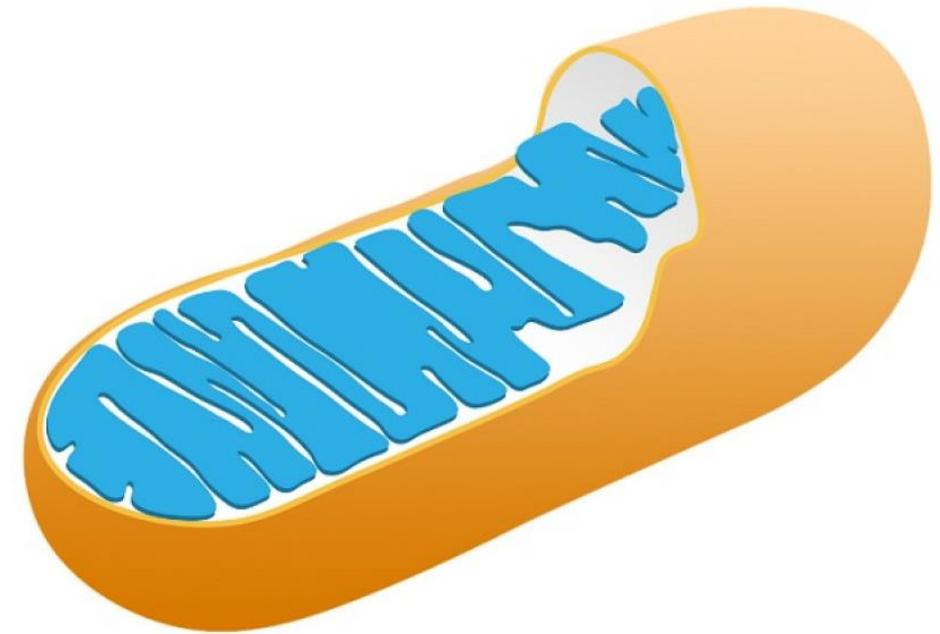
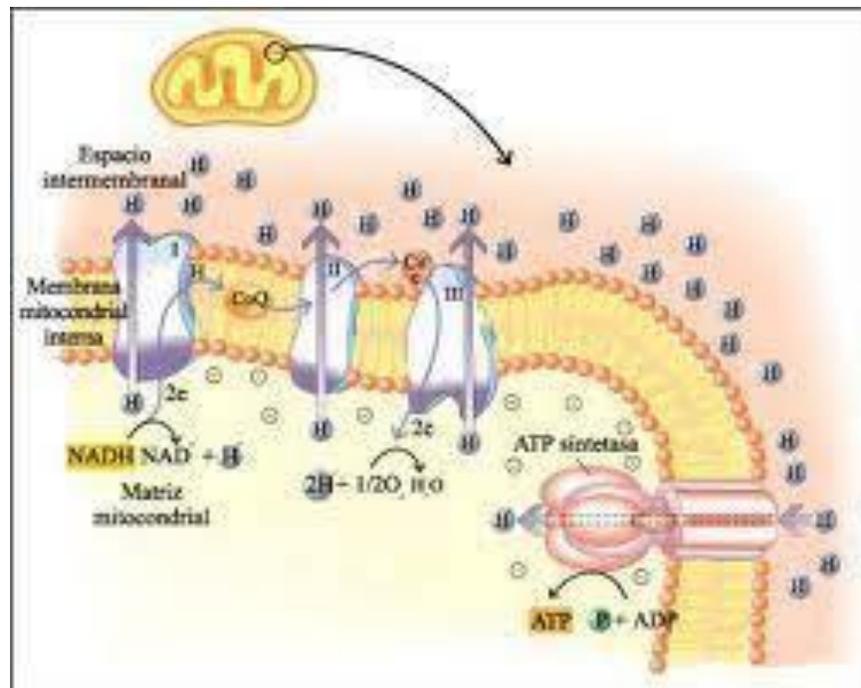
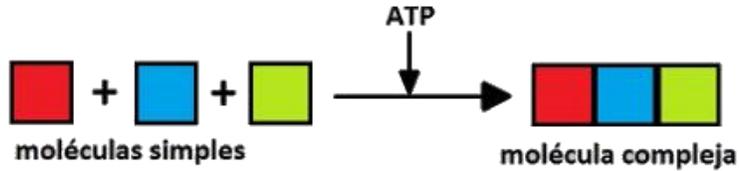


Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

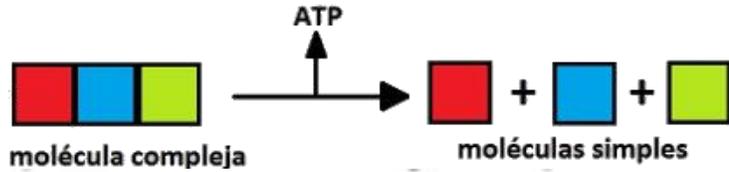


Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

ANABOLISMO



CATABOLISMO

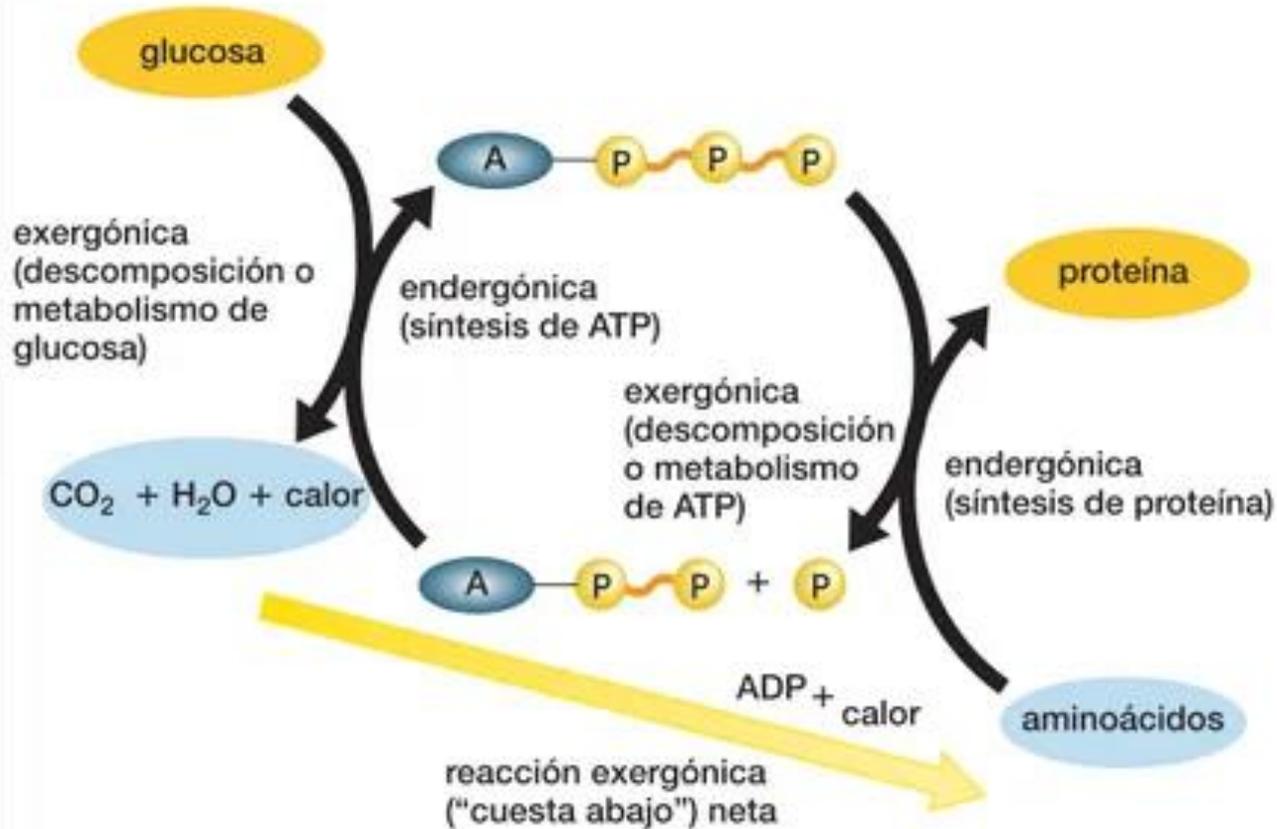


Reacciones exergónicas

Liberan más energía de la que absorben; la formación de nuevos enlaces de los productos liberan una cantidad de energía mayor que la absorbida para romper los enlaces de los reactivos. Regularmente las reacciones catabólicas son exergónicas.

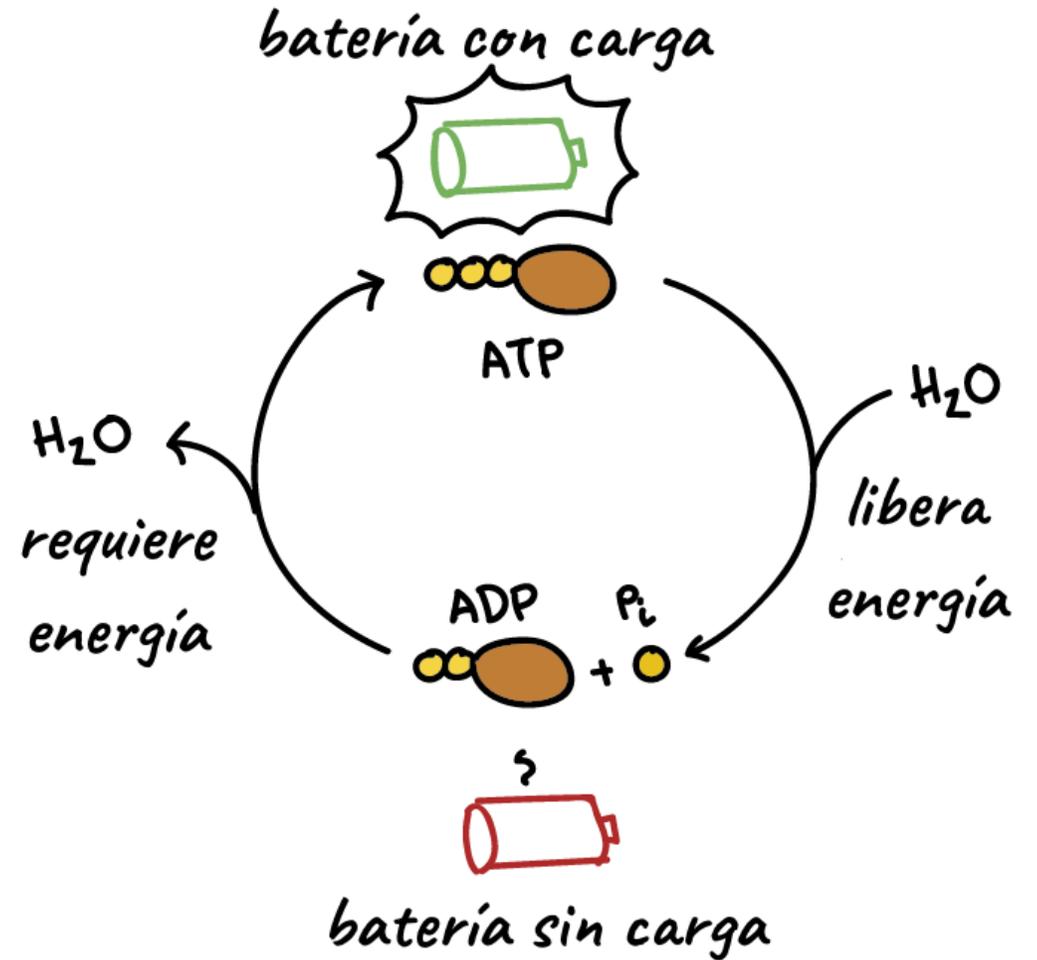
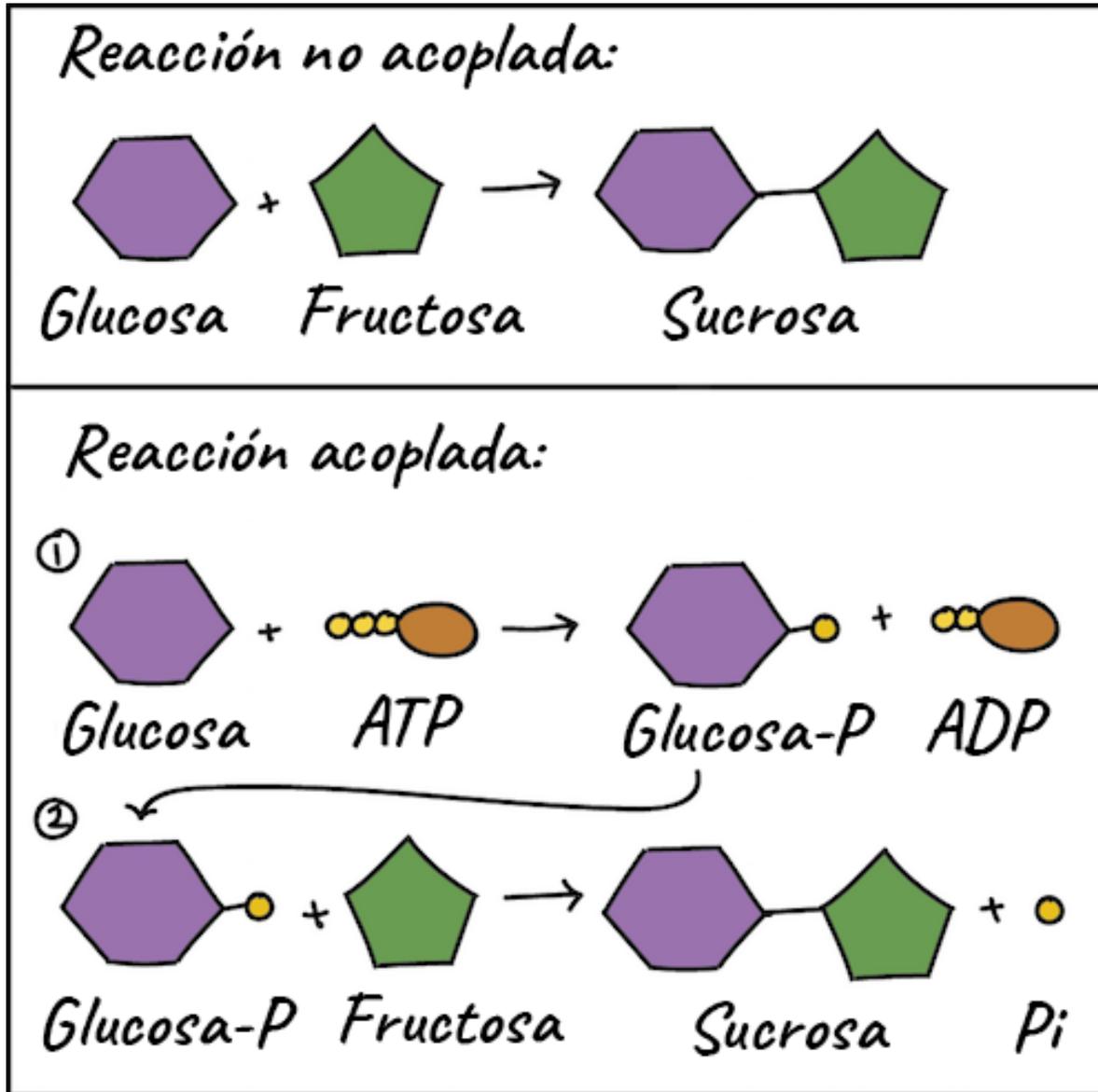
Reacciones endergónicas

Se manifiestan durante los procesos anabólicos; de manera que, requieren que se le añada energía a los reactivos. Las reacciones endergónicas se llevan a cabo con la energía liberada por las reacciones exergónicas.

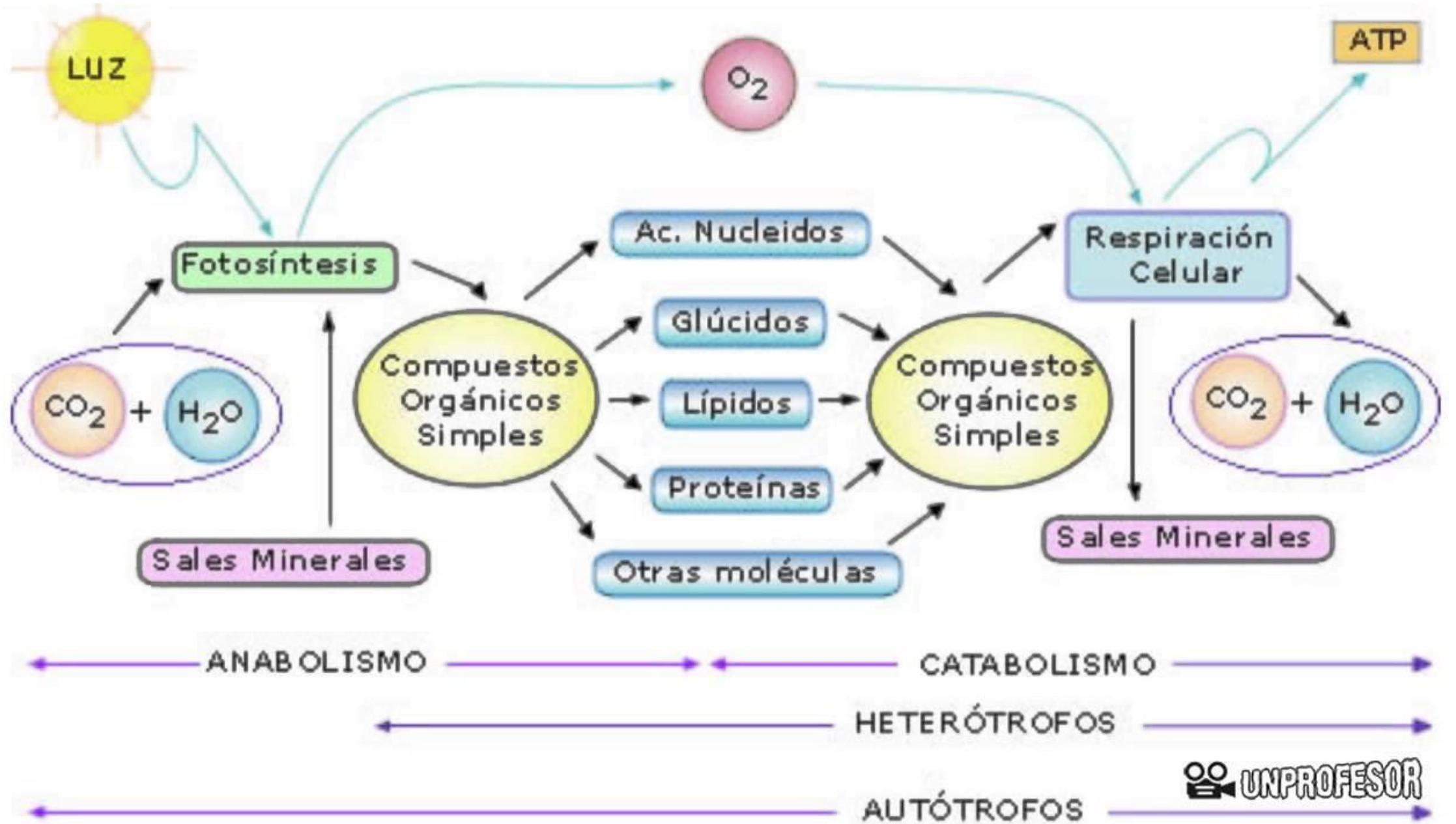


Reacciones acopladas
→ metabolismo celular

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos



Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos



Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

El acoplamiento de las reacciones endergónicas y exergónicas está mediado por **intermediarios de alta energía**

Los compuestos ricos en energía

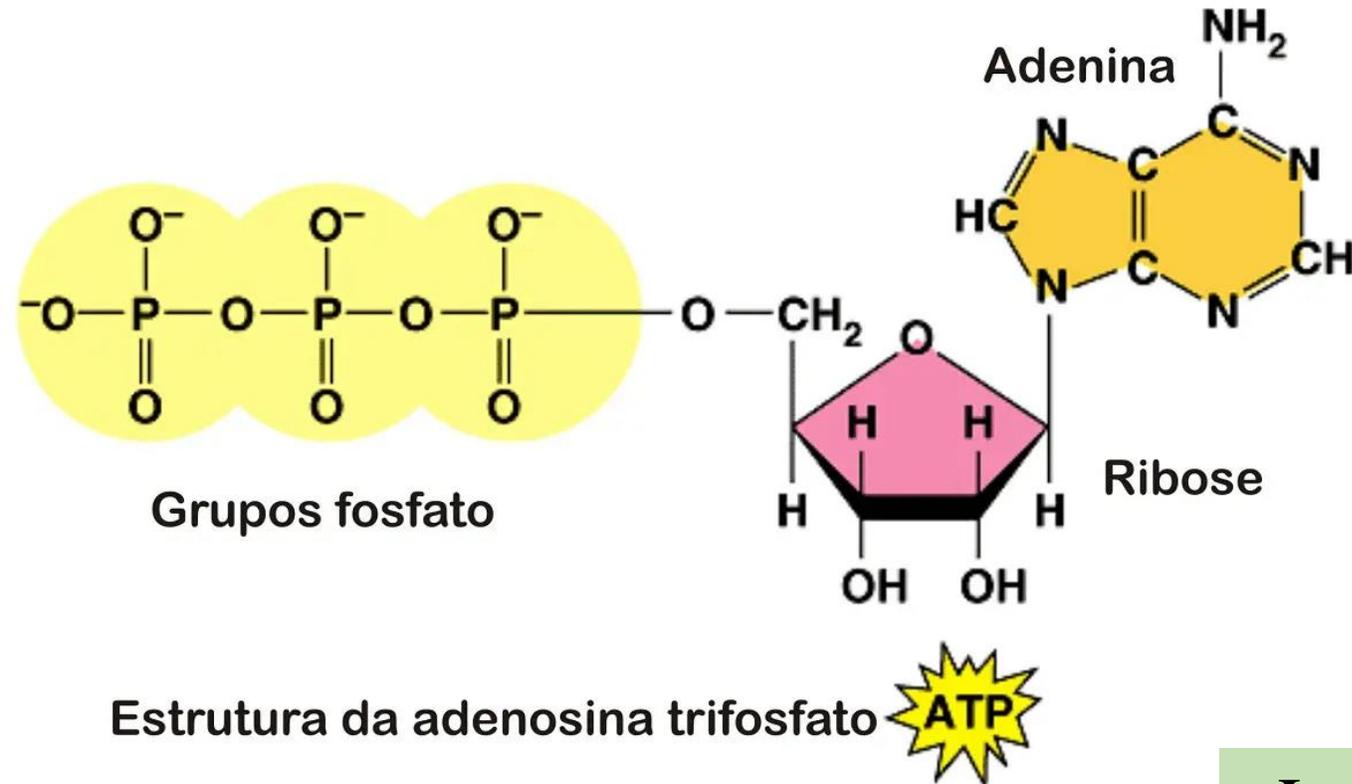
- ✓ Liberan la energía mediante la hidrólisis de un enlace y transferencia de grupo (rotura de un enlace rico en energía)
- ✓ Transfieren la energía en una sola reacción
- ✓ Son aquellos que ceden una energía > 25 kJ/mol (potencial de transferencia de grupo)

Potencial de transferencia de grupo

- ✓ Capacidad de un compuesto para de ceder “el grupo” a otra sustancia.
- ✓ Se mide por la energía libre desprendida en la hidrólisis del enlace del grupo a transferir (alta energía).
- ✓ Grupos transferidos en reacciones bioquímicas: Fosfato, Acilo, metilo, etc.

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

ATP – Moneda energética



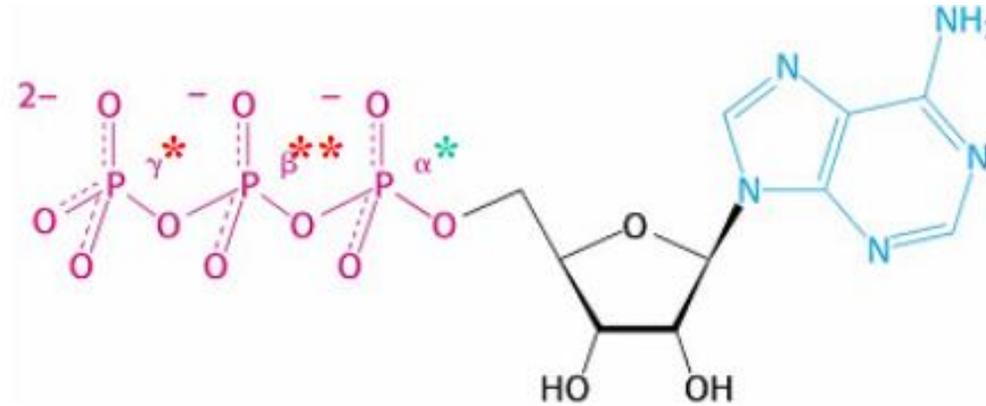
- ATP suministra energía libre para conducir muchas reacciones endergónicas
- Los otros nucleósidos trifosfato (GTP, UTP y CTP) pueden dirigir reacciones de forma análoga al ATP, aunque el ATP se encuentra en mucha mayor concentración en las células

La hidrólisis de los enlaces anhídrido fosfórico del ATP desprenden gran cantidad de energía libre

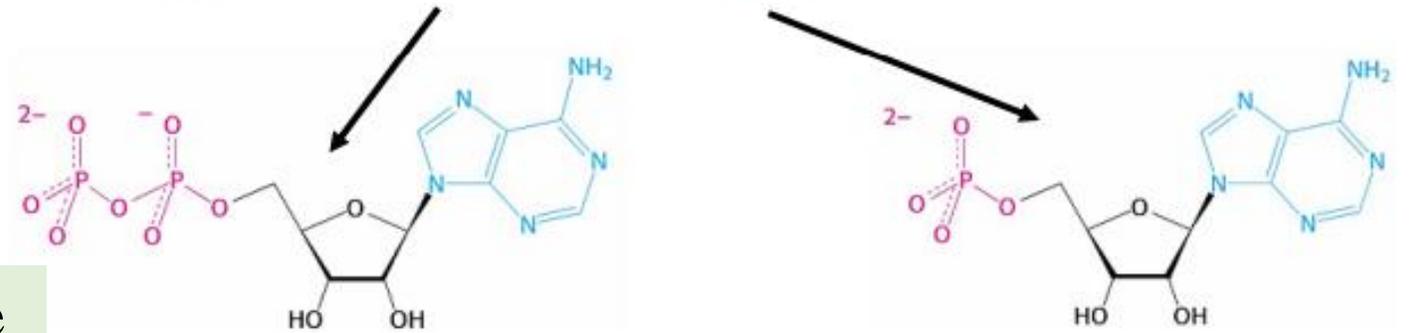
Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

ATP – Moneda energética

	$\Delta G^{\circ\prime}$	
$\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$	-30.5 kJ/mol	*
$\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AMP} + \text{PP}_i$	-32.2 kJ/mol	**
$\text{AMP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Adenosina} + \text{P}_i$	-14.0 kJ/mol	*



Adenosina trifosfato (ATP)



ADP

+

Fosfato inorgánico (Pi)

AMP

+

Pirofosfato inorgánico (PPi)

Los enlaces fosfoanhídridos del ATP, se dice que son de alta energía (ricos en energía) en el sentido de que liberan gran cantidad de energía cuando se rompen

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

¿Cómo se sintetiza ATP en las células?

Fosforilación oxidativa

Funciona acoplada a una cadena de transporte de electrones ubicada en una membrana

- Se aprovecha (transduce) la energía derivada de la oxidación de nutrientes: cadena de transporte electrónico mitocondrial.
- Se aprovecha la energía de la luz: cadena de transporte electrónico fotosintética.

Fosforilación a nivel de sustrato

Reacciones enzimáticas integradas en rutas metabólicas

Respiración y cadena de transporte de electrones

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

¿Cómo se sintetiza ATP en las células?

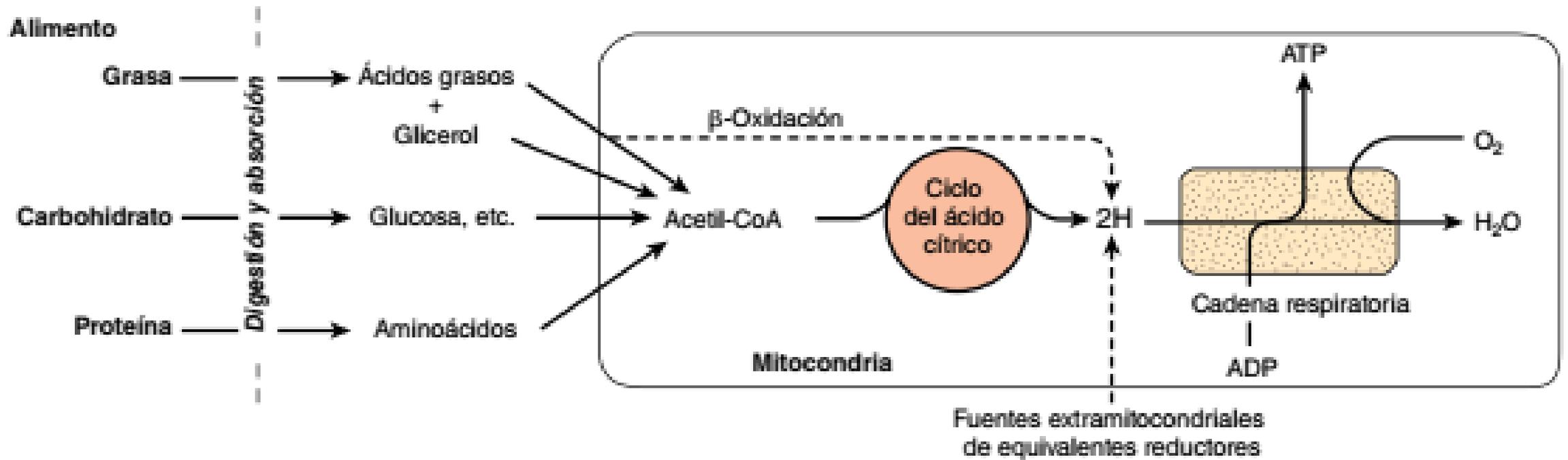
Las 3 Etapas de la Respiración

Oxidación metabólica de sustratos orgánicos

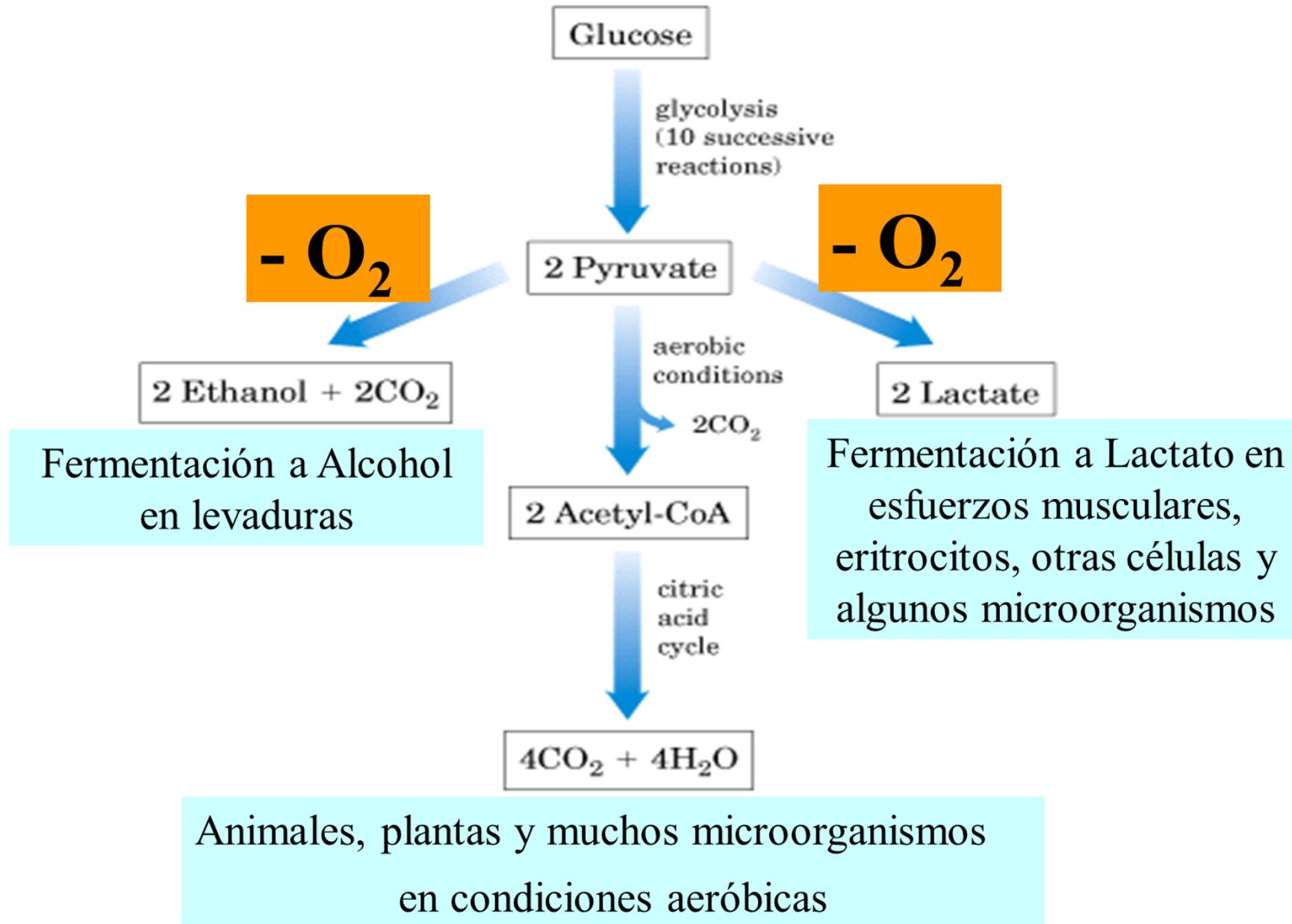
1. Generación de grupo acetilo del ACETIL~CoA, desde PIRUVATO, ÁCIDOS GRASOS (mitocondria), o AMINOÁCIDOS (citoplasma/mitocondria).
2. Oxidación de los carbonos del acetilo en el CICLO DE KREBS(mitocondria).
3. Pasaje de electrones de la oxidación en un segundo paso a través del sistema de TRANSPORTE DE ELECTRONES para obtener ATP en la FOSFORILACIÓN OXIDATIVA.

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

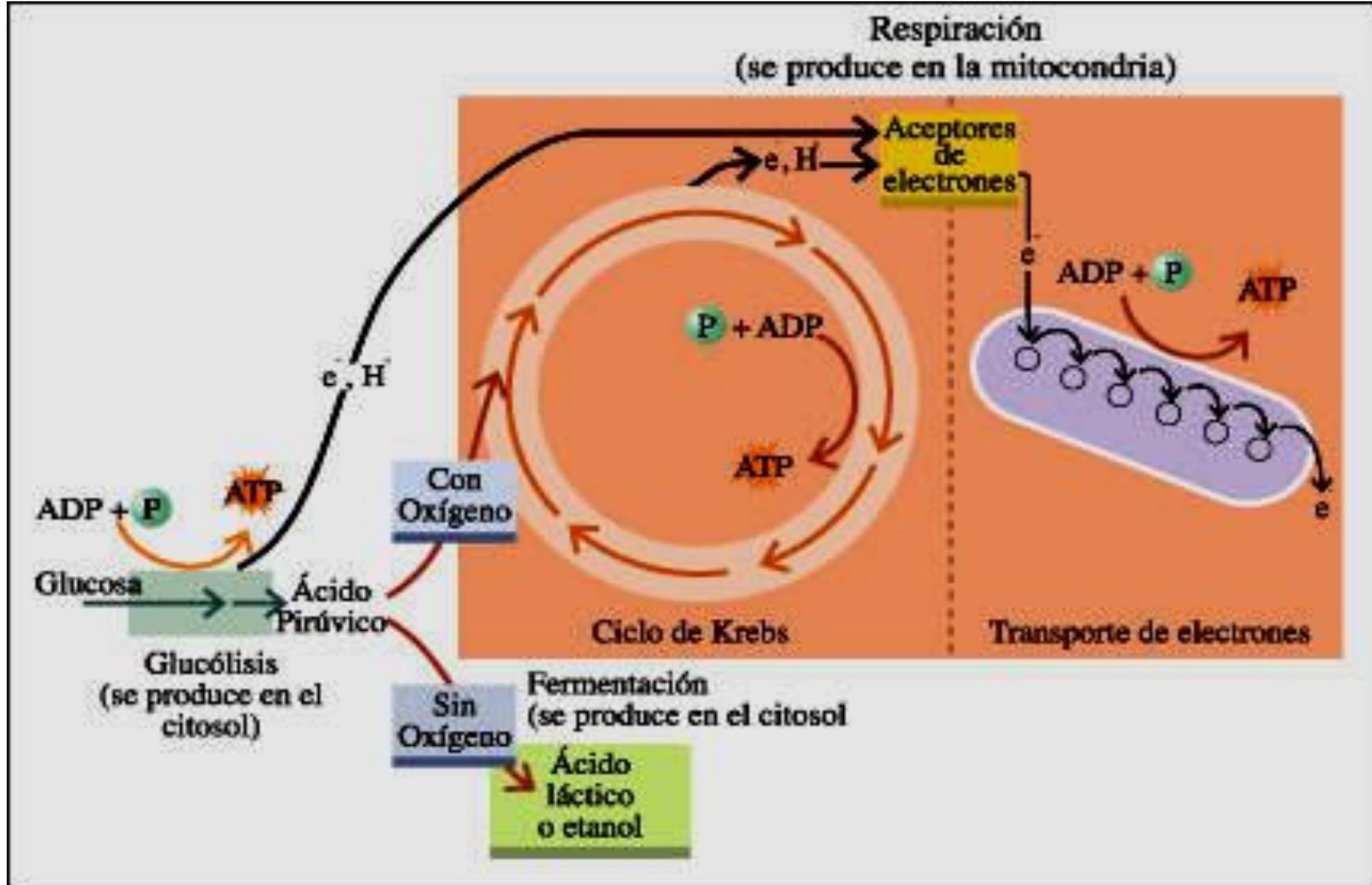
¿Cómo se sintetiza ATP en las células?



Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

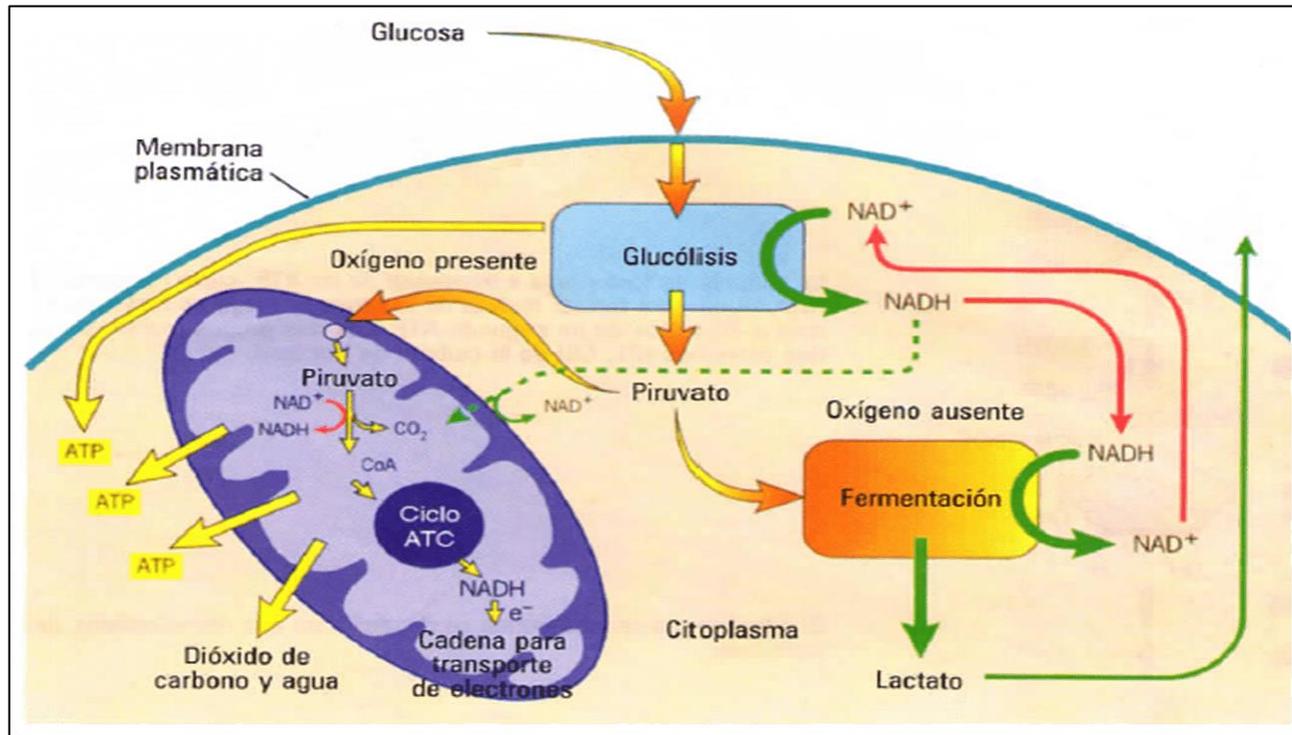


Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

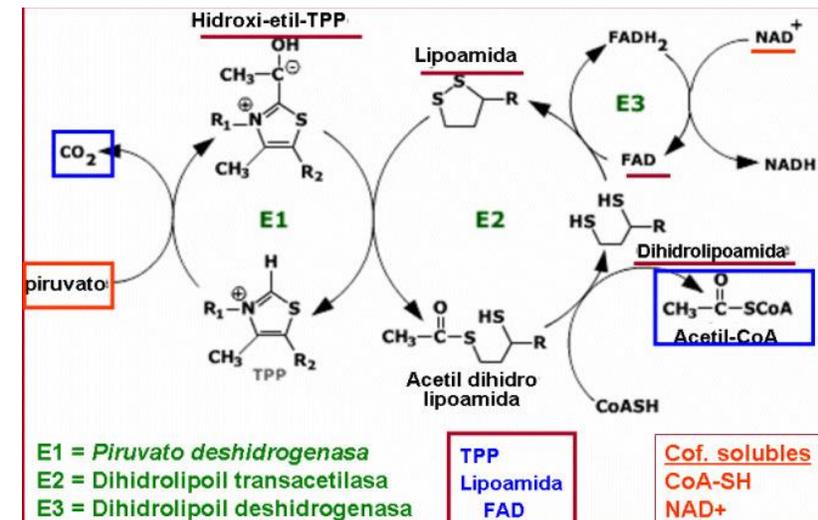
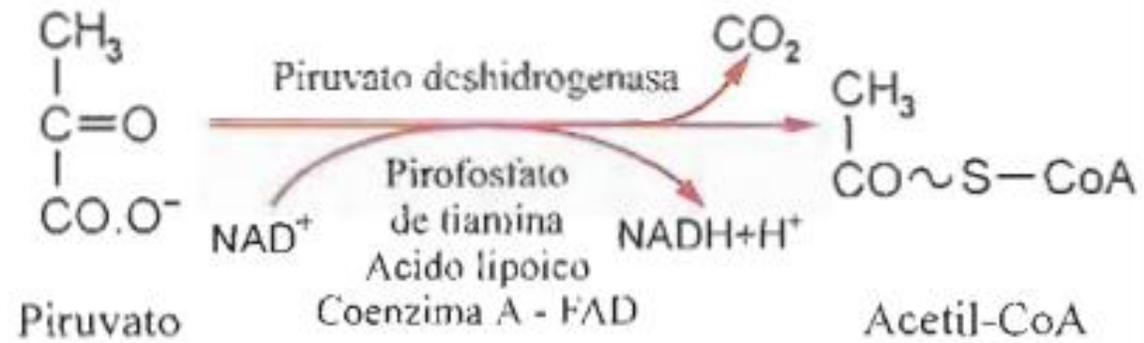


Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

El piruvato es degradado oxidativamente dentro de las mitocondrias



1. Descarboxilación oxidativa del piruvato



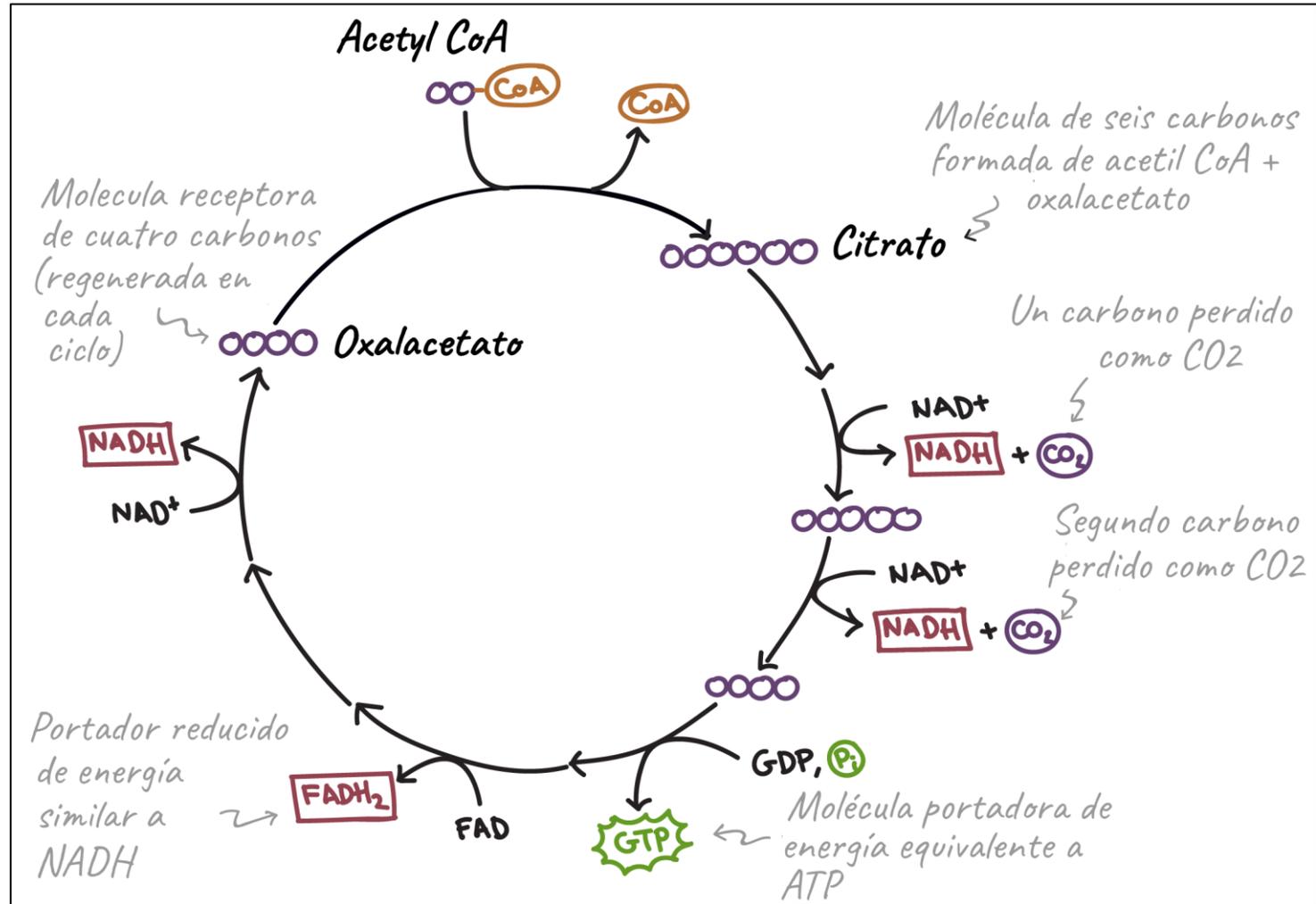
Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Ciclo del ácido cítrico, Ciclo de Kerbs o Ciclo de los ácidos tricarbóxicos

- Este ciclo se realiza completamente en el interior de las mitocondrias
- Comprende una serie de reacciones en la cual se produce la oxidación total de restos acetato procedentes de diferentes orígenes
- El Acetil-CoA es el “alimentador” del ciclo e inicia las reacciones

Tabla 13-5. Producción energética total de la oxidación de un mol de glucosa

Glucólisis	6 u 8 moles ATP*
Descarboxilación oxidativa piruvato	6 moles ATP
Ciclo del ácido cítrico	24 moles ATP
Producción total	36 o 38 moles ATP

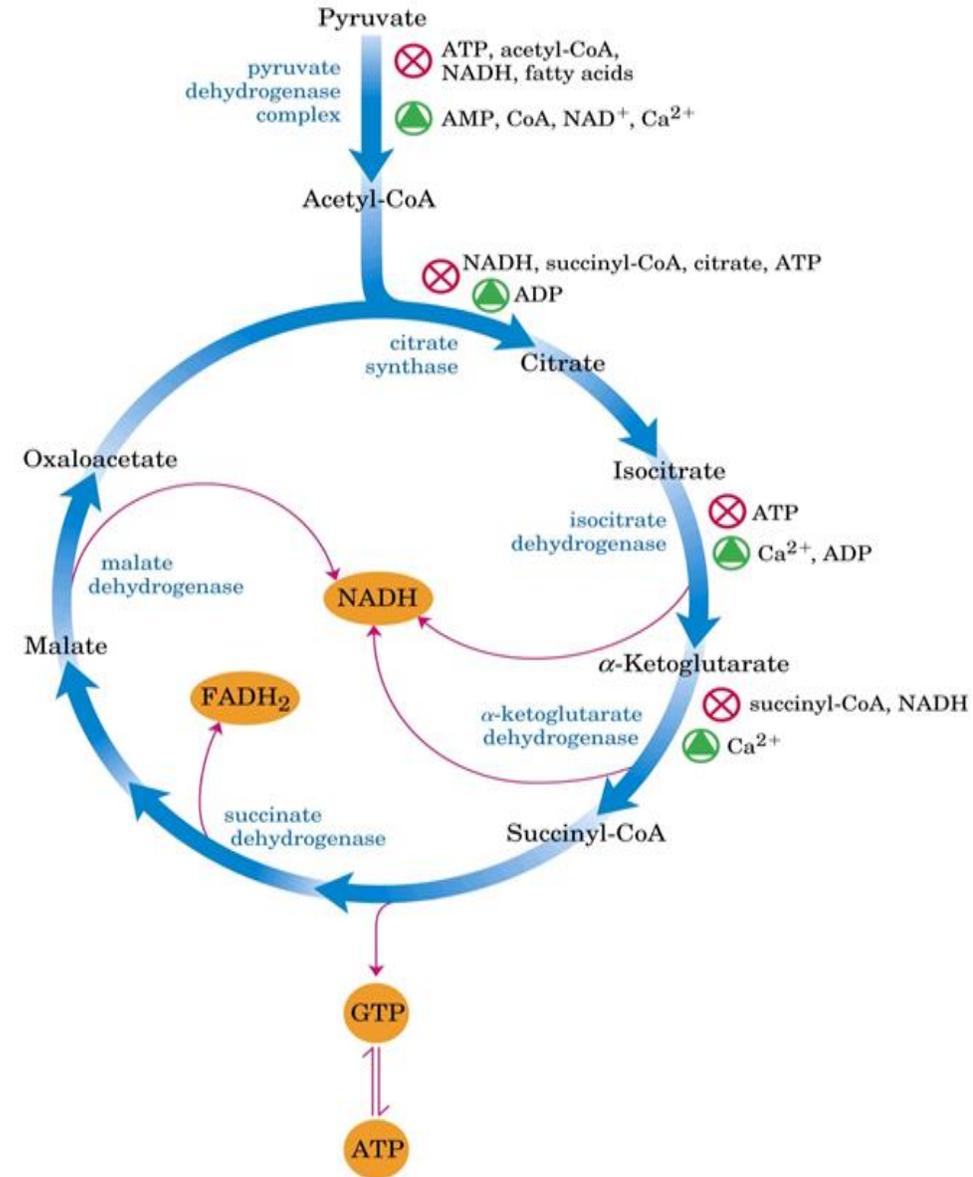


Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

La velocidad de la Glucólisis y la del Ciclo de Krebs (que consume Acetil-CoA) están integrados (bajo condiciones normales) por:

- Inhibición por altos niveles de ATP y NADH (componentes comunes de ambas vías); y
- Por la concentración de Citrato (producido en el ciclo de Krebs que inhibe la Fosfofructoquinasa de la Glucólisis)

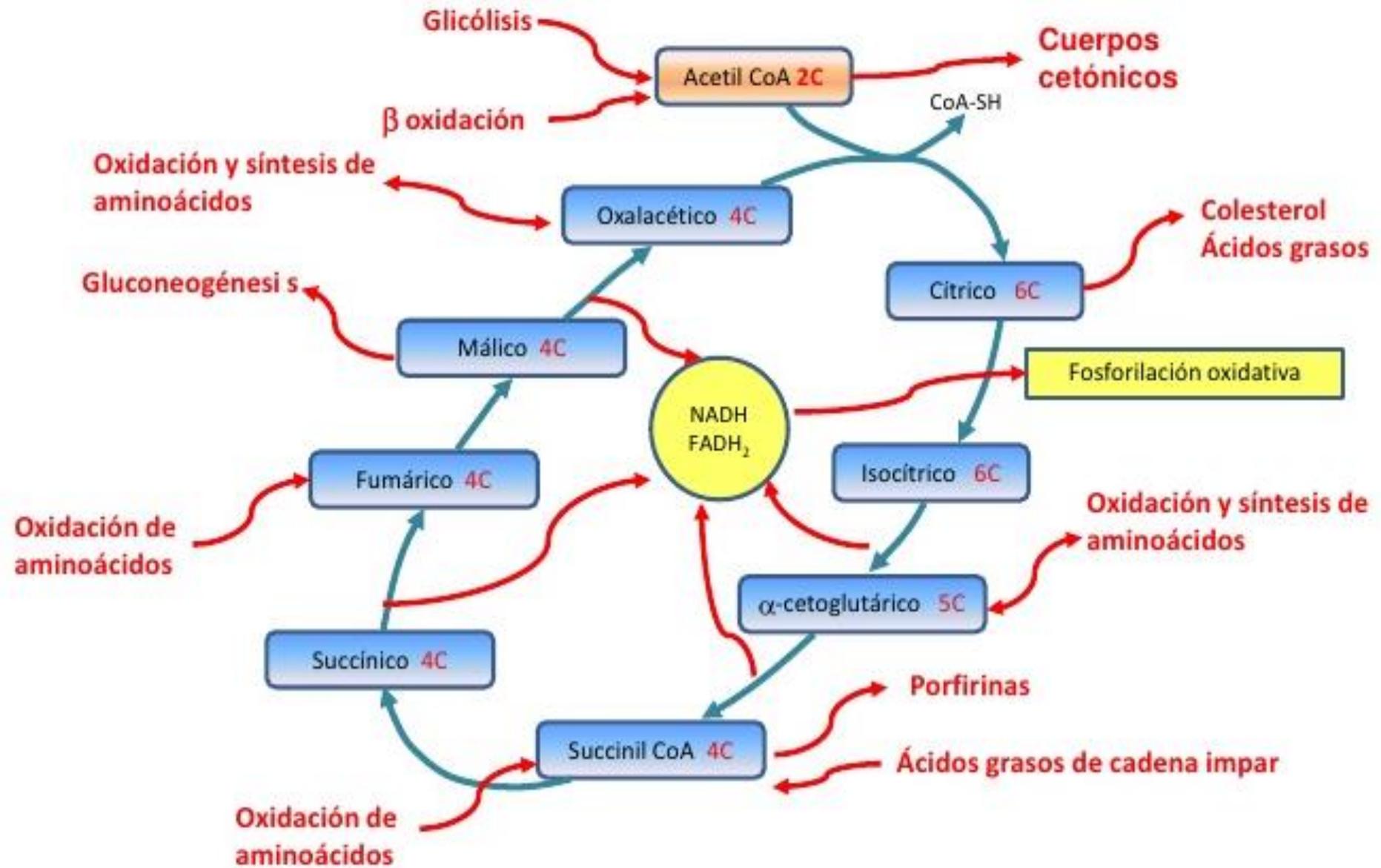
Se metaboliza tanta glucosa como requiera el Ciclo de Krebs



Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

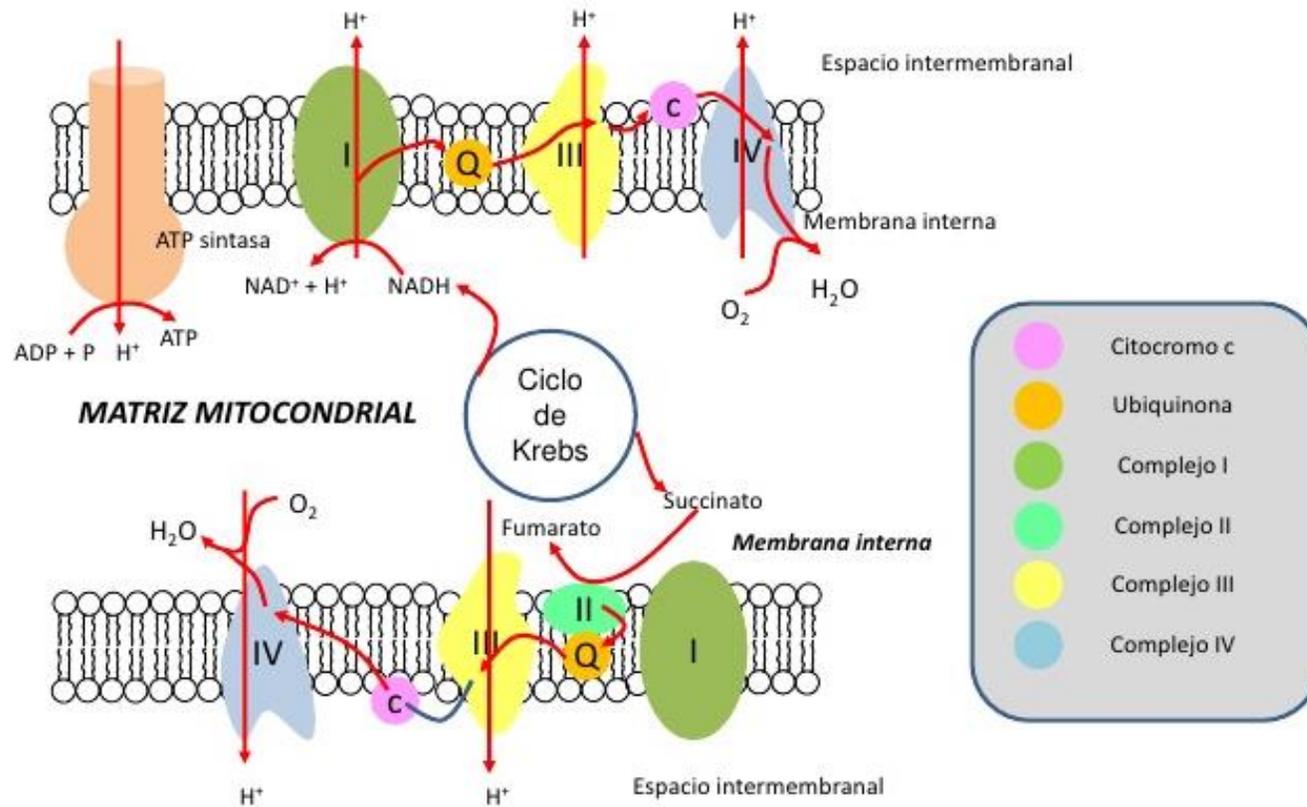
Carácter Anfibólico del Ciclo del Acido Cítrico

Algunos intermediarios del ciclo son precursores y/o derivados de otros compuestos

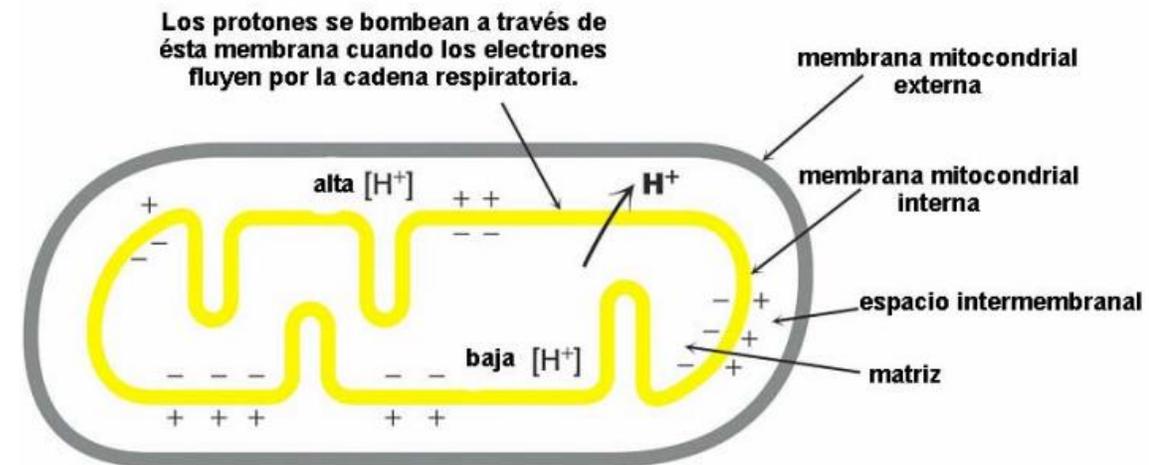


Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Localización del Ciclo de Krebs y la Fosforilación Oxidativa

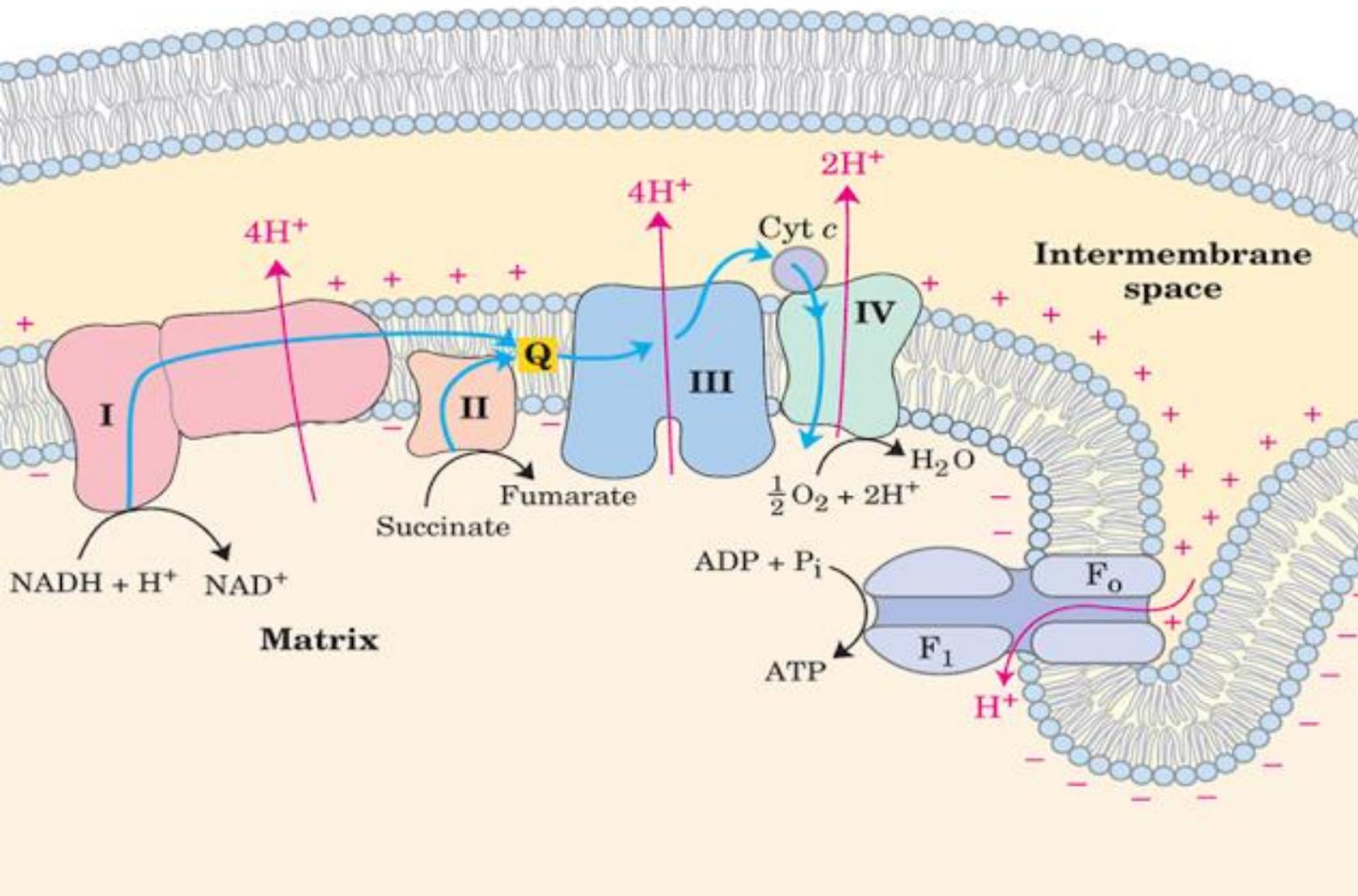


Las coenzimas reducidas generadas en el ciclo (NADH, FADH₂), ceden sus hidrógenos a la cadena respiratoria, en la cual el flujo de electrones se acopla con el bombeo de protones desde la matriz mitocondrial al espacio intermembrana y se crea un **gradiente electroquímico**. El retorno de los H⁺ a través del canal de la **ATP sintasa** a favor del gradiente provee la energía para la síntesis de ATP.



Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Cadena respiratoria o cadena de transporte de electrones (e^-)



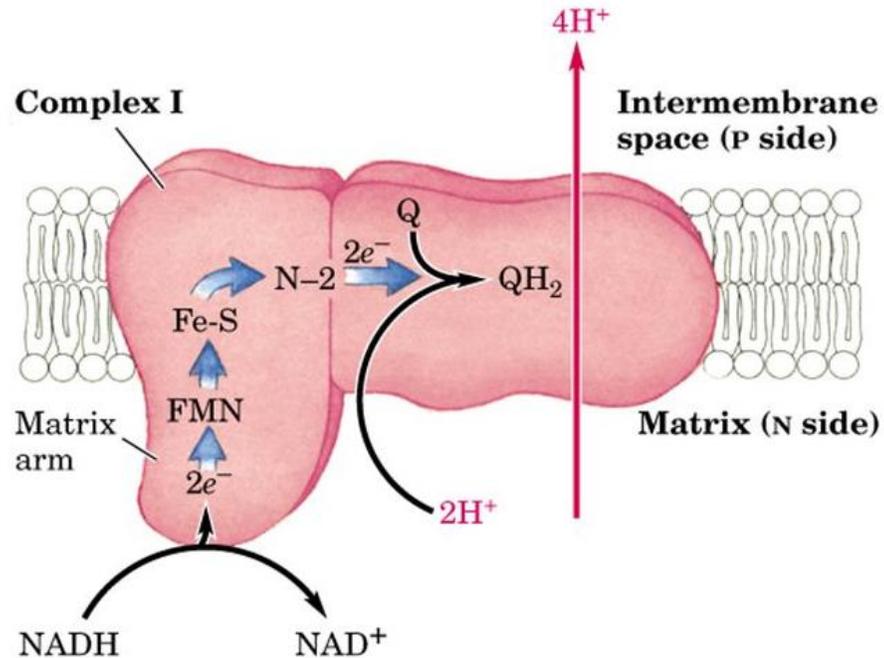
La misión de la cadena transportadora de electrones es la de crear un gradiente electroquímico que se utiliza para la síntesis de ATP

Se han identificado cuatro complejos enzimáticos unidos a membrana interna mitocondrial. Tres de ellos son complejos transmembrana, que están embebidos en la membrana interna, mientras que el otro está asociado a membrana

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Cadena respiratoria o cadena de transporte de electrones (e^-)

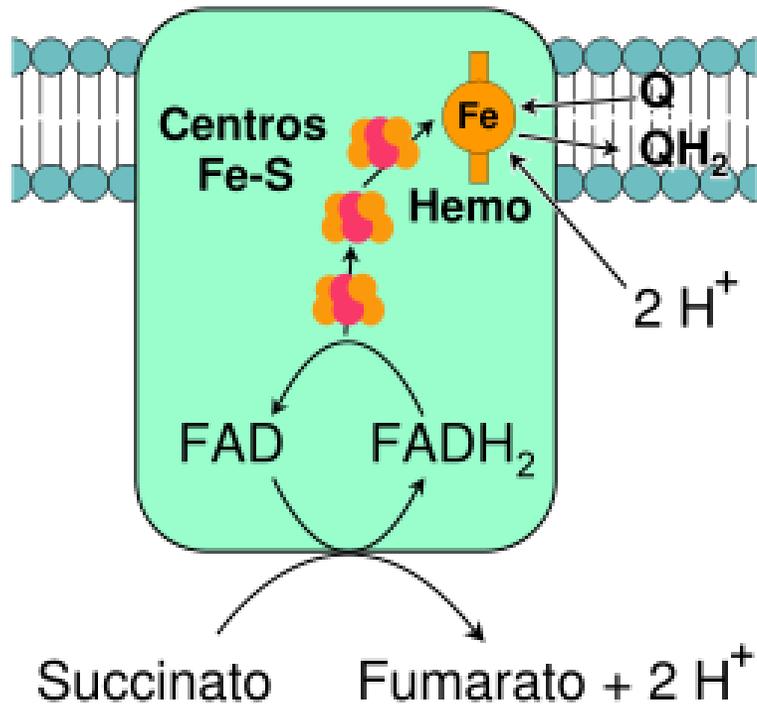
Complejo I



El complejo I o NADH deshidrogenasa o NADH:ubiquinona oxidoreductasa (EC 1.6.5.3) capta dos electrones del NADH y los transfiere a un transportador liposoluble denominado ubiquinona (Q). El producto reducido, que se conoce con el nombre de ubiquinol (QH_2) puede difundir libremente por la membrana. Al mismo tiempo, el Complejo I transloca **cuatro protones** a través de membrana y produce un gradiente de protones.

Cadena respiratoria o cadena de transporte de electrones (e^-)

Complejo II

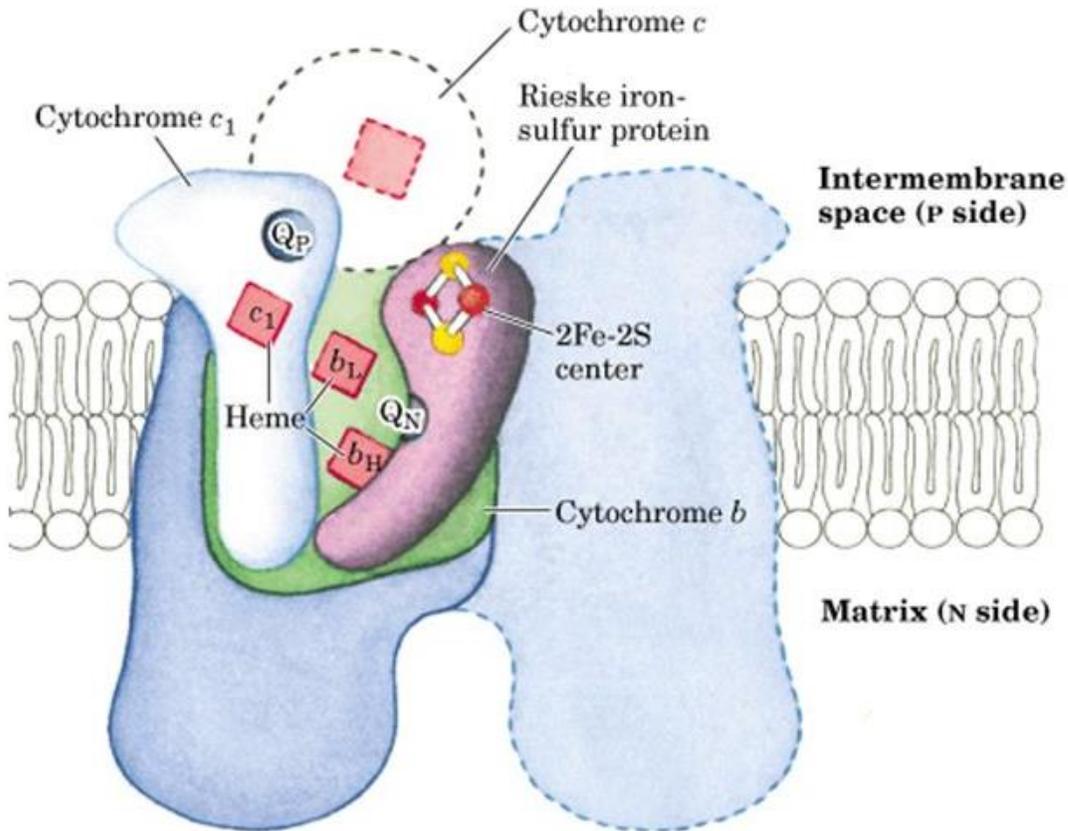


El Complejo II o succinato deshidrogenasa (EC 1.3.5.1) no es una bomba de protones. Además es la única enzima del ciclo de Krebs asociado a membrana. Antes de que este complejo actúe, el $FADH_2$ se forma durante la conversión de succinato en fumarato en el ciclo del ácido cítrico. A continuación los electrones son transferidos por medio de una serie de centros FeS hacia Q.

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Cadena respiratoria o cadena de transporte de electrones (e^-)

Complejo III

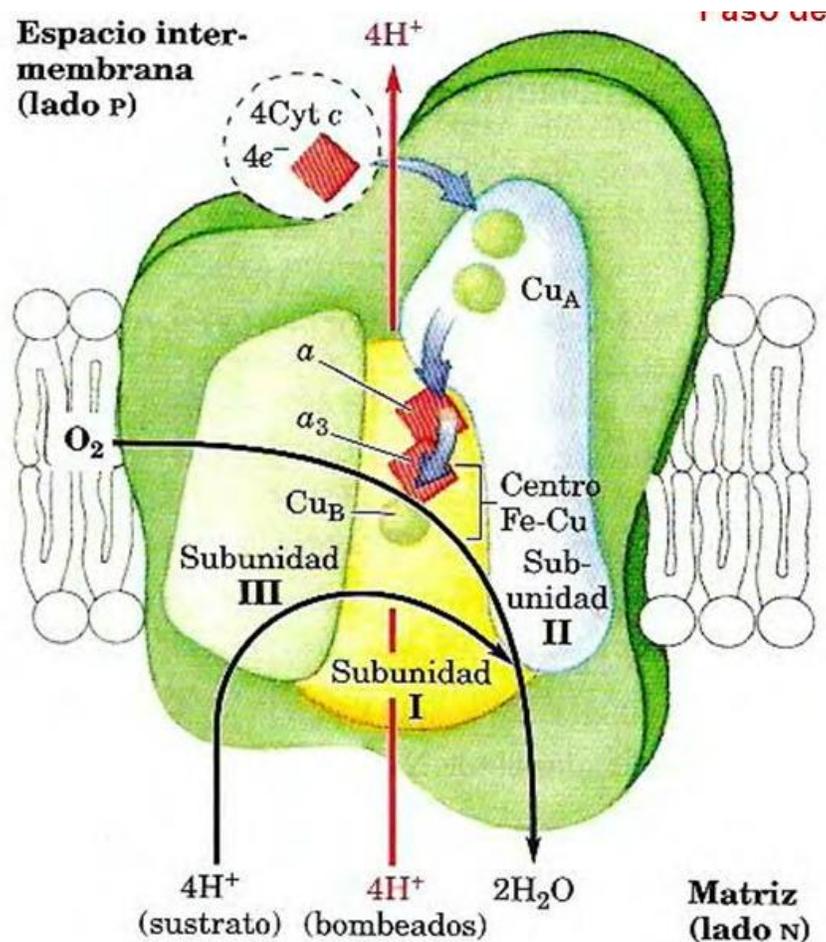


El complejo III o complejo citocromo bc_1 ; EC 1.10.2.2, obtiene dos electrones desde QH_2 y los transfiere a dos moléculas de citocromo c , que es un transportador de electrones hidrosoluble que se encuentra en el espacio intermembrana de la mitocondria. Al mismo tiempo, transloca **cuatro protones** a través de la membrana por los dos electrones transportados desde el ubiquinol.

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Cadena respiratoria o cadena de transporte de electrones (e^-)

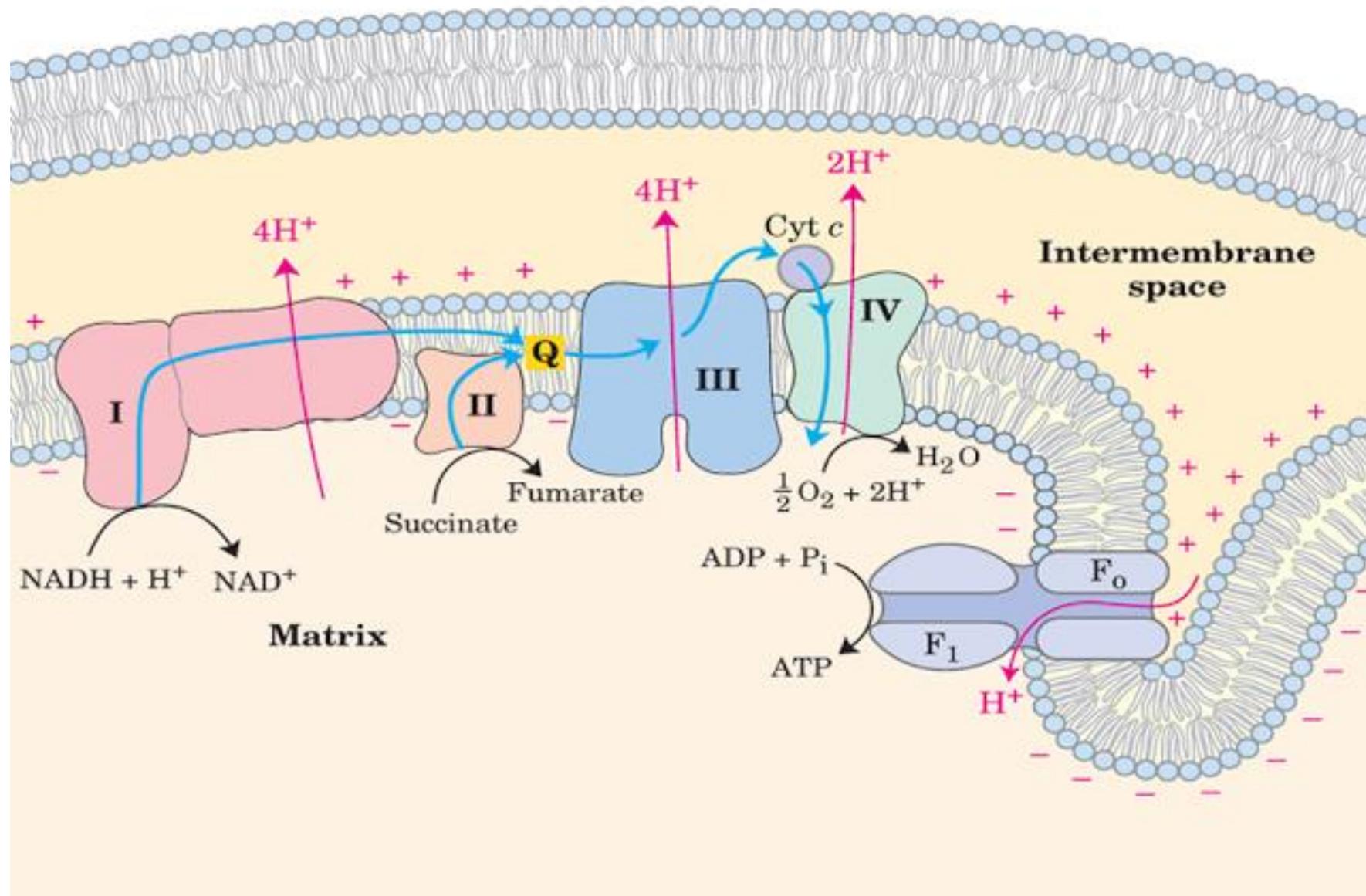
Complejo IV



El complejo IV o citocromo c oxidasa (EC 1.9.3.1) capta cuatro electrones de las cuatro moléculas de citocromo c y se transfieren al oxígeno (O_2), para producir dos moléculas de agua (H_2O). Al mismo tiempo, se translocan cuatro protones al espacio intermembrana, por los cuatro electrones. Además "desaparecen" de la matriz 2 protones que forman parte del H_2O .

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Cadena respiratoria o cadena de transporte de electrones (e^-)



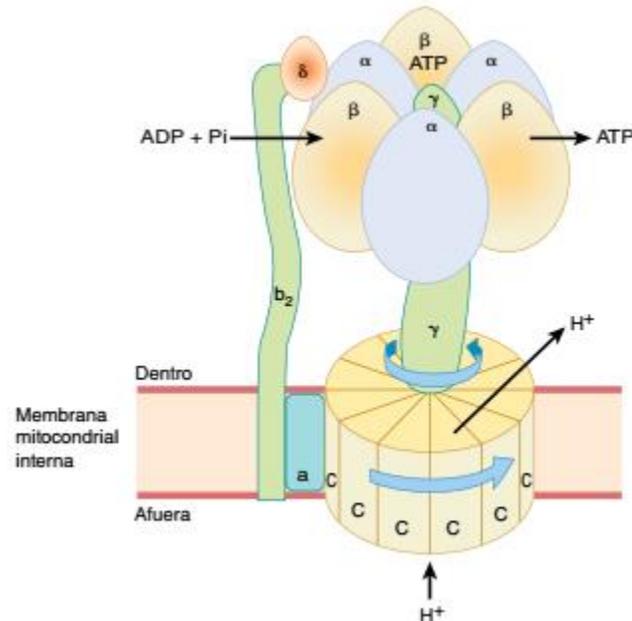
Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Acoplamiento quimiosmótico

Los gradientes de iones a través de una membrana, producidos por la oxidación de nutrientes o en la fotosíntesis, se pueden acoplar para la síntesis de ATP.

- La distribución desigual de protones, por la actividad de la cadena respiratoria, genera un gradiente de pH y un potencial eléctrico transmembrana que da lugar a la fuerza protón-motriz.
- La fuerza protón-motriz impulsa la ATP-sintasa.
- Se denomina quimiosmótico porque reacciones químicas se acoplan a gradientes osmóticos.

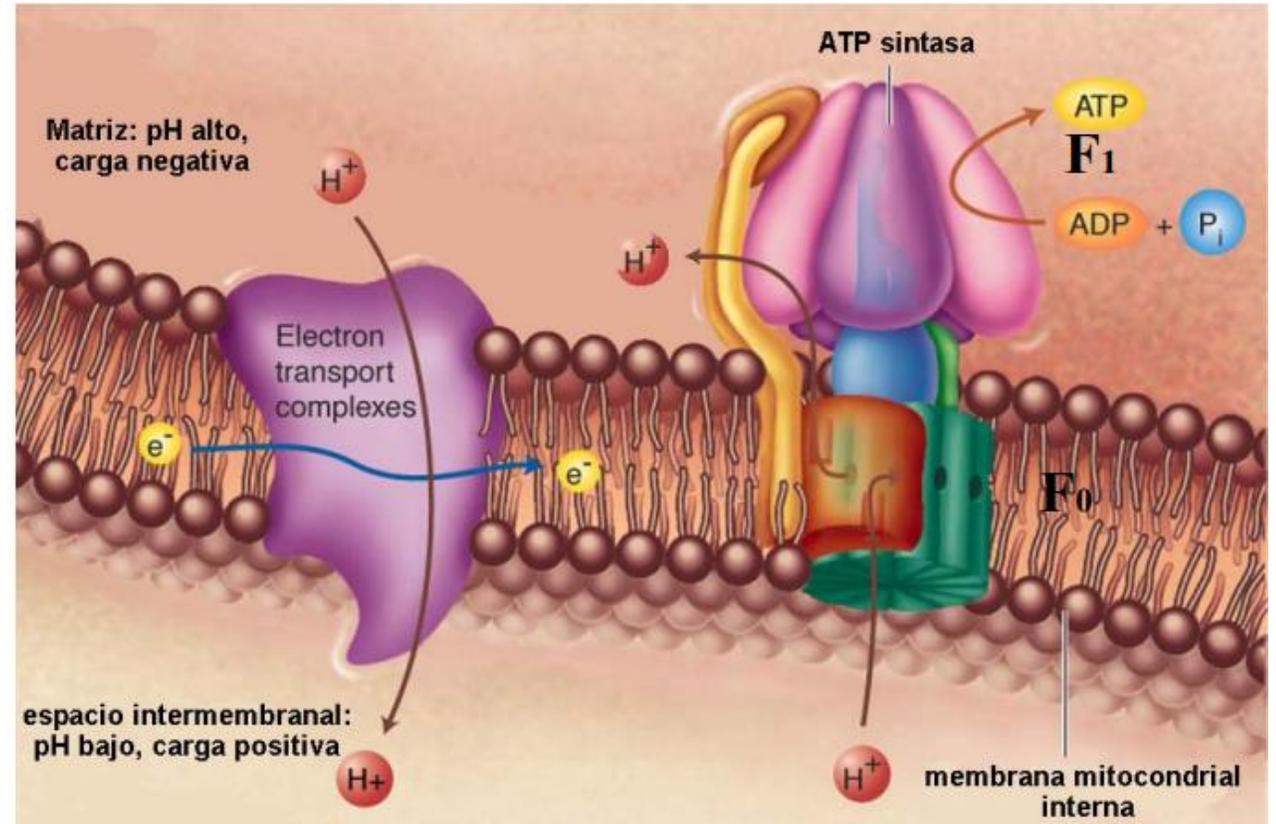
ATP-Sintasa



Este gradiente de protones es usado por el complejo V o ATP sintasa para formar ATP vía la fosforilación oxidativa. La ATP sintasa actúa como un canal de iones que "devuelve" los protones a la matriz mitocondrial.

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

ATP sintasa

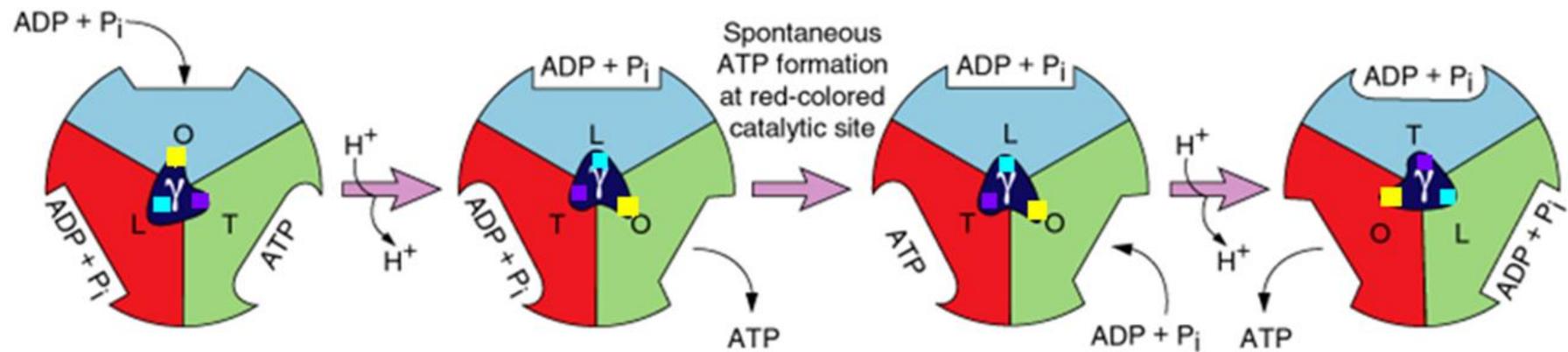
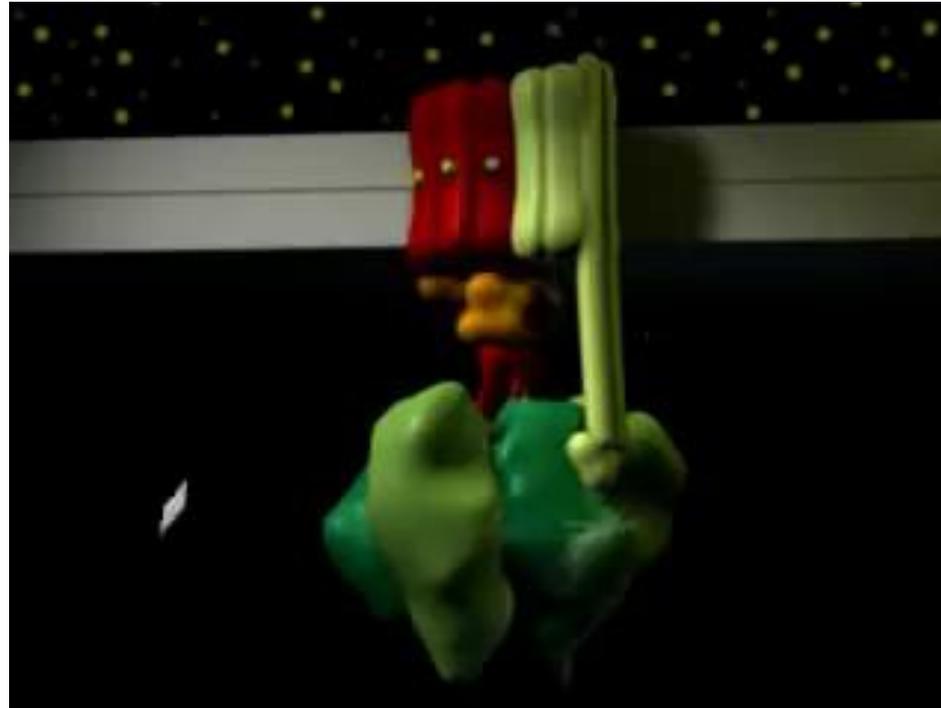


Transforma la energía libre asociada a un gradiente de protones en energía química en forma de ATP

Los protones regresan a favor de su gradiente de concentración y provocan la rotación de un elemento del complejo

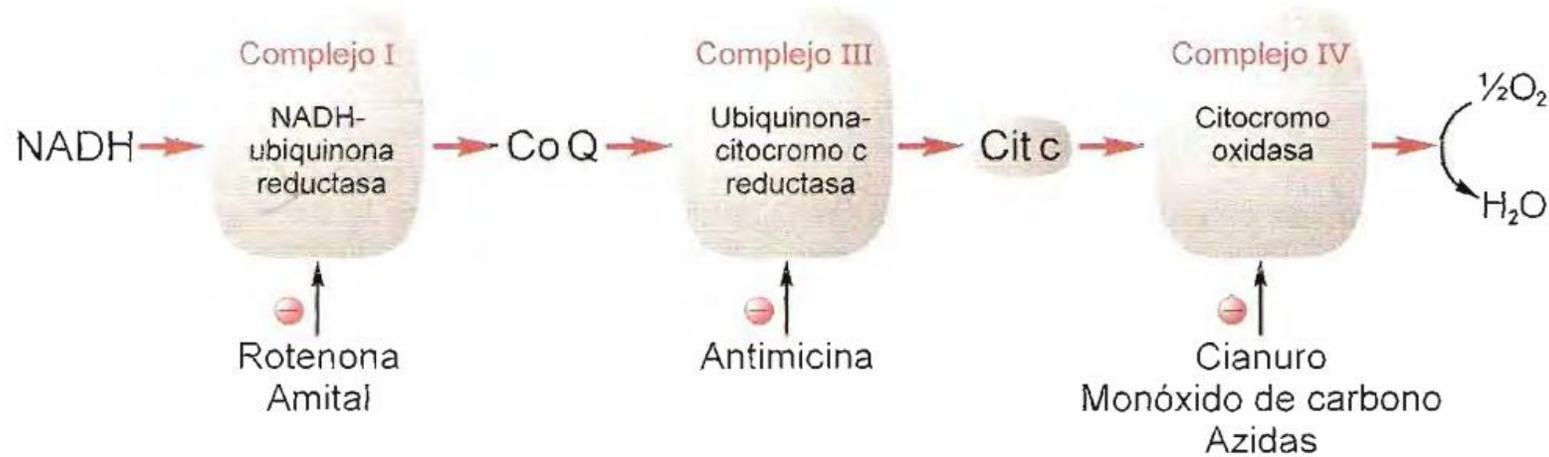
Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

ATP sintasa



Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

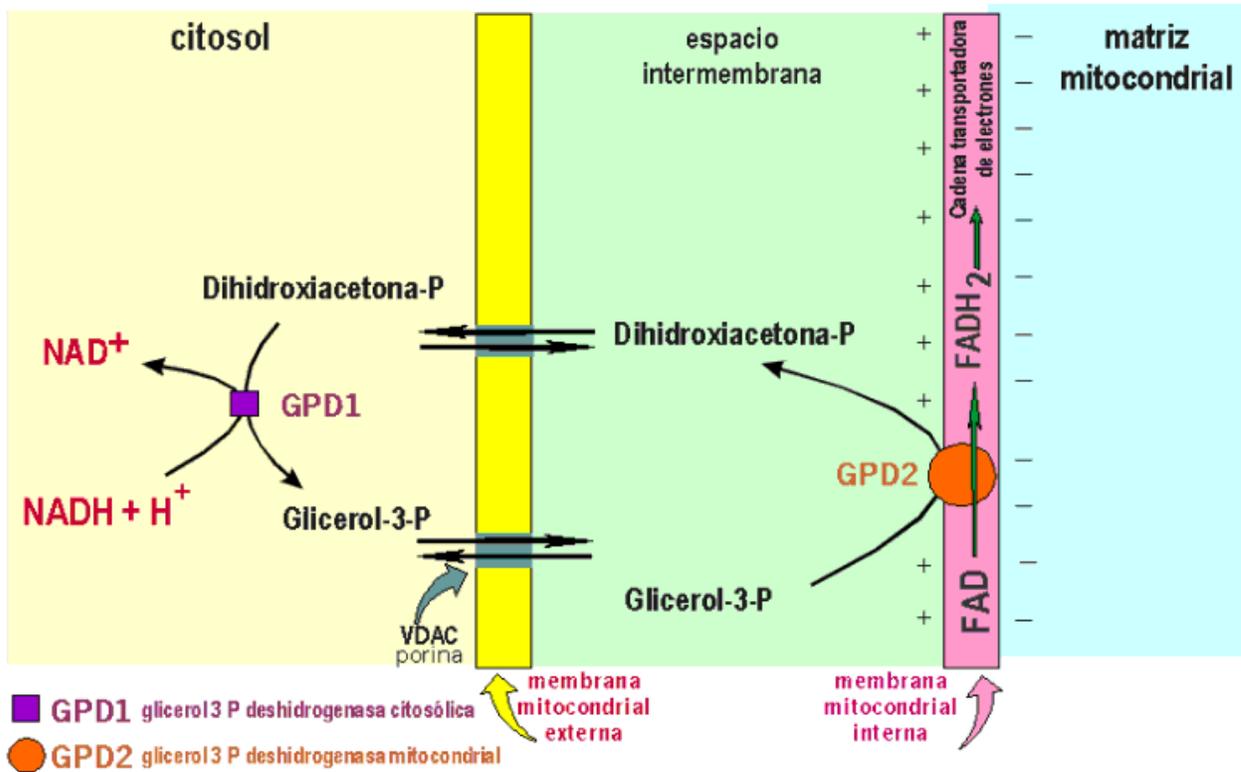
Inhibidores de la cadena respiratoria



Compuesto	Uso	Efecto en la fosforilación oxidativa
Cianuro y monóxido de carbono	Veneno	Inhiben la cadena de transporte de electrones ya que se unen más fuertemente que el oxígeno a los centros Fe-Cu en la citocromo c oxidasa, y por tanto evitan la reducción del oxígeno. ¹⁰⁵
Oligomicina	Antibiótico	Inhibe la ATP sintasa bloqueando el flujo de protones a través de la subunidad F_0 . ¹⁰⁴
CCCP 2,4-Dinitrofenol	Veneno	Ionóforos que interrumpen el gradiente de protones transportando estos a través de la membrana. Este ionoforo desacopla el bombeo de electrones de la ATP sintasa debido a que transporta electrones a través de la membrana mitocondrial interna. ¹⁰⁶
Rotenona	Pesticida	Impide la transferencia de electrones del complejo I a la ubiquinona al bloquear los sitios de unión a la ubiquinona. ¹⁰⁷
Malonato y oxaloacetato		Inhibidores competitivos de la succinato de hidrogenasa (complejo II). ¹⁰⁸

Sistema de transporte en mitocondrias

1. Lanzaderas de Glicerofosfato

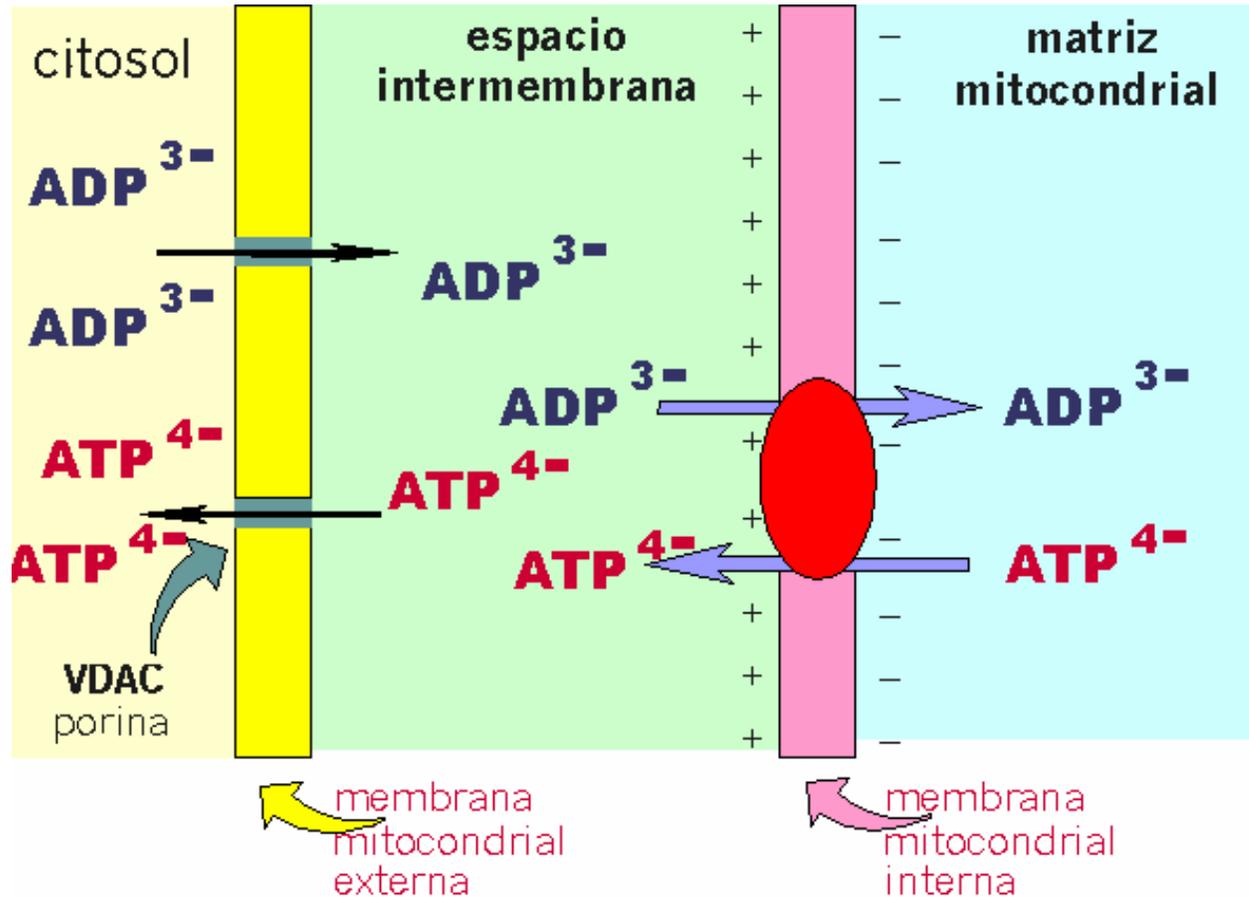


La lanzadera de glicerol-fosfato o lanzadera de glicerol-3-fosfato es un mecanismo que regenera NAD⁺ a partir de NADH, un subproducto de la glucólisis. Permite el transporte indirecto de poder reductor desde el citosol al interior de la mitocondria.

Los sistemas de lanzadera son necesarios porque la membrana mitocondrial interna es impermeable al NADH citosólico y no se puede llevar este coenzima directamente a la matriz mitocondrial. Como el NADH no se vuelve a formar en la matriz sino que se forma otra molécula, el QH₂, lo que se transporta es su capacidad reductora.

Sistema de transporte en mitocondrias

2. Translocador ATP/ADP



La membrana mitocondrial interior necesita transportadores especializados para el ADP y Pi desde el citosol hacia el interior de la mitocondria, al sitio donde se puede resíntetizar a ATP, ya que la membrana mitocondrial interna es generalmente impermeable a las moléculas con carga.

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

¿Cómo se sintetiza ATP en las células?

Fosforilación oxidativa

Funciona acoplada a una cadena de transporte de electrones ubicada en una membrana

- Se aprovecha (transduce) la energía derivada de la oxidación de nutrientes: cadena de transporte electrónico mitocondrial.
- Se aprovecha la energía de la luz: cadena de transporte electrónico fotosintética.

Fosforilación a nivel de sustrato

Reacciones enzimáticas integradas en rutas metabólicas

Unidad XIII: Utilización de energía por los organismos vivos

Fosforilación a nivel de sustrato

Transferencia **Directa** de Fosfatos al ADP



Transferencia **Indirecta** de Energía al ADP

