

### **4. Catabolismo: Vías generales y su conexión (glucólisis, fermentaciones, ciclo de Krebs, cadena respiratoria).**

- Catabolismo

- “Mapa” general del catabolismo con las rutas que se citan después.
- Concepto de glucogenolisis y glucogenogénesis.
- Glucolisis: localización, sustrato inicial, producto final. Balance. Concepto de fosforilación a nivel de sustrato.
- Fermentación láctica y alcohólica. Localización, sustrato inicial, productos finales. Finalidad metabólica.
- Descarboxilación oxidativa del piruvato. Localización. Balance.
  - Ciclo de Krebs o de los ácidos tricarboxílicos. Localización. Balance.
- Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa. Hipótesis quimiosmótica. Localización. Balance.
- Beta-oxidación de los ácidos grasos. Localización.

#### **CATABOLISMO DE GLÚCIDOS.**

El Catabolismo de glúcidos consiste en reacciones de oxidación de monosacáridos y consta de los siguientes procesos:

1. Glucólisis.

2. Respiración celular.

Respiración aerobia.

o Formación de acetyl-CoA

o Ciclo de Krebs.

o Fosforilación oxidativa.

- Cadena transportadora de electrones.

- Formación de gradiente de H<sup>+</sup>.

- Síntesis de ATP.

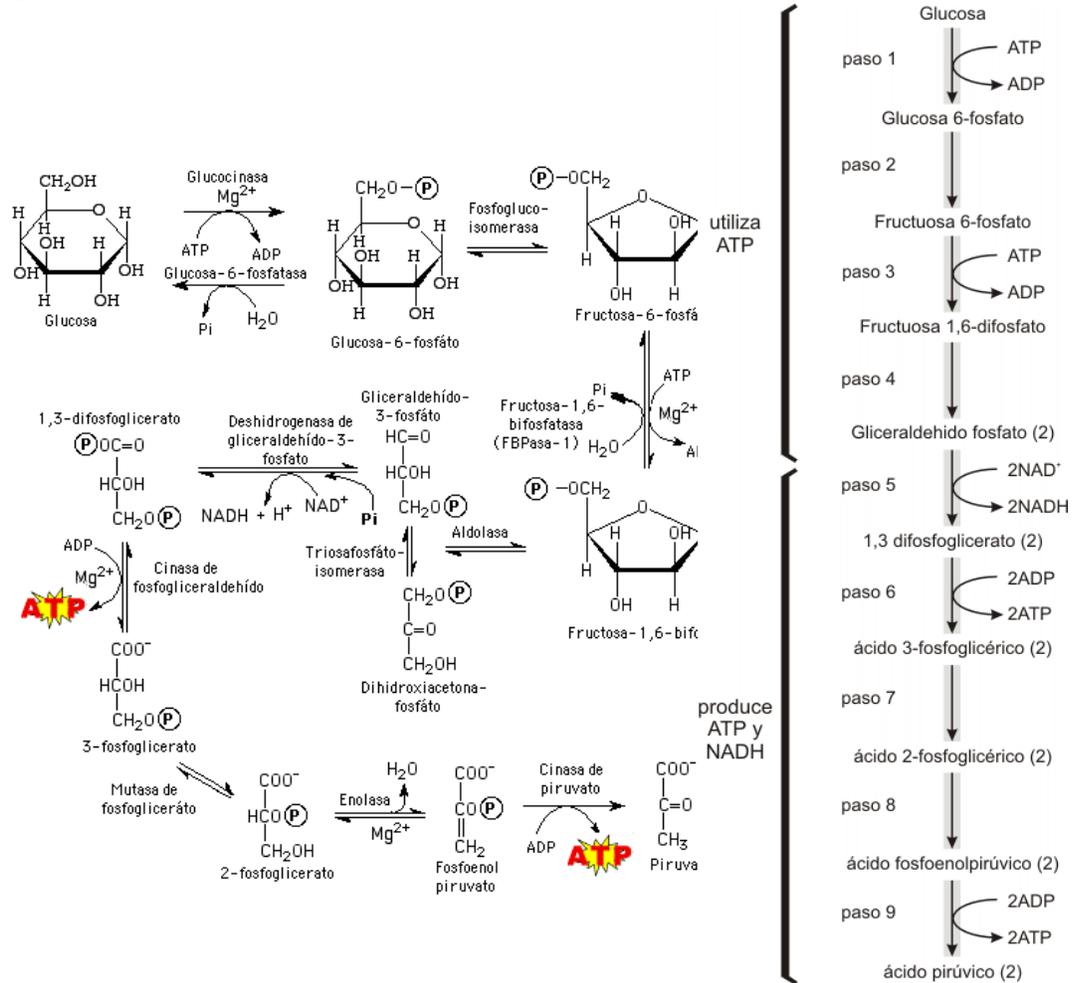
Respiración anaerobia.

Respiración quimiolitotrofa.

3. Fermentación.

La finalidad del catabolismo de glúcidos es proporcionar energía, poder reductor y precursores metabólicos a la célula.

# 1.- GLUCÓLISIS.



Ocurre en el citoplasma celular.

No necesita O<sub>2</sub>.

Rendimiento energético de la glucólisis. Por cada molécula de glucosa se obtienen:

- 2 moléculas de piruvato (3C)
- 2 ATP (fosforilación a nivel de sustrato)
- 2 NADH (posteriormente en la fosforilación oxidativa en la mitocondria rendirán 2 ATP cada uno).

## 2.- RESPIRACIÓN AEROBIA.

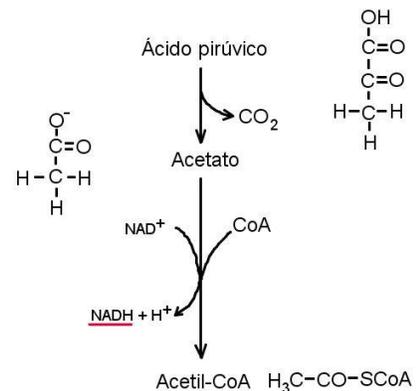
Los electrones (y los H) que se obtienen de la glucosa son cedidos hasta el O<sub>2</sub> (aceptor final de electrones).

Se produce la oxidación total del piruvato (convertido en acetil-CoA) hasta CO<sub>2</sub>. En el ciclo de Krebs.

Las etapas de la respiración aerobia son:

### 2.1.- Formación de acetil-CoA.

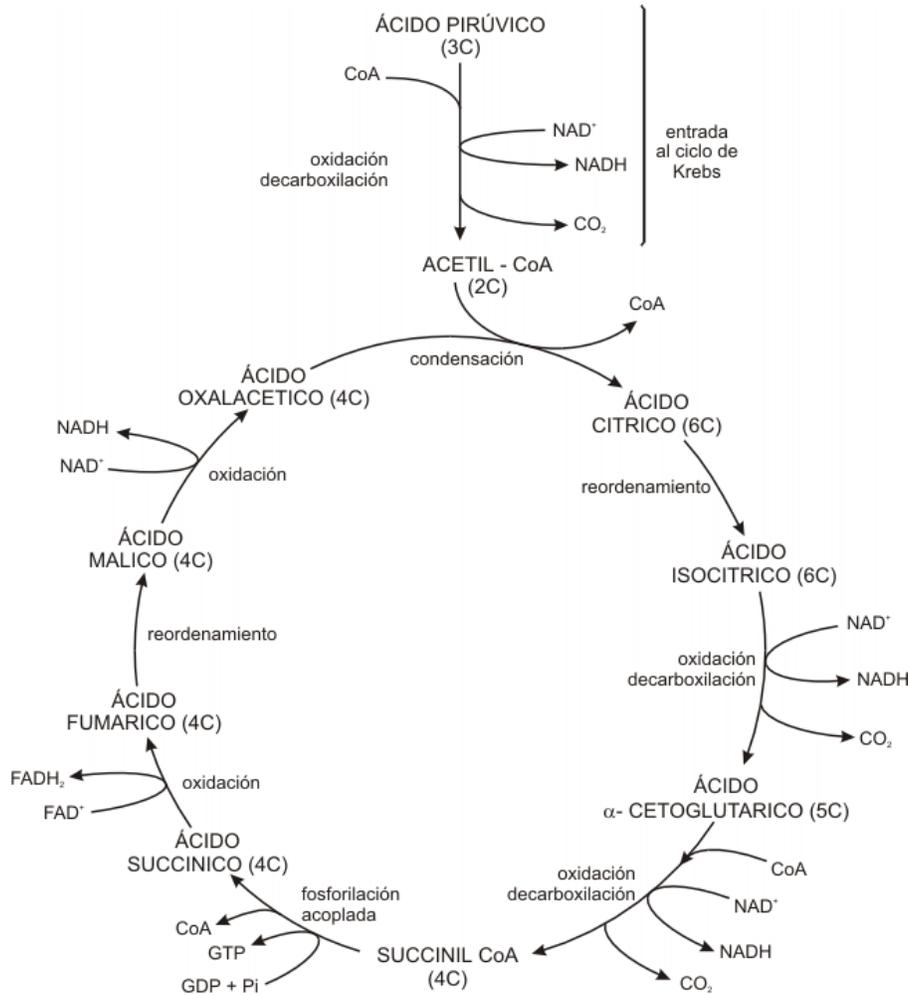
El piruvato entra en la mitocondria y se descarboxila y oxida por medio de la piruvato deshidrogenasa. Rinde una molécula



de NADH

## 2.2.- Ciclo de Krebs.

La acetil-CoA se incorpora al ciclo de Krebs en la matriz mitocondrial y se produce su oxidación completa hasta  $\text{CO}_2$ . Los H y electrones que pierde son recogidos por las coenzimas  $\text{NAD}^+$  y FAD, transformándose en  $\text{NADH}+\text{H}$  y  $\text{FADH}_2$ .



Rendimiento del ciclo de Krebs. Por cada molécula de acetil-CoA que entra en el ciclo se producen:

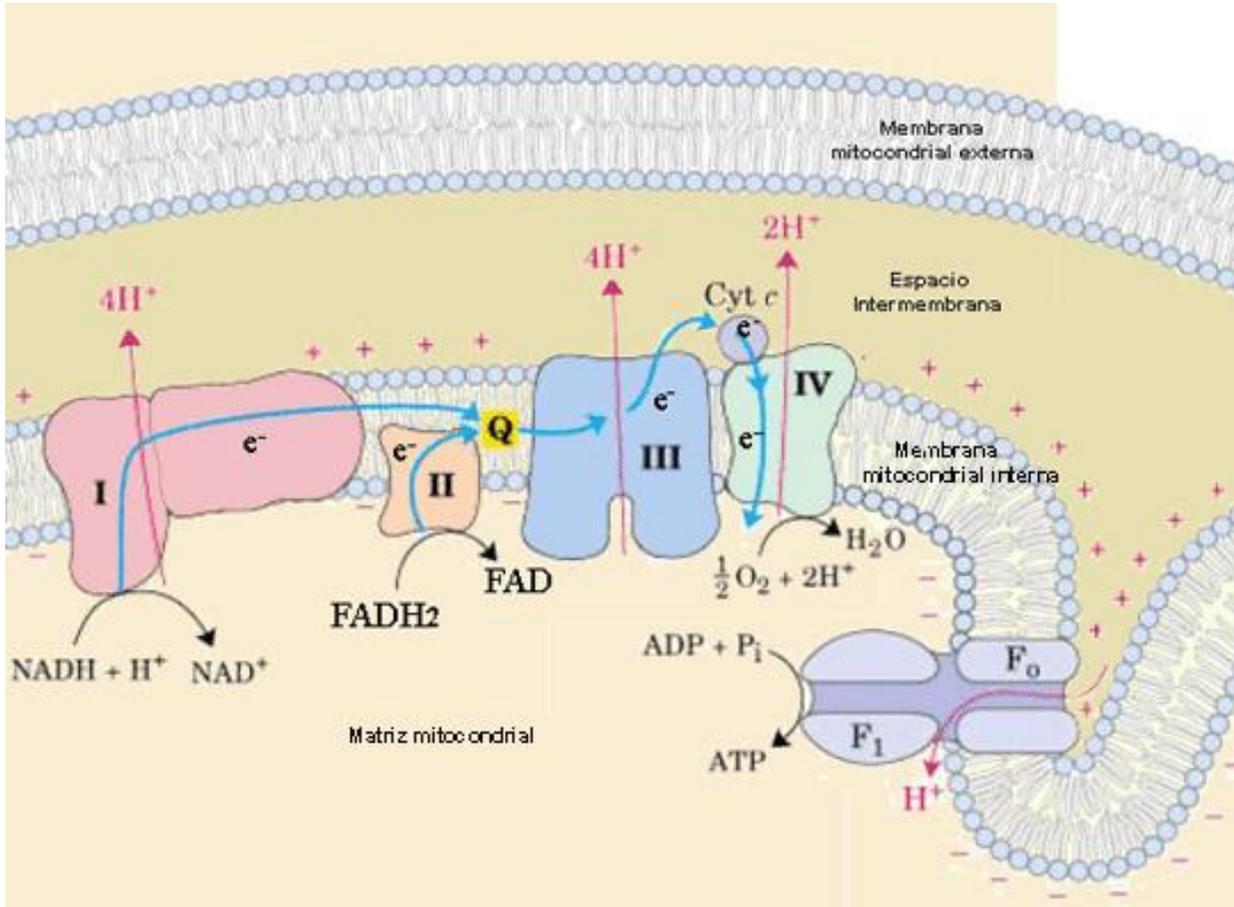
- 1 molécula de GTP (equivalente al ATP).
- 3 moléculas de NADH.
- 1 molécula de  $\text{FADH}_2$ .
- 2 moléculas de  $\text{CO}_2$ , (procedentes de la descarboxilación total de la acetil-CoA).

## 2.3.- Fosforilación oxidativa.

Tiene lugar en la membrana interna mitocondrial y en las crestas.

Los electrones (e H) del  $\text{NADH}$  y  $\text{FADH}_2$  generados en la glucólisis, formación de acetil-CoA y ciclo de Krebs van a pasar por una cadena de moléculas en una serie de reacciones de óxido-reducción, hasta llegar a un aceptor final que es el  $\text{O}_2$ . La fosforilación oxidativa consta de los siguientes procesos:

Cadena transportadora de electrones.  
Formación de un gradiente quimiosmótico o gradiente de  $H^+$ .  
Formación de ATP por las ATPasas o ATP sintetasa.



Rendimiento energético de la fosforilación oxidativa.  
- Cada  $NADH$  proporciona energía para formar 3 ATP.  
- Cada  $FADH$  proporciona energía para formar 2 ATP.

Rendimiento energético por cada molécula de glucosa en la respiración aerobia					
Proceso	Lugar	Sustancia inicial	Sustancia final	Coenzimas (poder reductor)	Moléculas de ATP producidos
Glucólisis	Citoplasma	Glucosa	2 piruvato	– 2 NADH	2 ATP <sup>1</sup> 4 ATP <sup>2</sup>
Formación de acetil-CoA	Matriz mitocondrial	2 piruvato	2 acetil-CoA	2 NADH	6 ATP
Ciclo de Krebs	Matriz mitocondrial	2 acetil-CoA	4 CO <sub>2</sub>	– 6 NADH 2 FADH <sub>2</sub>	2 GTP (≈ 2ATP) 18 ATP 4 ATP
<b>TOTAL</b>					<b>36 ATP</b>

<sup>1</sup> ATP obtenidos mediante fosforilación a nivel de sustrato.

<sup>2</sup> El NADH de la glucólisis solo rinde 2 ATP en la cadena de transporte de electrones, pues "gasta" uno en una proteína (lanzadera de malato) que lo transporta al interior de la mitocondria.

### 3.- OTROS TIPOS DE RESPIRACIÓN.

#### 3.1.- Respiración anaerobia.

Consiste en la oxidación de moléculas orgánicas en la que el aceptor final de electrones es una molécula inorgánica (NO<sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe<sup>3+</sup>) distinto del O<sub>2</sub>, o incluso una molécula orgánica.

Aceptor final de electrones	Producto final	Microorganismo
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) NOx y N <sub>2</sub>	<i>Pseudomonas</i>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfuros	<i>Clostridium</i>
CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	<i>Metanococcus</i>
Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	<i>Geobacter</i>

#### 3.2.- Respiración quimiolitotrofa.

Son organismos quimioautótrofos que obtienen la energía para sintetizar sus moléculas orgánicas (no a partir de la luz como los fototrofos) a partir de la oxidación de compuestos inorgánicos como NH<sub>3</sub>, NO<sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Fe<sup>2+</sup>, etc.

### 4.- FERMENTACIONES.

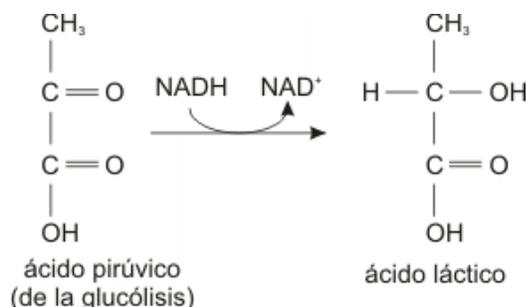
Al final de la glucólisis, el piruvato, puede seguir otra vía de oxidación. La fermentación. Esta consiste en un proceso de oxidación incompleta en anaerobiosis (sin O<sub>2</sub>). El aceptor final de e<sup>-</sup> es una molécula orgánica y por tanto no se obtiene agua.

Se obtiene menos ATP pues la fosforilación es exclusivamente a nivel de sustrato. El ATP procede de la glucólisis. 2 ATP por cada glucosa.

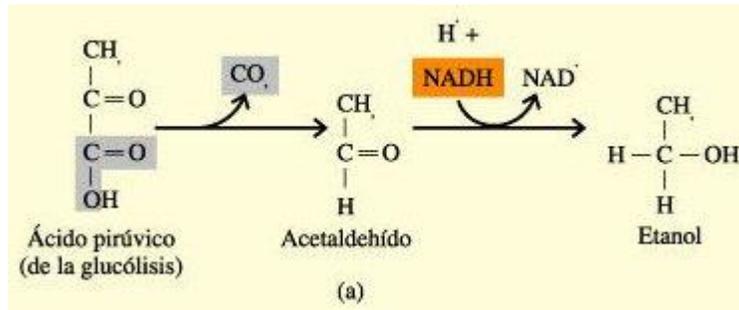
Las llevan a cabo bacterias y levaduras.

Ejemplos de fermentaciones a partir de glúcidos son:

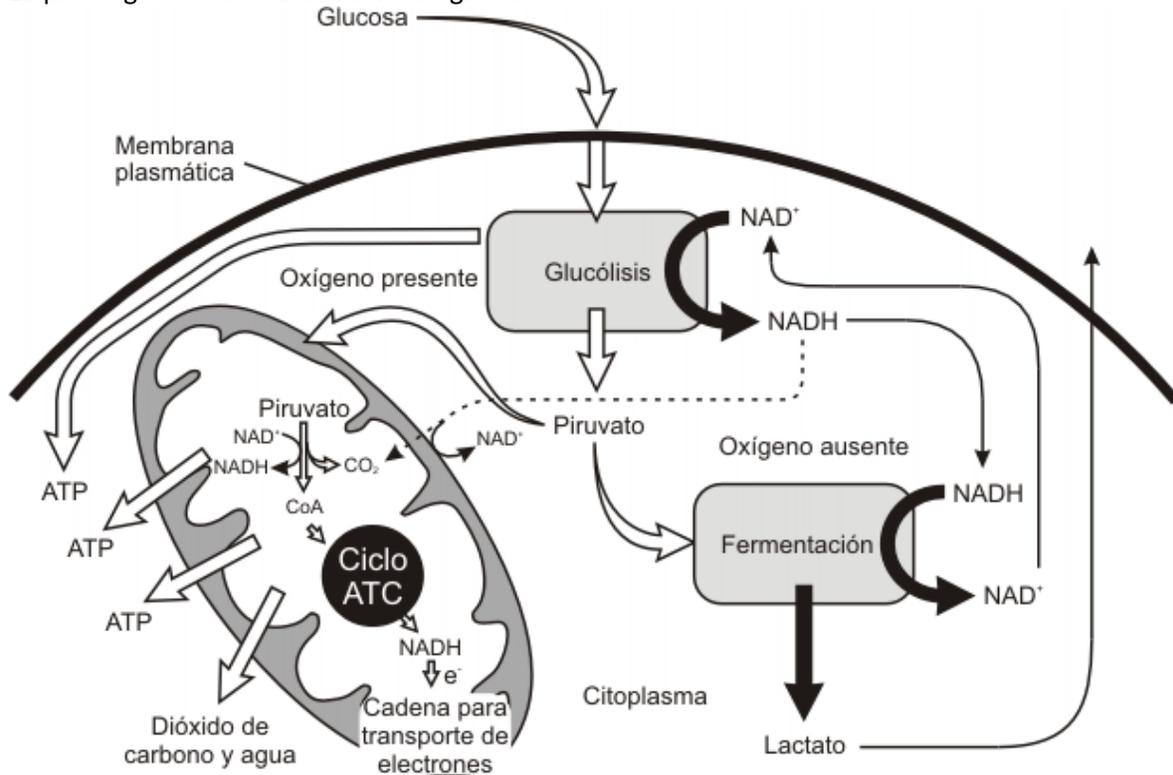
#### Fermentación láctica.



### Fermentación alcohólica.



Esquema general del catabolismo de glúcidos



Comparativa entre los distintos tipos de respiración y las fermentaciones			
	Molécula que se oxida (cede e- y H+)	Aceptor final de e-	Síntesis de ATP
Respiración aerobia	orgánica	O <sub>2</sub>	Fosforilación oxidativa.
Respiración anaerobia	orgánica	Inorgánica ≠ O <sub>2</sub> u orgánica.	Fosforilación oxidativa.
Respiración quimiolitotrofa	inorgánica	O <sub>2</sub>	Fosforilación oxidativa.
Fermentaciones (de glúcidos)	orgánica	Orgánica (lactato, etanol)	Fosforilación a nivel de sustrato

## CATABOLISMO DE LÍPIDOS.

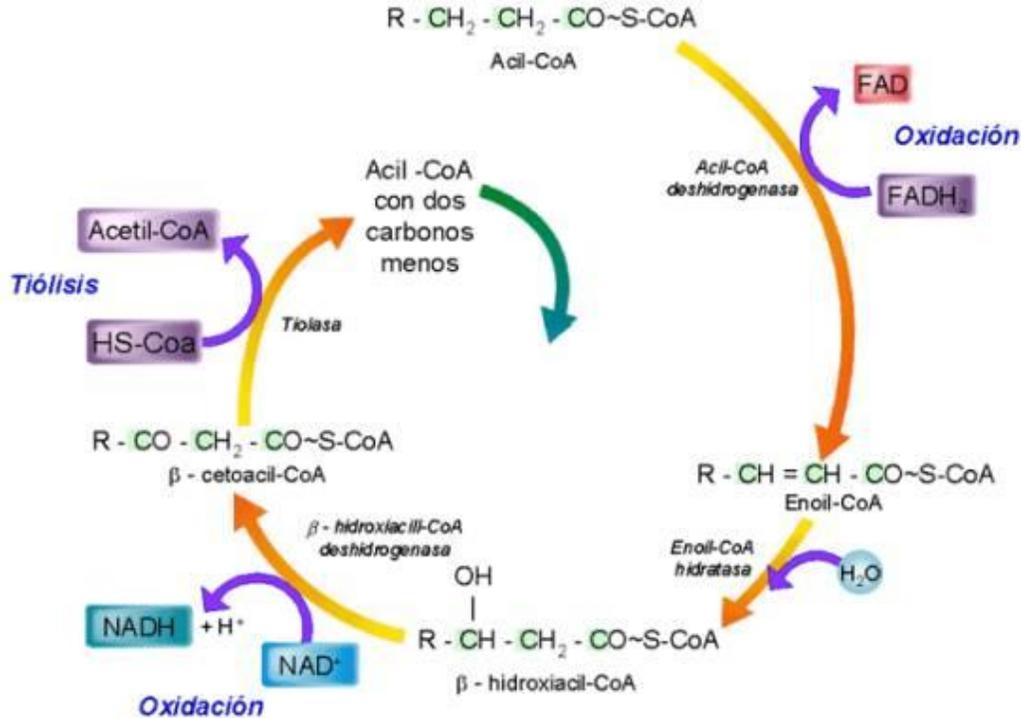
Los lípidos simples o grasas (triglicéridos) se separan en sus dos componentes:

- o Glicerina: se transforma en gliceraldehido-3-fosfato y se incorpora a la glucólisis.
- o Ácidos grasos: entran en la matriz mitocondrial gracias al transporte de un enzima que los traslada desde el citoplasma a la matriz, la "carnitina".

En la matriz mitocondrial los ácidos grasos sufren un proceso de **β-oxidación** (representado por la Hélice de Lypen).

En esta secuencia espiral en cada vuelta o espira se produce:

- La escisión de un fragmento de 2 C de los ácidos grasos en forma de acetil-CoA. Ingresará en el ciclo de Krebs.
- La formación de una molécula de NADH. Se incorpora la cadena transportadora de electrones.
- La formación de una molécula de FADH<sub>2</sub>. Se incorpora a la cadena transportadora de electrones.



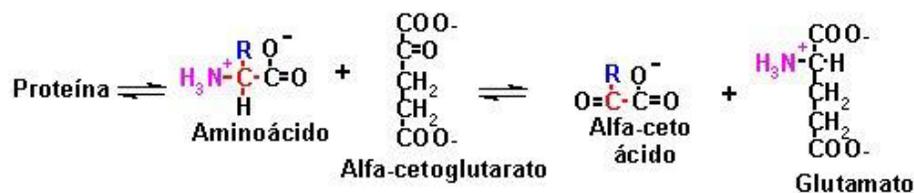
## CATABOLISMO DE PROTEÍNAS.

Las proteínas raramente se usan como combustible. El catabolismo de proteínas comienza por la hidrólisis de éstas en aminoácidos.

El **catabolismo de aminoácidos** se produce en dos etapas:

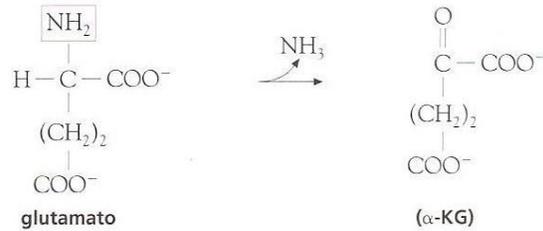
### 1.- Eliminación del grupo amino.

a) Transaminación: Transferencia el grupo NH<sub>2</sub> al α-cetoglutarato para formar glutamato (reservorio de NH<sub>2</sub> para formar nuevos aminoácidos)



b) Desaminación oxidativa.

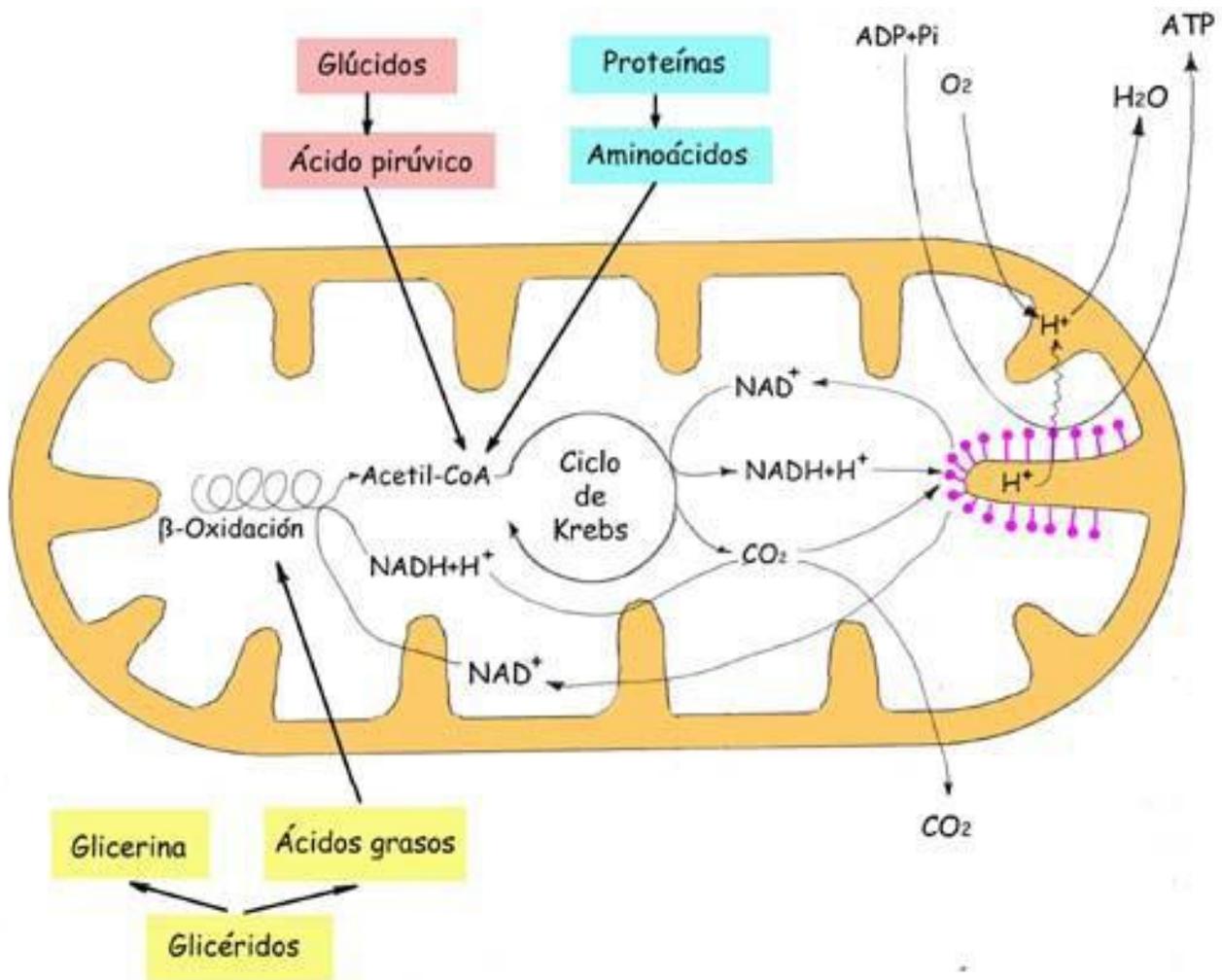
Eliminación del grupo  $\text{NH}_2$  del glutamato en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Así lo expulsan muchos animales acuáticos. O lo transforman en urea ( $\text{H}_2\text{N-CO-NH}_2$ ) que es menos tóxico que el amoníaco. Así lo expulsamos los mamíferos.



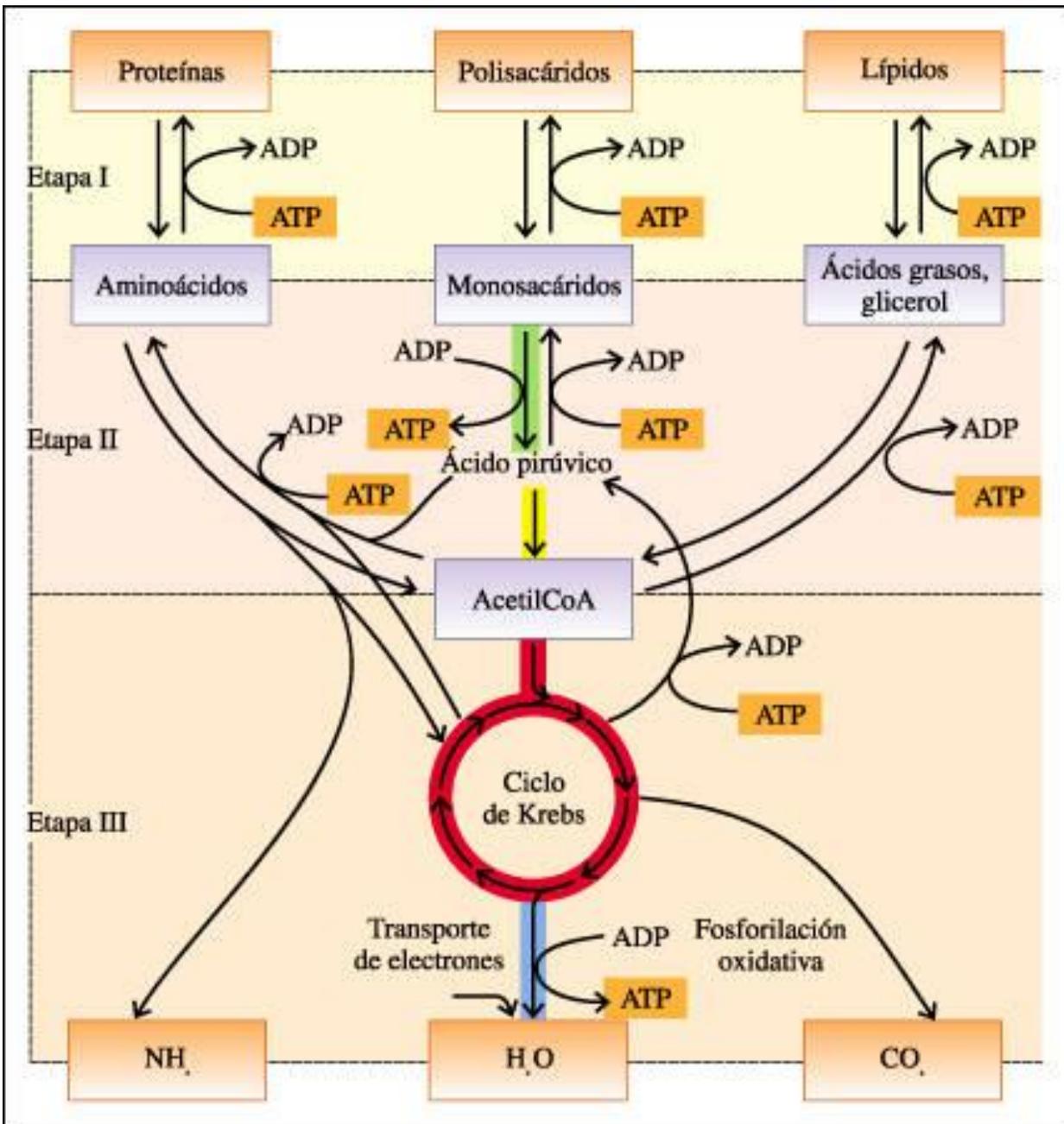
2.- Oxidación y descarboxilación de la cadena carbonada.

El  $\alpha$ -cetoglutarato ( $\alpha$ -KG), se incorpora al ciclo de Krebs.

Visión general del catabolismo.



## VISIÓN GENERAL DEL METABOLISMO.



El ciclo de Krebs es una ruta anfibólica es decir es catabólica y anabólica.

## BLOQUE 1: TEST

### 1. Los seres vivos necesitan el oxígeno

#### porque:

- a) Es el dador de electrones de la cadena respiratoria
- b) Es necesario para que ocurran los procesos metabólicos en el citosol
- c) Es necesario para obtener dióxido de carbono en la respiración
- d) Es el aceptor último de electrones en la cadena respiratoria.

### 2. En qué proceso metabólico interviene el ácido cítrico:

- a) En el ciclo de Calvin
- b) En el ciclo de Krebs
- c) En la fotofosforilación.
- d) En la fase luminosa.

### 3. ¿Cuál de las siguientes funciones tiene lugar en el orgánulo celular representado en la imagen?

- a) Síntesis de lípidos
- b) Fotosíntesis
- c) Respiración celular
- d) Reserva de almidón.

### 4. ¿Qué es cierto en relación con la fermentación?

- a) Es un proceso catabólico con degradación incompleta de la materia orgánica
- b) Es un proceso anabólico aeróbico
- c) Produce más energía que la respiración celular
- d) Se produce la oxidación completa de la materia orgánica hasta dióxido de carbono.

### 5. La respiración:

- a) Es un proceso catabólico con degradación incompleta de la materia orgánica.
- b) Es un proceso anabólico aeróbico
- c) Produce menos energía que la fermentación alcohólica
- d) Se produce por la oxidación de la materia orgánica hasta dióxido de carbono y agua.

### 6. ¿Qué resultado neto se obtiene de la glucólisis de una molécula de glucosa?

- a) Dos moléculas de piruvato, dos moléculas de ATP y dos moléculas de NADH.
- b) Dos moléculas de piruvato, dos moléculas de ADP y dos moléculas de FADH

- c) Dos moléculas de Acetil-coenzima A, dos moléculas de ATP y dos moléculas de NADH
- d) Dos moléculas de piruvato, dos moléculas de Acetil CoA y dos moléculas de ATP

### 7. ¿Cuál de los siguientes procesos tienen lugar en la matriz mitocondrial? (2011)

- a) La fase oscura de la fotosíntesis
- b) La fase lumínica de la fotosíntesis
- c) Beta oxidación de los ácidos grasos
- d) Glucólisis.

### 8. ¿En qué proceso catabólico de la glucosa se obtiene dióxido de carbono?

- a) En la glucólisis
- b) En la fosforilación oxidativa
- c) En la cadena respiratoria
- d) En el ciclo de Krebs

### 9. ¿En qué ciclo convergen el catabolismo de los monosacáridos, los ácidos grasos y los aminoácidos

- a) Ciclo de Calvin
- b) Beta-oxidación
- c) Ciclo de Krebs
- d) Ciclo de la urea.

### 10. ¿Cómo se denomina el proceso por el cual se obtiene ácido pirúvico? (

- a) Gluconeogénesis
- b) Glucogenogénesis
- c) Glucogeno lisis
- d) Glucólisis

### 11. ¿Qué proceso tiene lugar en la membrana mitocondrial interna?

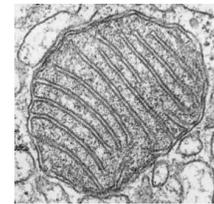
- a)  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos
- b) Fosforilación oxidativa
- c) Ciclo de los ácidos tricarboxílicos
- d) Síntesis de proteínas mitocondriales.

### 12. El orgánulo donde se produce la beta-oxidación de los ácidos grasos es:

- a) El lisosoma
- b) El peroxisoma
- c) El hialoplasma
- d) La mitocondria

### 13. La respiración celular es:

- a) Una oxidación de glúcidos, lípidos, etc.
- b) Una reducción de glúcidos, lípidos, etc.



c) Un proceso endotérmico que consume 36 ATPs.

d) Un proceso exclusivo de organismos anaerobios.

**14. ¿Qué es cierto en relación a los procesos de respiración y fermentación?**

a) En ambas se produce la oxidación completa de la materia orgánica.

b) En la respiración se obtiene más ATP que en la fermentación por cada molécula de glucosa

c) Ambos procesos tienen lugar en el aparato de Golgi

d) Se produce CO<sub>2</sub>

**15. La respiración celular y la fermentación:**

a) Se llevan a cabo en el citoplasma celular.

b) Producen cantidades de energía semejantes.

c) Necesitan oxígeno.

d) Todas las respuestas anteriores son falsas.

**16. La fermentación:**

a) Se lleva a cabo en la mitocondria.

b) Produce 38 ATP por molécula de glucosa fermentada.

c) Necesita oxígeno.

d) Todas las respuestas anteriores son falsas.

**17. La fase aerobia de la respiración celular de eucariotas:**

a) Corresponde a la fotosíntesis y ocurre en el cloroplastos

b) Corresponde al ciclo de Krebs y al transporte electrónico, y ocurre en la mitocondria

**Sobre los procesos del metabolismo:**

1. La glucólisis es un proceso anaerobio

2. El ciclo de Krebs tiene lugar en el citoplasma de las células

3. Al ciclo de Krebs le sigue la glucólisis y la cadena transportadora de electrones

4. La combustión total de una molécula de glucosa en la célula origina gran cantidad de GTP

3.- El ciclo de Krebs o de los ácidos tricarbónicos consiste en...

a) La producción de triglicéridos.

b) La eliminación de grupos amino de los aminoácidos.

c) La oxidación completa del Acetil CoA.

d) La síntesis de triosas.

c) Corresponde la glucólisis y ocurre en el citoplasma

d) Corresponde la beta-oxidación y ocurre en Aparato de Golgi

**18. La fermentación:**

a) Es un proceso catabólico anaeróbico

b) Es un proceso anabólico aeróbico

c) Produce más energía que la respiración

d) Se produce la oxidación completa de la materia orgánica

**19. ¿Cuál de las siguientes**

**afirmaciones sobre el metabolismo es FALSA?**

a) En el ciclo de Krebs se lleva a cabo

la oxidación total de la mayoría de los combustibles.

b) La glucólisis tiene lugar en la mitocondria.

c) El precursor de los ácidos grasos es el acetyl-CoA.

d) Las fermentaciones se producen en condiciones anaerobias

**20.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el metabolismo es INCORRECTA?**

a) la beta oxidación de los ácidos grasos rinde acetyl-CoA.

b) La glucólisis tiene lugar en la mitocondria.

c) En el ciclo de Krebs se lleva a cabo la oxidación total de la mayoría de los combustibles.

d) Las fermentaciones se producen en condiciones anaerobias.

**Sobre nutrición y metabolismo:**

- a) Los seres autótrofos se dividen en fotosintéticos y facultativos
- b) Las fermentaciones son procesos aeróbios que desprenden poca energía
- c) La glucólisis ocurre en la mitocondria y el Ciclo de Krebs en el citoplasma
- d) La fase luminosa de la fotosíntesis puede tener un transporte no cíclico de electrones, que proceden del agua (fotólisis del agua) y un transporte cíclico de electrones

**La cadena respiratoria se encuentra en:**

- a) Matriz mitocondrial
- b) El citosol
- c) El estroma del cloroplasto
- d) Crestas mitocondriales

**BLOQUE 2. DEFINICIONES.** Describa brevemente los siguientes conceptos:

- a. Catabolismo
- b. beta-oxidación;
- c. Glucólisis
- d. Ciclo de Krebs
- e. Fermentación alcohólica
- f. Fermentación láctica
- g.-Respiración aerobia

**BLOQUE 3. CUESTIONES CORTAS.** Responda las siguientes cuestiones:

3.1. ¿Qué es la glucólisis? Indica cual es su finalidad y en que parte de la célula se realiza. ¿Qué 2 vías metabólicas pueden seguir los productos formados en la glucólisis?

3.2. ¿De dónde procede el acetyl-coenzima A con el que se inicia el ciclo de Krebs?

¿Cuál son los objetivos principales de dicho ciclo? ¿En qué parte de la célula tiene lugar el ciclo referido?

3.3.- Indique en qué lugares concretos de la célula eucariota se producen los siguientes procesos metabólicos: replicación,  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos, fase lumínica, glucólisis, síntesis de proteínas, cadena respiratoria, transcripción.

3.4.- Explique qué es la fosforilación a nivel de sustrato e indique algún proceso donde tiene lugar.

3.5.-Explique las principales diferencias entre respiración celular y fermentación.

3.6.- En el siguiente proceso metabólico indique el nombre de los procesos señalados con los números 1, 2 y 3. ¿En qué punto se interrumpiría la ruta en caso de no haber oxígeno?

Razone la respuesta.



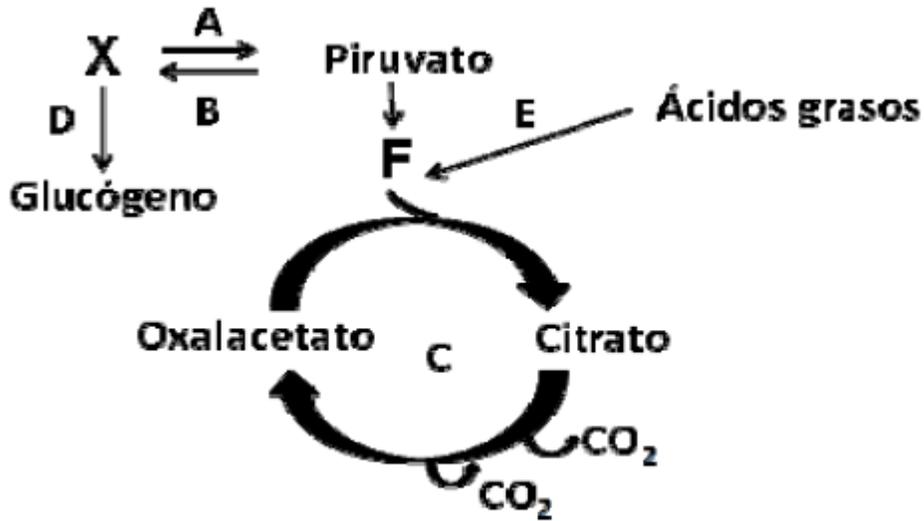
3.7.- Indique en qué compartimento celular se originan los siguientes compuestos químicos y de qué procesos metabólicos son característicos: ácido pirúvico, ácido láctico, acetyl CoA.

3.8.-Indique de qué molécula procede el  $\text{CO}_2$  liberado en el ciclo de Krebs. ¿Qué otros compuestos se liberan en este proceso?

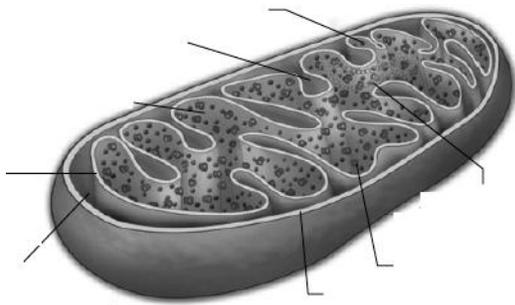
**BLOQUE 4. CUESTIONES SOBRE IMÁGENES.** Responda las siguientes cuestiones:

4.1.-En el siguiente esquema se representan varias rutas metabólicas:

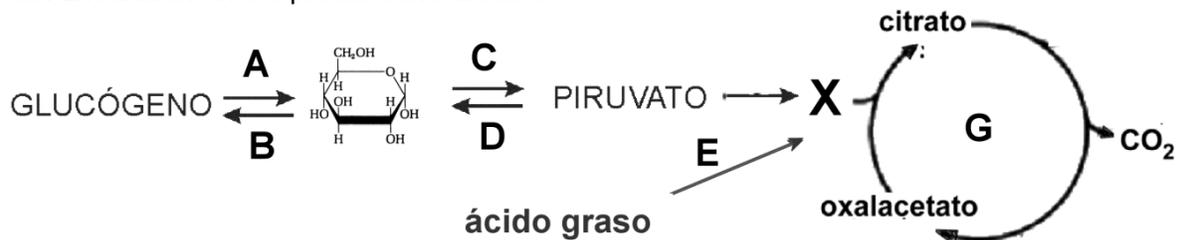
- a.-¿Qué molécula es X?
- b.-¿Qué molécula es F?
- c.-¿Qué rutas metabólicas representan A, B, C, D y E?
- d.-¿Dónde se acumula glucógeno en el organismo?



4.2.-Identifique el orgánulo representado en el esquema. Indique tres de sus componentes y dos procesos metabólicos señalando donde tiene lugar el mismo.



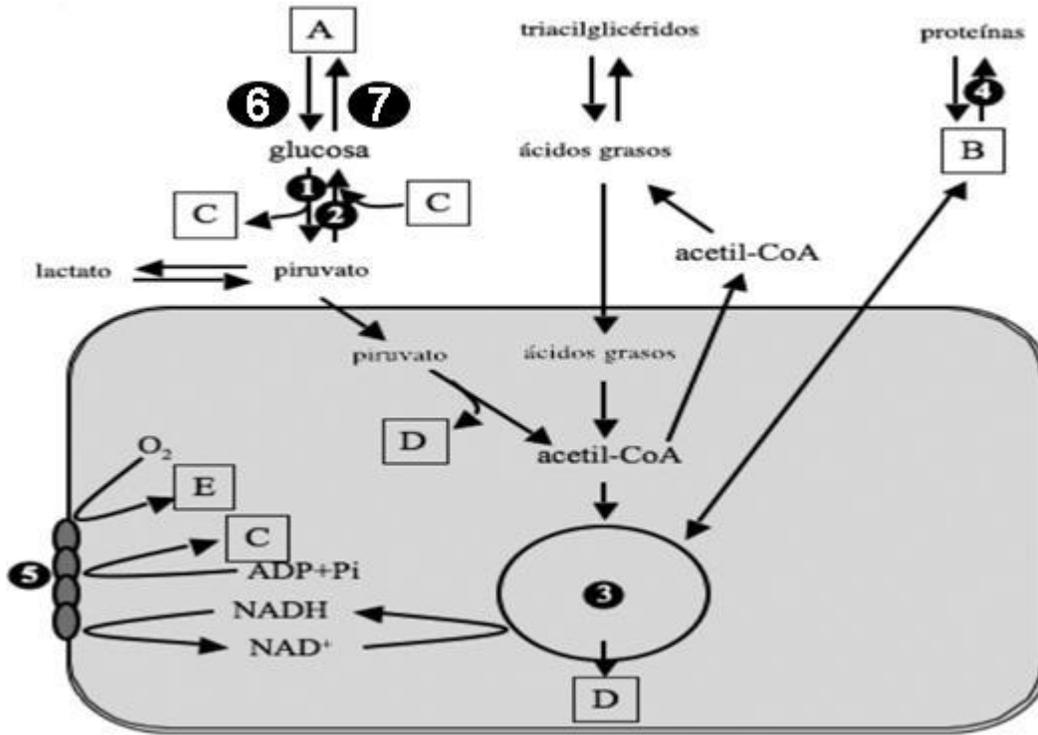
4.3.-En relación con los procesos metabólicos:



1. Defina catabolismo e identifique y nombre las rutas catabólicas del dibujo.
2. Defina anabolismo e identifique y nombre las rutas anabólicas del dibujo.
3. ¿Qué metabolito está representado con la letra X? ¿En qué parte de la célula tiene lugar la ruta G?
4. ¿Qué es la fosforilación oxidativa? ¿Dónde se produce?
5. ¿Qué relación existe entre la fosforilación oxidativa y la cadena de transporte de electrones?
6. ¿Qué diferencias existen entre ácidos grasos saturados e insaturados? Ponga un ejemplo de cada uno de ellos.
7. En condiciones anaeróbicas ¿Cuál es el destino del piruvato? ¿Qué finalidad tiene?.

**4.4.-Conteste a las preguntas en relación con el METABOLISMO**

- 1.-Indique las diferencias entre anabolismo y catabolismo. Nombre un ejemplo de cada uno que figure en el esquema.
- 2.-Identifique en el esquema la letra que corresponde al ATP.¿Mediante qué procesos se obtiene?
- 3.-Nombre los procesos metabólicos que seguirá la molécula A para su oxidación total. Identifíquelos en el esquema.
- 4.-¿Qué es la gluconeogénesis? Identifíquela en el esquema.
- 5.-¿Qué es una fermentación?¿Qué beneficio obtiene la célula cuando realiza este proceso? Nombre la que se representa en el esquema.
- 6.-¿Mediante qué proceso se almacena glucosa en el organismo? Identifíquelo.
- 7.-¿Qué es la  $\beta$ -oxidación?¿Cuál es su producto final?¿Qué relación tiene con la molécula B?



4.5.-A partir del siguiente esquema indique el tipo de material hereditario (ADN o ARN, cadena sencilla o doble) de los diferentes organismos. Razone su respuesta.

	% de Bases Nitrogenadas				
	Timina	Citosina	Uracilo	Adenina	Guanina
Humano	31	19	-	31	19
Bacteria	24	26	-	24	26
Virus de la gripe	-	25	32	23	20