

## 1. Las mitocondrias. La respiración celular.

### 1.1. Las mitocondrias.

Orgánulos encargados de la obtención de energía mediante la respiración celular. En el proceso se sintetiza ATP gracias a la intervención de ATP-sintetasas. Están en todas las células eucariotas. Se cree que se han formado por un proceso de endosimbiosis a partir de células procariotas especializadas. Tienen ADN propio, distinto del nuclear, y pueden sintetizar sus propias proteínas. Son orgánulos redondeados o alargados, de 1-4  $\mu$ m de longitud por 0,3-0,8  $\mu$ m de anchura, formados por una doble membrana: la externa lisa, que pertenece a la célula, y la interna con pliegues transversales formando láminas, que pertenece al orgánulo. Sobre la superficie de ambas membranas se encuentran cuerpos redondeados llamados **oxisomas**, que contienen las ATP-sintetasas. El espacio delimitado por la membrana interna está ocupado por la **matriz**; los pliegues se llaman **crestas**, y el espacio existente entre las dos membranas es el **espacio intermembranoso**.

Su función consiste en realizar las reacciones bioquímicas de la respiración celular: combustión de compuestos orgánicos para obtener la energía necesaria para que la célula realice otras funciones. Los oxisomas contienen transportadores de electrones.

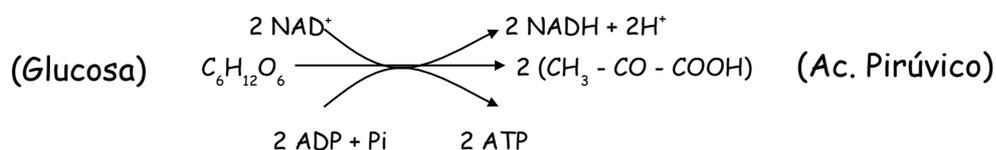
### 1.2. El catabolismo de los glúcidos: la respiración.

#### a) Hidrólisis de polisacáridos.

Los polisacáridos de la dieta de los animales son hidrolizados en el tubo digestivo hasta monosacáridos, que penetran en las células; también los polisacáridos de reserva (glucógeno en animales y almidón en vegetales) son hidrolizados en el citoplasma de las células hasta monosacáridos. La degradación total de la glucosa tiene dos fases: Glucólisis y ciclo de Krebs.

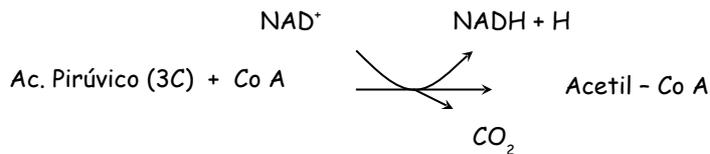
#### b) Glucólisis.

Rotura de la glucosa en dos moléculas de piruvato (anión más frecuente del ácido pirúvico). El proceso es anaerobio (sin oxígeno) y ocurre en el citosol. Es una secuencia de 10 reacciones catalizadas por otras tantas enzimas. A partir de una molécula de glucosa se forman dos de ácido pirúvico, y se sintetizan 2 NADH + 2 H<sup>+</sup> y 2 ATP.



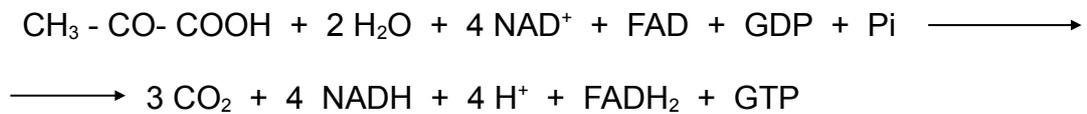
#### c) Respiración: Sistema piruvato-deshidrogenasa y ciclo de Krebs.

En condiciones aerobias, el piruvato atraviesa la doble membrana de las mitocondrias por transporte facilitado y en la matriz se convierte en acetil-Co A por oxidación y descarboxilación (con intervención de un sistema enzimático llamado **piruvato-deshidrogenasa**), y entra a formar parte de la siguiente fase, el ciclo de Krebs.

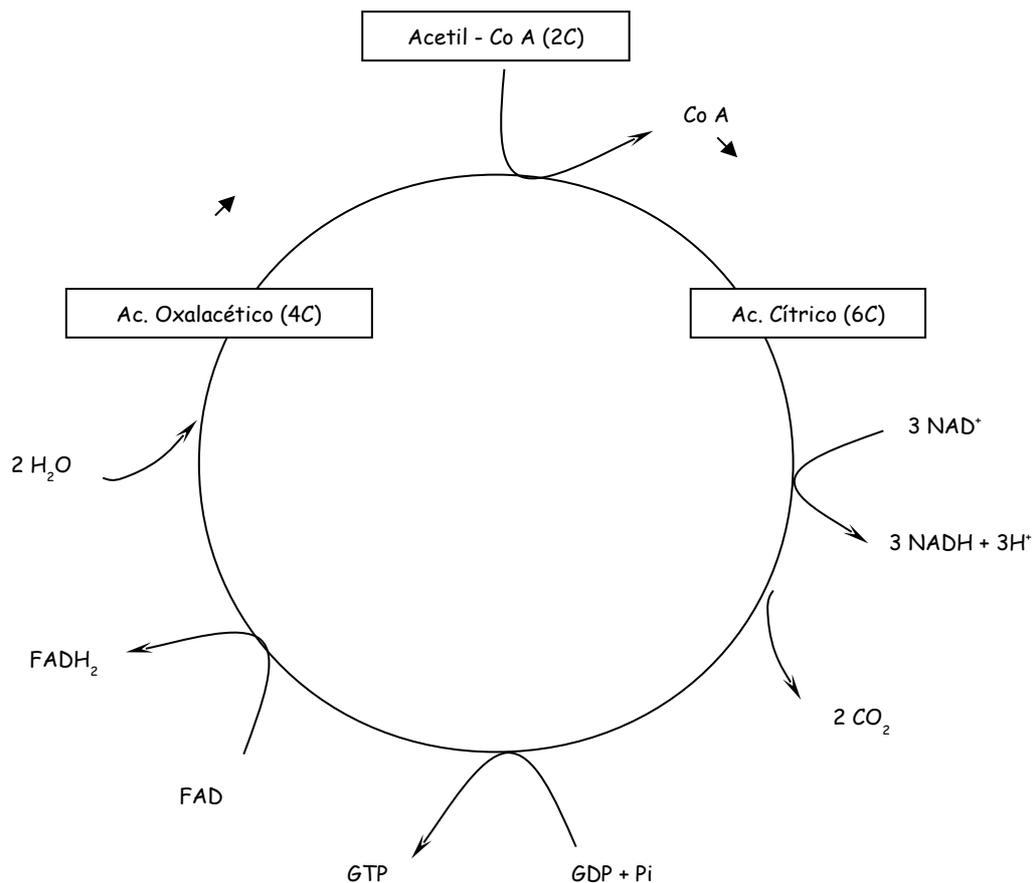


El **ciclo de Krebs** o del **ácido cítrico** es una secuencia de 8 reacciones que ocurre en la matriz mitocondrial en la que el Acetil-Co A se une a una molécula de 4 carbonos, el ácido oxalacético, dando lugar a una de 6 C, el ácido cítrico, que sufre dos descarboxilaciones en forma de  $\text{CO}_2$ , dando lugar mediante sucesivas transformaciones a la molécula inicial de 4 C, con lo que se cierra el ciclo.

La reacción global del sistema piruvato-deshidrogenada y ciclo de Krebs es:

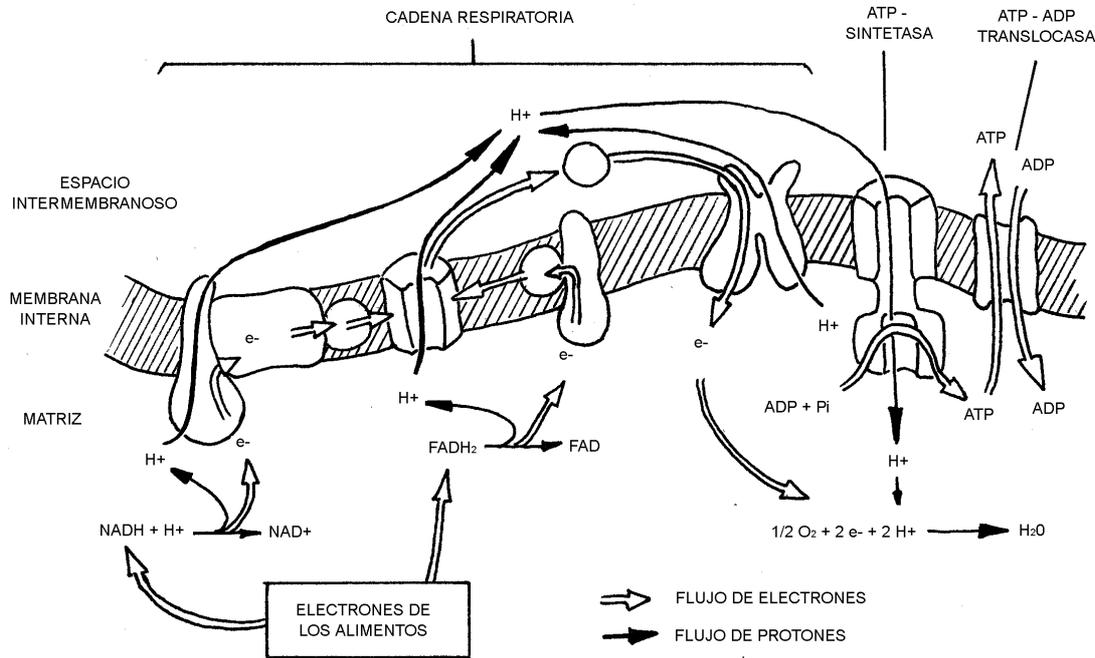


Como en la glucólisis se pueden formar dos moléculas de ácido pirúvico, para degradar



totalmente una molécula de glucosa son necesarias dos vueltas del ciclo de Krebs.

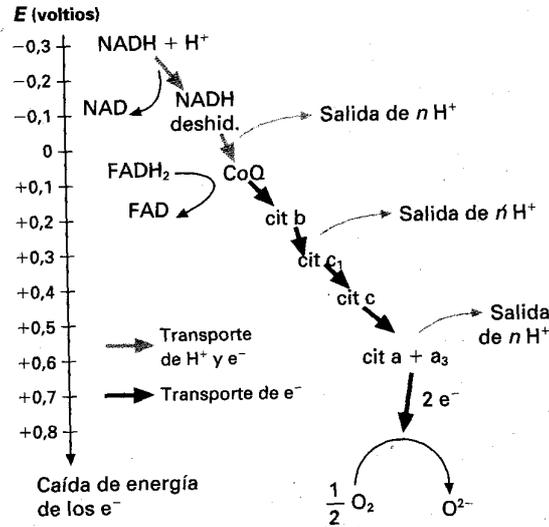
### d) Respiración: Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa.



Es una serie de moléculas orgánicas que se reducen y se oxidan a medida que se pasan unas a otras los protones y los electrones procedentes del NADH y del  $FADH_2$ . Estas moléculas están en las crestas de la membrana interna de la mitocondria. Como la energía liberada en la oxidación de estas moléculas es mayor que la consumida en la reducción, en cada paso hay un sobrante de energía que se invierte en la síntesis de ATP; el proceso se llama fosforilación oxidativa (hipótesis quimiosmótica de Mitchell). Según esta teoría, la energía liberada se utiliza para bombear protones a través de la membrana interna mitocondrial hasta el espacio intermembranoso. Se crea así un gradiente electroquímico. La energía almacenada en ese gradiente se utiliza para sintetizar ATP cuando los protones regresan a la matriz a través de una proteína transmembranosa llamada ATPasa.

- ♦ Su finalidad es la oxidación de las coenzimas reducidas,  $NADH + H^+$  y  $FADH_2$ .
- ♦ El aceptor final de los electrones es el oxígeno molecular.
- ♦ Se sintetiza ATP. A partir de un  $NADPH + H^+$  que ingresa en la cadena respiratoria de obtienen 3 ATP, y a partir de un  $FADH_2$  se obtienen 2 ATP.

♦ Como producto final se obtiene agua.



**Balance energético de la respiración:**

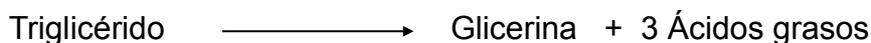
Proceso		Producción de moléculas en:			
		Citosol	Matriz	Transporte electrónico	
<b>Glucólisis</b>		2 ATP 2 NADPH		6 ATP	2 ATP 6 ATP
<b>Fase aerobia de la respiración</b>	<b>Ácido pirúvico a acetil CoA</b>		2 x (1 NADH)	2 x (3ATP)	6 ATP
	<b>Ciclo de Krebs</b>		2 x (1 ATP) 2 x (3 NADH) 2 x (1 FADH <sub>2</sub> )	2 x (9 ATP) 2 x (2 ATP)	2 ATP 18 ATP 4 ATP
<b>TOTAL</b>					<b>38 ATP</b>

Como cada mol de ATP almacena unas 7 Kcal, el balance energético del catabolismo de un mol de glucosa será:

$$1 \text{ mol de glucosa} = 180 \text{ g de glucosa} = 38 \text{ moles de ATP} = 38 \times 7 \text{ kcal} = 266 \text{ Kcal}$$

**1.3. El catabolismo de los lípidos.**

El principal mecanismo de obtención de energía de los lípidos es la oxidación de los ácidos grasos que proceden de la hidrólisis de los lípidos saponificables. Las hidrólisis están catalizadas por lipasas específicas que rompen las uniones tipo éster:

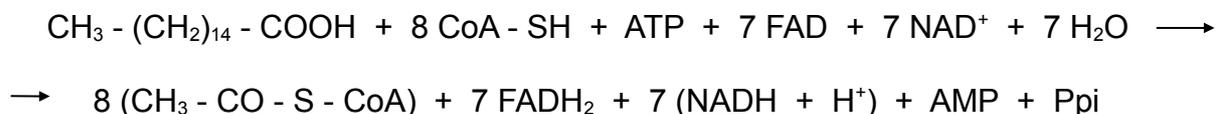


**a) La oxidación de los ácidos grasos.**

Los ácidos grasos obtenidos en el citoplasma deben entrar en la matriz de la mitocondria, donde sufren un proceso llamado β - oxidación que convierte los ácidos grasos en moléculas de acetil - CoA, que entran en el ciclo de Krebs y se degradan aeróbicamente.

**b) Rendimiento energético.**

Si tomamos, por ejemplo, el ácido palmítico, de 16 C, la reacción global será:



El rendimiento energético total es:

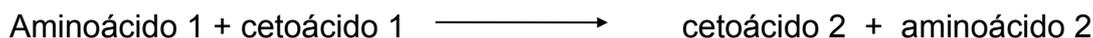
8 Acetil - CoA x 12 ATP en Ciclo de Krebs y cadena respiratoria: (no participa el sist. piruvato-deshidrogenasa)	96 ATP
7 FADH <sub>2</sub> en cadena respiratoria:	14 ATP
7 NADH en cadena respiratoria:	21 ATP
<b>TOTAL:</b>	<b>131 ATP</b>

Como gastamos una molécula de ATP para activar el ácido graso y que pueda penetrar en la mitocondria, un mol de ácido palmítico proporciona 130 moles de ATP, lo que supone 130 moles x 7 kcal/mol = 910 kcal.

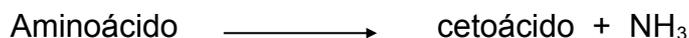
**1.4. Catabolismo de las proteínas.**

Las proteínas normalmente no tienen función energética, pero en caso de necesidad los aminoácidos libres son oxidados para producir energía. Los productos de estas oxidaciones pueden entrar en el ciclo de Krebs y en la cadena respiratoria. Los tres mecanismos de oxidación son:

- ♦ **Transaminación:** Un aminoácido cede el grupo amino a un cetoácido, que lo acepta y se convierte en otro aminoácido. Reacción catalizada por transaminasas.



- ♦ **Desaminación oxidativa:** Se liberan los grupos amino en forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. En el proceso se produce NADH. Reacción catalizada por deshidrogenasas.



- ♦ **Descarboxilación:** Se pierde el grupo carboxilo (-COOH) y se forma una amina primaria. Reacción catalizada por descarboxilasas.

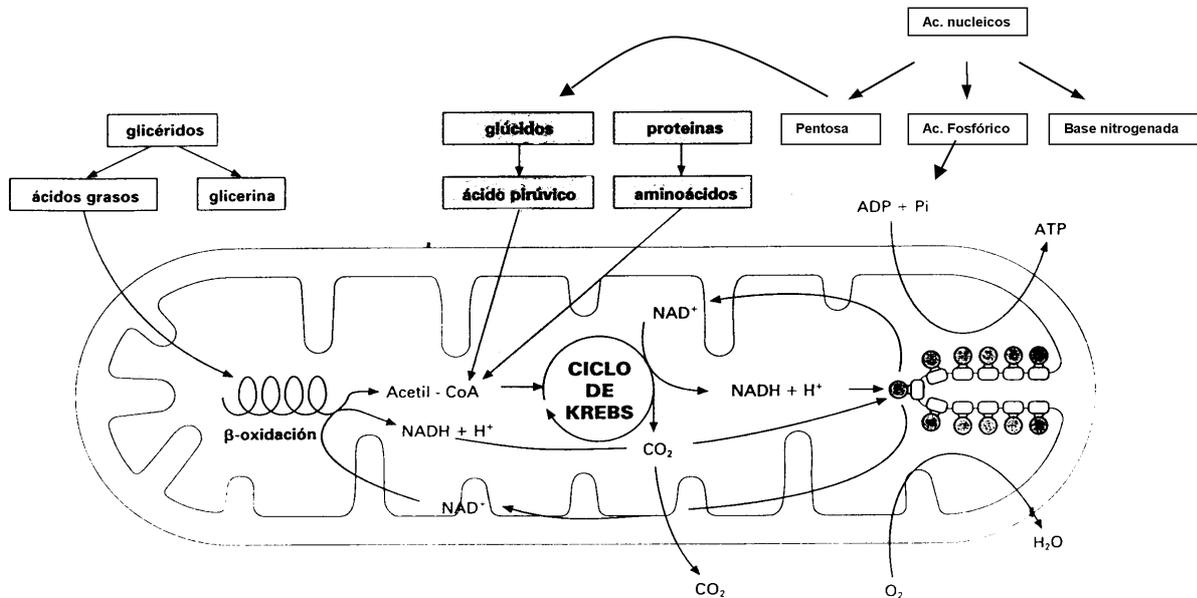
**1.5. Catabolismo de los ácidos nucleicos.**

Los aminoácidos se degradan a mononucleótidos en el tubo digestivo de los animales; después, otras enzimas los rompen en sus componentes: pentosa, bases nitrogenadas y ácido fosfórico.

- ♦ Las pentosas siguen el catabolismo de los glúcidos.
- ♦ El ácido fosfórico se excreta como ión fosfato, o bien se utiliza para síntesis de ATP o de nucleótidos.

- ♦ Las bases nitrogenadas se convierten en ácido úrico (púricas), urea o amoniaco (pirimidínicas), y se excretan.

### 1.6. Resumen del catabolismo.



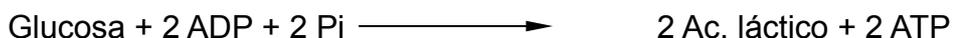
### 1.7. Las fermentaciones

El aceptor final de electrones es un compuesto orgánico. El resultado es una oxidación incompleta del alimento. No interviene la cadena respiratoria, por lo que es un proceso anaerobio. No hay síntesis de ATP en las ATP - sintetetas: sólo en el sustrato. Por eso tienen un rendimiento energético bajo. Por ejemplo, una molécula de glucosa produce 38 ATP por respiración, frente a 2 ATP por fermentación. Las fermentaciones son propias de microorganismos, aunque algunas pueden producirse en el tejido muscular de animales cuando no hay suficiente oxígeno en las células.

- ♦ Fermentación alcohólica: Vino, cerveza, pan.



- ♦ Fermentación láctica: Queso, yogur, agujetas.



- ♦ Fermentación butírica
- ♦ Fermentación pútrida