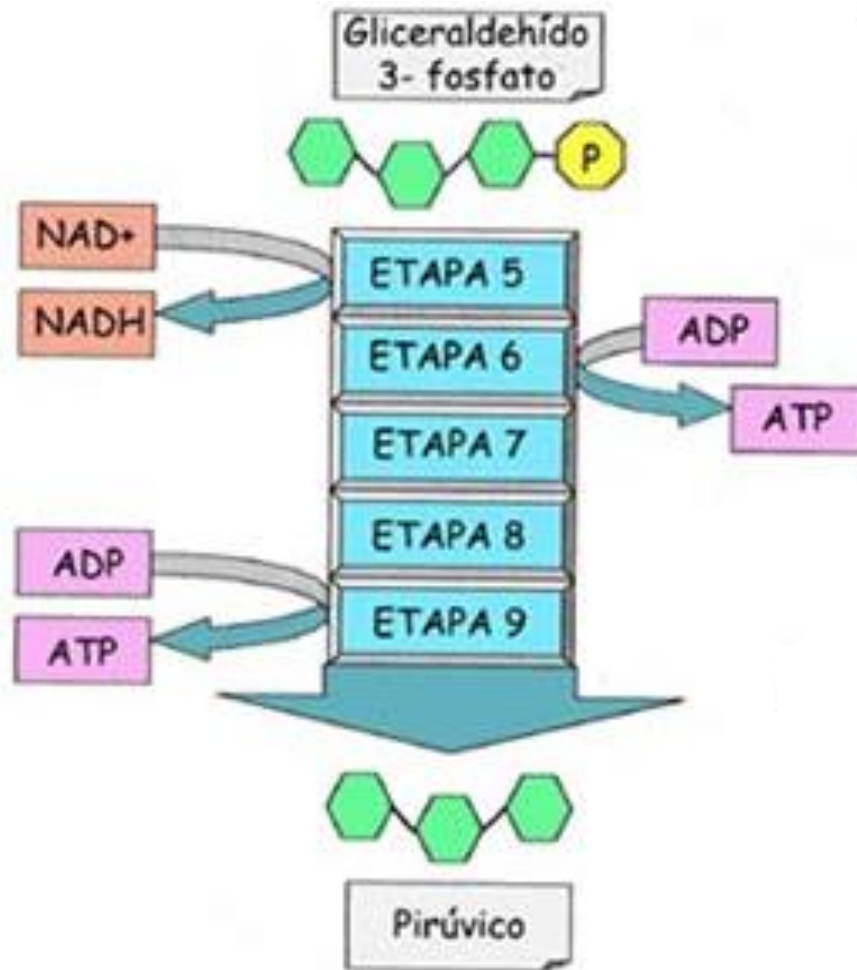


Glucólisis: I^a parte



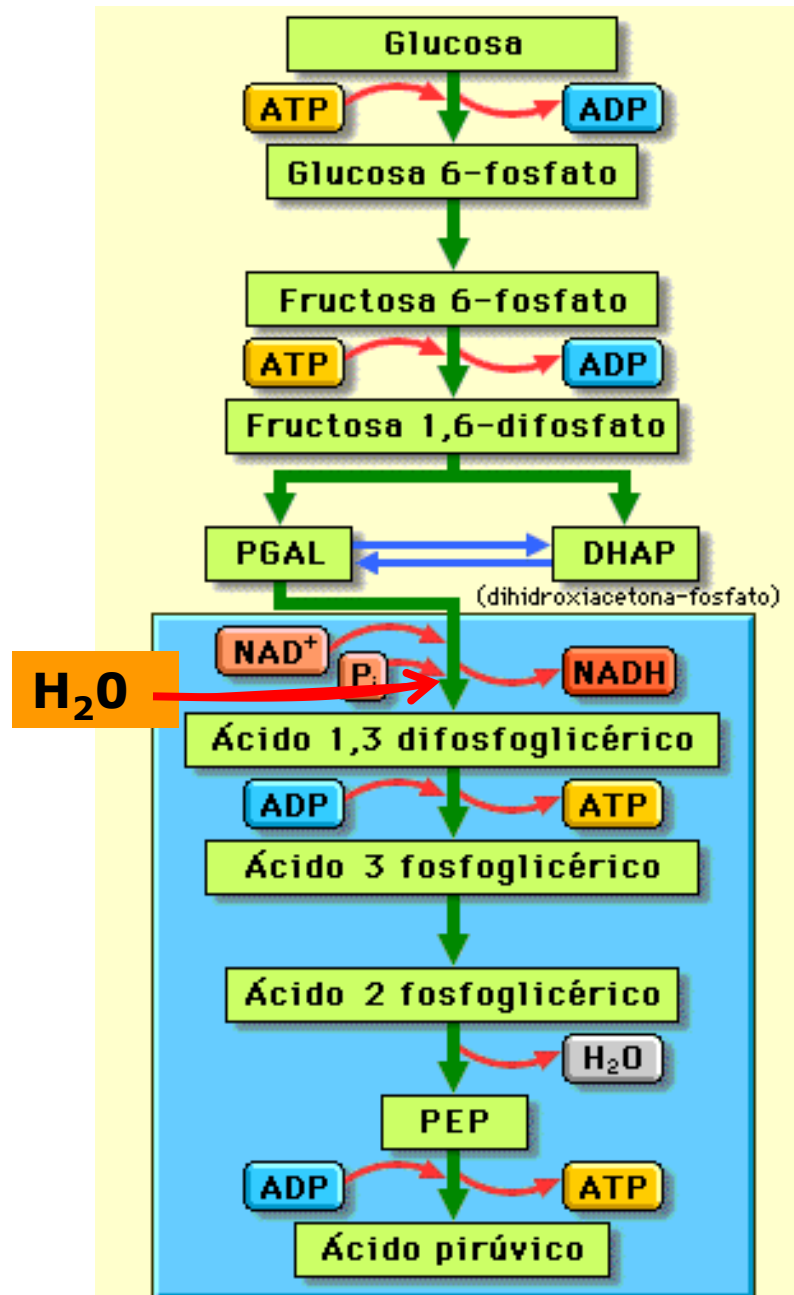
- Activación
- Ruptura

Glucólisis: 2ª parte



Transformación
en ácido
pirúvico

Glucólisis



Hallar la ecuación global

- 1) $\text{Glucosa} + \text{ATP} \rightarrow \text{Glucosa 6-fosfato} + \text{ADP}$
- 2) $\text{Glucosa 6-fosfato} \rightarrow \text{Fructosa 6-fosfato}$
- 3) $\text{Fructosa 6-fosfato} + \text{ATP} \rightarrow \text{Fructosa 1,6-difosfato} + \text{ADP}$
- 4) $\text{Fructosa 1,6-difosfato} \rightarrow \text{Dihidroxiacetona P} + \text{Gliceraldehído 3P}$
- 5) $\text{Dihidroxiacetona fosfato} \rightarrow \text{Gliceraldehído 3-fosfato}$
- 2x $\text{Gliceraldehído 3P} + \text{NAD}^+ + \text{Pi} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{1,3-difosfoglicerato} + \text{NADH} + \text{H}^+$
- 7) 2x $\text{1,3-Difosfoglicerato} + \text{ADP} \rightarrow \text{3-Fosfoglicerato} + \text{ATP}$
- 8) 2x $\text{3-Fosfoglicerato} \rightarrow \text{2-Fosfoglicerato}$
- 9) 2x $\text{2-Fosfoglicerato} \rightarrow \text{Fosfoenolpiruvato} + \text{H}_2\text{O}$
- 10) 2x $\text{Fosfoenolpiruvato} + \text{ADP} \rightarrow \text{Piruvato} + \text{ATP}$

Hallar la ecuación global

Glucosa + 2ADP + 2Pi + 2NAD⁺ =>

2 Ácido pirúvico + 2ATP + 2NADH + 2H⁺

Resumen glucólisis

Lugar

Hialoplasma

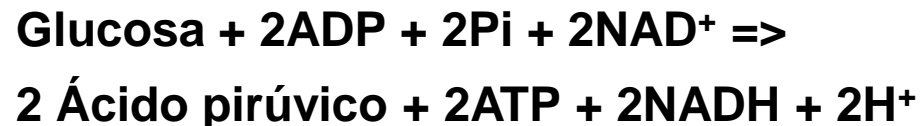
Reacción

Una molécula de **glucosa** se transforma en dos moléculas de **ácido pirúvico**.

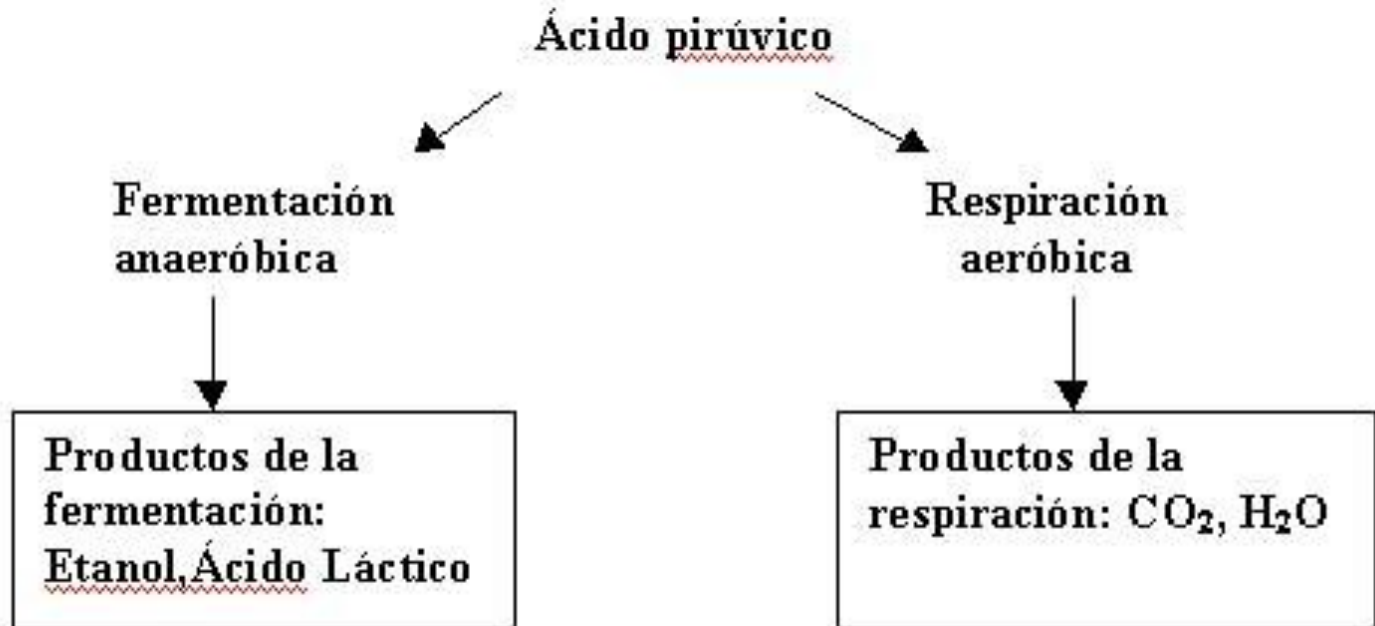
Significado biológico

- **1ª parte:** se activa y se rompe en un producto común gliceraldehído 3-fosfato (G3P).
- **2ª parte:** es una ruta común, con reacciones redox y mecanismos de conservación de la energía en forma de ATP.

Ecuación global



A partir del ácido pirúvico



Fermentación

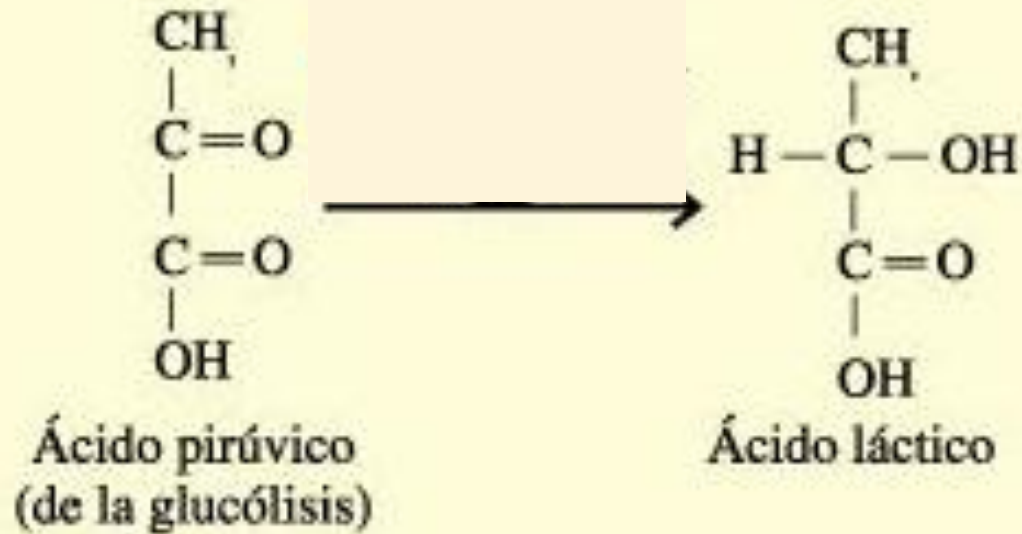
- Aceptor final de electrones no es el oxígeno
 - Depende de cada tipo de fermentación
- La degradación de la glucosa es parcial
 - Producto final es una molécula orgánica
- Rendimiento energético escaso: 2 ATP

¿Qué sentido biológico?



Regenerar NAD⁺

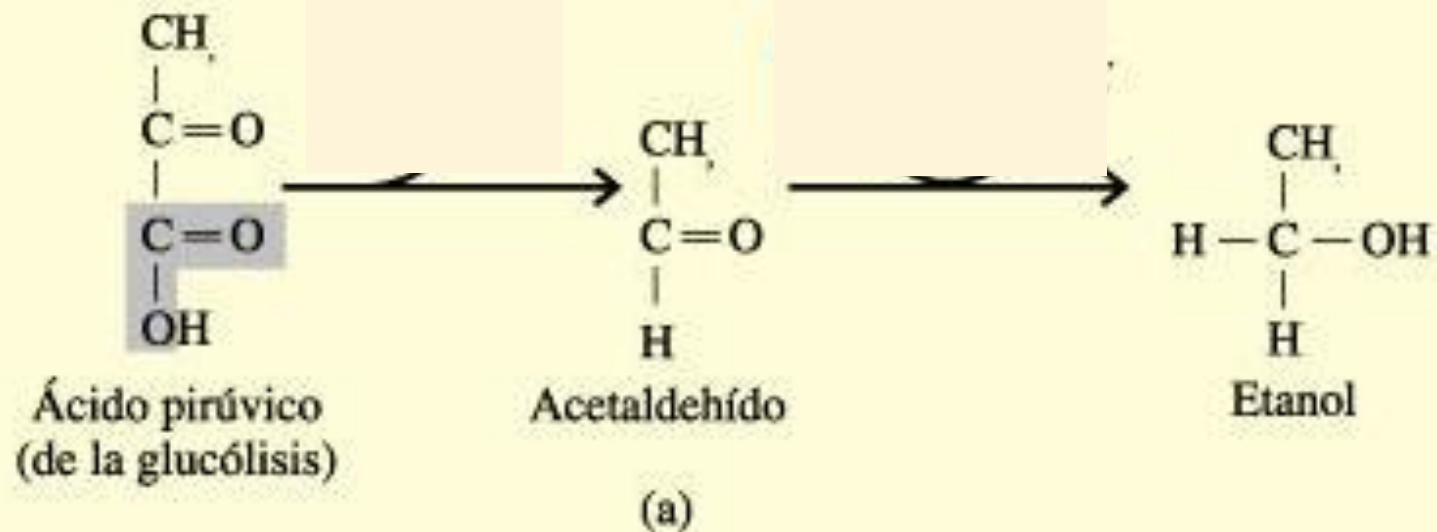
Fermentación láctica



Fermentación láctica

Streptococcus, *Lactobacillus*, células músculo esquelético

Fermentación alcohólica



Fermentación alcohólica

(Reino Fungi) Levaduras: *Saccharomyces*
(y algunas bacterias)

Resumen fermentación (láctica)

Lugar

Hialoplasma

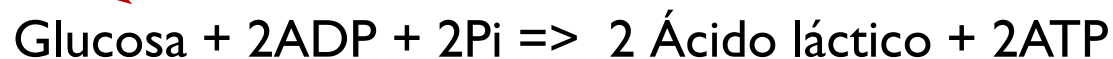
Reacción

Una molécula de **glucosa** se transforma en dos moléculas de **ácido láctico**.

Significado biológico

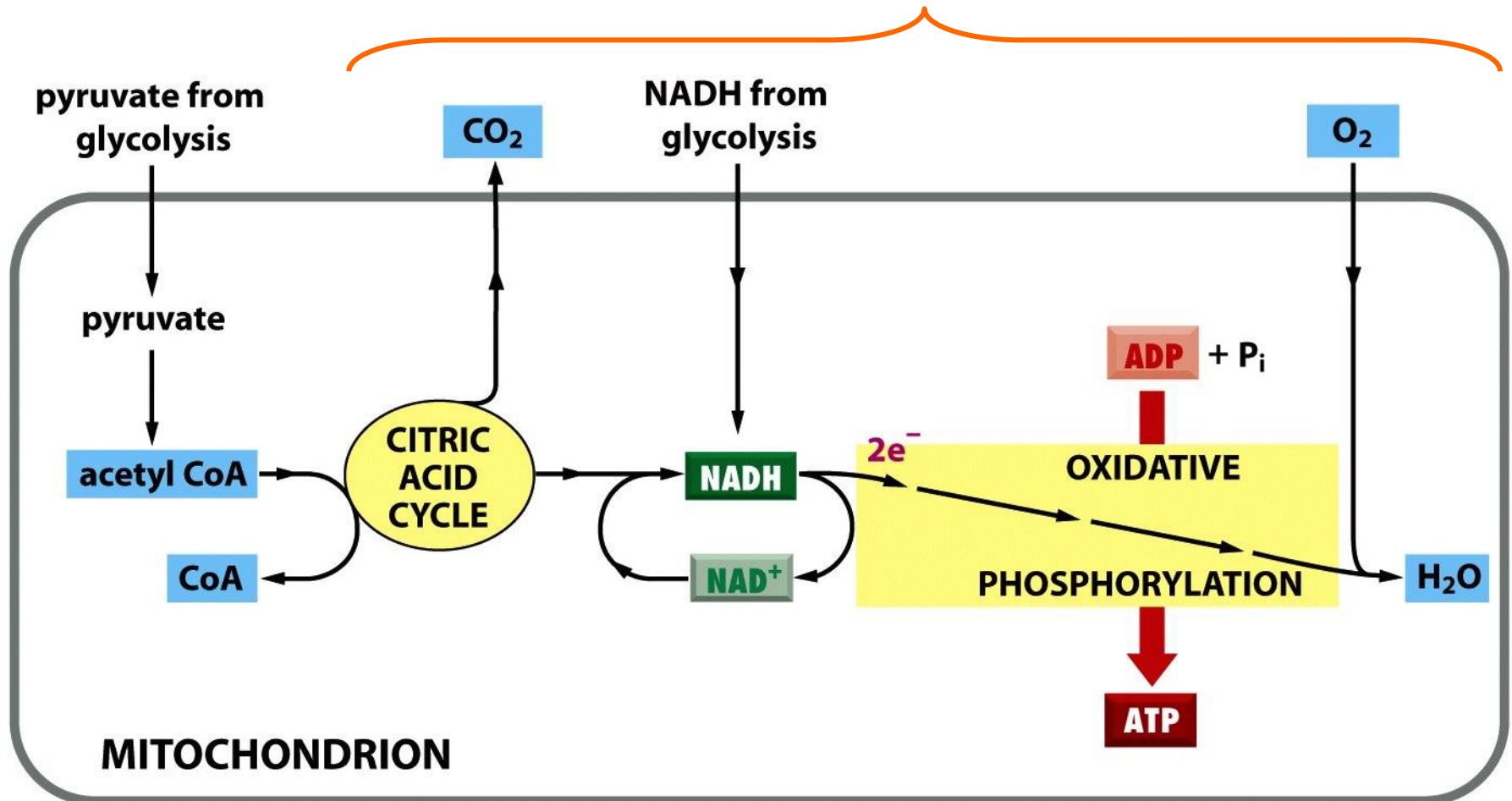
el objetivo es regenerar el NAD^+ , no hay ganancia de ATP en la fermentación propiamente dicha.

Ecuación global



Respiración celular

Cellular respiration

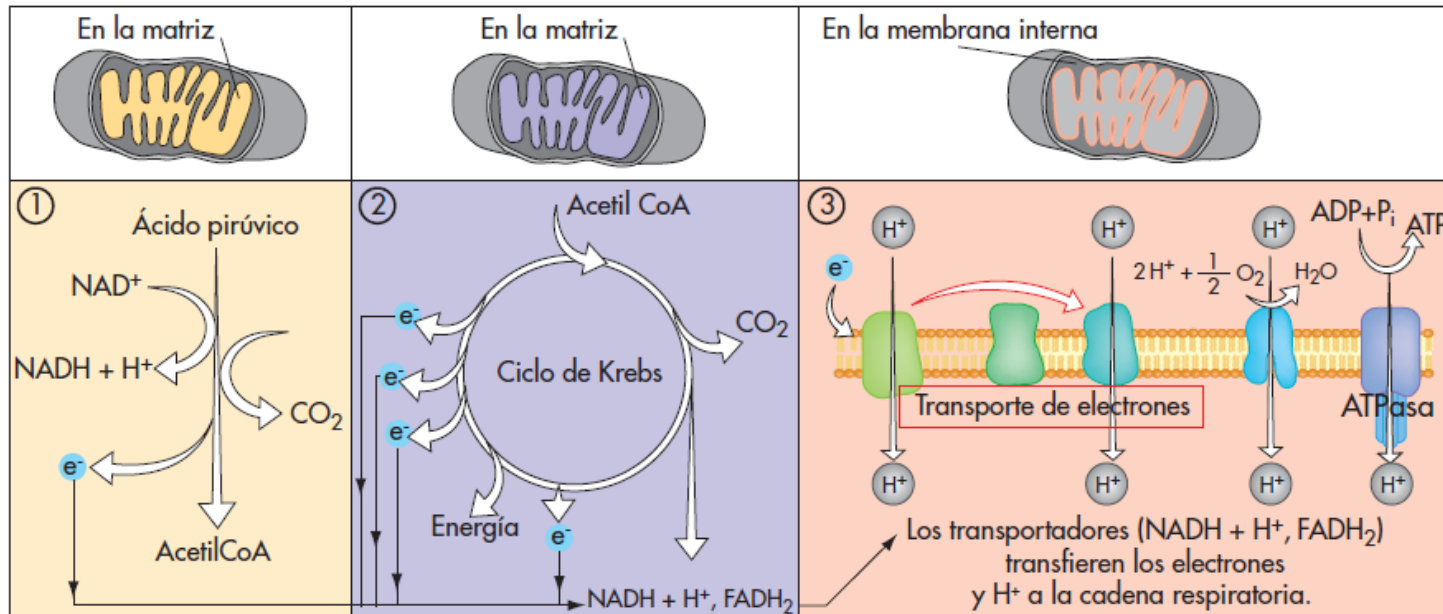


La respiración celular: 3 procesos

1. Descarboxilación oxidativa

2. Ciclo de Krebs

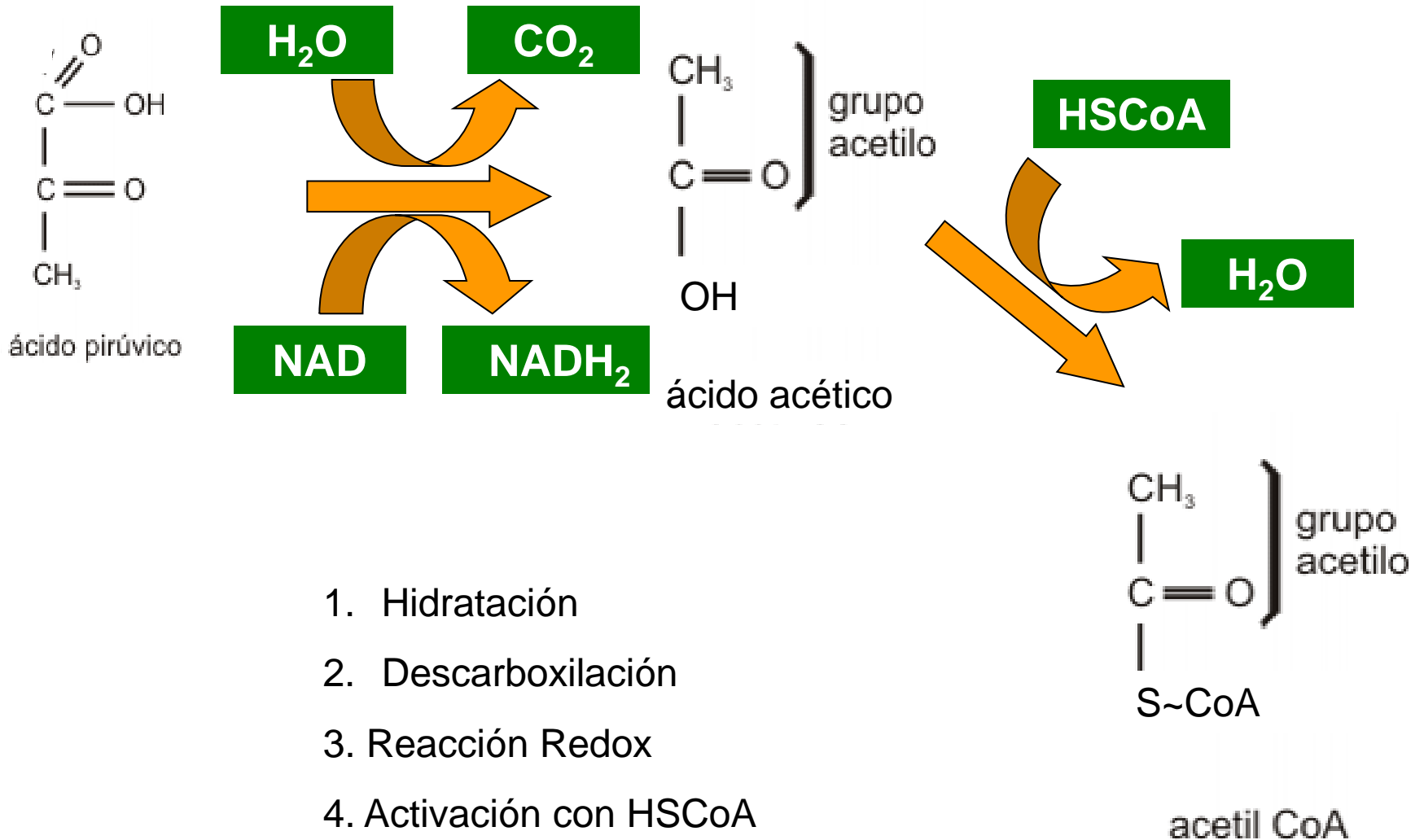
3. Cadena respiratoria



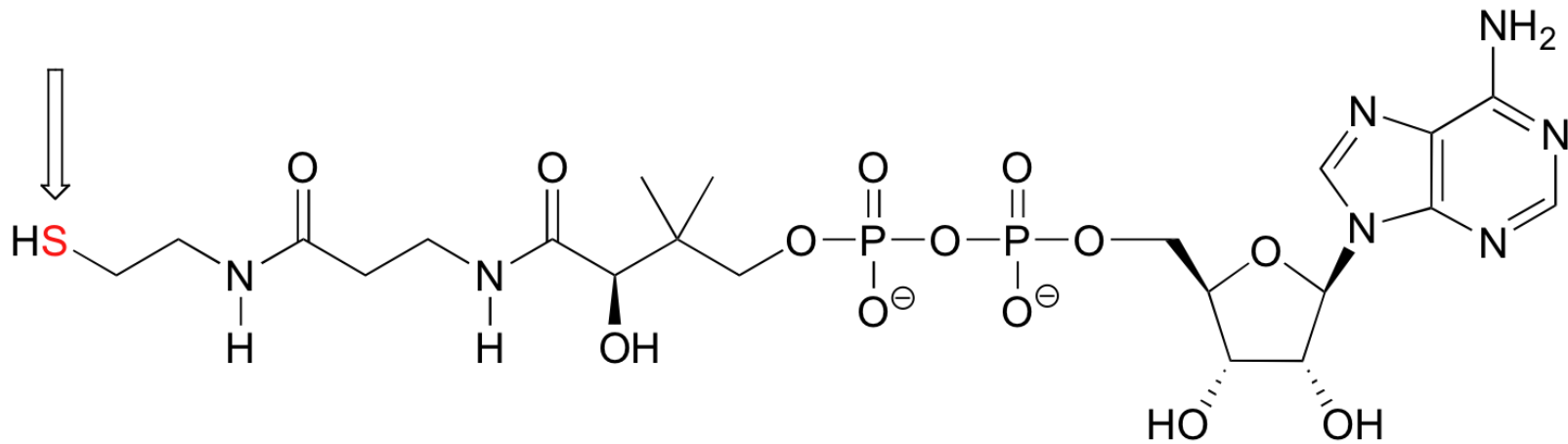
3a. Transporte de e-

3b. Fosforilación oxidativa

Descarboxilación oxidativa

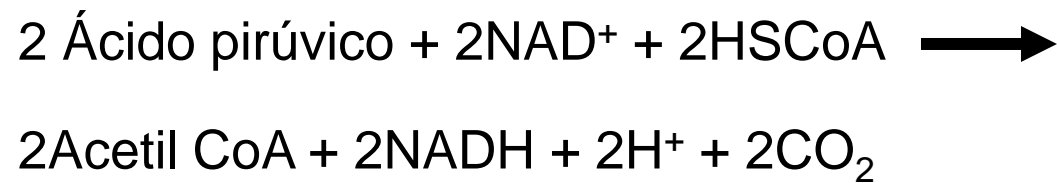


Coenzima A



Coenzyme A
(HSCoA)

Hallar la ecuación global



Resumen descarboxilación oxidativa

Lugar

Hialoplasma- Mitocondria

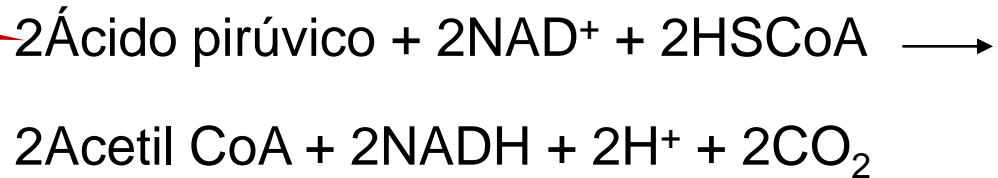
Reacción

Una molécula de **ácido pirúvico** se transforma en **acetil-CoA**.

Significado biológico

Preparación del ácido pirúvico para incorporarse al ciclo de Krebs

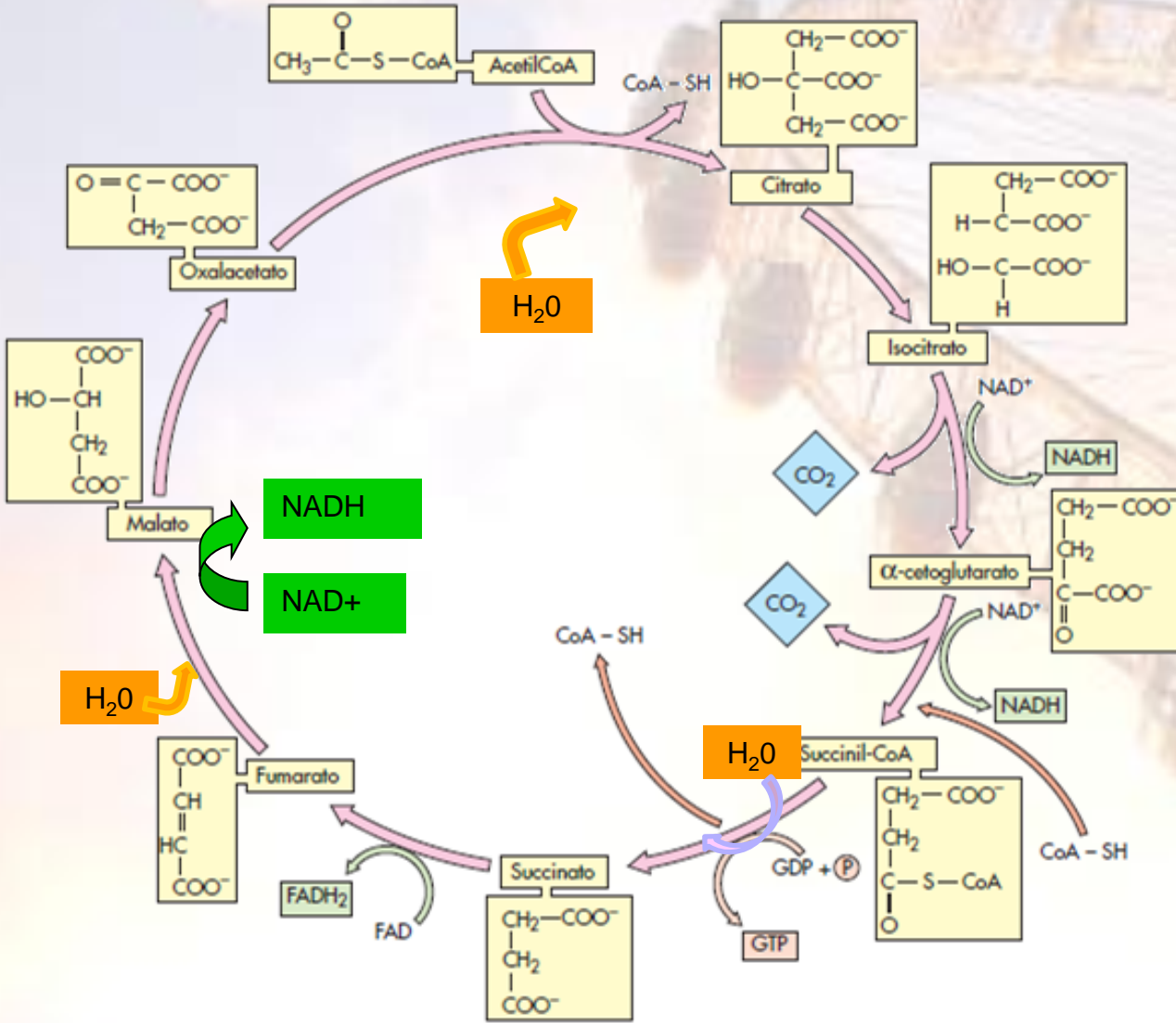
Ecuación global



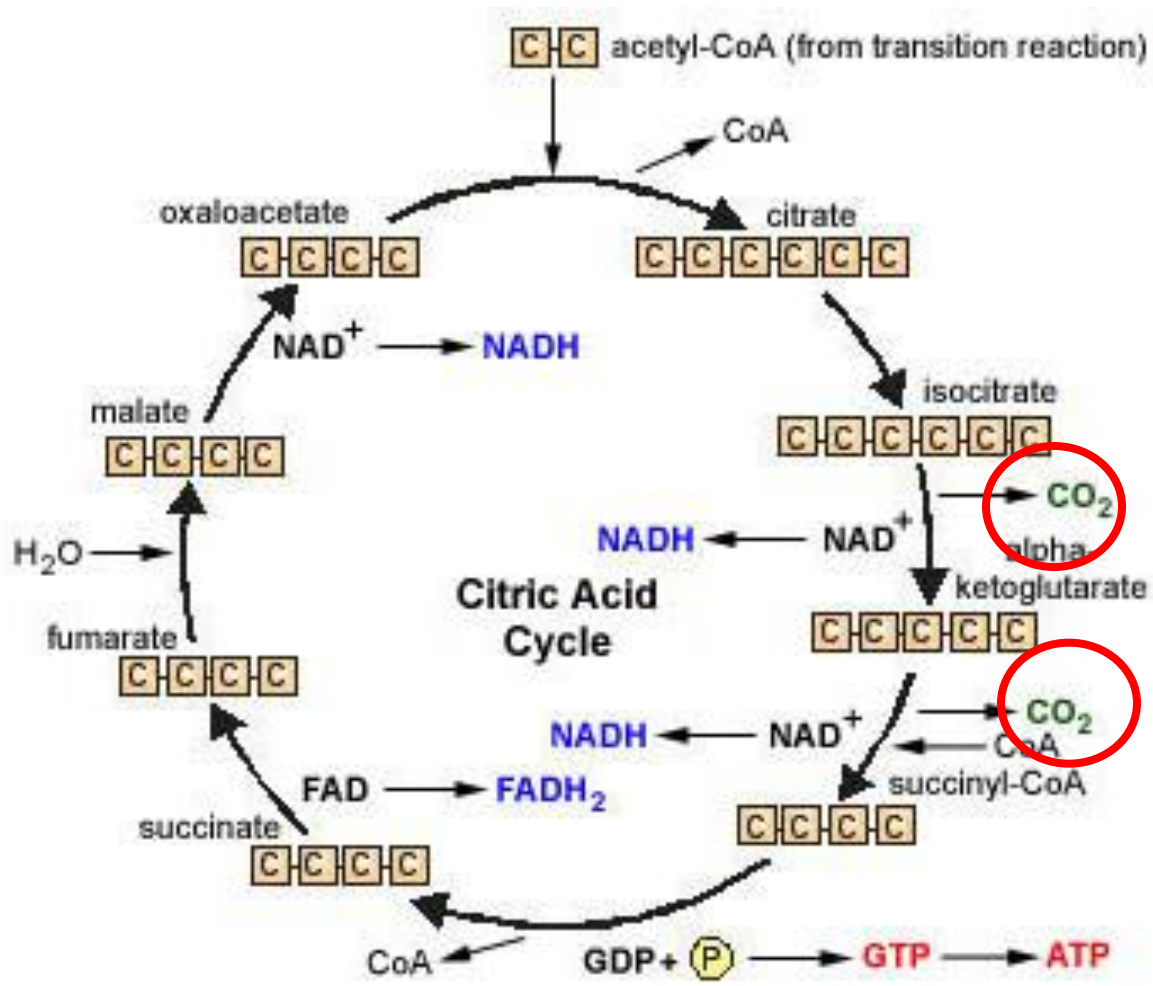
La gran noria central



Ciclo de Krebs

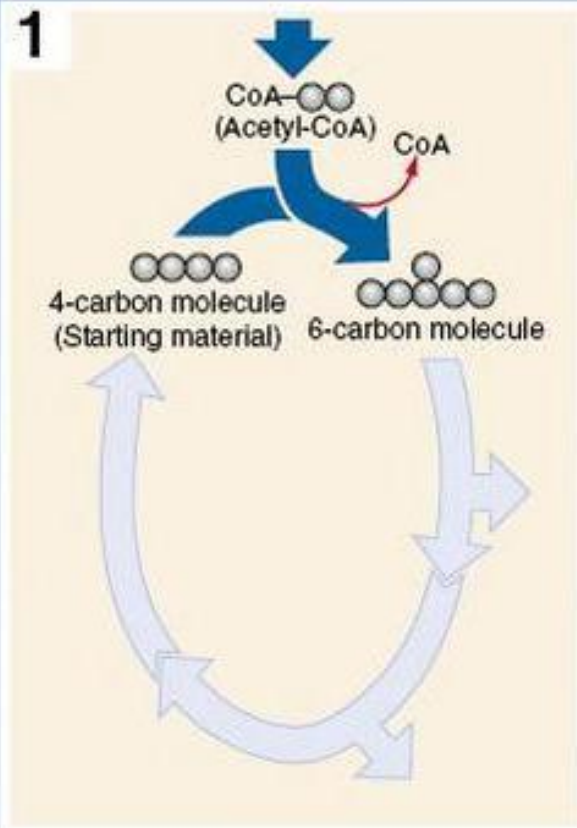


Ciclo del ácido cítrico o de los ácidos tricarboxílicos (*TCA cycle*)

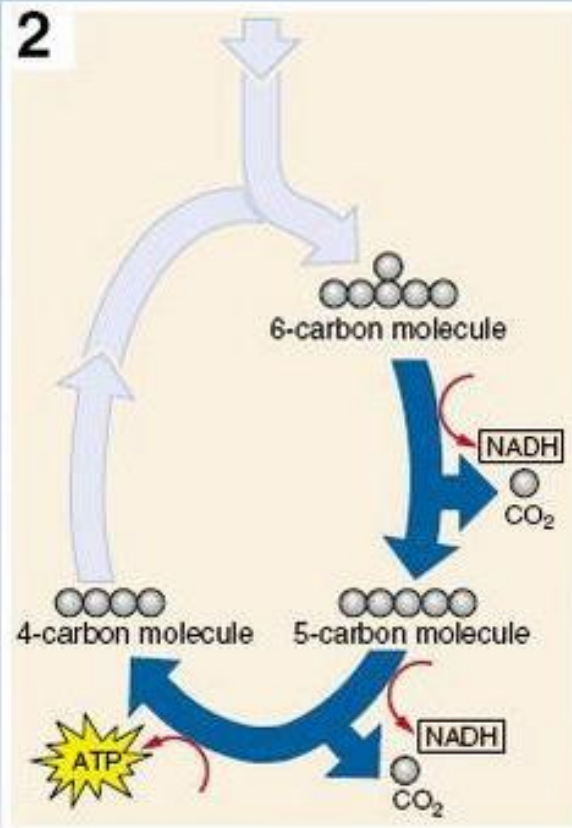


Las tres fases del Ciclo de Krebs

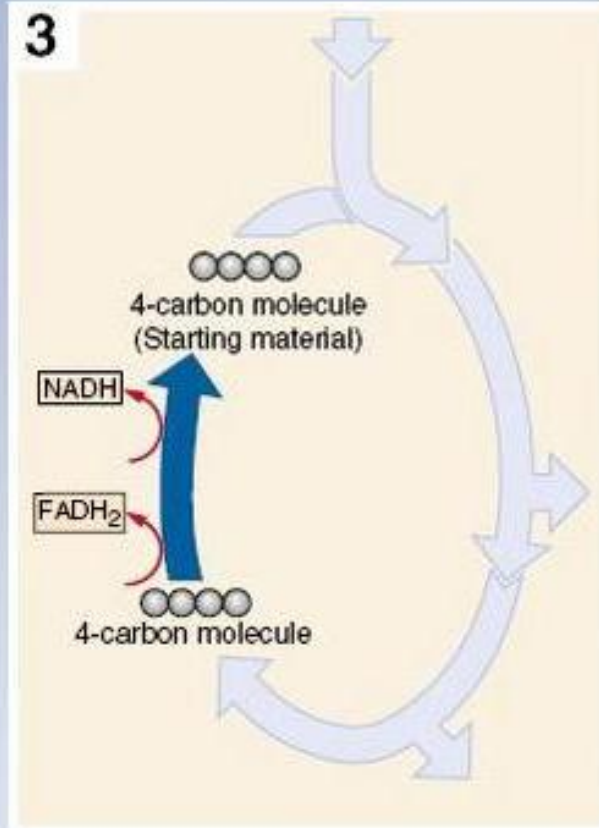
OVERVIEW OF THE KREBS CYCLE



The Krebs cycle begins when a two-carbon fragment is transferred from acetyl-CoA to a four-carbon molecule (the starting material).

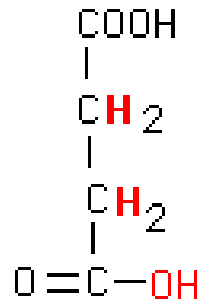


Then, the resulting six-carbon molecule is oxidized (a hydrogen removed to form NADH) and decarboxylated (a carbon removed to form CO₂). Next, the five-carbon molecule is oxidized and decarboxylated again, and a coupled reaction generates ATP.

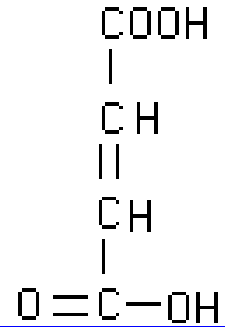
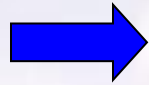


Finally, the resulting four-carbon molecule is further oxidized (hydrogens removed to form FADH₂ and NADH). This regenerates the four-carbon starting material, completing the cycle.

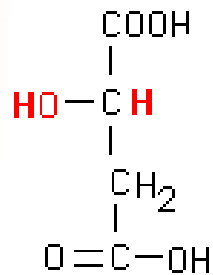
Reacciones



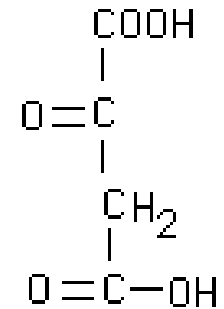
a. succínico



a. fumárico



a. málico



a. oxalacético

Lo fundamental del ciclo de Krebs

<https://www.youtube.com/watch?v=JPCs5pn7UNI>

■ Oxidación del acetil-CoA:

Esqueleto de la molécula

orgánica desaparece

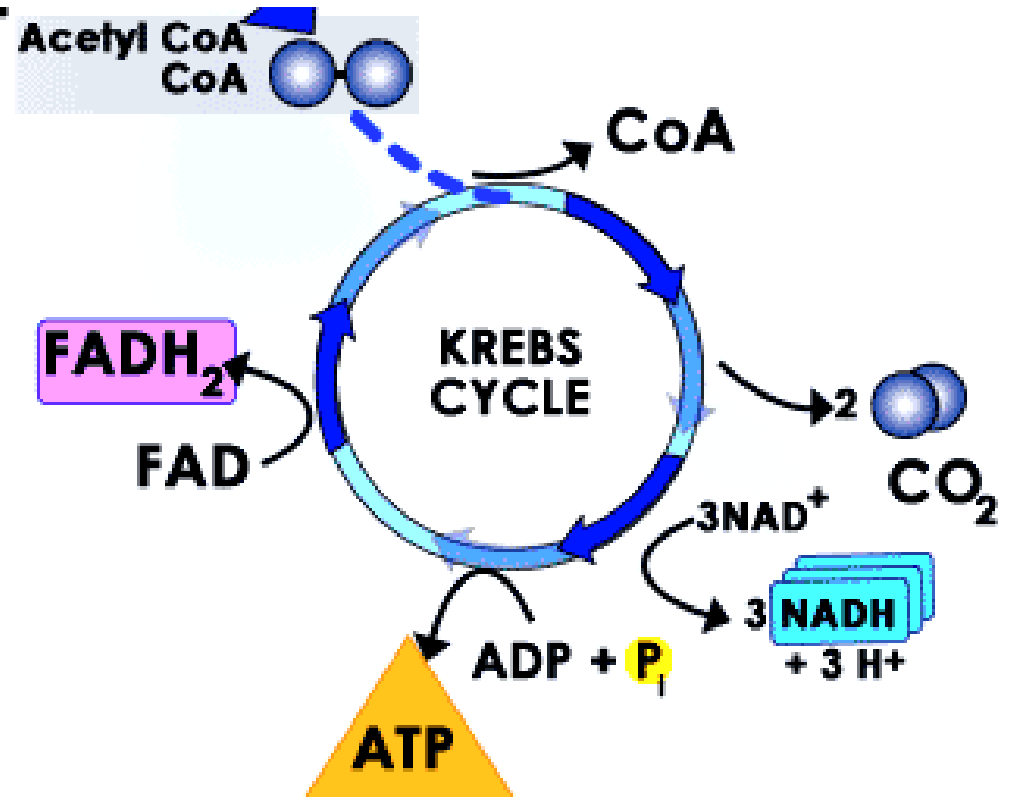
■ Poco ATP

■ NADH y FADH₂ a la

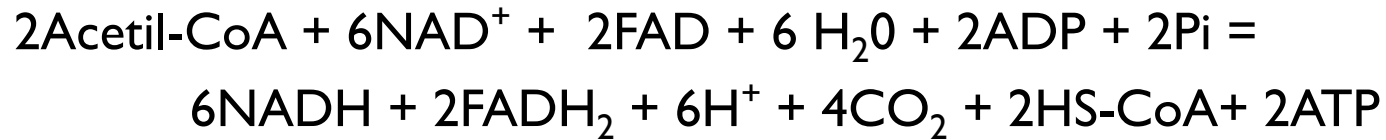
cadena respiratoria

■ Precusores metabólicos

para otras vías



Ecuación global del ciclo de Krebs



Resumen del ciclo de Krebs

Lugar

matriz mitocondrial

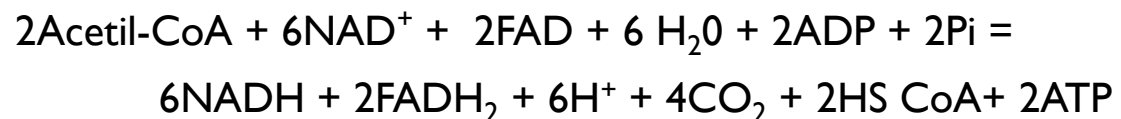
Reacción

una molécula de **acetil-CoA** sufre una serie de reacciones redox y se degrada a CO_2 .

Significado biológico

rueda central del metabolismo celular, donde se genera NADH y FADH_2 para la cadena respiratoria. Además se gana ATP y se oxida el acetil-CoA

Ecuación global

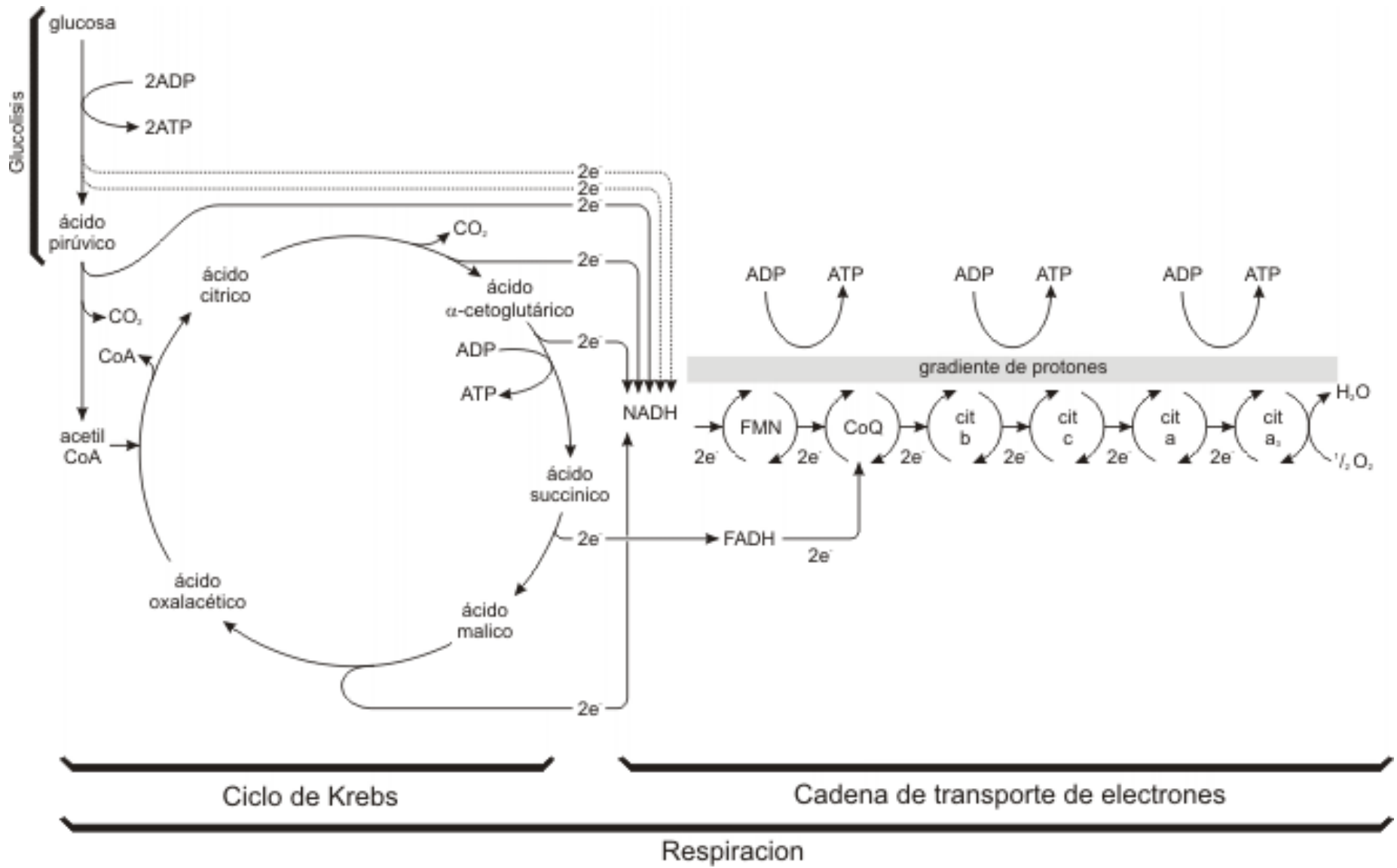




¿Qué me pueden preguntar?

Con referencia a la respiración celular y a la fermentación:

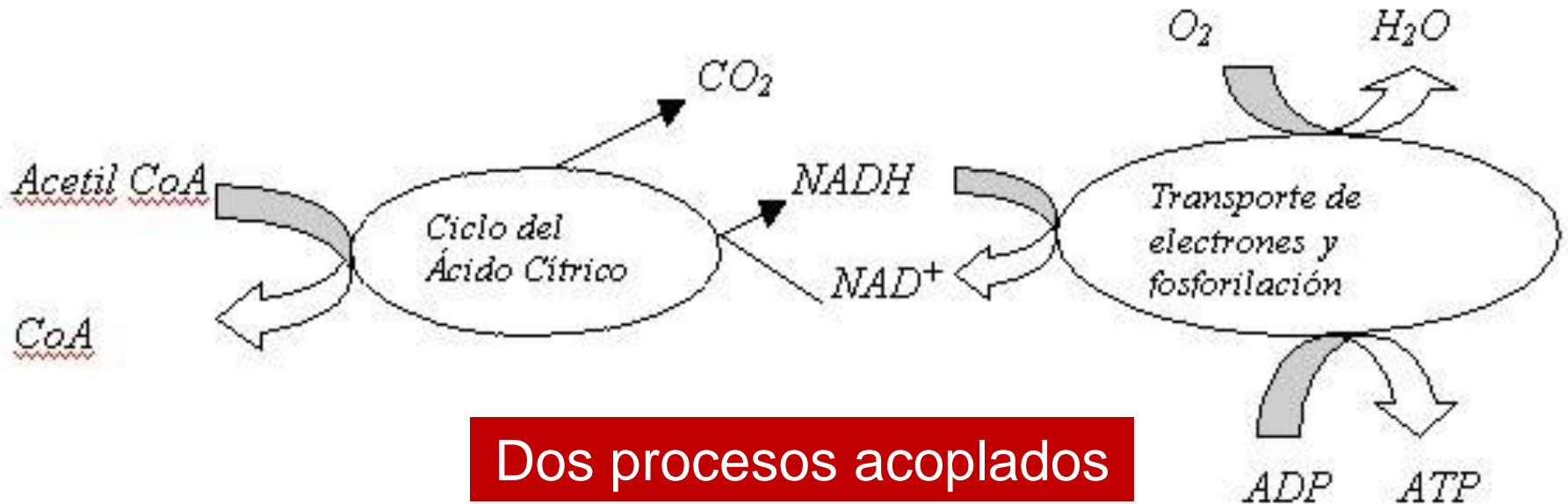
- a) ¿Qué tienen en común estos dos procesos catabólicos?
- b) ¿Ambos procesos tienen el mismo requerimiento de oxígeno?
¿Por qué?
- c) ¿A qué se debe la diferencia en su rendimiento energético?
- d) ¿Cuáles son los productos finales de estos procesos?





*El cucurucho de
castañas y la
cadena de
transporte de
electrones*

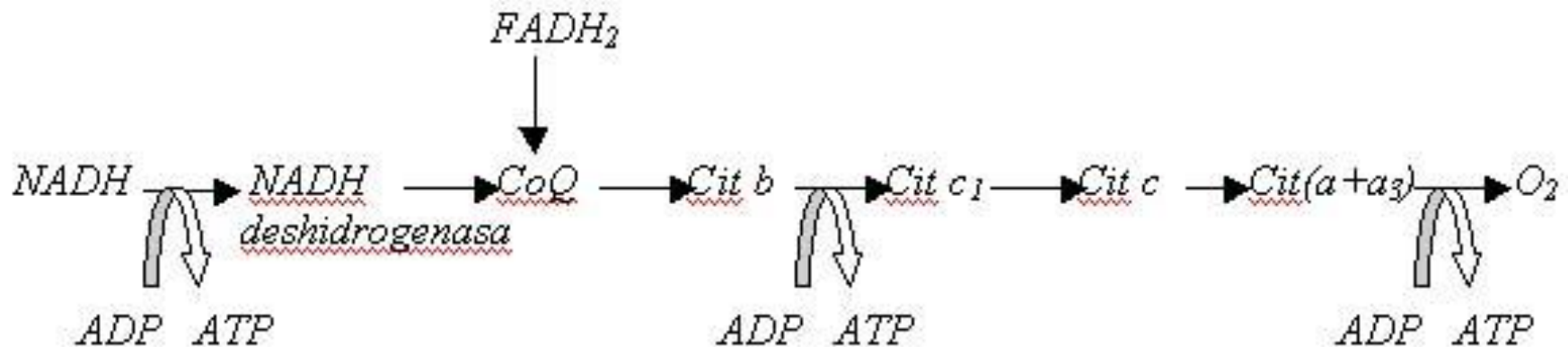
Cadena respiratoria: 2 procesos



Transporte de e-

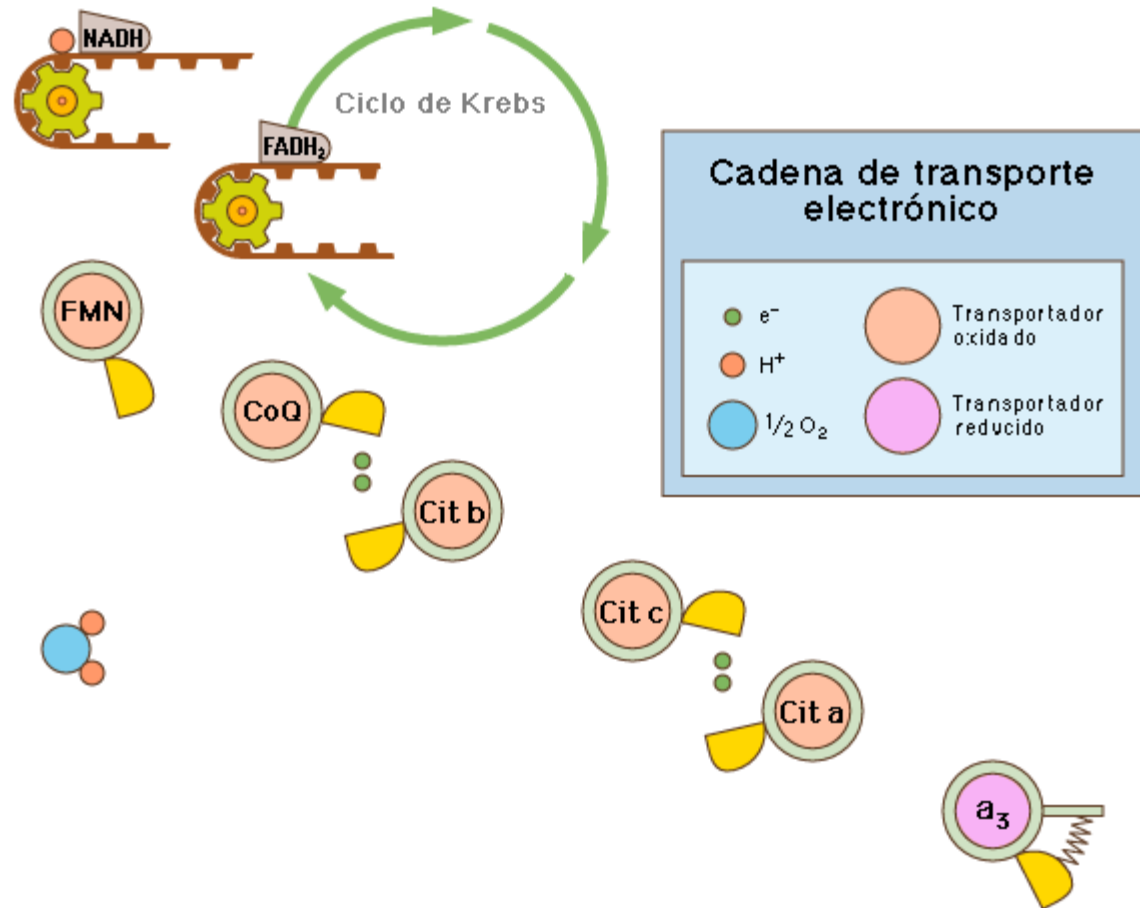
Fosforilación oxidativa (formación del ATP)

Transporte de electrones



Las moléculas implicadas en el transporte de e-
forman 3 complejos

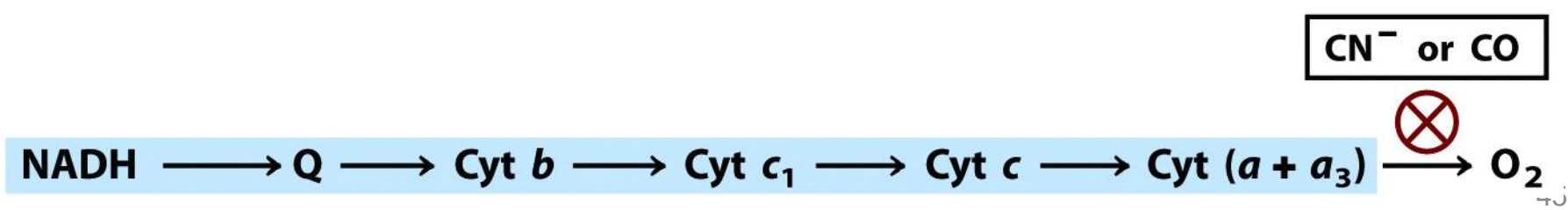
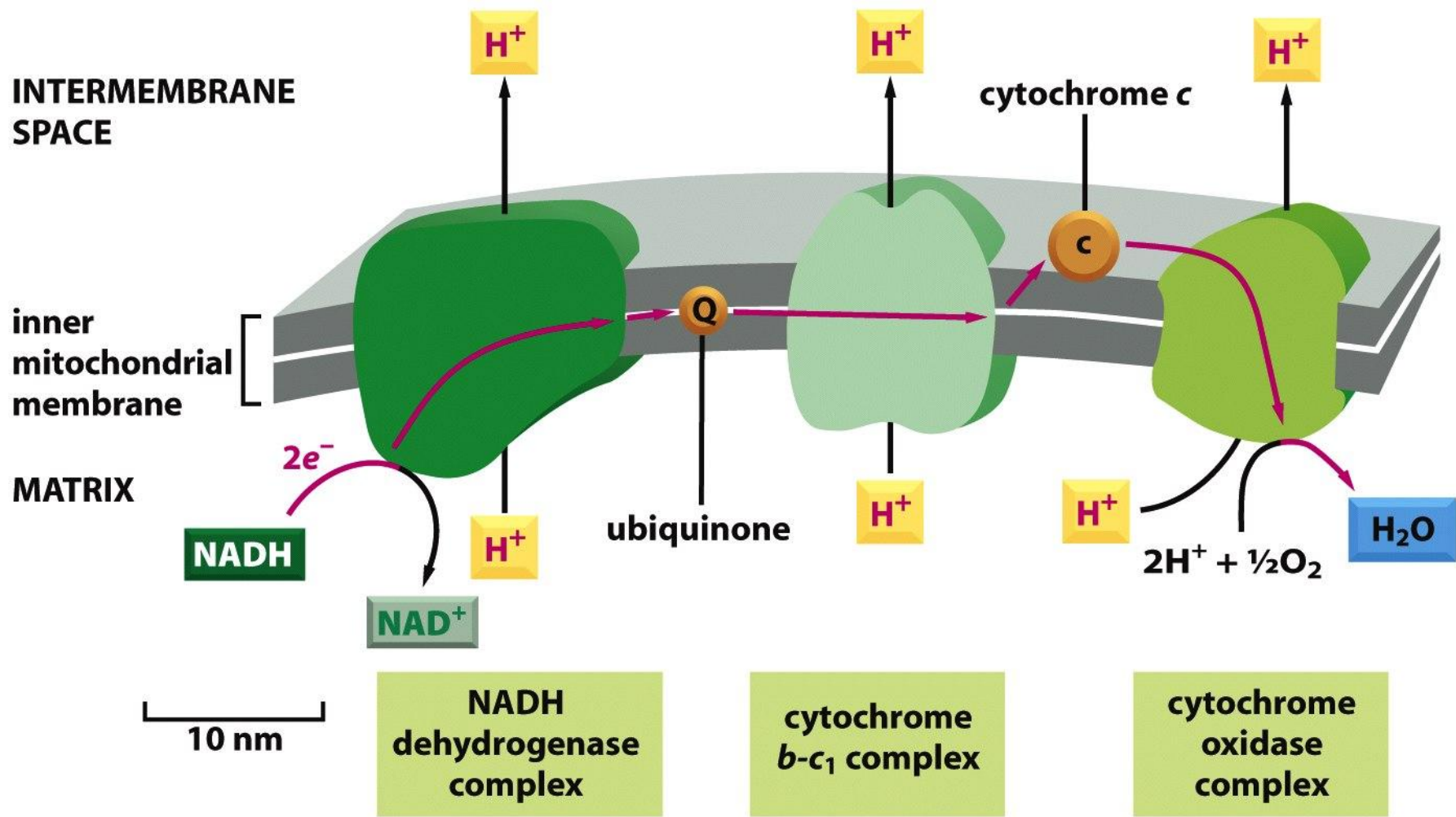
Transporte de electrones



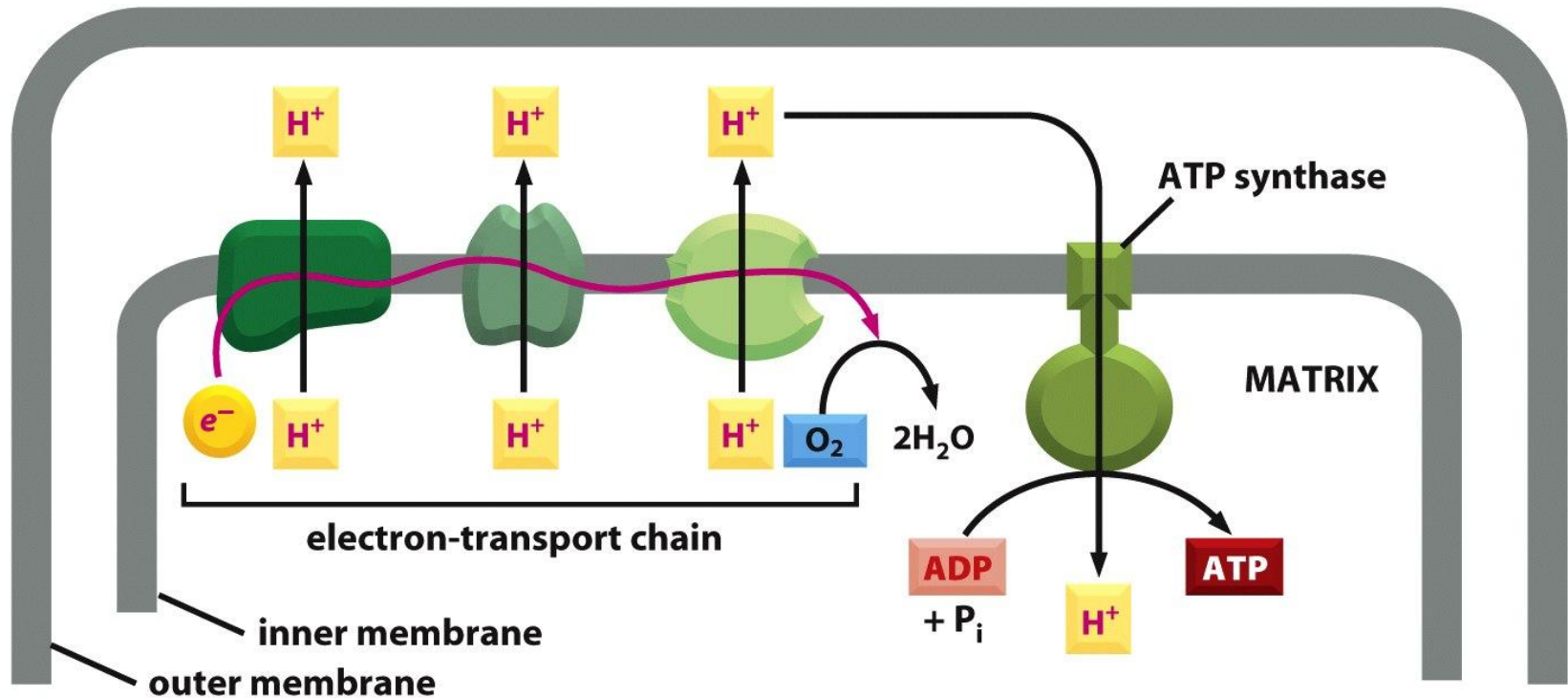
Reacciones redox

“cuesta abajo”

El aceptor final es el O₂



Bombeo de H^+



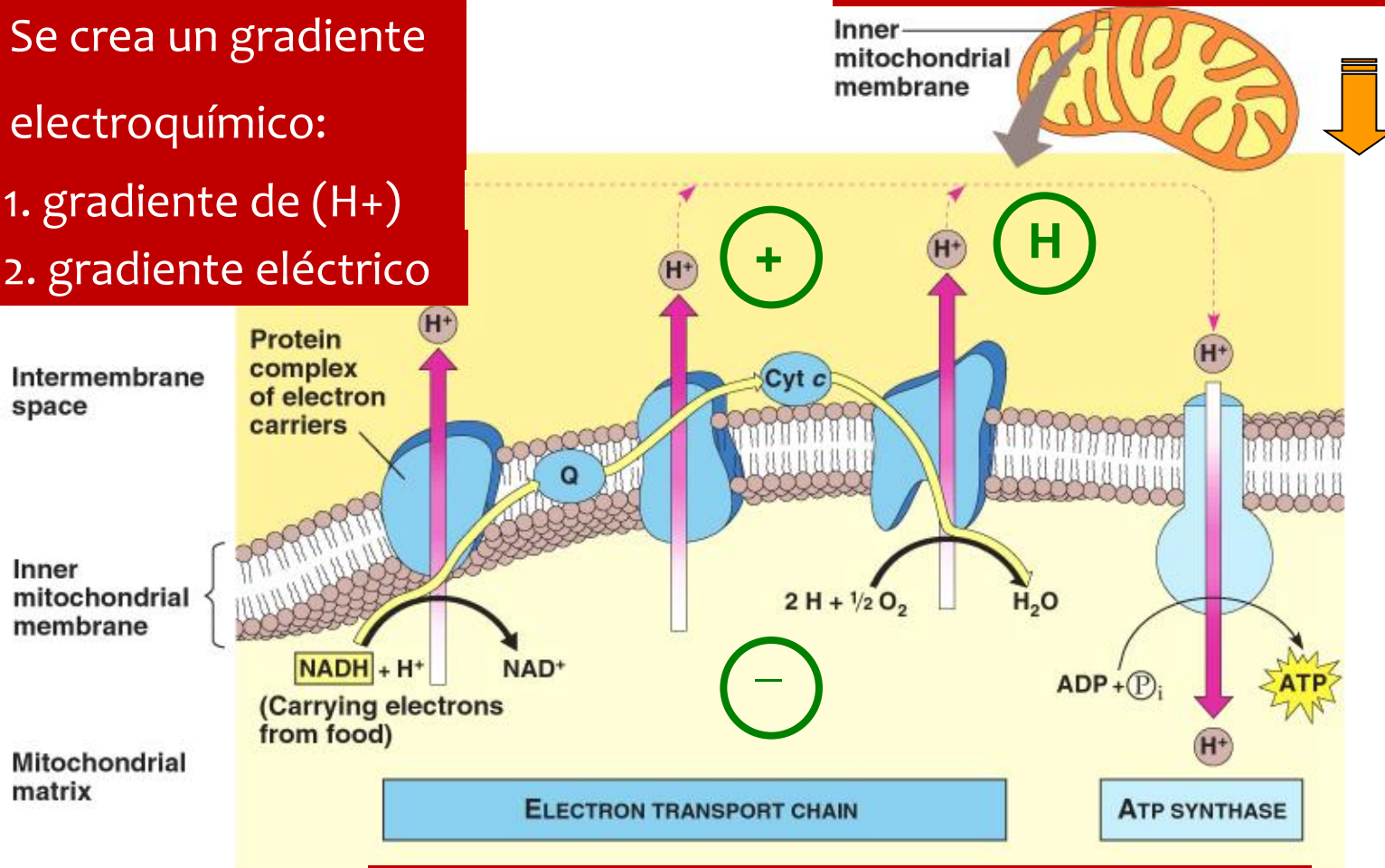
El paso de e^- está acoplado con el bombeo de H^+ al espacio intermembranas.

Hipótesis de Mitchell

Se crea un gradiente electroquímico:

1. gradiente de (H^+)
2. gradiente eléctrico

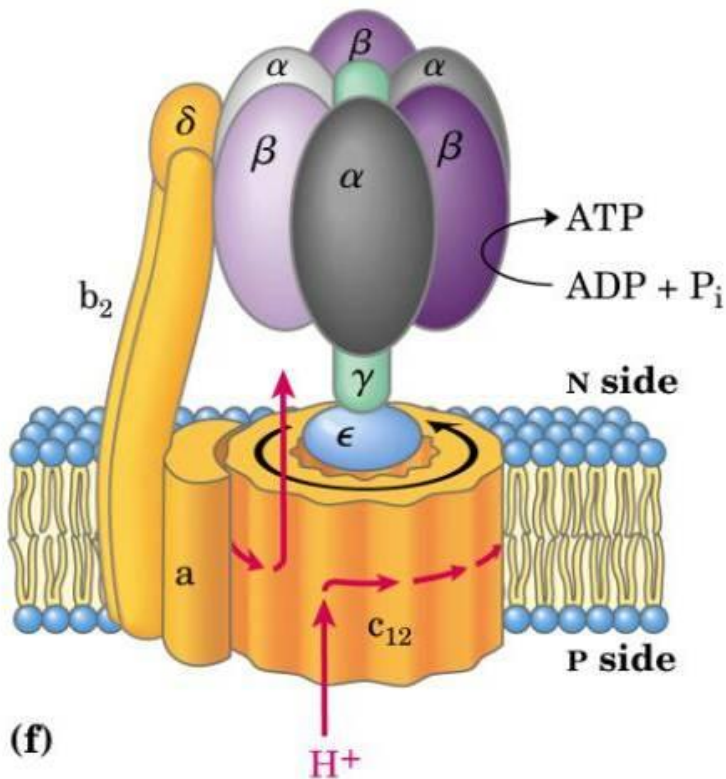
La membrana mitocondrial interna es impermeable a los H^+ .



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Los H^+ sólo pueden retornar a través de las partículas F, generando ATP

Hipótesis de Mitchell

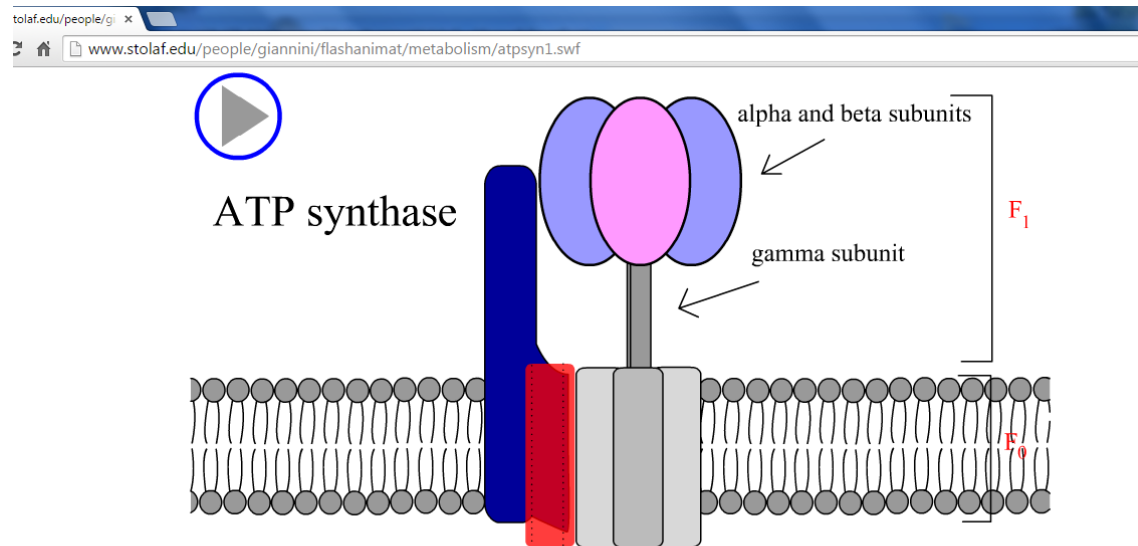


El transporte de e^- y la fosforilación oxidativa (formación del ATP) están enlazadas por medio de un gradiente de protones a través de la membrana

por 2 e^-
de cada NADH = 3ATP
de cada $FADH_2$ = 2ATP

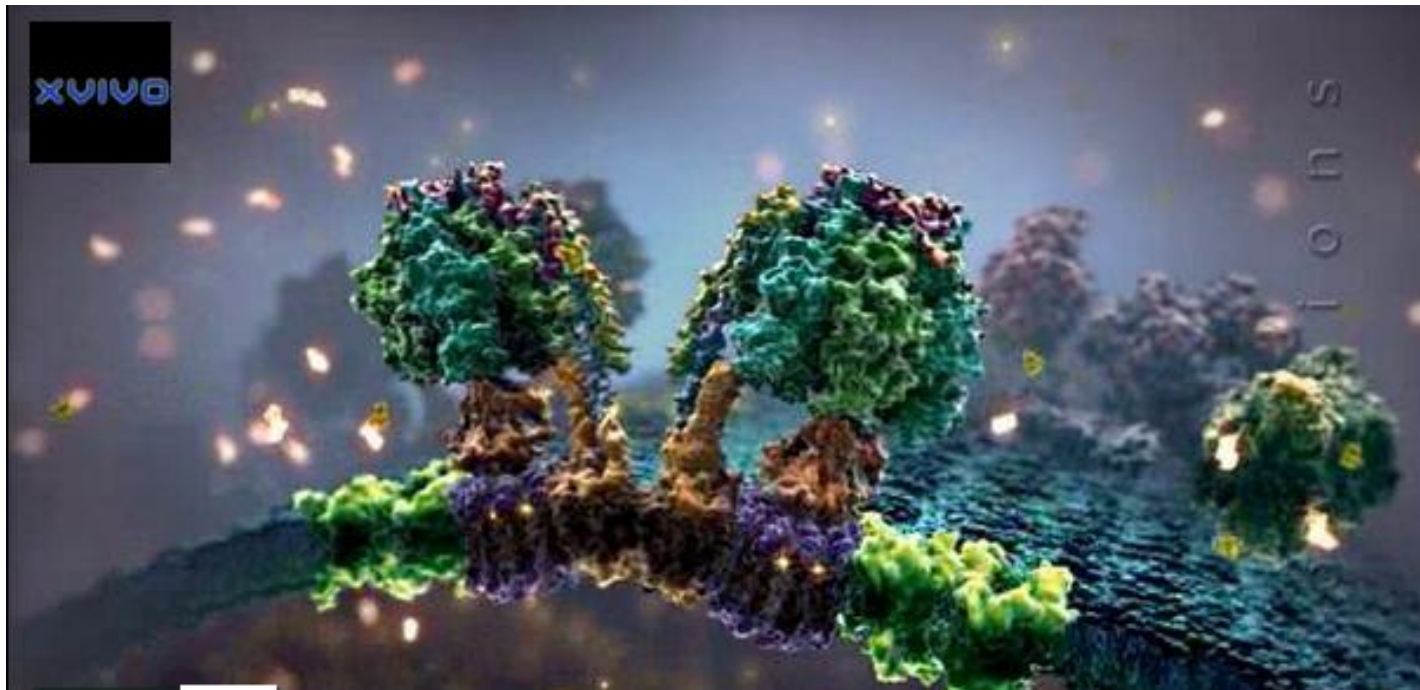
¿Cómo funciona la bomba de ATP?

- <http://www.stolaf.edu/people/giannini/flashanimat/metabolism/atpsyn1.swf>



Powering the cell

- <http://www.xvivo.net/animation/powering-the-cell-mitochondria/> min 1'11'' al 1'28''



Resumen de la cadena respiratoria

(Transporte de e^- + fosforilación oxidativa)

Lugar

cresta mitocondrial y membrana interna

Reacción

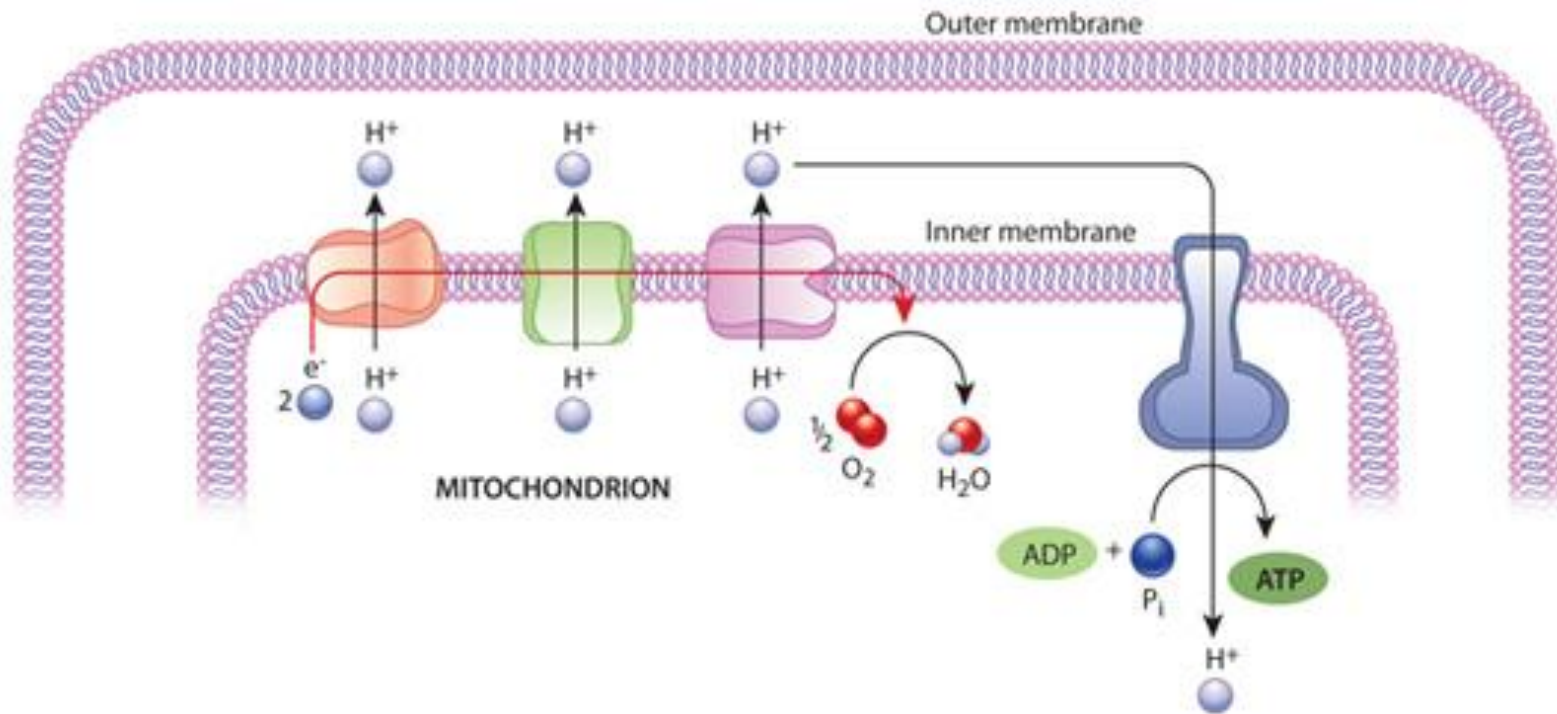
regeneración del NAD^+ /FAD y formación de H_2O

Significado
biológico

aquí se forma la mayor parte de las moléculas de ATP. El O_2 actúa como último aceptor de e^- y de H^+

Ecuación global

resumen

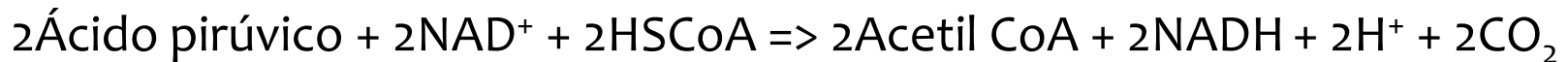


Buscando la ecuación global

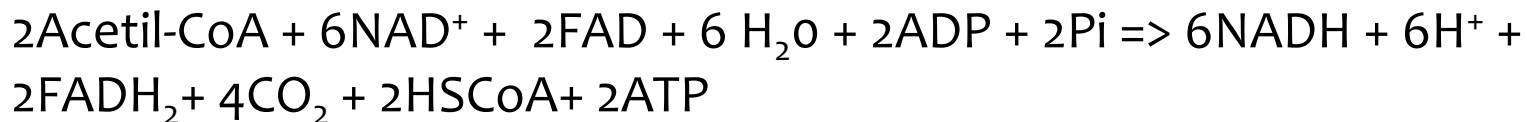
Glucolisis



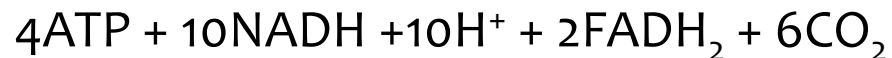
Descarboxilación oxidativa



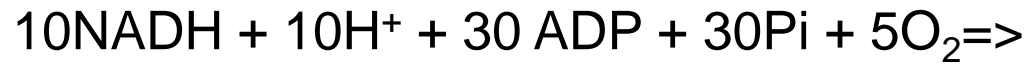
Ciclo de Krebs



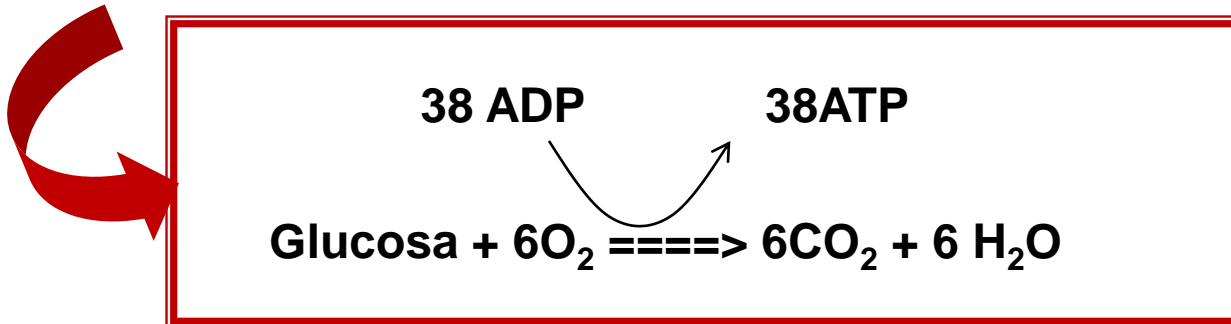
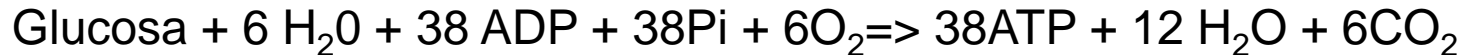
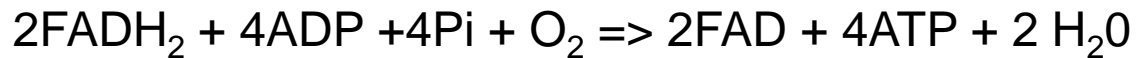
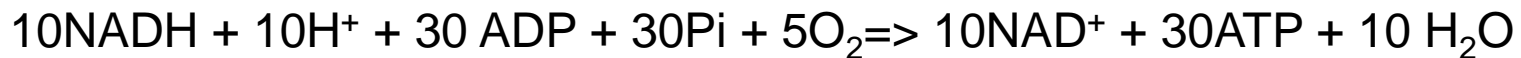
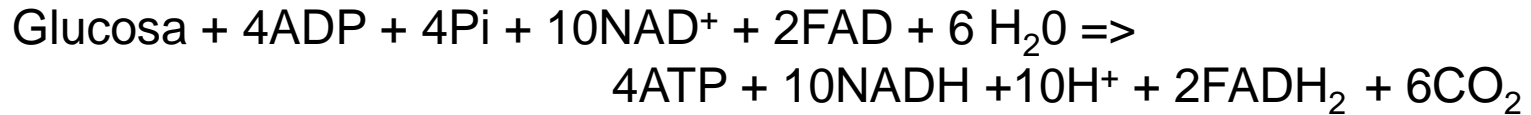
En total



Ecuación global de la cadena respiratoria



Último balance



Catabolismo de la glucosa

- Reacción fundamental para obtener energía
- Se obtiene de
 - 1 molécula de glucosa= 38 de ATP
 - 1 gr de glucosa= 3,75 Kcalorías

Balance final

	lugar	entra	sale	ATP	NAD/FAD
--	-------	-------	------	-----	---------

1. Glucolisis

3. Descarboxilación
oxidativa

4. Ciclo de krebs

5. Cadena respiratoria

total

Balance final

	lugar	entra	sale	ATP	NAD/FAD
1. Glucolisis	cit	glucosa	2 pirúvico	2	2 NAD
3. Descarbox oxidativa	cit-mit	2 piruvico	2 Acetil CoA, 2CO ₂		2 NAD
4. Ciclo Krebs	mit-matriz	2 Acetil CoA	4 CO ₂	2	6NAD/2FAD
5. Cadena respiratoria	mit-crestas	6 O ₂	6 H ₂ O	34	10NAD/2FAD
total		Glucosa, 6 O ₂	6 CO ₂ , 6 H ₂ O	38	

¿Qué me pueden preguntar?



Usando la hipótesis quimiosmótica explica la generación de ATP en la mitocondria

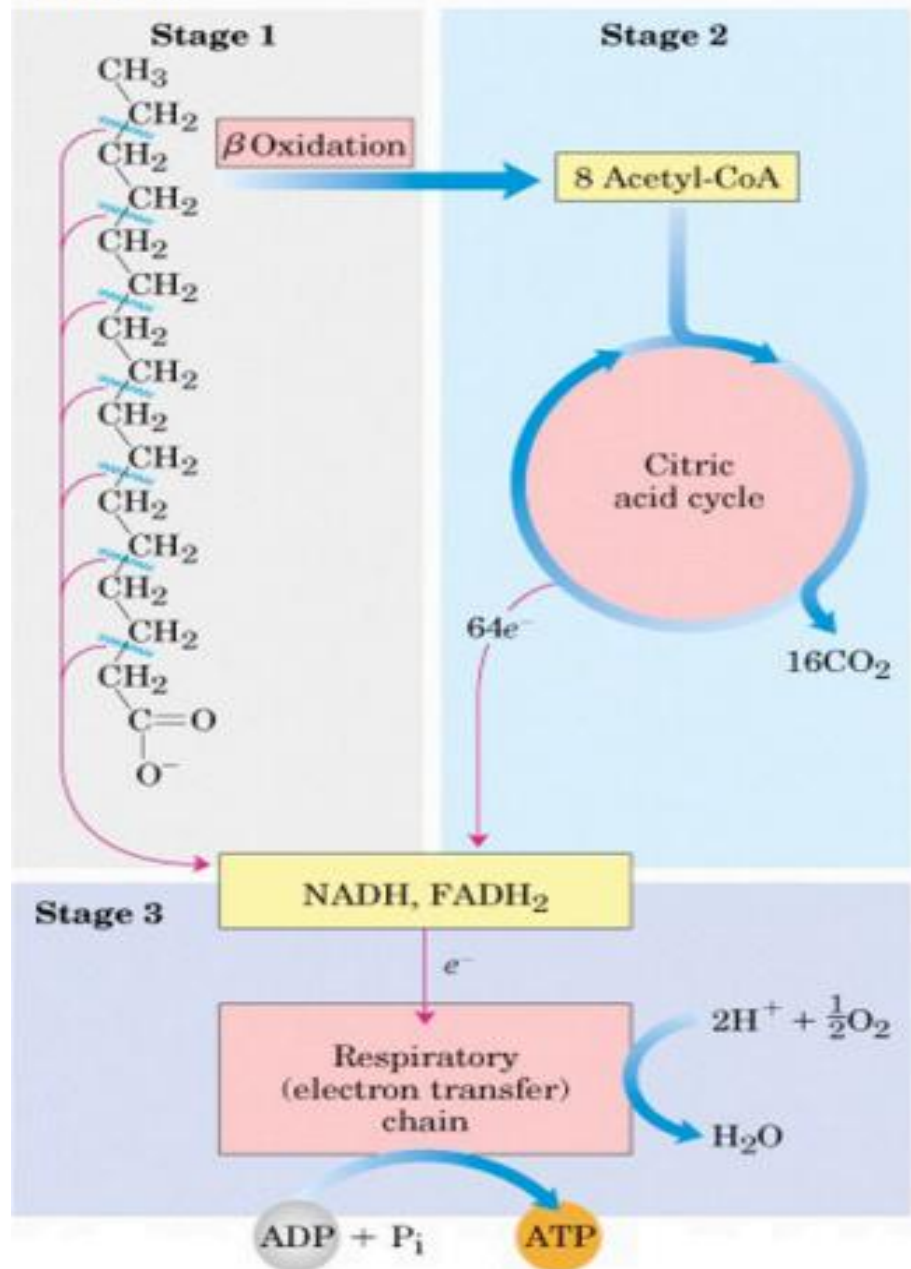
Impermeable FADH₂ ATP Complex NADH transfer potential matrix Synthase
Electrochemical gradient pmf Oxidative phosphorylation
Chemiosmotic hypothesis ETC inner membrane intermembrane
Complex I, III, IV Pump H⁺ ATP synthase



Biochem 2M

Catabolismo de lípidos

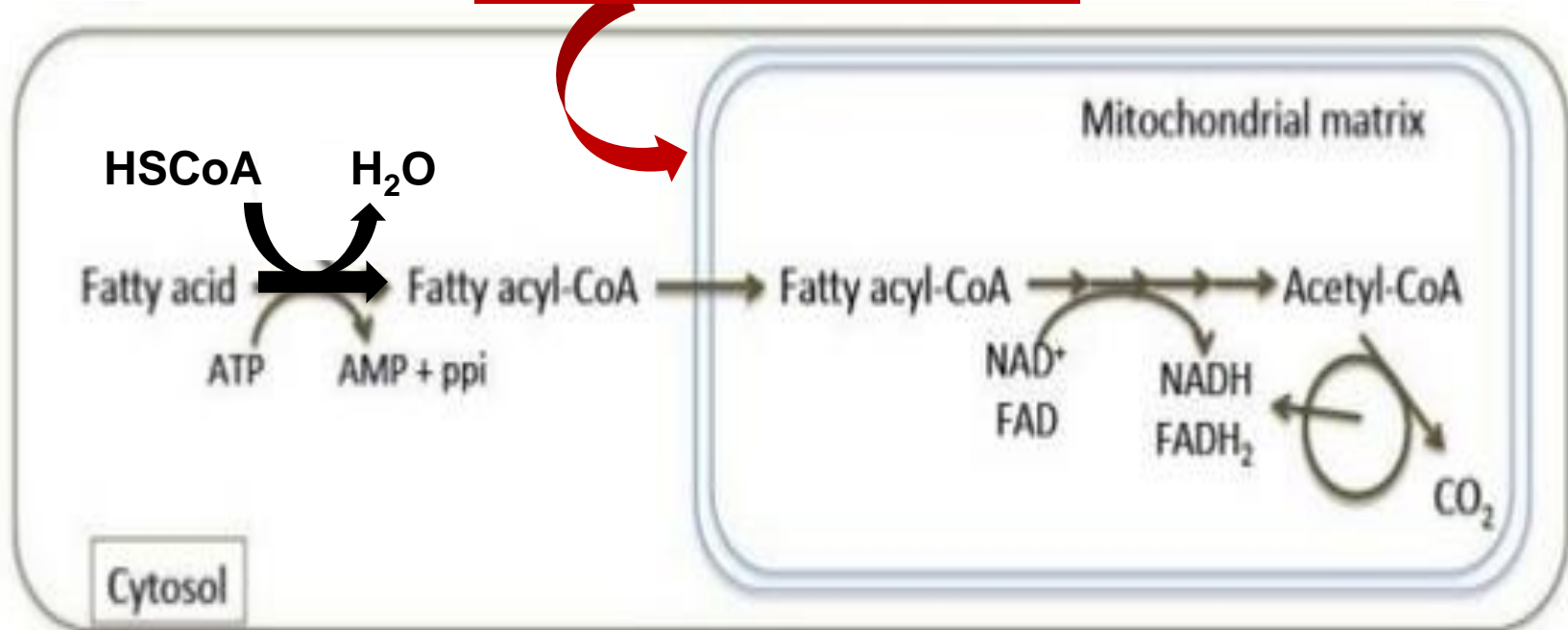
Figure 3.



Activación y β -oxidación de ácidos grasos

Grasa = glicerina + 3 ácidos grasos

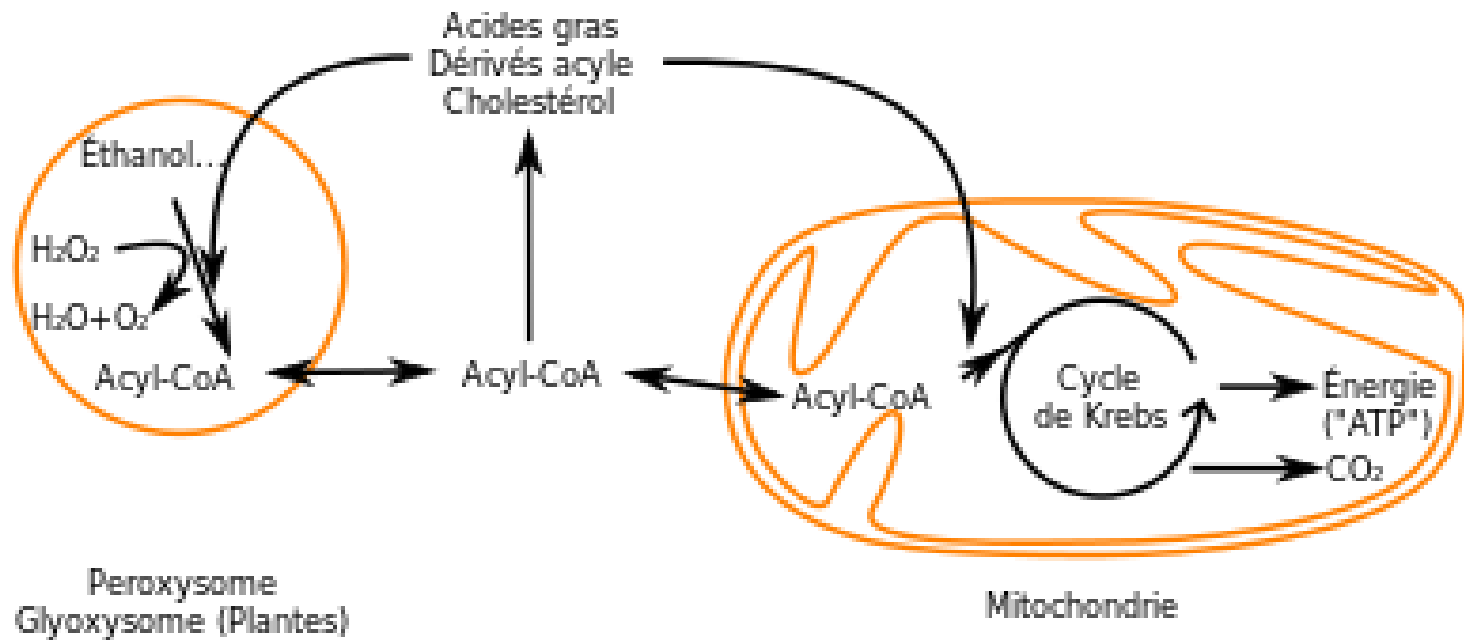
Con ayuda de la carnitina



Todas las células, excepto encéfalo y glóbulos rojos queman ácidos grasos

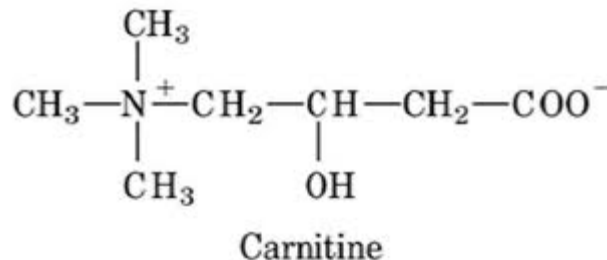
También el peroxisoma

- Peroxisomas y glioxomas



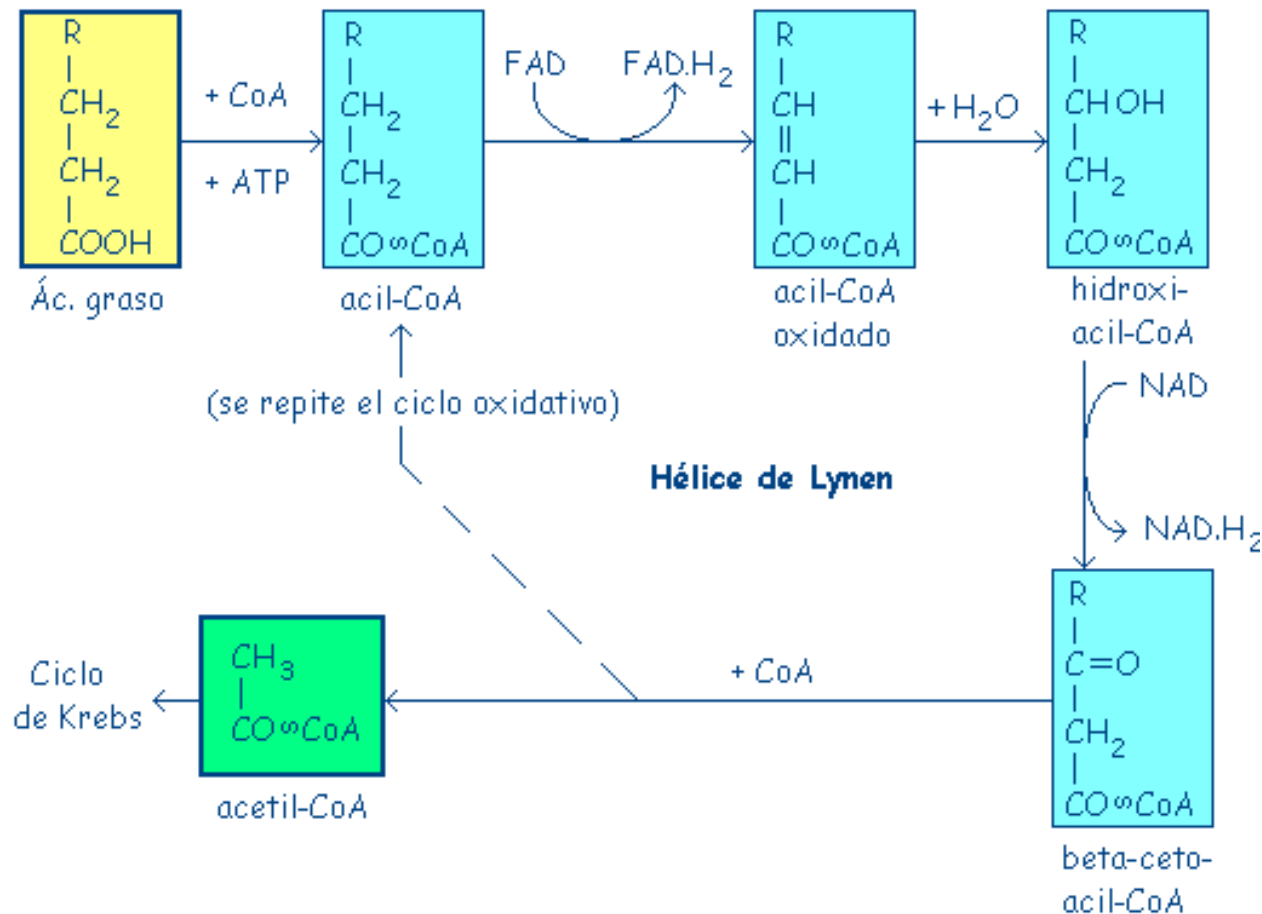
Catabolismo de ácidos grasos

- Los ácidos grasos se activan y entran en la mitocondria con ayuda de un transportador: la carnitina
- En la mitocondria tiene lugar la reacción llamada β -oxidación o hélice de Lynen.
 - β -oxidación por la posición del C que se oxida
 - Hélice de Lynen por ser un proceso cíclico y en cada vuelta el ácido es 2C menor

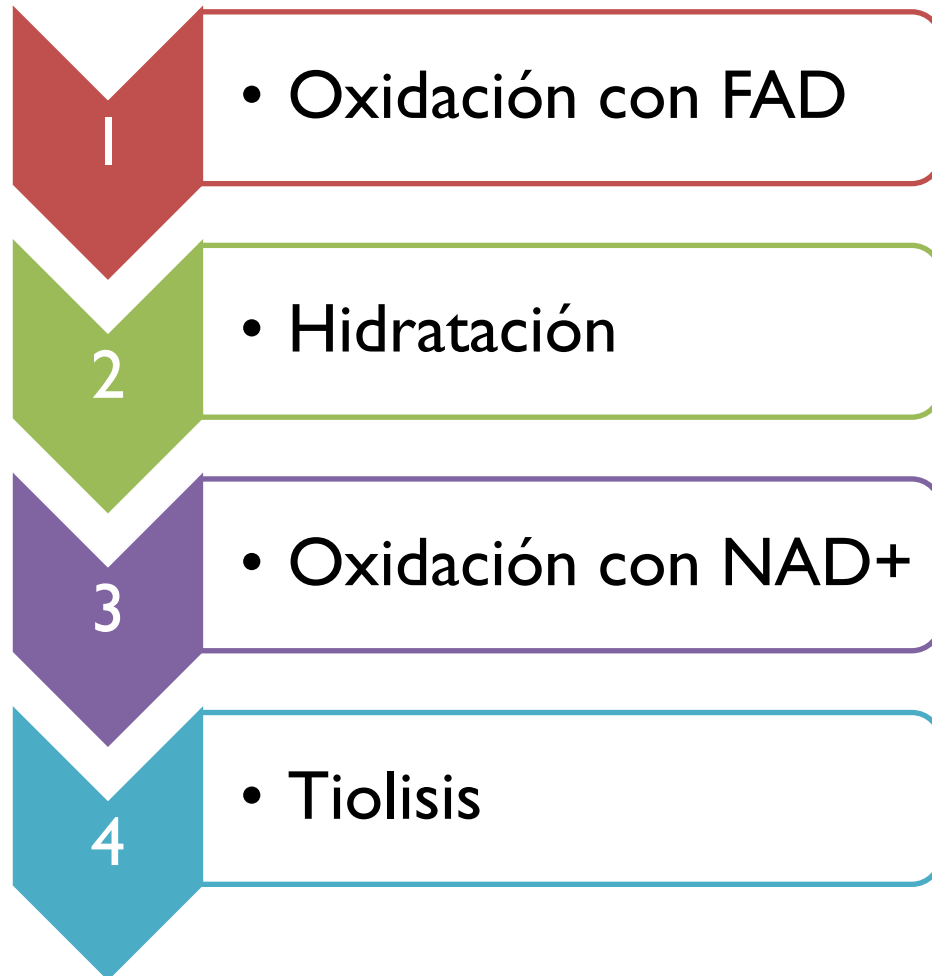
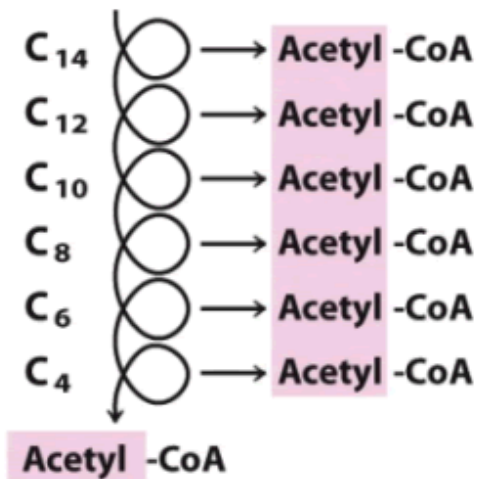


β -oxidación de ácidos grasos

En cada vuelta de la hélice de Lynen el ácido graso pierde 2 C

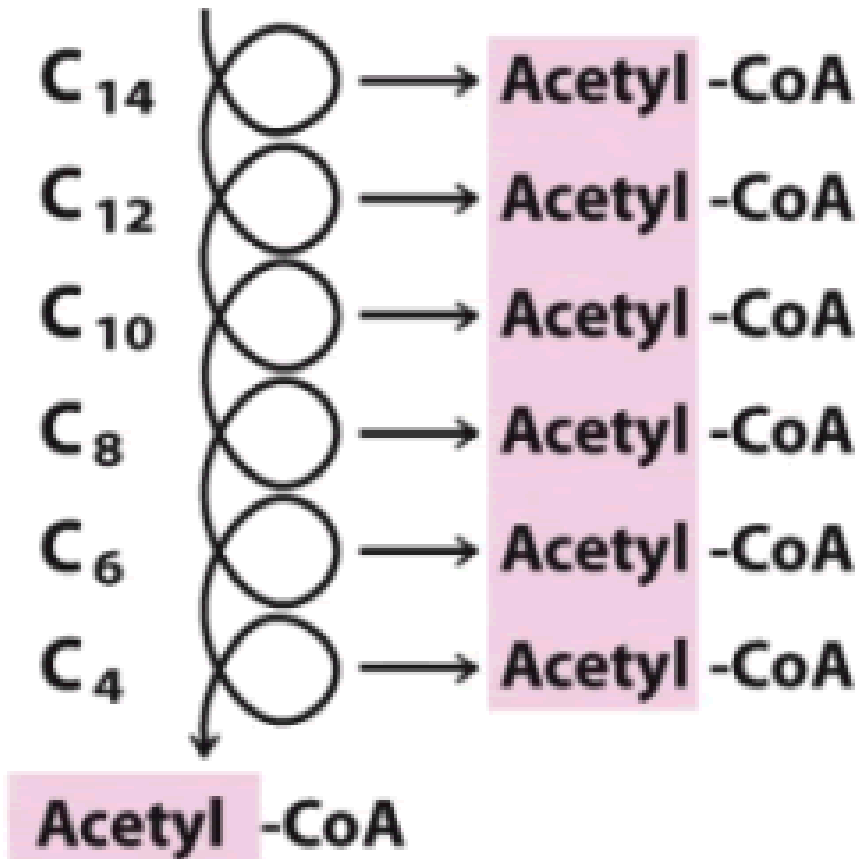


Secuencia de reacciones de la hélice de Lynen



En cada vuelta de la hélice se genera un acetil-CoA

Hélice de Lynen



En cada vuelta se genera

- acetyl-CoA
- NADH
- FADH₂

Balance de la primera vuelta

Sólo inicial

Á. Palmítico + ATP + HS-CoA



Palmitil-CoA + AMP + 2Pi + H₂O

Y en cada vuelta

Á. Palmitil-CoA + NAD⁺ + FAD + H₂O + HS-CoA



(Ácil-CoA de 14C) + Acetil-CoA + NADH + H⁺ + FADH₂

Balance de la reacción completa

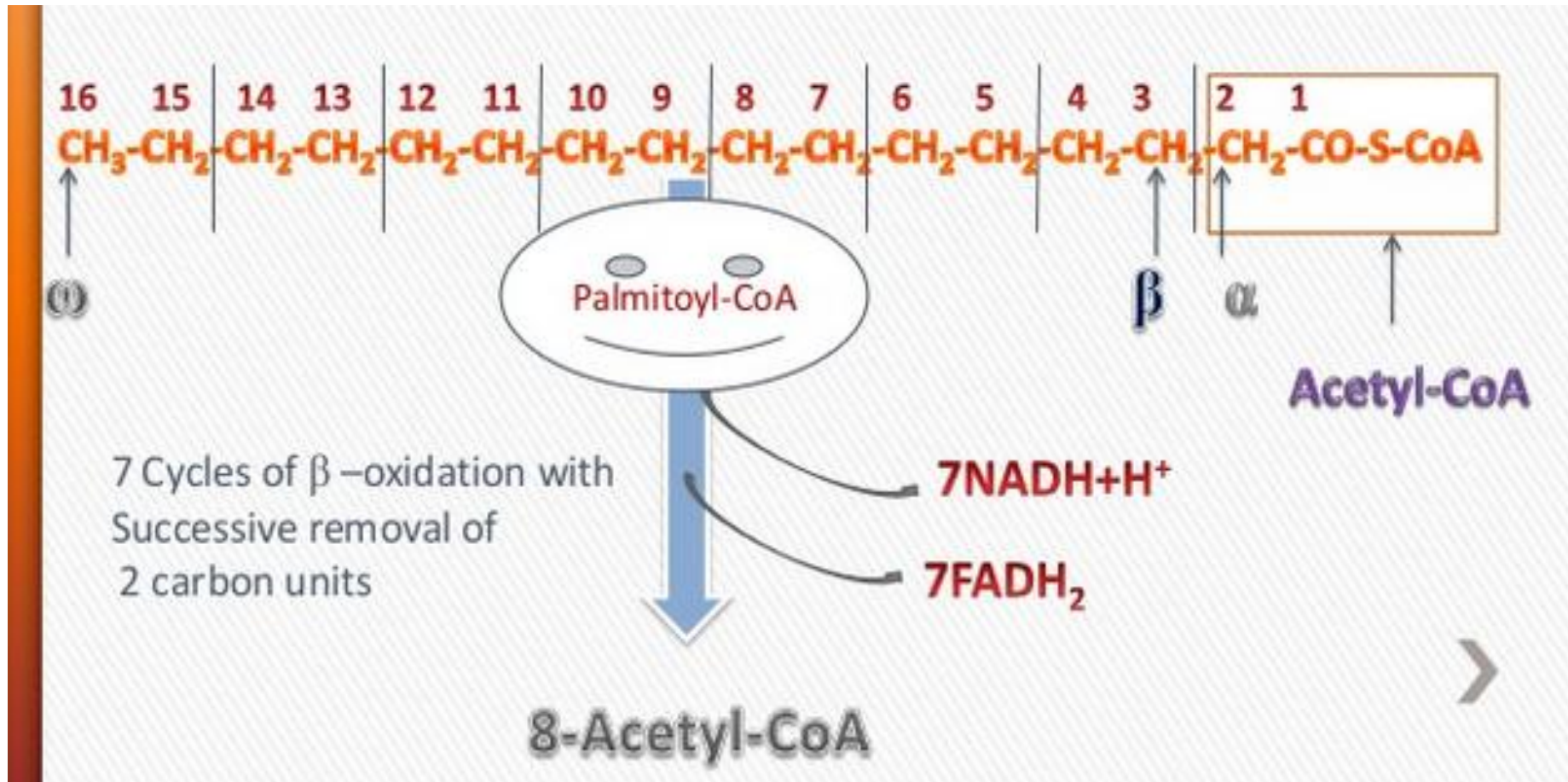
- ¿Cuántas moléculas de acetil-CoA se forman a partir de una molécula de ácido palmítico (16C)?
 - ¿Cuántas vueltas da la hélice de Lynen?

$$n^{\circ} \text{ C} / 2 = n^{\circ} \text{ Acetil CoA}$$

$$(n^{\circ} \text{ C} / 2) - 1 = n^{\circ} \text{ vueltas}$$



Proceso de β -oxidación



Resumen de la β -oxidación o hélice de Lynen

Lugar

Matriz mitocondrial (también peroxisomas*)

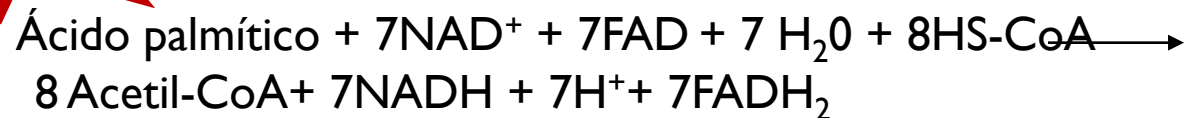
Reacción

Una molécula de **ácido graso** sufre una serie de reacciones cíclicas redox, perdiendo un acetil-CoA por vuelta.

Significado biológico

Se genera acetil-CoA para el ciclo de Krebs y NADH/FADH₂ para la cadena respiratoria

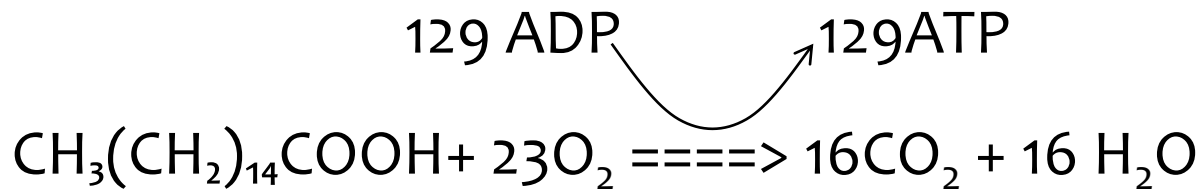
Ecuación global



Balance global del Ácido Palmítico

- Ácido palmítico 16C
 - N° de vueltas= 7
 - 7 NADH + H⁺----- (7 x 3)----- 21 ATP
 - 7FADH₂----- (7 x 2)----- 14 ATP
 - 8 Acetil CoA al ciclo de Krebs
 - 3 NADH + H⁺ ----- (8 x 3 x 3)----- - 72 ATP
 - 1 FADH₂ ----- (8 x 1 x 2)----- 16 ATP
 - 1 ATP ----- (8 x 1)----- 8 ATP
-
- Total 131 ATP
(si descontamos 2 ATP inicial)..... **129 ATP**

Ecuación final



Los ácidos grasos contiene más energía que los glúcidos

- Los ácidos grasos son moléculas muy reducidas, su oxidación libera más energía que los glúcidos
- La oxidación de los ácidos grasos es un proceso clave para la obtención ATP en organismos aeróbicos.
- Los animales almacenan lípidos como triacilglicéridos
- (es más efectiva y cuantitativamente más importante que en forma de glucógeno)



¿Qué me pueden preguntar?

Relacionado con la β - oxidación de los ácidos grasos:

- a) ¿En qué orgánulo/s se produce? (2)
- b) Explicar la función de la carnitina en el catabolismo de los ácidos grasos. (1)
- c) A partir de un ácido graso saturado de 18 átomos de carbono, ¿Cuántas moléculas de acetil-CoA se liberan? ¿Cuántos FADH₂ y NADH se generan? (4)
- d) ¿Cuál es el destino de las moléculas de acetil-CoA, del FADH₂ y NADH originadas en la β -oxidación de los ácidos grasos dentro de la respiración aerobia de los ácidos grasos? (3)

Balance final

	lugar	entra	sale	ATP	NAD/FAD
--	-------	-------	------	-----	---------

1. β -oxidación

2. Ciclo de Krebs

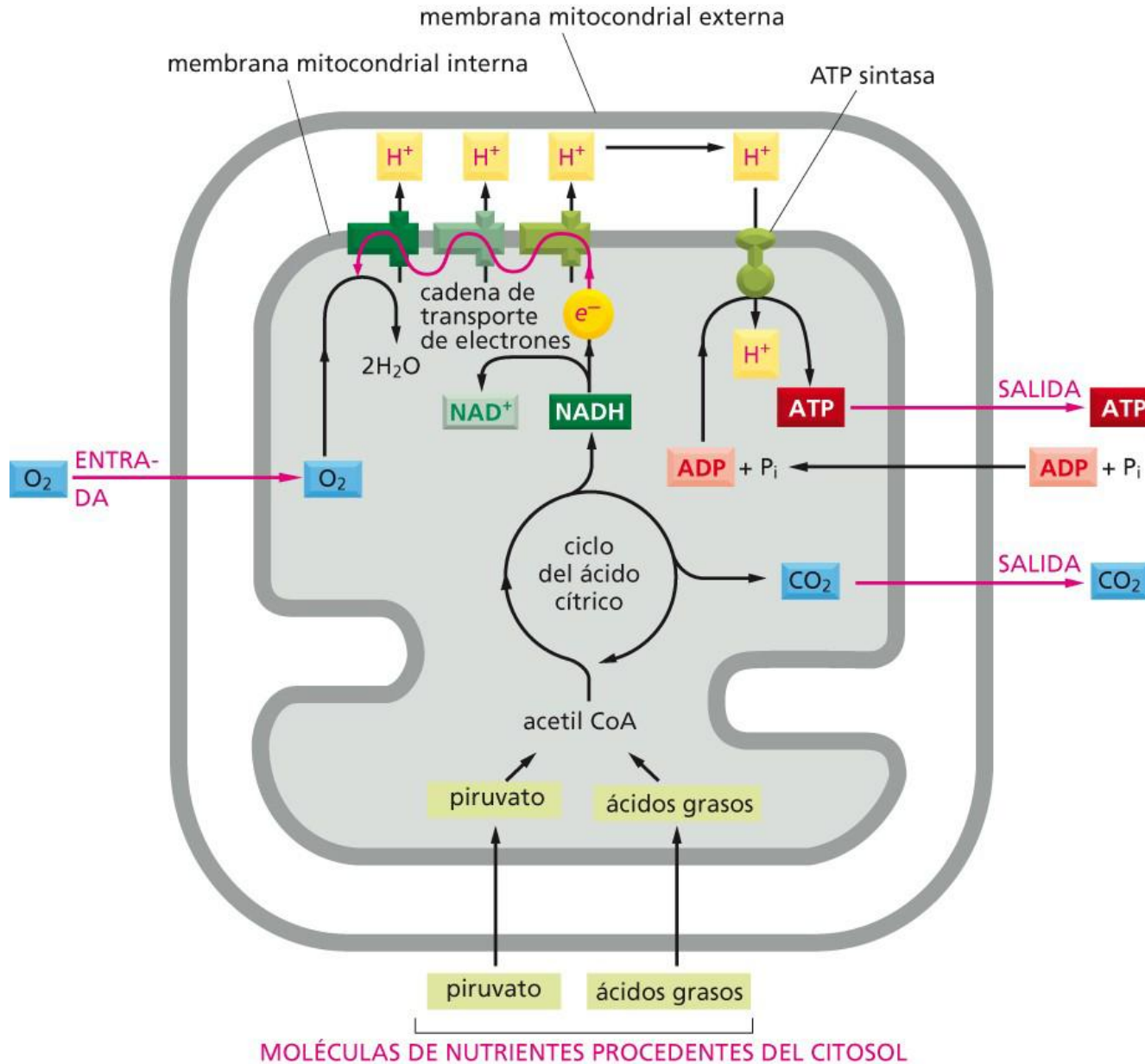
3. Cadena respiratoria

total

Resumen final

	lugar	entra	sale	ATP	NAD/FAD
1. β-oxidación	mit-matriz	Palmítico	8 Acetil CoA	-1	7 NAD/ 7FAD
2. Ciclo de Krebs	mit-matriz	8 Acetil CoA	16 CO ₂	8	24NAD/8FAD
3. Cadena respiratoria	mit-crestas	23 O ₂	15 H ₂ O	123	31NAD/5FAD
total		Palmítico, 23 O ₂	15 H ₂ O, 16 CO ₂	130	

Resumen actividad mitocondrias





¿Qué me pueden preguntar?

- Respecto al catabolismo:

- a) ¿Es necesario el oxígeno para que funcione la glucólisis? Razone la respuesta. (4)
- b) ¿Es necesario el oxígeno para que funcione el ciclo de Krebs? Razone la respuesta. (4)
- c) ¿Por qué la oxidación de los ácidos grasos proporciona más energía a la célula que la oxidación de una cantidad idéntica de glucógeno? (2)

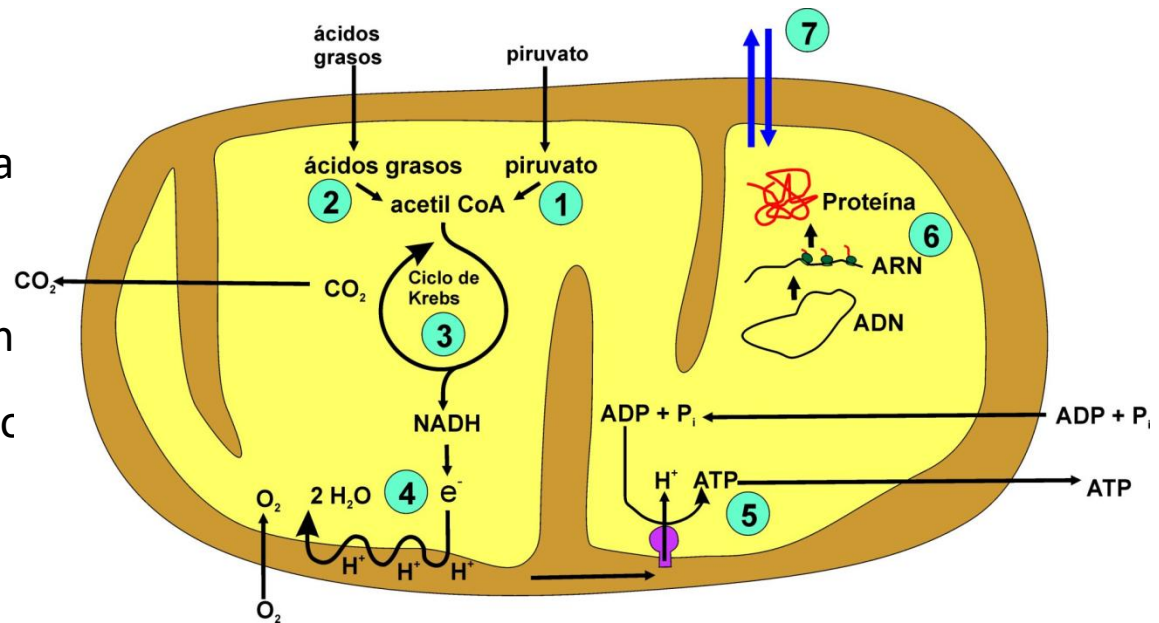
¿Qué me pueden preguntar?



Con respecto al esquema adjunto,

indicar:

- ¿Cuál es el nombre de los procesos metabólicos señalados con 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7?
- ¿Cuáles de esos procesos son anabólicos y cuáles catabólicos?
- ¿En qué orgánulo celular se producen?
- En qué tipo de células se lleva a cabo el proceso nº 3, ¿en células aerobias o anaerobias? (2)



- www.educa.aragob.es/.../2%20-%20Capitulo%208.htm
- www.forest.ula.ve/~rubenhg/respiracion/index.html
- www.genomasur.com/lecturas/Guia09.htm muy bueno
- <http://nutritionpaperideas.com/cell-metabolism-pathways/>
- <http://classes.midlandstech.com/carterp/Courses/bio225/chap05/ss8.htm>

resumenes muy buenos