


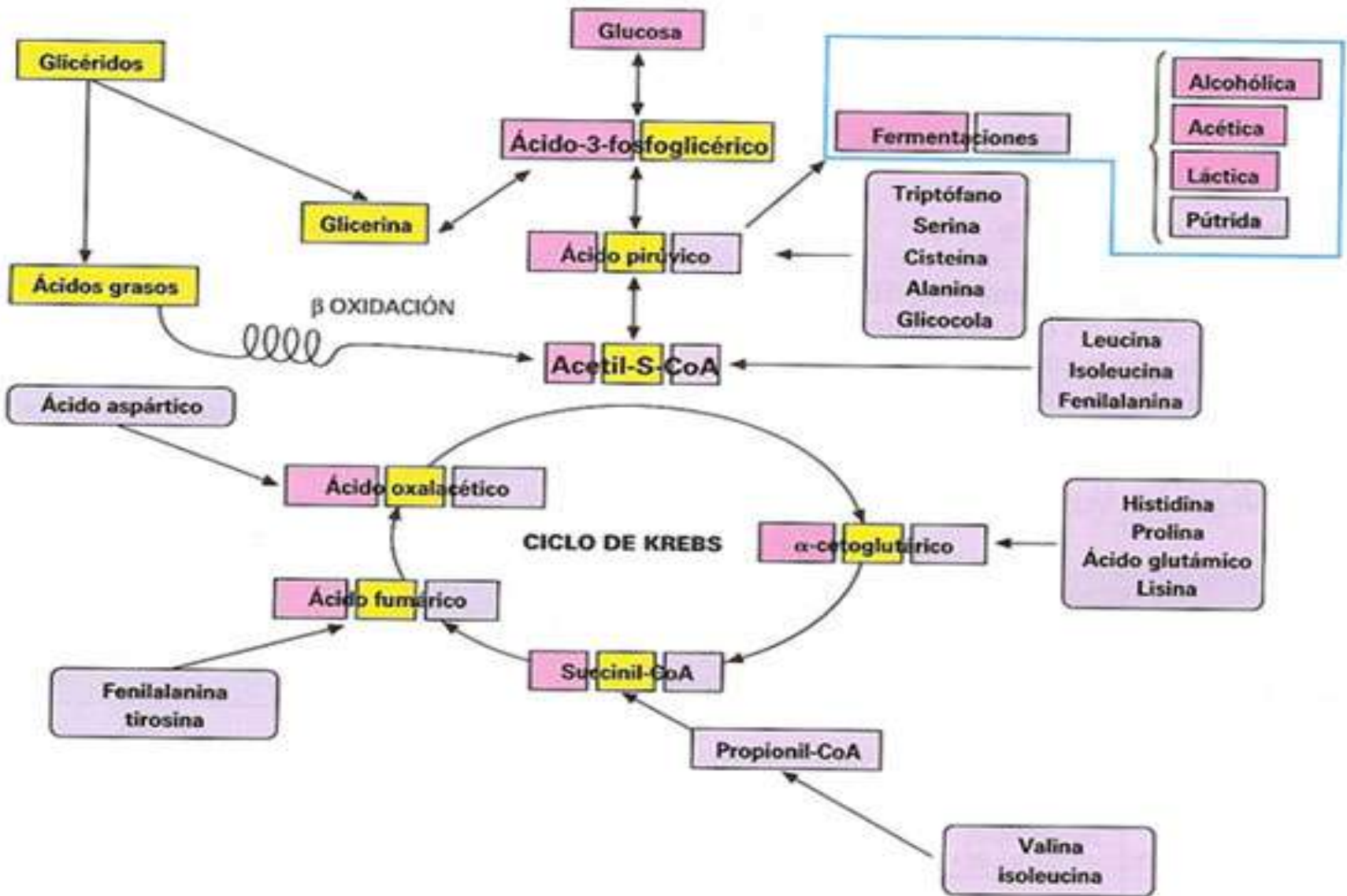


catabolismo

Presentación organizada por
 José Antonio Pascual Trillo

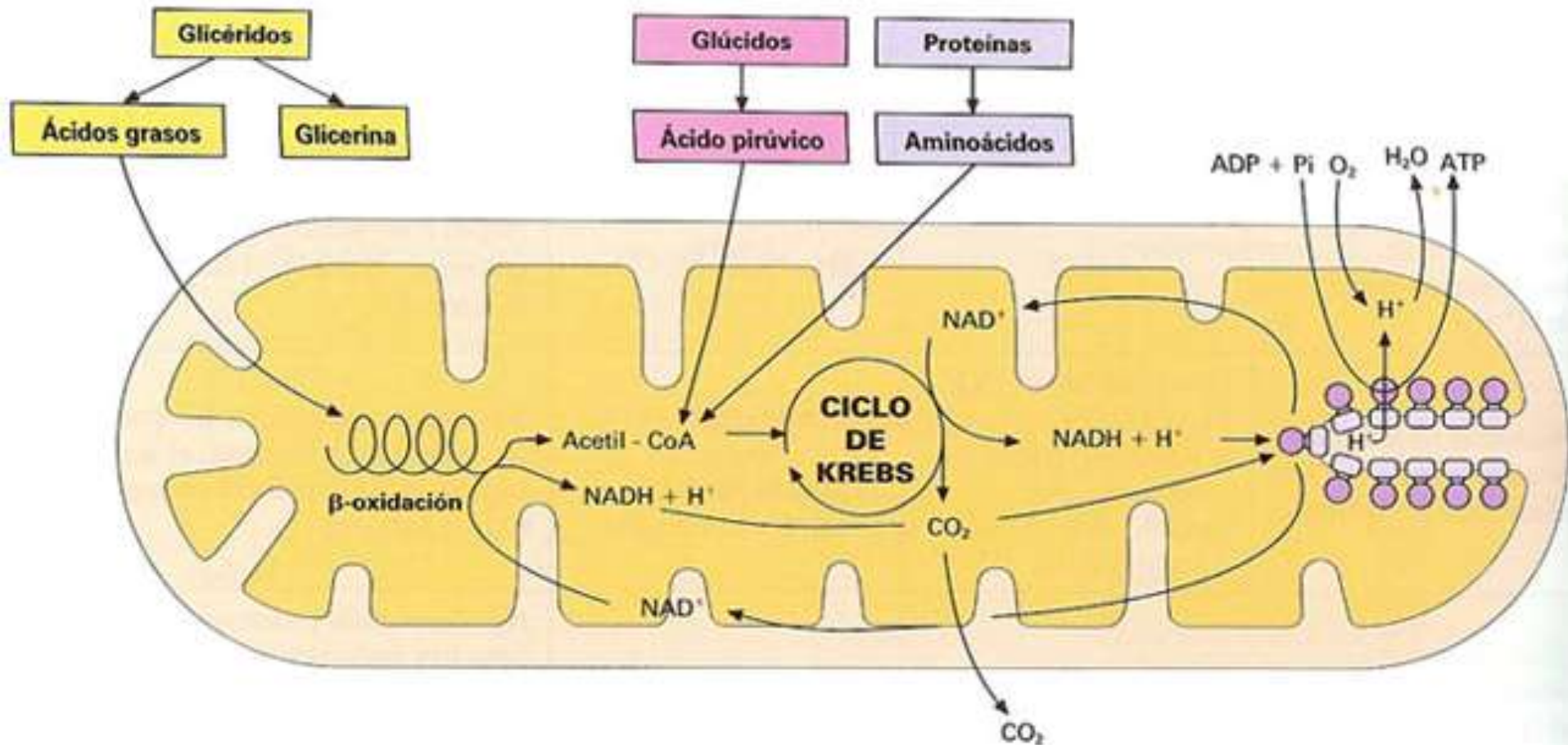
CATABOLISMO

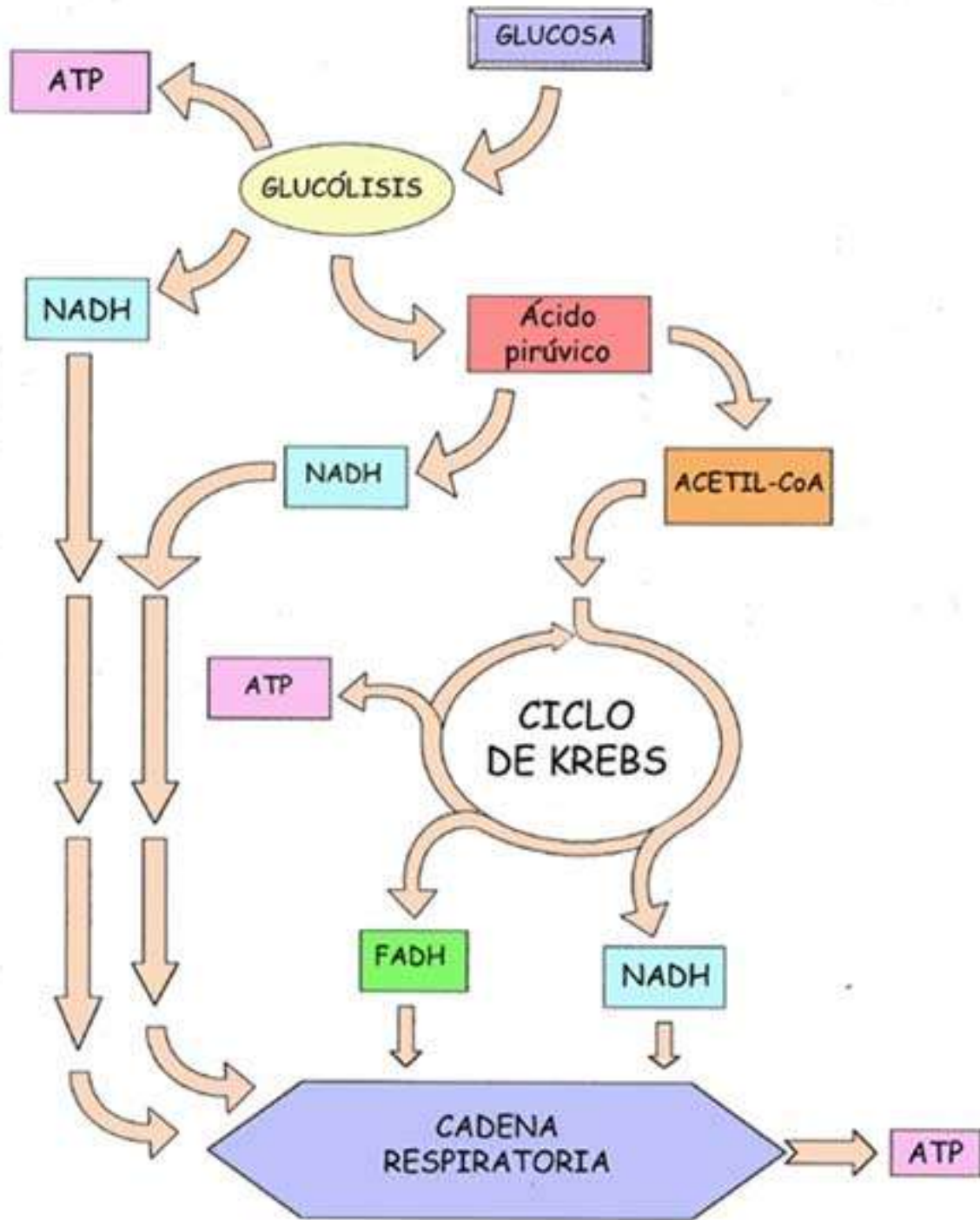
-  Catabolismo de los glúcidos.
-  Catabolismo de las proteínas.
-  Catabolismo de los lípidos.



CATABOLISMO

Esquema de la respiración aerobia mitocondrial de los principios inmediatos





GLUCÓLISIS

La glucosa (6C) y otros monosacáridos son degradados hasta piruvato (3C)

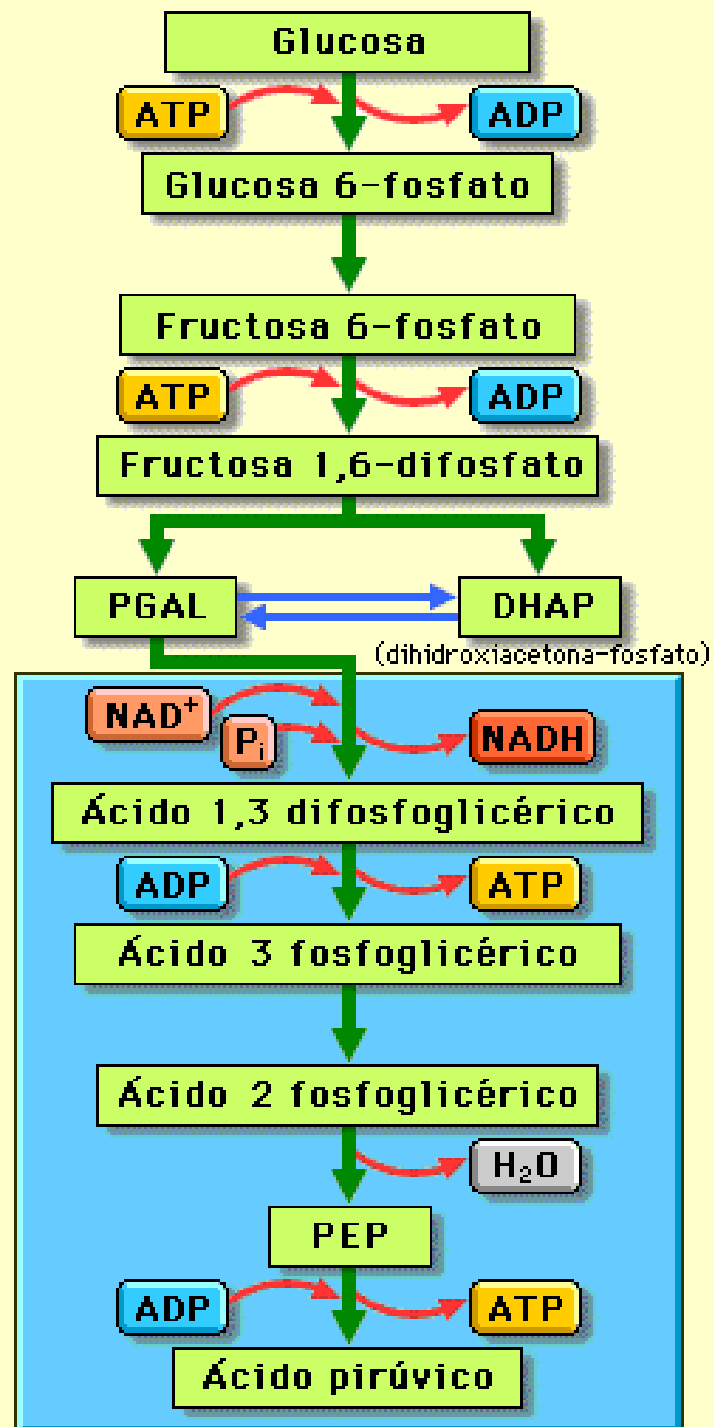
Tiene lugar en el citoplasma ←

No interviene para nada el oxígeno molecular.

Reacción sumaria:



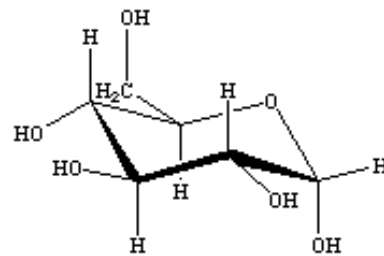
Glucolisis



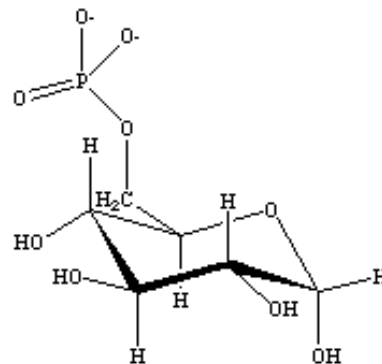
GLUCOSA → GLUCOSA 6 FOSFATO

Fosforilación del sustrato

*Hexoquinasa o
Glucocinasa*
 $\Delta G^{0'} = - 4.0 \text{ kcal/mol}$



α -D-glucopiranososa



α -D-glucopiranososa-6-P

Hexoquinasa:
 K_m muy baja (0.01 mM) para la glucosa.
Inhibida por glc-6-P. No especifica.

Glucocinasa:
 K_m alta (5-10 mM) para la glucosa.
No es inhibida por glc-6-P. Especifica para glucosa

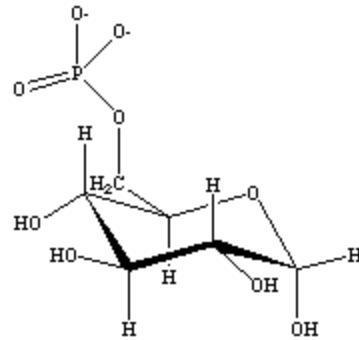
GLUCOSA 6 FOSFATO → FRUCTOSA 6 FOSFATO

Isomerización
(aldosa a cetosa)

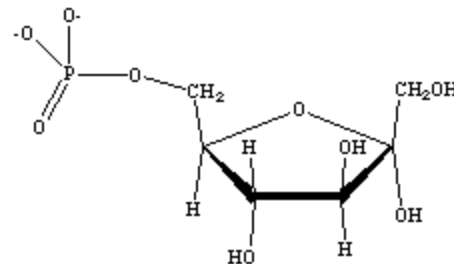
Fosfoglucoisomerasa
 $\Delta G^{0'} = +0.4 \text{ kcal/mol}$



La reacción requiere la apertura del anillo piranósico, la isomerización y, por último, el cierre del anillo en forma furanósica

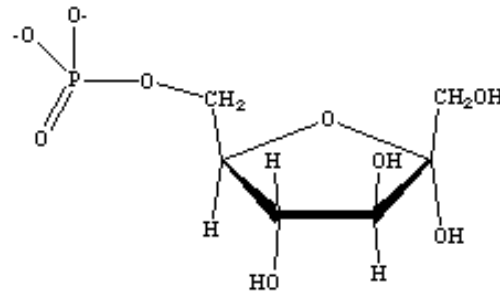


α -D-glucopiranososa-6-P



α -D-fructofuranosa-6-P

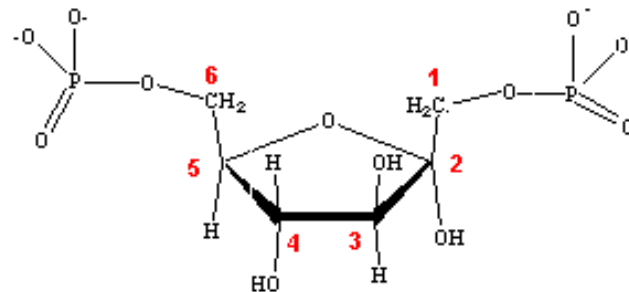
FRUCTOSA 6 FOSFATO → FRUCTOSA 1,6 DIFOSFATO



α -D-fructofuranosa-6-P

Fosforilación del sustrato

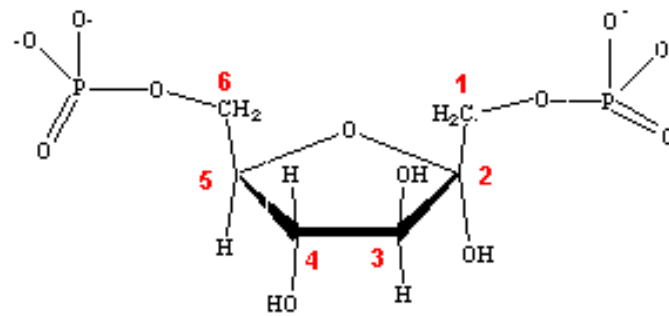
Fosfofructoquinsa-1
 $\Delta G^{0'} = -3.3 \text{ kcal/mol}$



α -D-fructofuranosa-1,6-bis-P

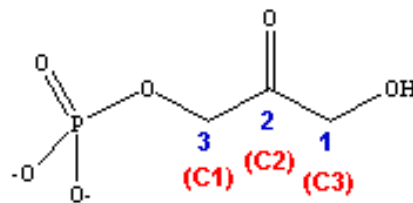
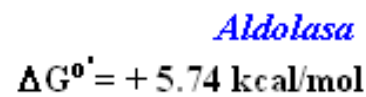
FRUCTOSA 1,6 DIFOSFATO →

DIHIDROXIACETONA FOSFATO + GLICERALDEHIDO 3 FOSFATO

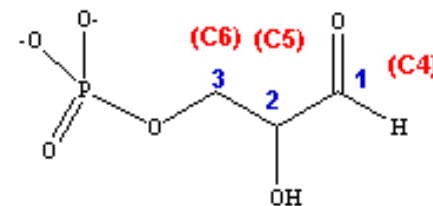


α -D-fructofuranosa-1,6-bis-P

Ruptura aldólica

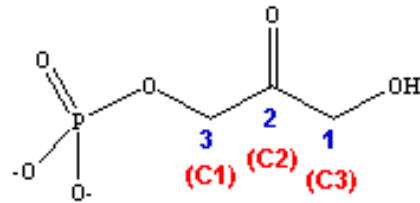


Dihidroxiacetona-P



D-gliceraldehído-3-P

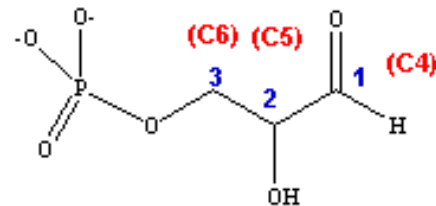
DIHIDROXIACETONA FOSFATO → GLICERALDEHIDO 3 FOSFATO



Dihidroxiacetona-P

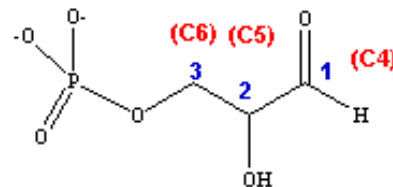
Isomerezación
(cetosa a aldosa)

Triosafofosfato isomerasa
 $\Delta G^{0'} = +1.8 \text{ kcal/mol}$



D-gliceraldehído-3-P

GLICERALDEHIDO 3 FOSFATO → 1,3 DIFOSFOGLICERATO

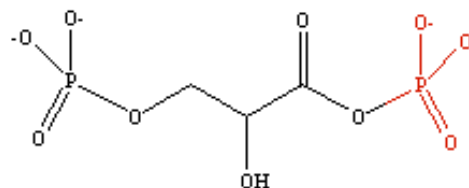


D-gliceraldehído-3-P

Oxidación del C1

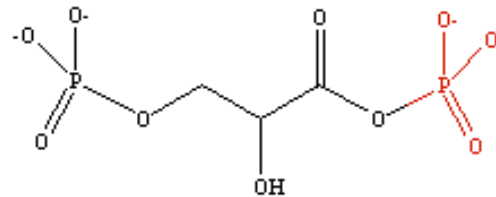


El grupo aldehídico del C1 es oxidado a acil-fosfato (o fosfoanhidro), en vez de originar un carboxilo.



1,3-bis-fosfoglicerato

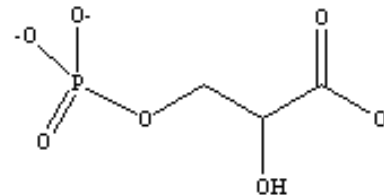
1,3 DIFOSFOGLICERATO → 3 FOSFOGLICERATO



1,3-*bis*-fosfoglicerato

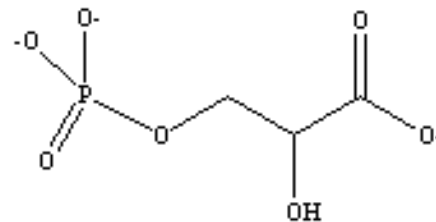
Fosforilación a nivel de sustrato

Fosfoglicerato quinasa
 $\Delta G^{\circ} = -4.5 \text{ kcal/mol}$



3-fosfoglicerato

3 FOSFOGLICERATO → 2 FOSFOGLICERATO

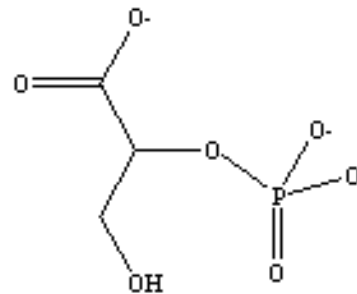
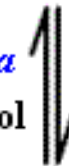


3-fosfoglicerato

Isomarización

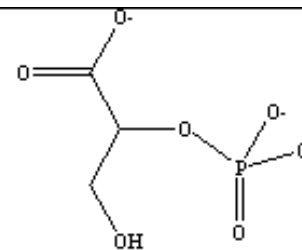
Fosfoglicerato mutasa

$\Delta G^{\circ} = + 1.06 \text{ kcal/mol}$



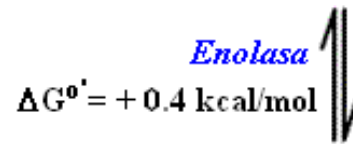
2-fosfoglicerato

2 FOSFOGLICERATO → FOSFOENOLPIRUVATO

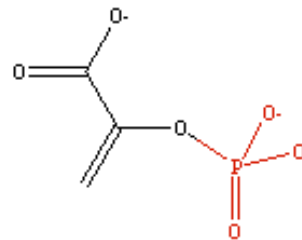


2-fosfoglicerato

Deshidratación del 2-fosfoglicerato (α , β -eliminación)



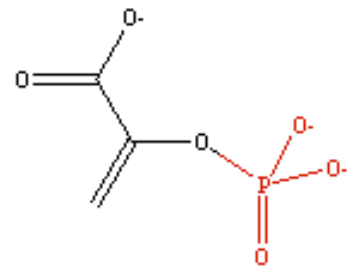
Se origina un compuesto con un enlace éster-fosfato, con un doble enlace adyacente, que hace del PEP un compuesto de alto contenido energético..



Fosfoenolpiruvato

FOSFOENOLPIRUVATO → PIRUVATO

Fosforilación a nivel de sustrato

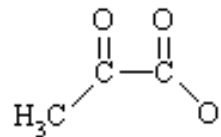


Fosfoenolpiruvato



ADP

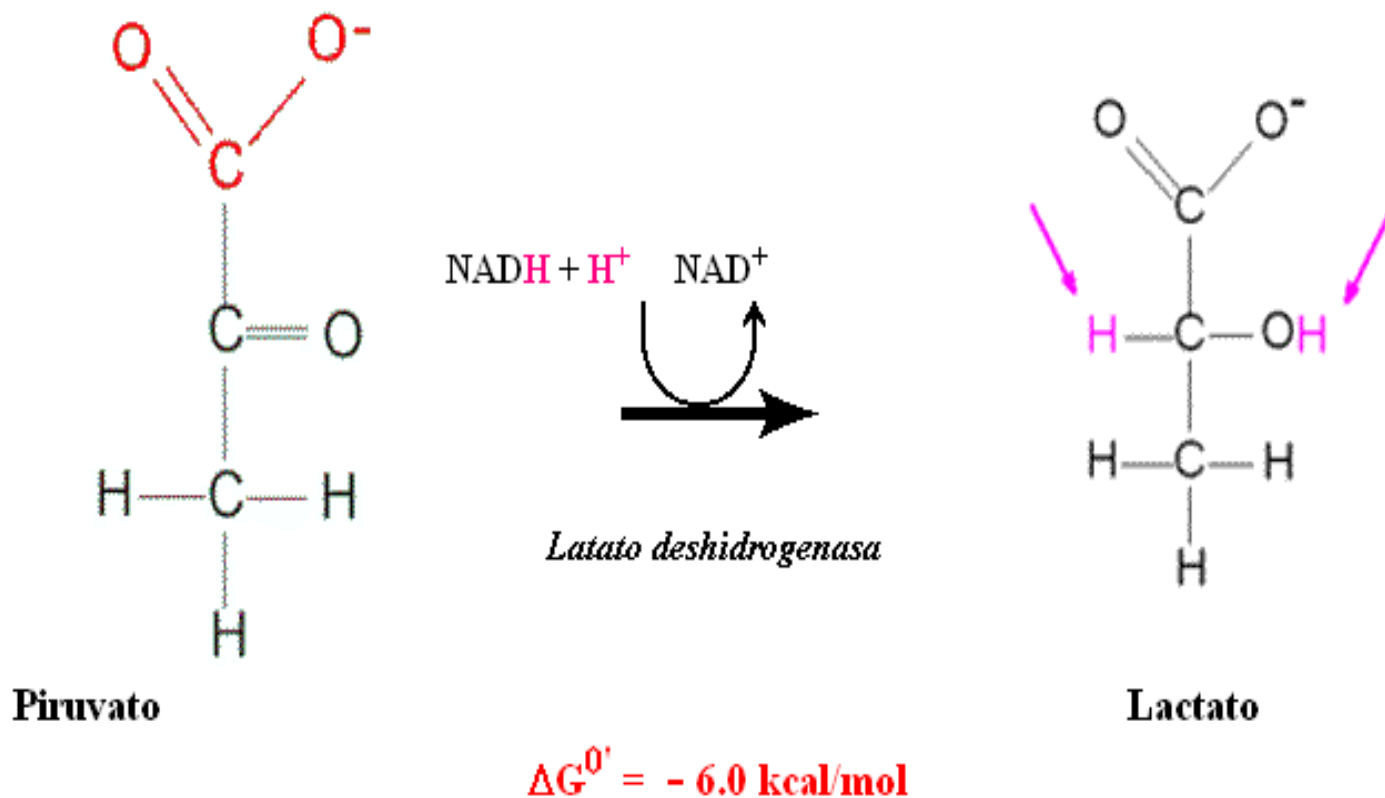
ATP



Piruvato

Fermentaciones

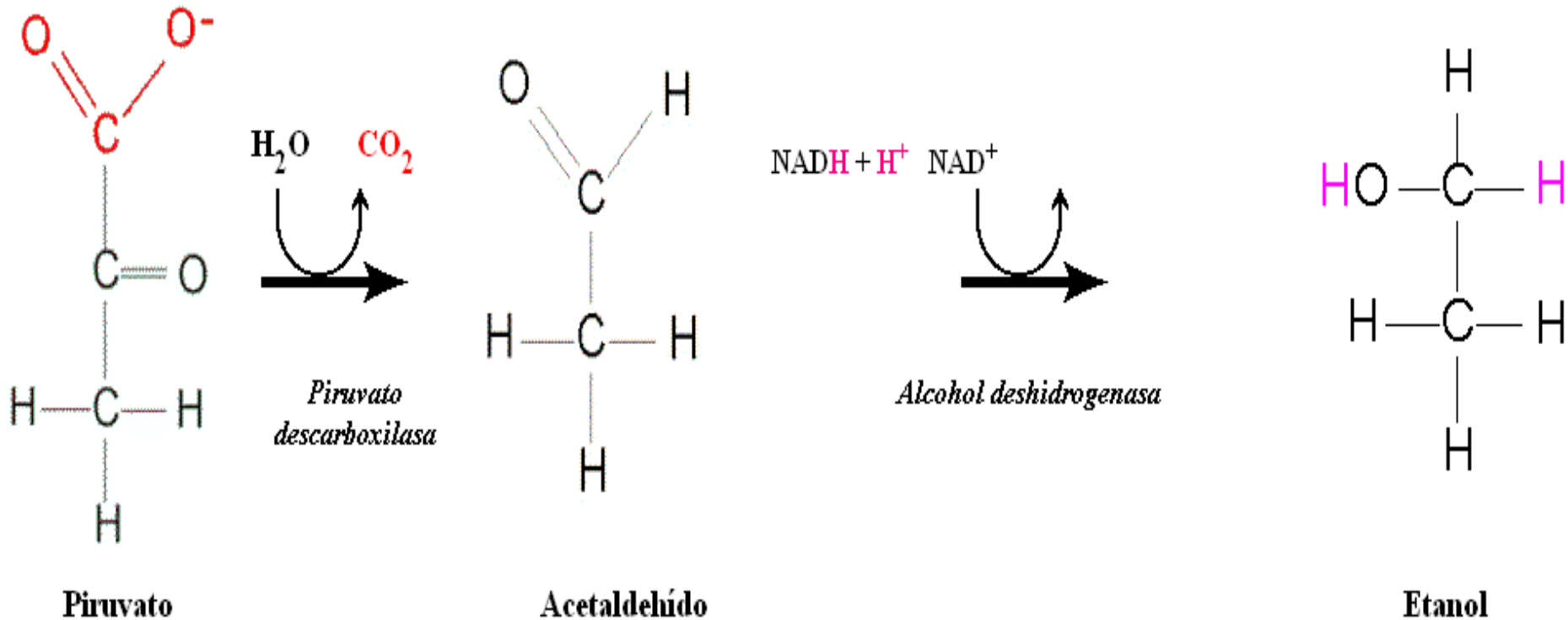
FERMENTACIÓN LÁCTICA



La reacción sumaria de la fermentación láctica sería:
 $\text{Glucosa} + 2\text{ADP} + 2\text{P}_i \text{ -----} > 2\text{Lactato} + 2\text{ATP} + 2\text{H}_2\text{O}$

Fermentaciones

FERMENTACIÓN ALCOHOLICA

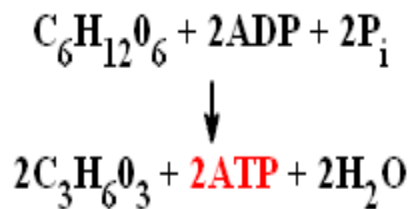


La reacción sumaria de la fermentación alcohólica sería:
 $Glucosa + 2ADP + 2P_i \longrightarrow 2Etanol + 2ATP + 2CO_2$

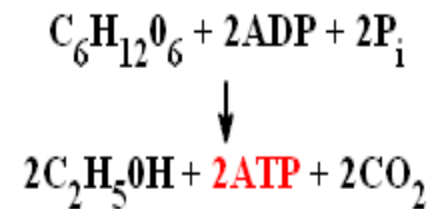
Fermentaciones

RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LAS FERMENTACIONES

FERMENTACIÓN LÁCTICA



FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

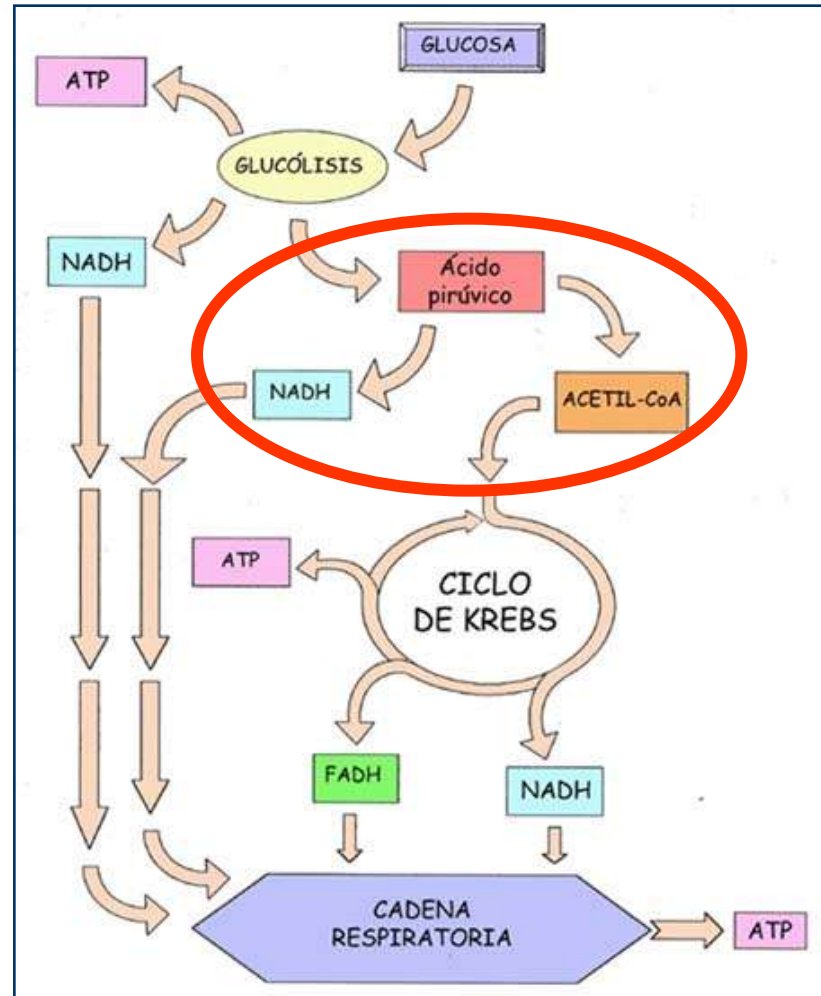


DESCARBOXILACIÓN OXIDATIVA DEL PIRUVATO

El ácido piruvico se transforma en Acetil-CoA mediante descarboxilación y deshidrogenación.

Esto tiene lugar en la MEMBRANA DE LA MITOCONDRIA

de forma que el ACETIL-CoA formado pasa al interior de la MATRIZ MITOCONDRIAL

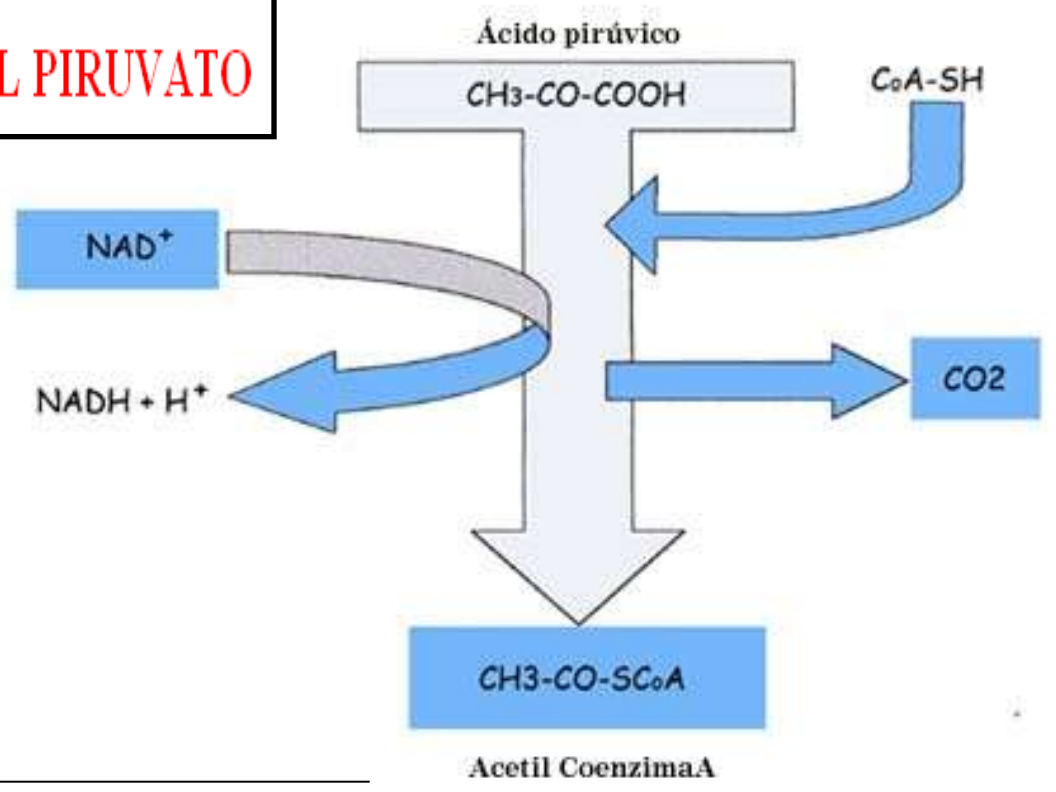


DESCARBOXILACIÓN OXIDATIVA DEL PIRUVATO

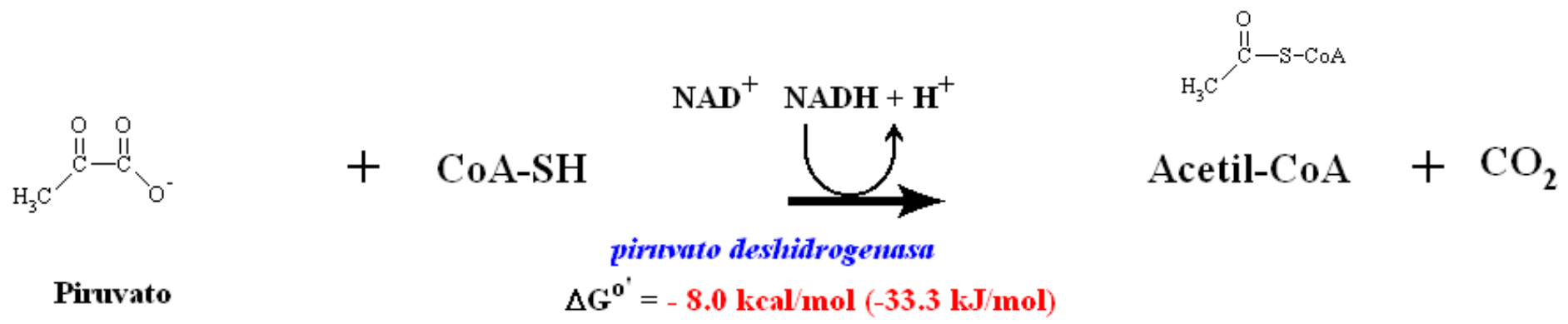
↑ CITOPLASMA

MEMBRANA MITOCONDRIAL

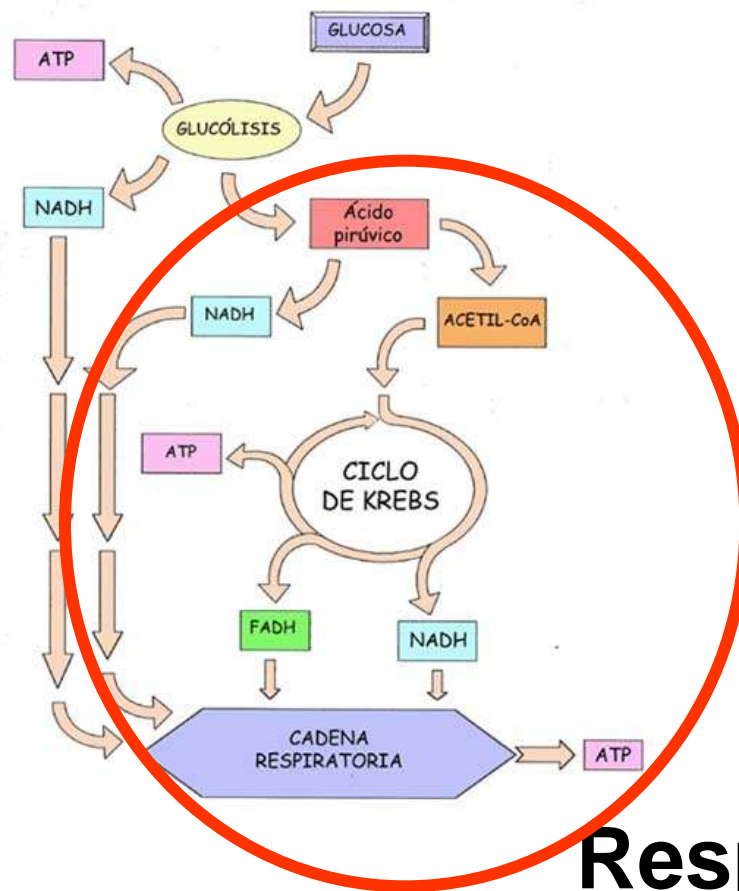
↓ MATRIZ



El piruvato es convertido a acetil-CoA mediante una reacción de **descarboxilación y deshidrogenación**



La reacción es esencialmente IRREVERSIBLE en la célula.

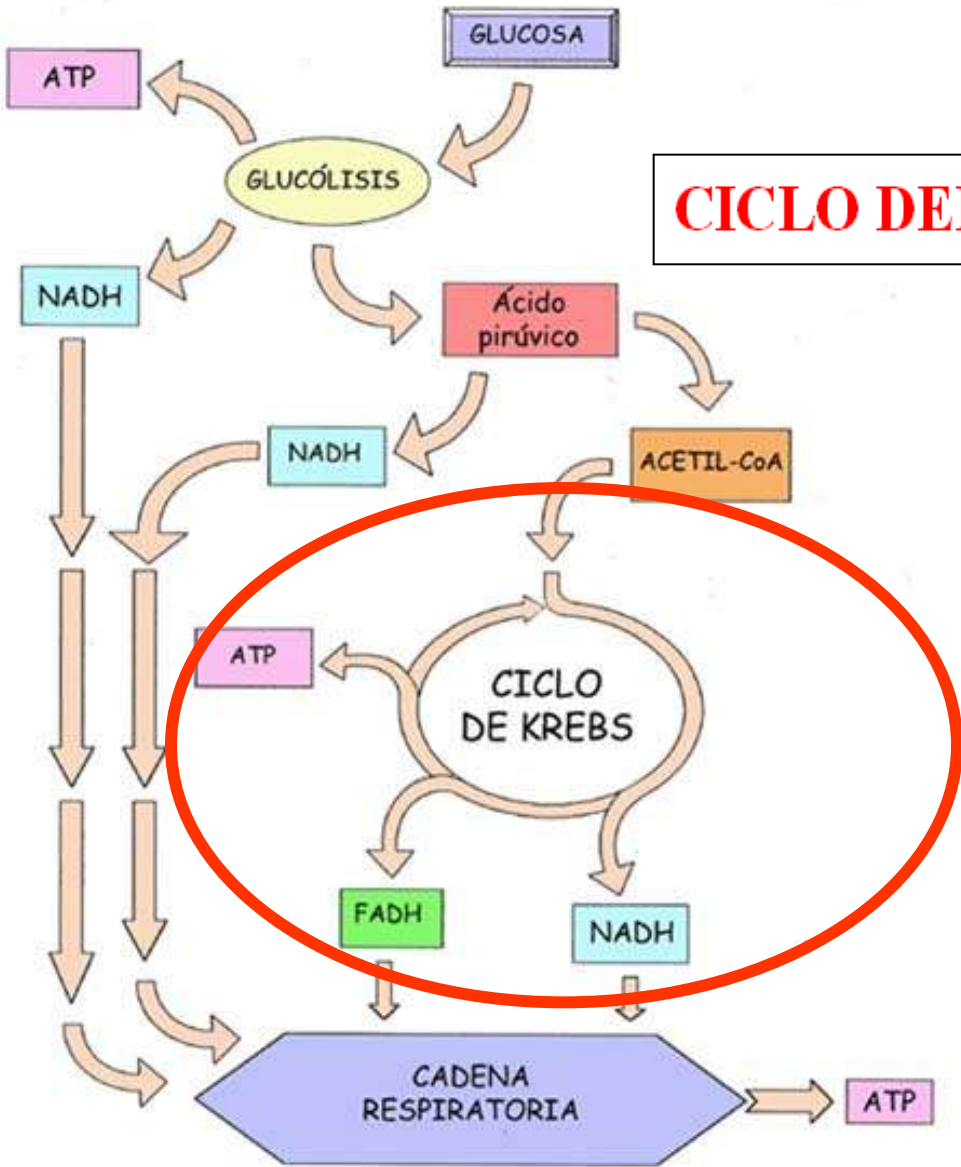


Respiración celular

el **ácido pirúvico** formado en la **glucólisis** se oxida completamente a CO_2 y agua en presencia de oxígeno.

Se desarrolla en dos etapas sucesivas:

- el **ciclo de Krebs** y
- la **cadena respiratoria**, asociada a la **fosforilación oxidativa**.



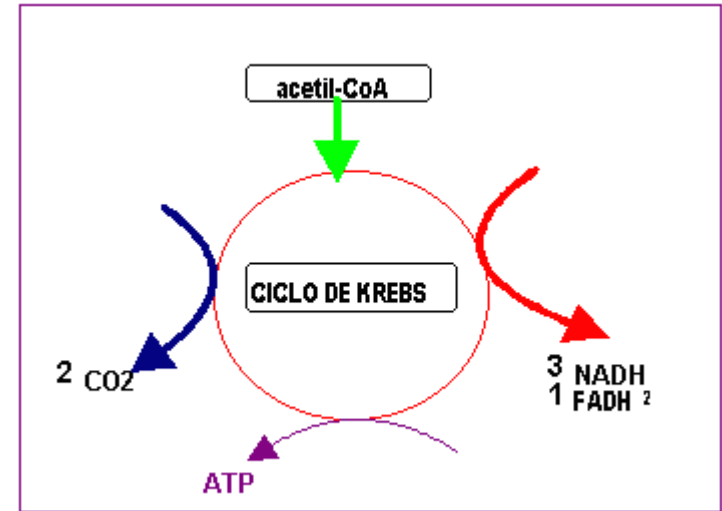
CICLO DEL ÁCIDO CÍTRICO O DE KREBS

Tiene lugar en el interior de la **MITOCONDRIA** (en la **MATRIZ**)

CICLO DEL ÁCIDO CÍTRICO O DE KREBS

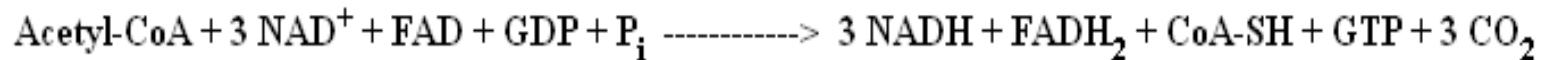
Tiene lugar en la **MATRIZ DE LAS MITOCONDRIAS**

La membrana mitocondrial externa es permeable a la mayoría de las moléculas de pequeño tamaño, sin embargo la interna tiene una permeabilidad selectiva y controla el movimiento de iones hidrógeno.



Se encarga de transformar los carbonos de la acetil-CoA en CO_2 y H_2O

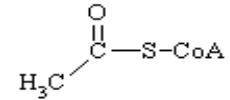
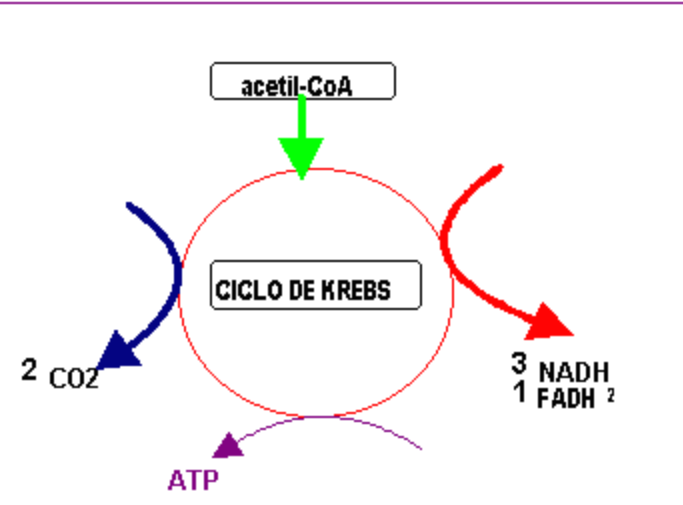
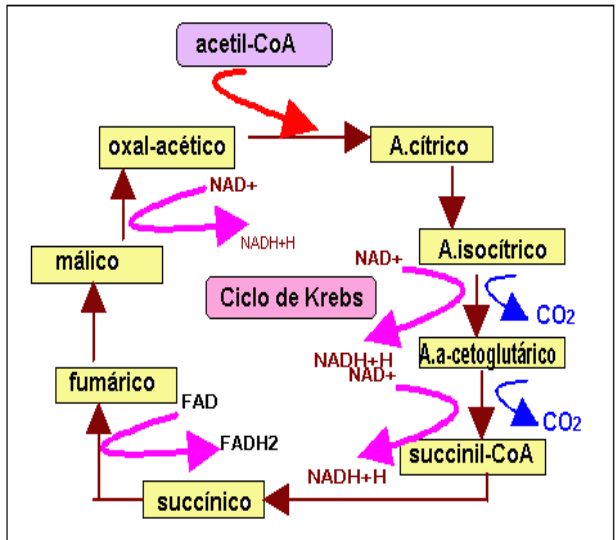
Reacción sumaria:



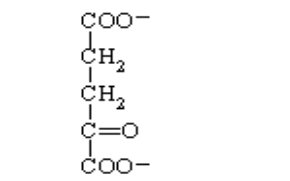
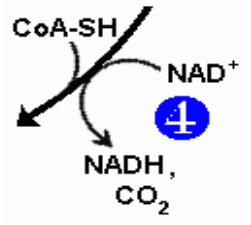
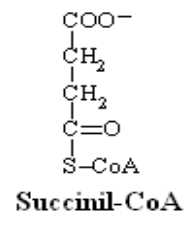
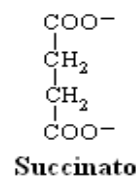
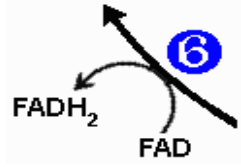
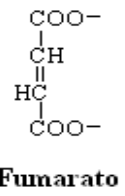
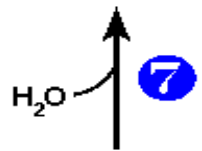
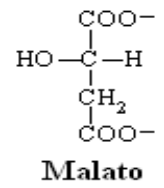
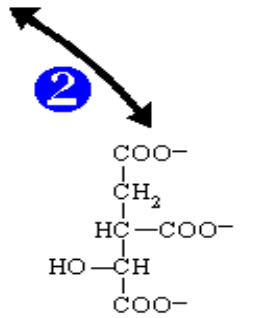
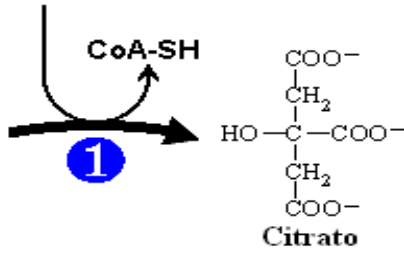
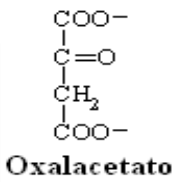
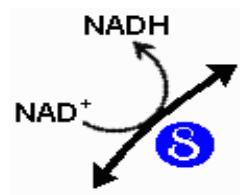
RESUMEN del CICLO DEL ÁCIDO CÍTRICO:

- 1.- El acetato (2C, como Ac-CoA) se condensa con una molécula de 4C para dar citrato.
- 2.- Se dan dos descarboxilaciones por vuelta del ciclo, con lo que la entrada de los 2C queda compensada.
- 3.- Los 2C que se pierden en una vuelta del ciclo no son los que provienen del acetato que entra en esa vuelta.
- 4.- La oxidación tiene lugar en cuatro pasos (3 con NAD^+ y uno con FAD)
- 5.- Se genera una molécula de ATP por vuelta del ciclo.
- 6.- El ciclo termina con la regeneración del acetato.

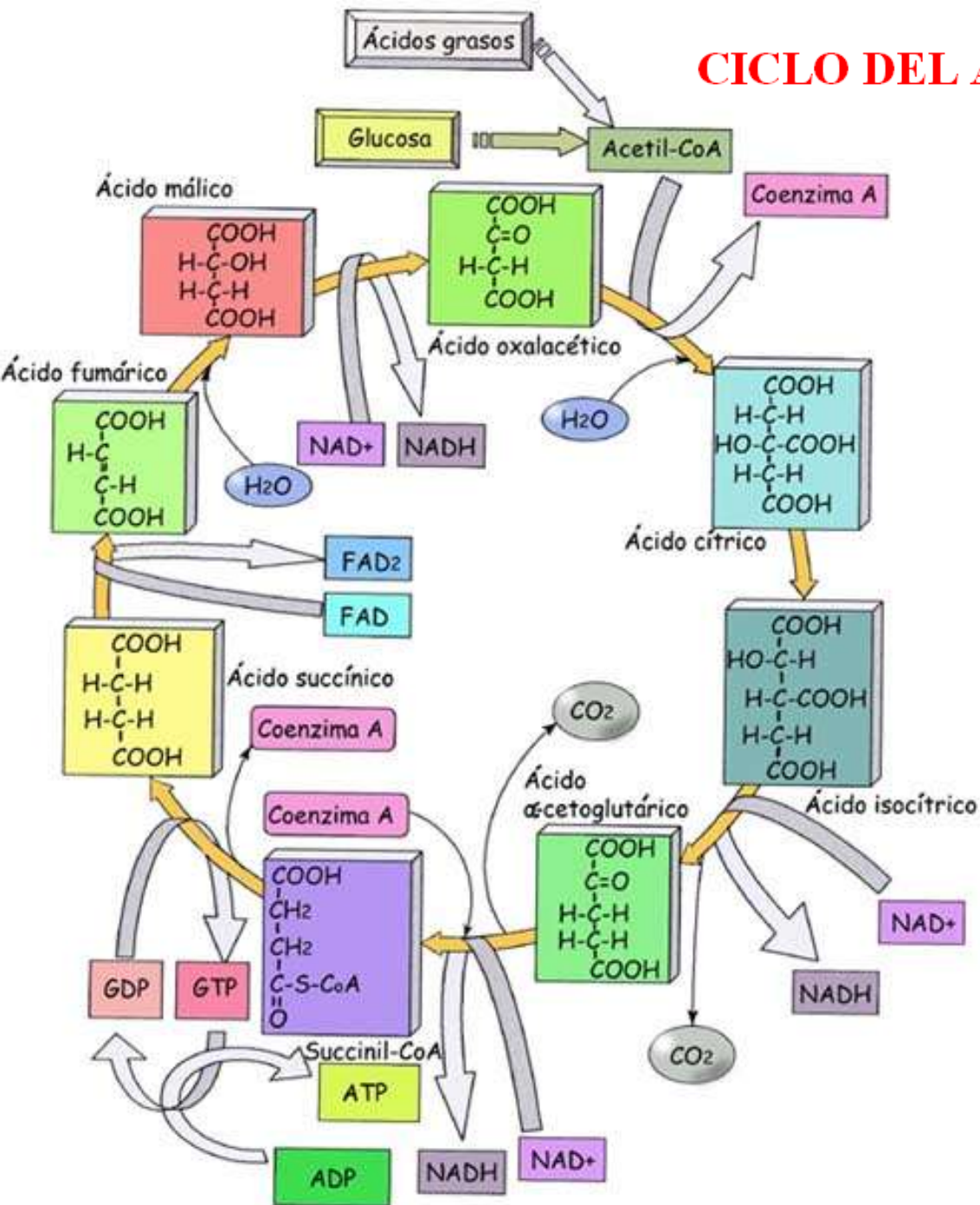
CICLO DEL ÁCIDO CÍTRICO O DE KREBS



Acetyl-CoA



CICLO DEL ÁCIDO CÍTRICO O DE KREBS



GLUCOLISIS

+

DESCARBOXILACIÓN DEL PIRUVATO (A ACETIL-CoA)

+

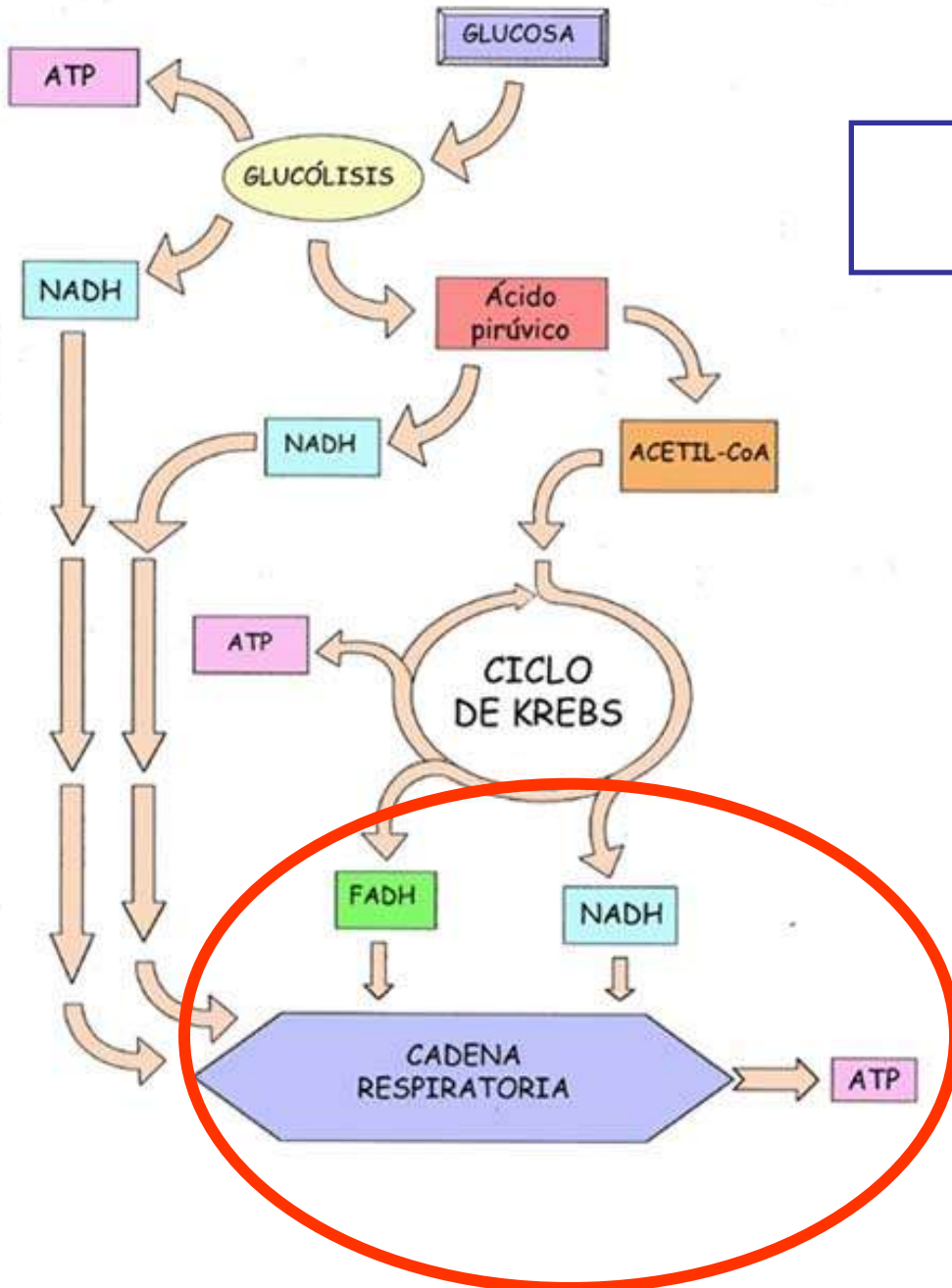
CICLO DE KREBS

RESUMEN

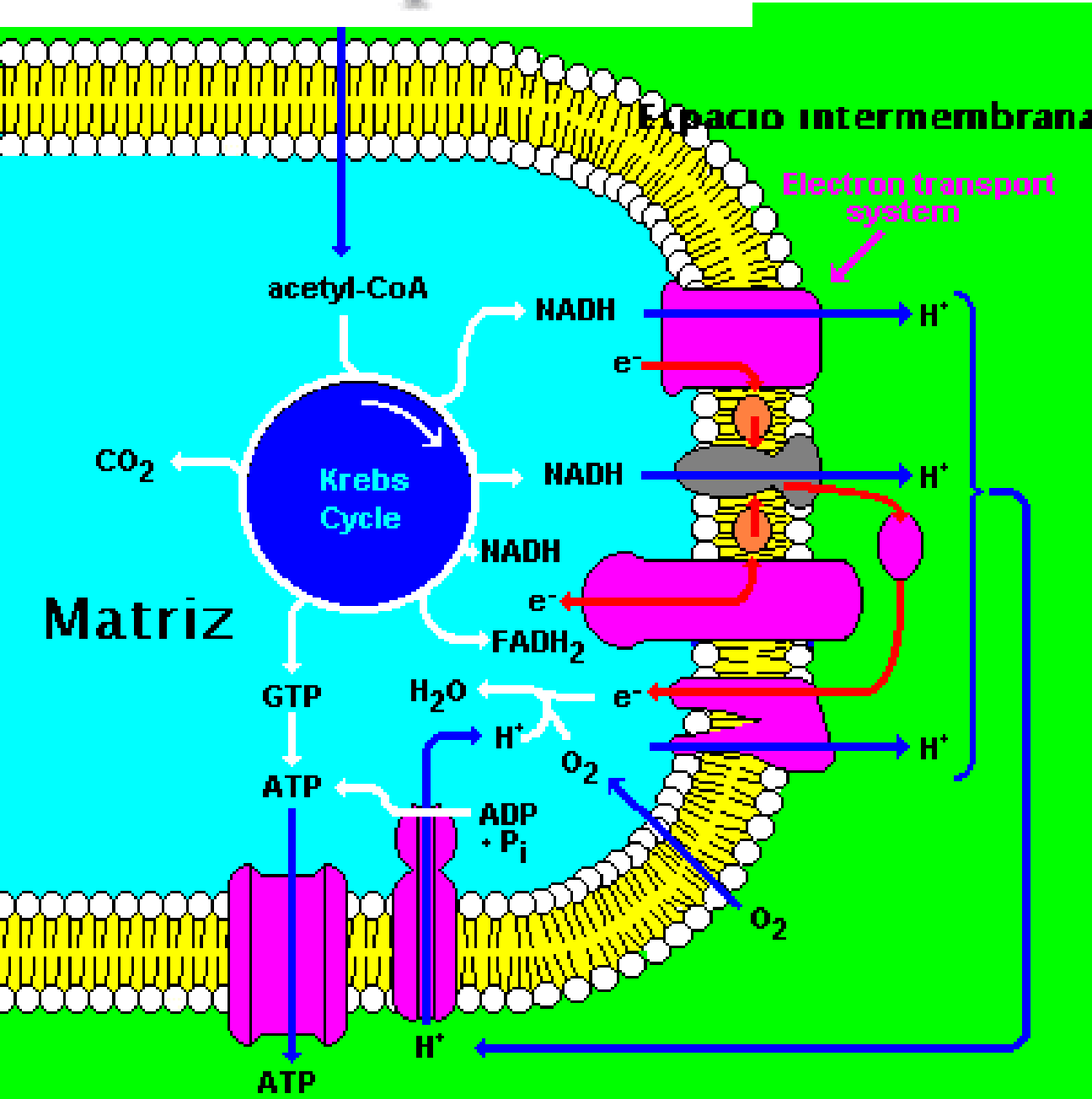


CADENA RESPIRATORIA Y FOSFORILACION OXIDATIVA

Tiene lugar en las **CRESTAS MITOCONDRIALES** donde se encuentran las enzimas necesarias y específicas que permiten el acoplamiento energético y la transferencia de electrones



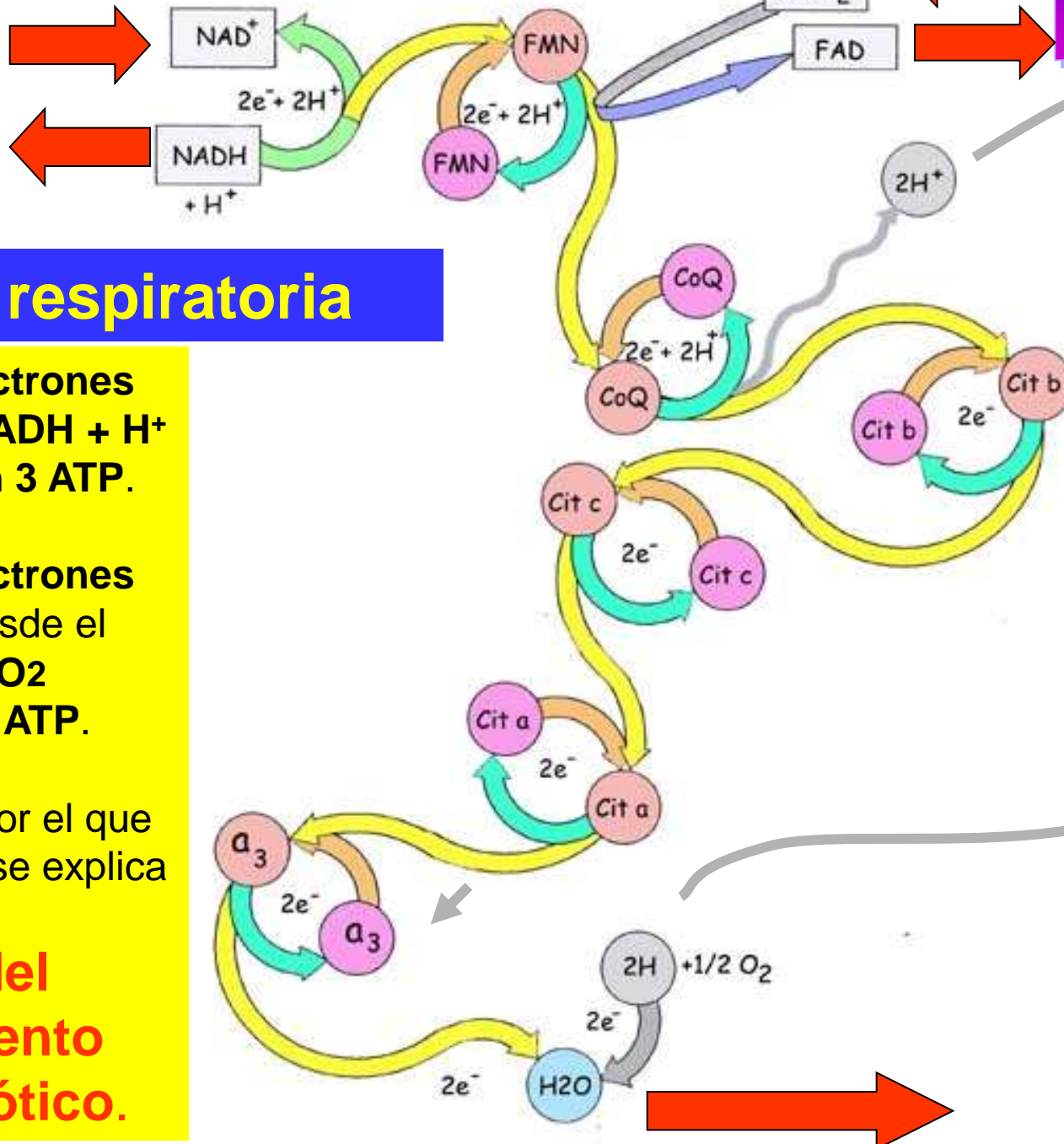
Cadena respiratoria



Cuando los electrones se mueven por la **cadena transportadora** van a niveles energéticos inferiores liberando energía que se emplea para **fabricar ATP** a partir de ADP, en el proceso de **fosforilación oxidativa**.

Krebs

Krebs



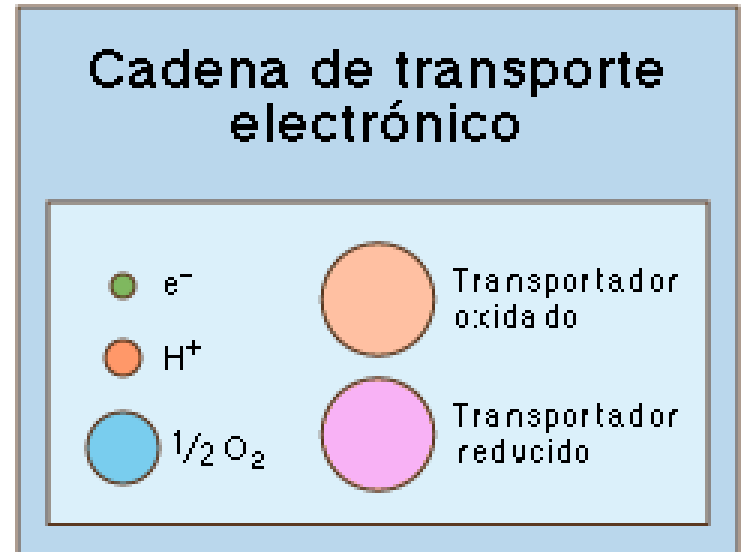
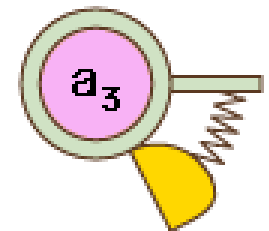
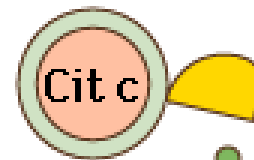
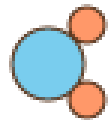
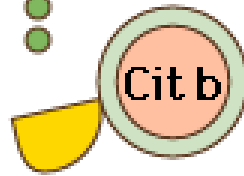
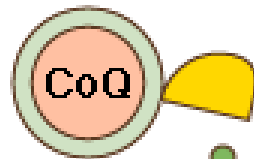
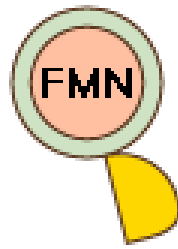
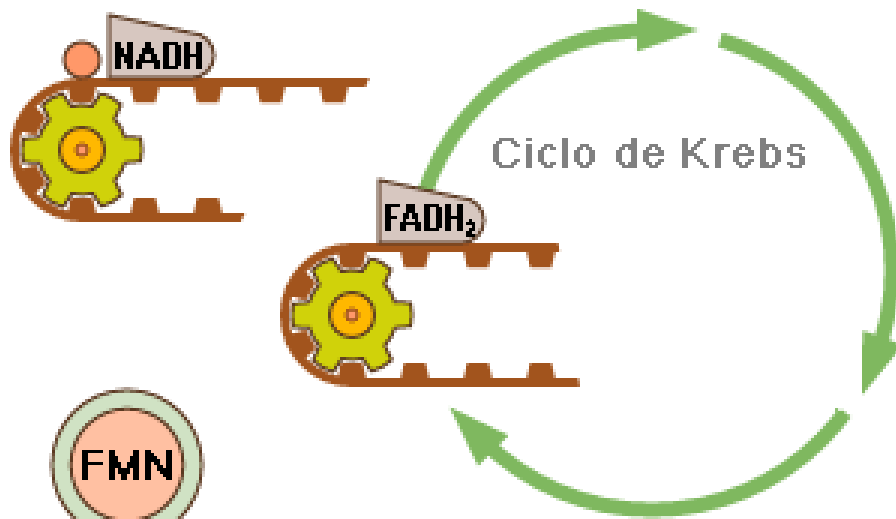
Cadena respiratoria

Por cada **2 electrones** que pasan del **$\text{NADH} + \text{H}^+$** al **O_2** se forman **3 ATP**.

Por cada **2 electrones** que pasan desde el **FADH_2** al **O_2** se forman **2 ATP**.

El mecanismo por el que se produce ATP se explica por la

teoría del acoplamiento quimiosmótico.



Balance energético total de la DEGRADACION AEROBIA DE LA GLUCOSA

Si partimos de glucosa, el RENDIMIENTO MÁXIMO de su degradación aerobia será

Glucólisis: 2ATP + 2NADH $2 + (2 \times 3) = 8 \text{ ATP}$

Descarboxilación oxidativa del piruvato: 2 NADH $2 \times 3 = 6 \text{ ATP}$

Ciclo de Krebs: 2ATP + 6NADH + 2FADH₂ $2 + (6 \times 3) + (2 \times 2) = 24 \text{ ATP}$

Total: 8 + 6 + 24 = 38 ATP.

Catabolismo de los lípidos

LÍPIDOS SAPONIFICABLES

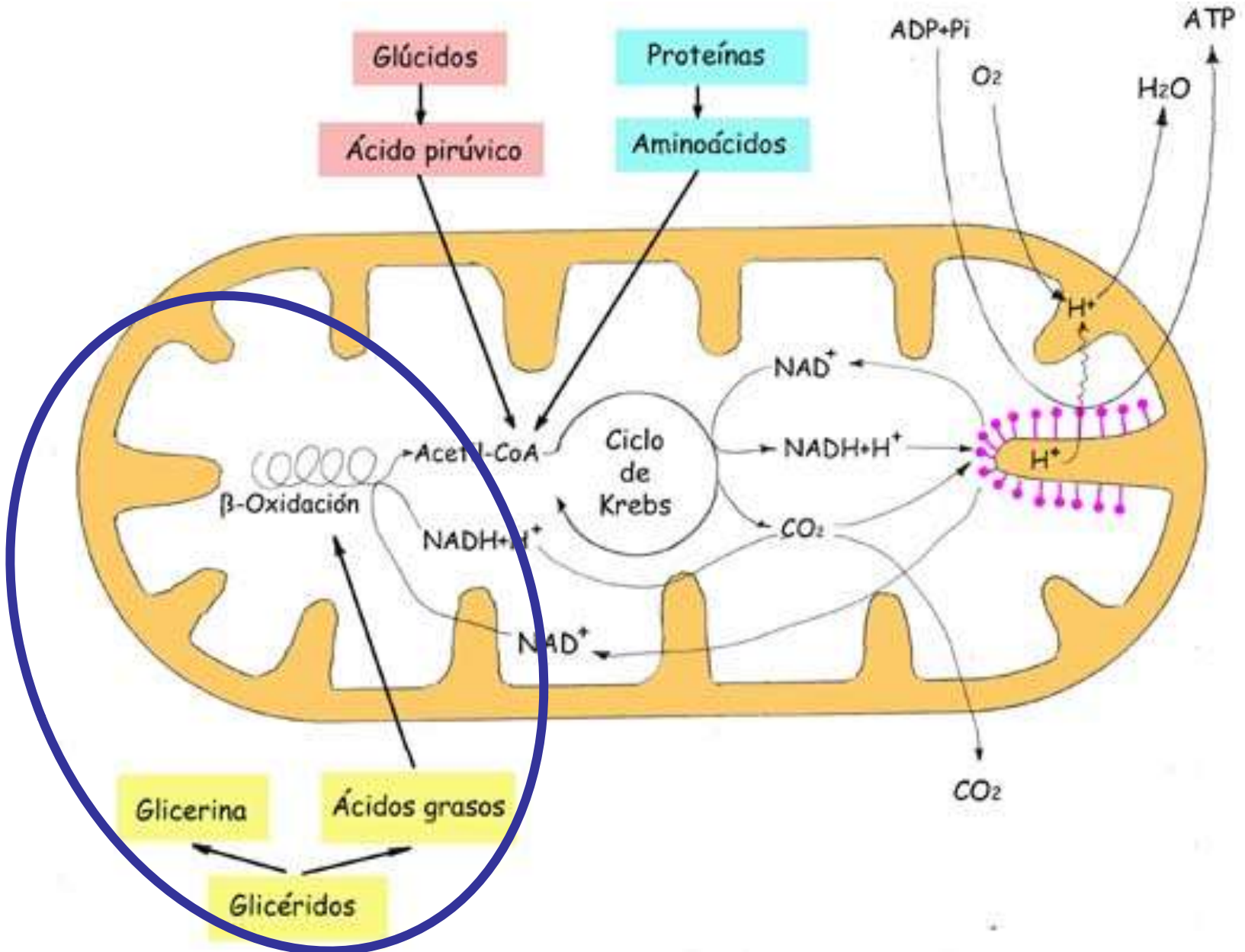
Tri(acil)glicérido = **glicerina** + 3 **ácidos grasos**

Fosfolípido = **glicerina** + alcohol + ácido fosfórico
+ 2 **ácidos grasos**

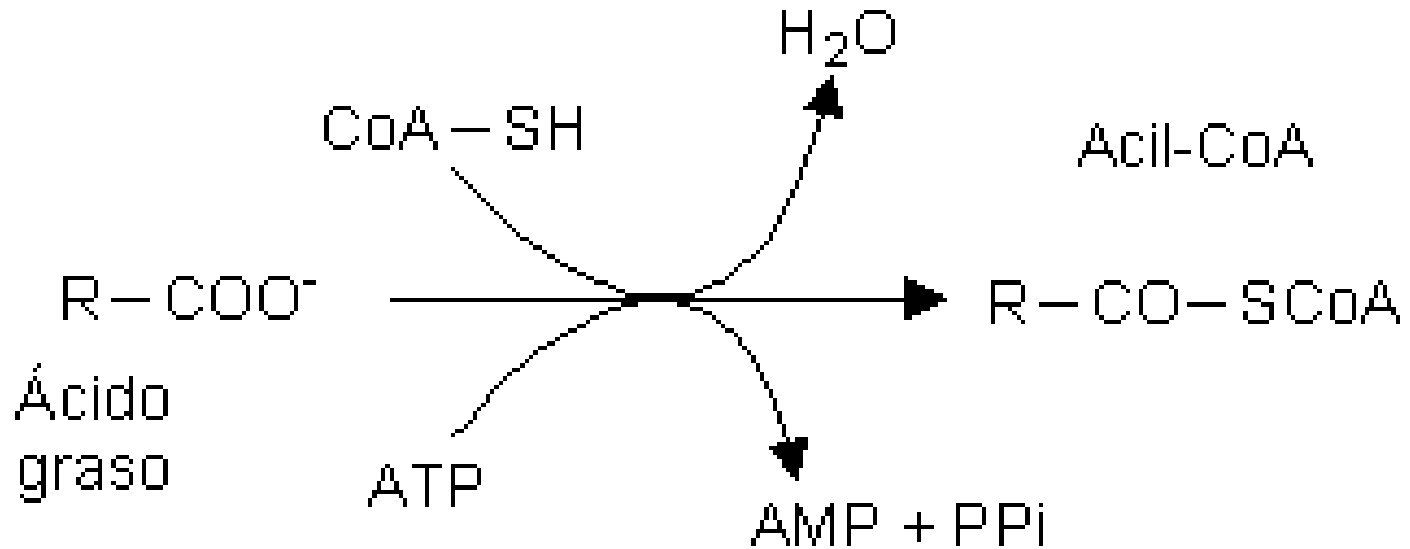
Glicerina → Dihidroxiacetona (a Glucolisis)

Ácidos Grasos → Acetil-CoA (a ciclo de Krebs)
(β-oxidación de ácidos grasos)

β -oxidación de ácidos grasos : Hélice de Lynnen



β -oxidación de ácidos grasos

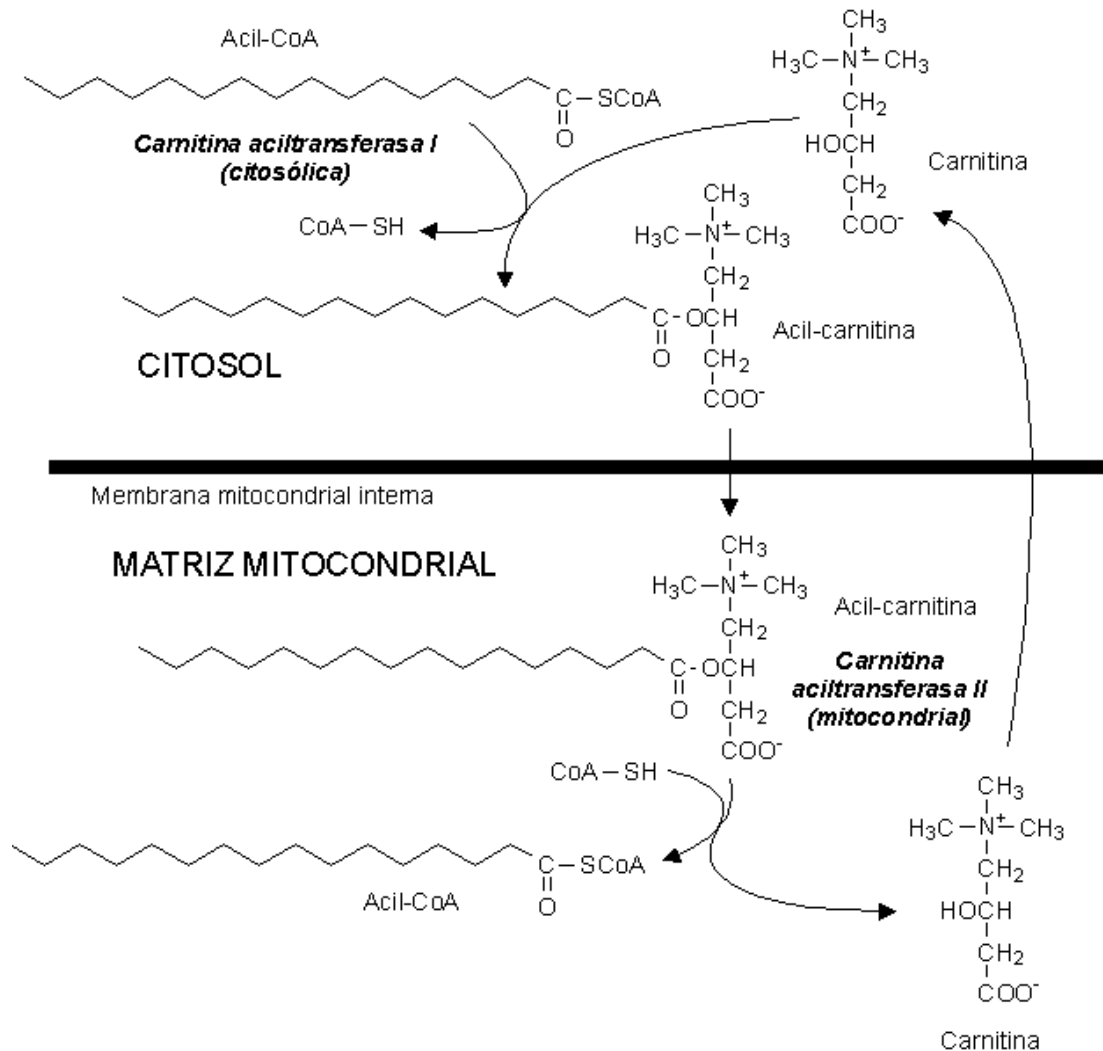


Ácido graso : Coenzima A ligasa

**Primer paso: ACTIVACIÓN DEL ACIDO GRASO (con Coenzima A)
(EN EL CITOPLASMA)**

Activación del ácido graso (unión a una CoA, formando ACIL-CoA)

β -oxidación de ácidos grasos



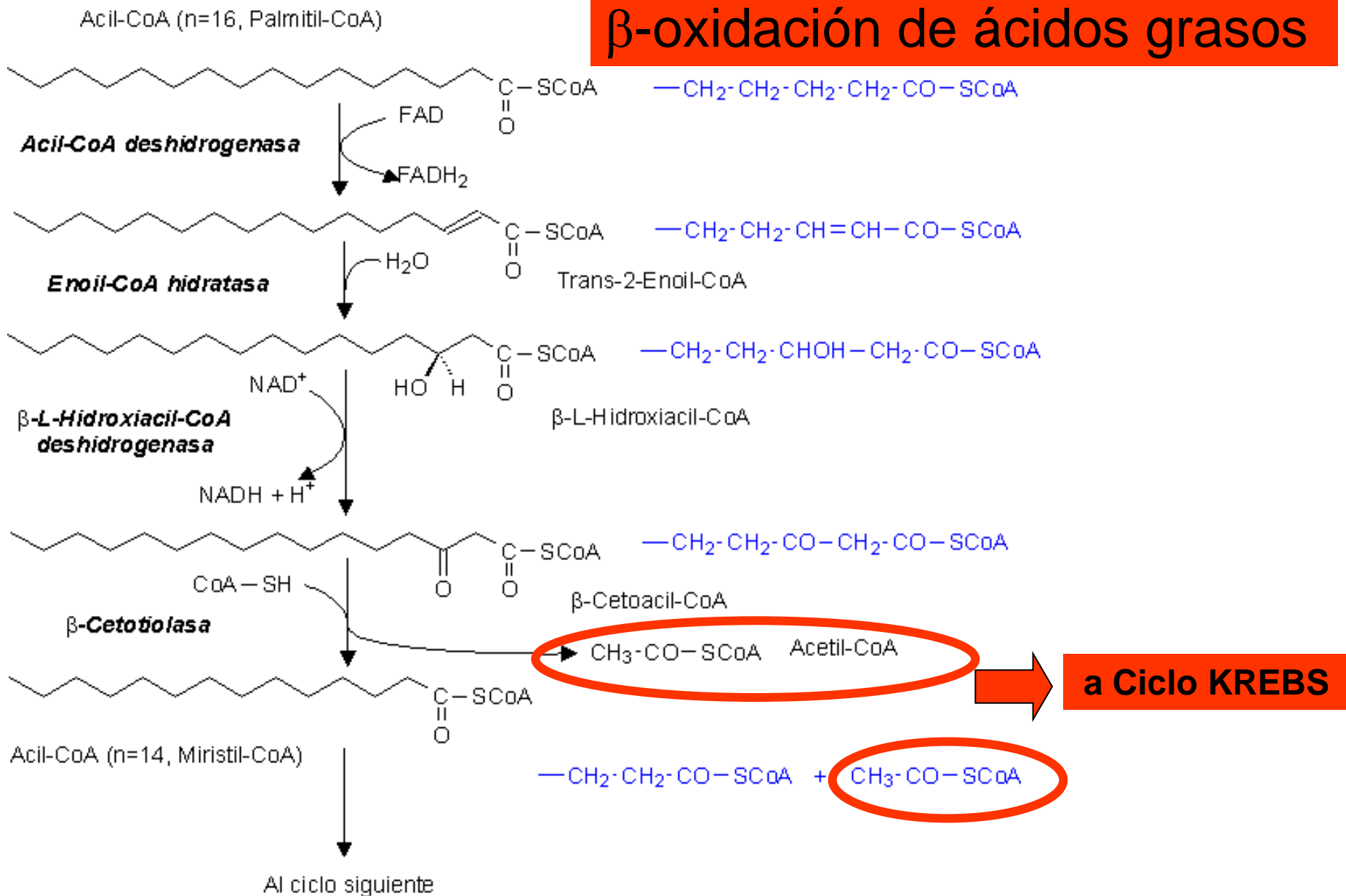
El acil-CoA pierde la CoenzimaA y se une a la Carnitina.

Como Acil-Carnitina pasa la membrana.

Dentro de la mitocondria, el radical acilo se separa de la carnitina y vuelve a unirse a un CoenzimaA

**Segundo paso: PASO DEL CITOPLASMA AL INTERIOR DE LA MITOCONDRIA
(En MEMBRANA DE MITOCONDRIA) Transportador : CARNITINA**

β -oxidación de ácidos grasos



Tercer paso: HÉLICE DE LYNEN (EN LA MATRIZ MITOCONDRIAL)

Cada paso supone la separación de dos carbonos en forma de Acetil-CoA