



RESPIRACIÓN AERÓBICA

I. DEFINICIÓN:

Proceso realizado por los organismos aeróbicos, es decir, utilizan oxígeno molecular (O_2) durante su metabolismo, obteniendo energía (E°) para satisfacer sus requerimientos energéticos en cada actividad que realice el organismo. Se lleva a cabo en el citosol y la mitocondria.

II. ETAPAS :

En la respiración AERÓBICA, se cumple en tres etapas:

- A) GLUCÓLISIS (citosólica)
- B) CICLO DE KREBS (mitocondria)
- C) CADENA RESPIRATORIA (mitocondria)

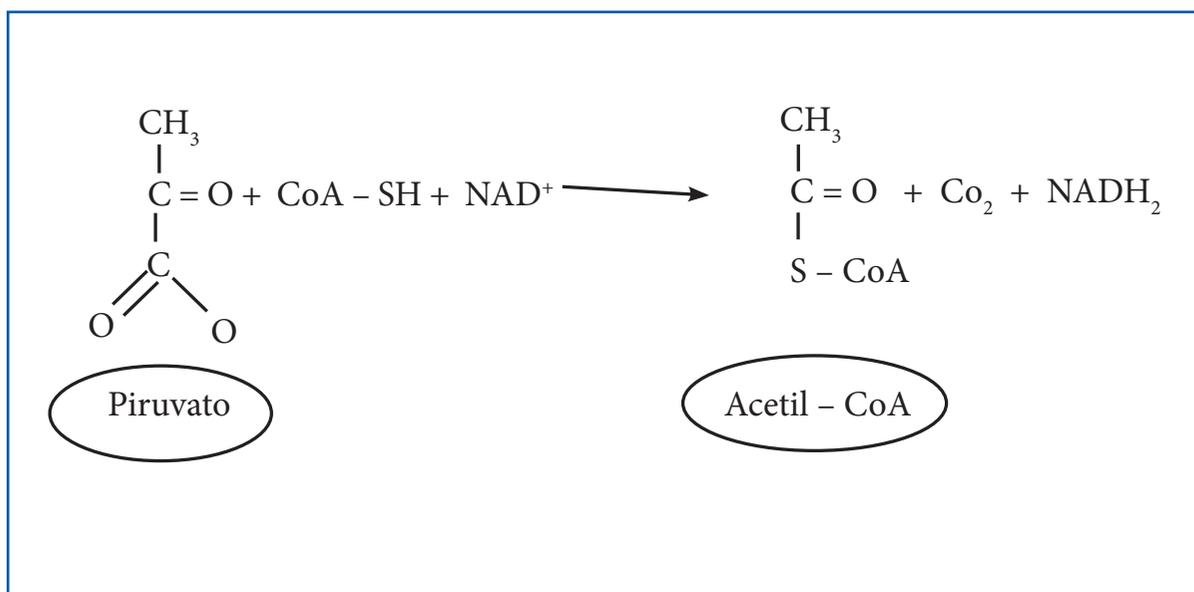
A. Glucólisis: (citosólica)

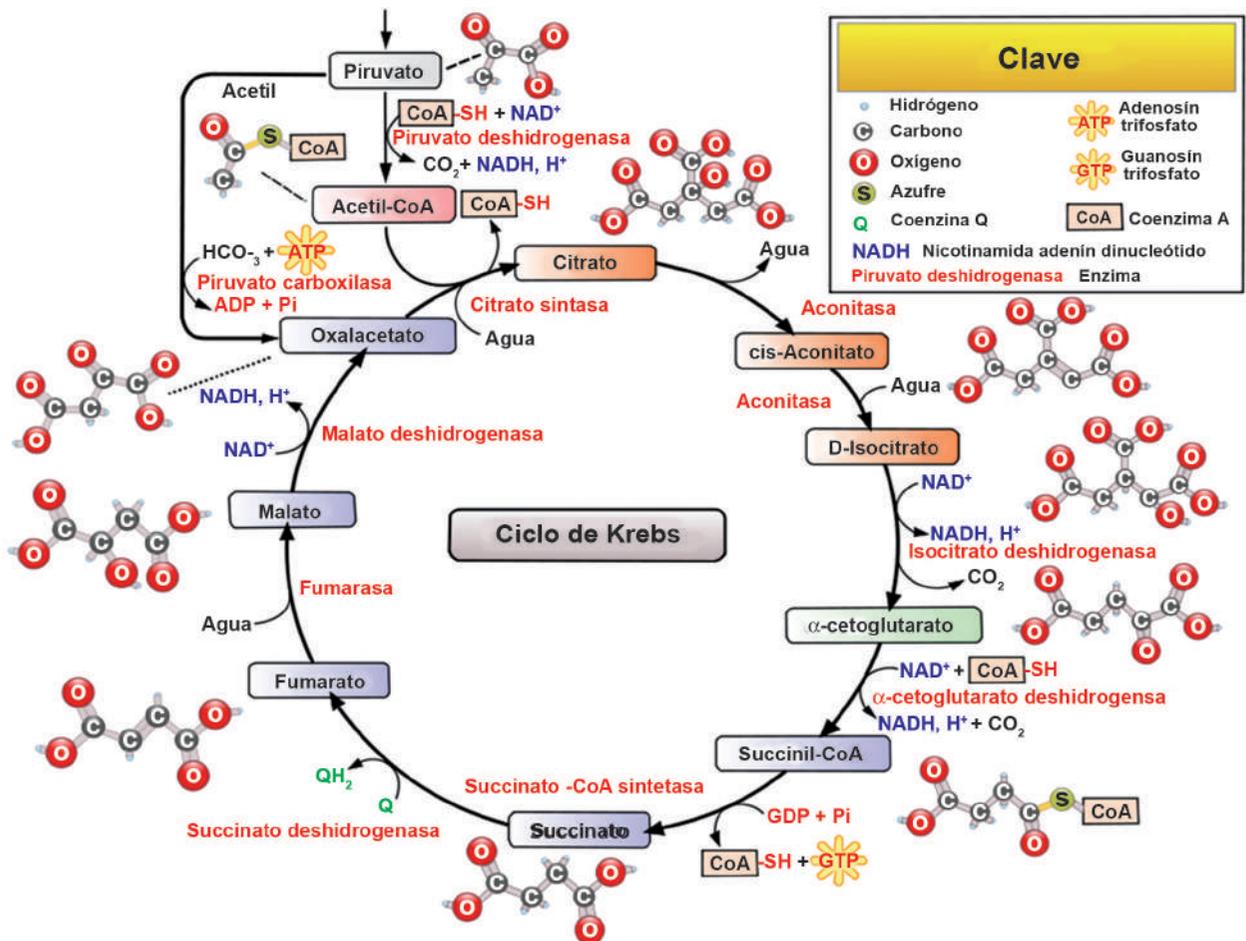
Hay que considerar que el organismo para realizar esta etapa, inicialmente se abastece de alimentos, fundamentalmente de glúcidos (disacáridos o polisacáridos), los cuales son hidrolizados a monosacáridos, a nivel del tubo digestivo, mediante una batería de enzimas.

Posteriormente, serán absorbidos y transportados por la sangre para llegar a cada una de las células. La GLUCOSA, ya en citoplasma, será transformada en condiciones anaeróbicas (GLUCÓLISIS), en piruvatos.

B. CICLO DE KREBS (Ciclo del ácido cítrico o de los ácidos tricarbóxicos)

Consiste en una serie de reacciones cíclicas que ocurre en la matriz mitocondrial, iniciándose con el ingreso del piruvato a través de la membrana mitocondrial, deshidrogenándose (pierde H), luego se descarboxila (pierde CO_2) y se asocia con la coenzima A (Co-A), para quedar como acetil coenzima A.





Bajo esta condición ingresa al circuito de reacciones, uniéndose con el oxalacetato (OA), para retornar nuevamente a esta molécula, tras 8 reacciones previas, en las cuales se pierde CO_2 y se libera 8H^+ . También existe la síntesis de energía: guanosina trifosfato (GTP).

C. CADENA RESPIRATORIA:

Está formada por una serie de transportadores de electrones (e^-), situados en la cara interna de las crestas mitocondriales, cuya finalidad es transferir e^- procedentes de la oxidación del piruvato, hasta llegar al oxígeno molecular (O_2), para luego formar moléculas de agua.

Los transportadores de « e^- », que intervienen en esta cadena respiratoria, son las enzimas deshidrogenasas asociadas a la coenzima NAD^+ , a la coenzima FAD^+ , coenzima Q o ubiquinona y los citocromos (b, c, a). Todo esta acoplado a la síntesis de ATP.

Advertencia pre

- ❖ Los productos de la fermentación de las proteínas y aminoácidos suelen ser orgánicos y malolientes, como el indol y la cadaverina, que dan el olor a los cadáveres.
- ❖ Los mitocondrias poseen los ribosomas más pequeños del tipo 55 S.
- ❖ A las mitocondrias se les conocía con el nombre de condriomitos.

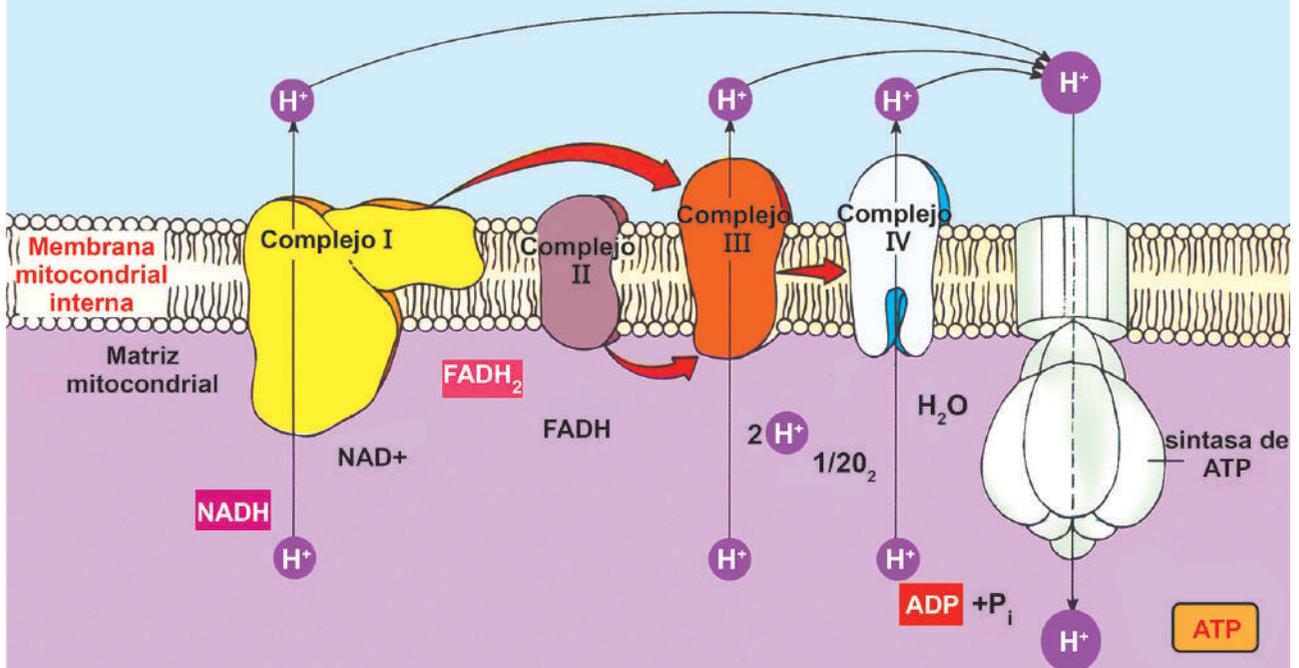
Glucólisis	Formación de acetilcoenzima A	Ciclo del ácido cítrico	Transporte de quimiósmosis
Glucosa			
Piruvato			
2 ATP		2 ATP	32 ATP

ETAPA MITOCONDRIAL

Citosol

Membrana mitocondrial externa

Espacio intermembranoso



Toda cadena respiratoria que comience por el NAD⁺ conlleva a sintetizar 3 moléculas de ATP, pero si empezara por el FAD⁺, se consiguen solo 2 moléculas de ATP. (El rendimiento energético del NADP⁺ es semejante al producido por el NAD⁺.)

A. CADENA TRANSPORTADORA ELECTRÓNICA

Estructura proteica que se encuentra en la cresta mitocondrial, cuya función es transferir los electrones de las moléculas reducidas (NADH₂ y FADH₂) hacia el oxígeno, que al unirse con el hidrógeno forma una molécula de agua.

Está formado por 4 complejos enzimáticos que son:

Complejo I : NADH₂ a Ubiquinona (UQ)

También llamado complejo NADH₂ deshidrogenasa, es un enorme complejo de flavoproteína, que contiene más de 25 cadenas polipeptídicas. La totalidad del complejo está incrustada en la membrana mitocondrial interna y este está orientado de modo que su sitio de fijación de NADH₂ mira hacia la matriz para poder interactuar con el NADH₂ producido por cualquiera de las diversas deshidrogenasas de la matriz.

El flujo de electrones a través del Complejo I a la Ubiquinona y al Complejo III va acompañado del movimiento de protones desde la matriz mitocondrial al lado exterior (citosólico) de la membrana mitocondrial interna (espacio intermembrana).

Complejo II : Succinato a ubiquinona (UQ)

Denominado también succinato deshidrogenasa, es la única enzima del ciclo del ácido cítrico ligada a la membrana; aunque más pequeño y más sencillo que el Complejo I, conteniendo proteínas con una FAD unido covalentemente y un centro Fe-S.

El glicerol liberado en la degradación de los triacilglicerol se fosforila convirtiéndose seguidamente en dihidroxiacetona fosfato por la glicerol - 3 - fosfato deshidrogenasa, esta enzima es una flavoproteína localizada en la cara externa de la membrana mitocondrial interna y, al igual que la succinato deshidrogenasa y la acetil-CoA deshidrogenasa, canaliza electrones hacia la cadena respiratoria reduciendo la ubiquinona. Más adelante se describe el importante papel de la glicerol - 3 - fosfato deshidrogenasa como lanzadera de equivalentes de reducción desde el NADH₂ citosólico a la matriz mitocondrial.

Complejo III : Ubiquinona a citocromo C u oxidorreductasa

Contiene citocromo b, citocromo C1 y una proteína ferro sulfurada. Funciona como una bomba de protones; debido a la orientación asimétrica del complejo, los protones producidos cuando se oxida el UQH₂ a UQ se liberan al espacio intermembrana, produciendo una diferencia de concentración de protones transmembrana, es decir, un gradiente de protones. Este gradiente de protones es importante para la síntesis mitocondrial de ATP.

Complejo IV : Reducción del O₂

También llamado Citocromo oxidasa, contiene citocromos «a». El flujo de electrones desde el citocromo C al O₂ a través del Complejo IV produce un movimiento neto de protones desde la matriz al espacio intermembrana; el Complejo IV funciona como una bomba de protones que contribuye a la fuerza protón-motriz.

Estos complejos proteicos, que forman la cadena transportadora electrónica, se relacionan en la cresta mitocondrial de la siguiente manera:

B. FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

Es un proceso acoplado al transporte de electrones, en la que se sintetiza ATP a partir de ADP y Pi (fosfato inorgánico) con gasto de energía catalizada por la enzima ATPasa en la cresta mitocondrial.

La energía electroquímica inherente en esta diferencia de concentración de protones y de separación de carga, la fuerza protón-motriz, representa una conservación de parte de la energía de oxidación. La fuerza protón-motriz se utiliza posteriormente para impulsar la síntesis de ATP catalizada por la proteína F1, a medida que los protones fluyen pasivamente de nuevo hacia la matriz a través de los poros de protones, formados por la proteína Fo.

BALANCE ENERGÉTICO AERÓBICO

Debemos considerar a todas las moléculas de ATP formadas y las moléculas transportadoras formadas en los diversos procesos:

2 ATP (glucólisis)	2 ATP
2 GTP (ciclo de Krebs)	2 ATP
8 NADH ₂ (cadena respiratoria)	24 ATP
2 FADH ₂ (cadena respiratoria)	4 ATP
	<hr/>
	32 ATP

2 NADH₂ (citosólico de la glucólisis):

* 2NADH₂ por lanzadera glicerol -3-fosfato
4 ATP

* 2 NADH₂ por lanzadera malato-aspartato
6 ATP

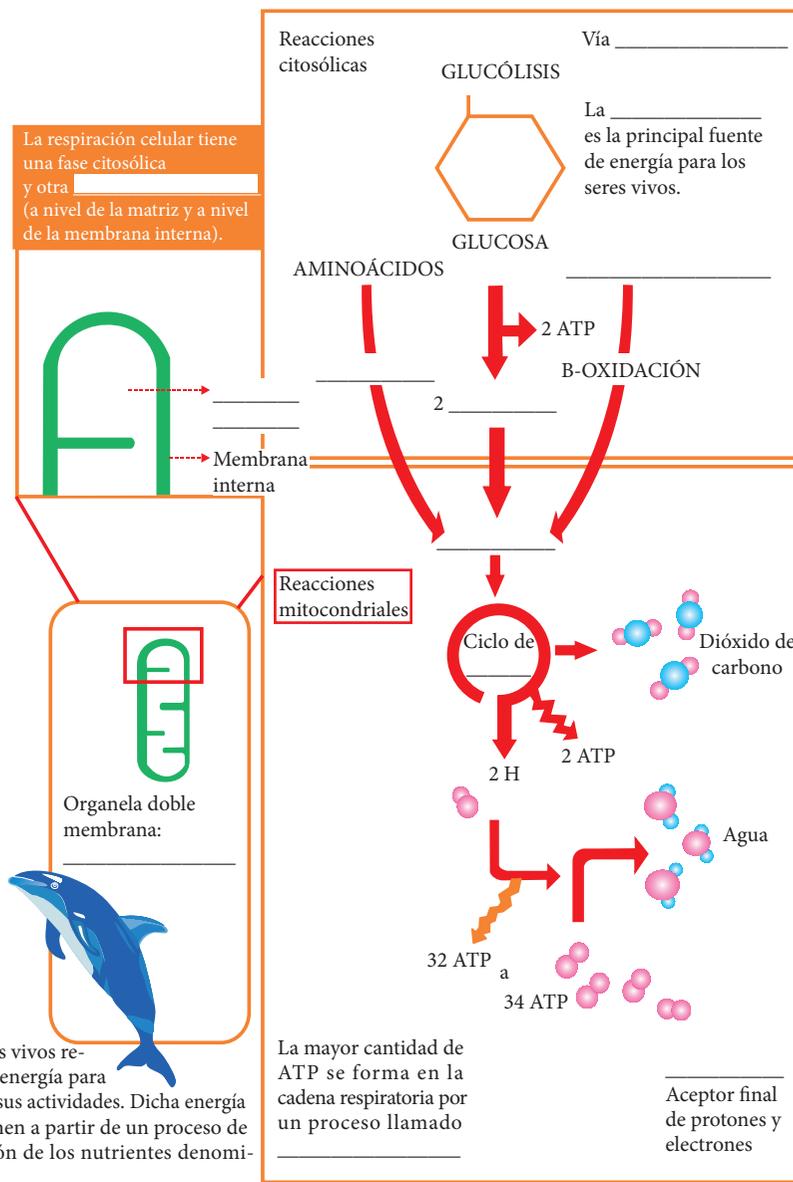
Como se observa, se pueden resultar 36 o 38 moléculas de ATP, dependiendo del sistema de lanzaderas que utilicen las moléculas de NADH₂ citosólicas.

Retroalimentación

- Se llama también respiración celular aeróbica: _____
- ¿Dónde se realiza el ciclo de Krebs? _____
- ¿De qué molécula proviene el acetil coenzima A? _____
- ¿Cuáles son los productos del ciclo de Krebs? _____

Trabajando en clase

- Completa el esquema sobre la respiración celular.



Verificando el aprendizaje

1. Sobre la respiración celular, marca la alternativa falsa:
 - a) En eucariontes, el ciclo de Krebs se da en las crestas mitocondriales.
 - b) Requiere de oxígeno en la vía anaeróbica.
 - c) En la fosforilación oxidativa se produce ATP.
 - d) a y b.
 - e) a y c.
2. Señale V o F respecto a la respiración celular.
 - () Es una reacción exergónica.
 - () Se realiza en el citosol y mitocondrias cuando requiere O_2 .
 - () Sintetiza moléculas complejas.
 - () Lo realizan tanto procariontes como eucariontes.
 - a) V, V, F, V
 - b) V, V, V, F
 - c) V, V, V, V
 - d) V, F, V, F
 - e) F, V, F, V
3. Respecto a la respiración celular aeróbica, señala la alternativa correcta.
 - a) Propio de los organismos menos evolucionados como algas pequeñas, protozoarios y hongos.
 - b) No utiliza O_2 .
 - c) Es poco energética: una molécula de glucosa dos ATP.
 - d) Tiene procesos sencillos como glucólisis y fermentación.
 - e) a y d.
4. La hexoquinasa, glucosa fosfato isomerasa, 6-fosfofructoquinasa, gliceraldehído - 3 - fosfato deshidrogenasa, fructosa difosfato aldolasa y fosfoglicero mutasa, son enzimas que participan en _____.
 - a) Fotosíntesis
 - b) Ciclo de Krebs
 - c) Glucólisis
 - d) Cadena respiratoria
 - e) Formación de ATP
5. El ciclo de Krebs no origina:
 - a) CO_2
 - b) FADH₂
 - c) Ácido cítrico
 - d) NADH₂
 - e) H_2O
6. El ciclo de Krebs se inicia con la unión de acetil CoA con _____ para formar _____.
 - a) succinato – succinil CoA
 - b) oxalacetato – citrato
 - c) malato – citrato
 - d) citrato – isocitrato
 - e) fumarato – malato
7. Sabemos que en la respiración aeróbica se forman _____ ATP a partir de 2 piruvatos.
 - a) 38
 - b) 15
 - c) 3
 - d) 18
 - e) 30
8. La fermentación alcohólica es un proceso que lo realizan las levaduras, las cuales son empleadas en las industrias de la cerveza, ron, whisky; este proceso se realiza a nivel de(l) (la) _____.
 - a) cloroplasto
 - b) cresta mitocondrial
 - c) membrana interna mitocondrial
 - d) matriz mitocondrial
 - e) citosol
9. Señala qué representa la siguiente ecuación:
 $1 \text{ glucosa} + 2 \text{ NAD}^+ + 2 \text{ ADP}^+ + 2 \text{ Pi} \rightarrow 2 \text{ Piruvato} + 2 \text{ NADH}_2 + 2 \text{ ATP}$
 - a) Fermentación alcohólica
 - b) Fermentación láctica
 - c) Fosforilación oxidativa
 - d) Glucólisis
 - e) Cadena respiratoria
10. Toda cadena respiratoria que comience por el NAD^+ conlleva a sintetizar _____ de ATP; pero si empezara por el FAD^+ se consiguen solo _____ de ATP.
 - a) 5 moléculas – 3 moléculas
 - b) 2 moléculas – 3 moléculas
 - c) 1 molécula – 2 moléculas
 - d) 3 moléculas – 2 moléculas
 - e) 3 moléculas – 5 moléculas