

## TEMA 12. LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA.

### 1. LA NUTRICIÓN DE LOS ANIMALES.

La nutrición animal es heterótrofa quimiorganotrofa y aerobia, aunque todos los tejidos animales, principalmente los musculares, temporalmente pueden ser anaerobios facultativos:

- Heterótrofa porque empleamos compuestos orgánicos procedentes de otros seres vivos, de los que nos alimentamos, para producir nuestras propias moléculas. Por ejemplo, a partir de las proteínas de una vaca fabricamos nuestras proteínas propias.
- Quimiorganotrofa porque para obtener energía, en forma de ATP, oxidamos algunas de esas moléculas orgánicas procedentes de otros seres vivos de los que nos alimentamos.
- Aerobia porque es el oxígeno el aceptor final de los electrones cuyo transporte permite oxidar dichos combustibles metabólicos y conseguir ATP. No obstante, como se ha indicado, todos los tejidos animales, principalmente los musculares, pueden sobrevivir un tiempo sin emplear oxígeno ya que este es sustituido por otro aceptor de electrones, el ácido láctico (cuya acumulación en los músculos origina calambres o "agujetas").

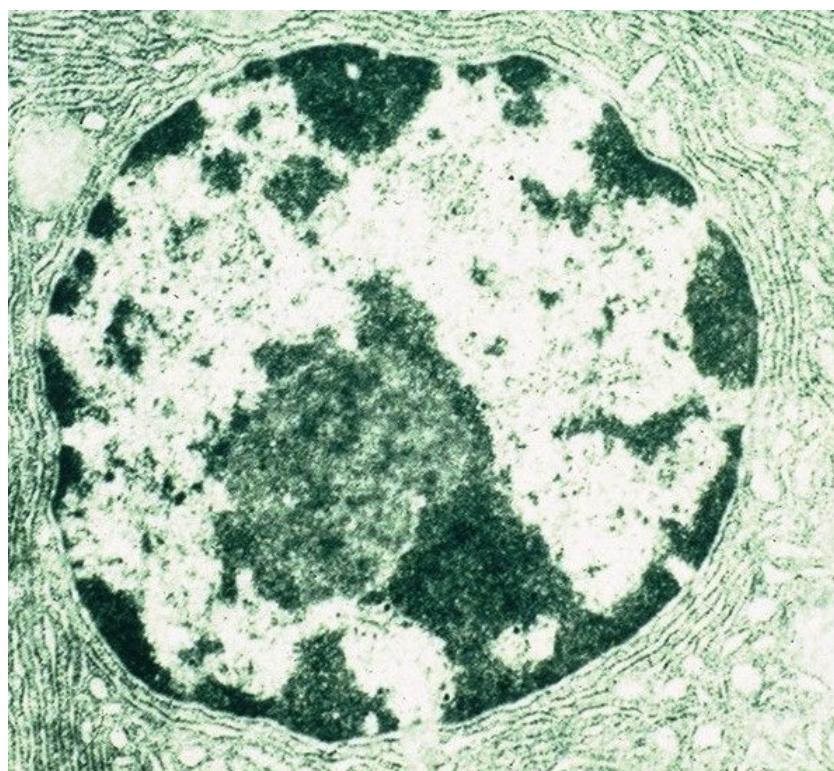
### 2. LAS CÉLULAS ANIMALES.

Todos los animales estamos formados por células llamadas eucariotas animales, constituidas por núcleo (de ahí el término eucariota), citoplasma y membrana plasmática:

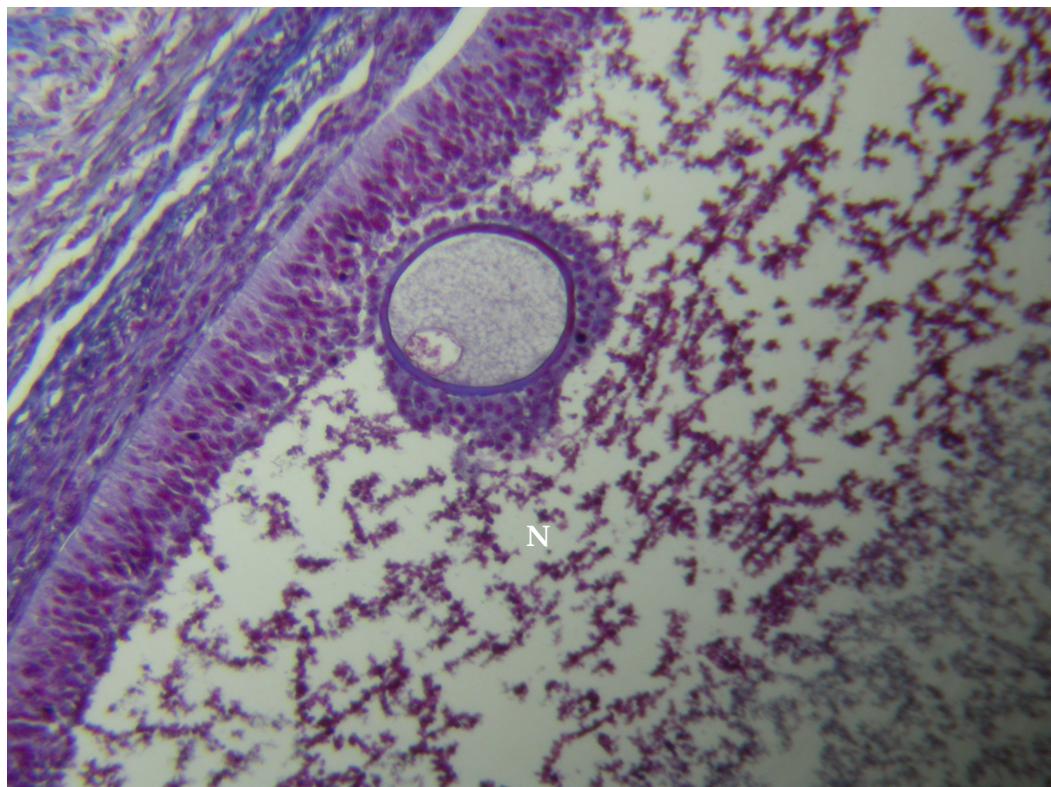
- El núcleo contiene el material genético (ADN) heredado al 50 % de cada progenitor en el caso de la reproducción sexual. El ADN controla las funciones celulares y se transmite a las células hijas. El núcleo se encuentra separado del citoplasma por una doble membrana nuclear.

- El citoplasma eucariota, situado entre el núcleo y la membrana plasmática que rodea a toda la célula, posee 3 fracciones: una parte líquida o

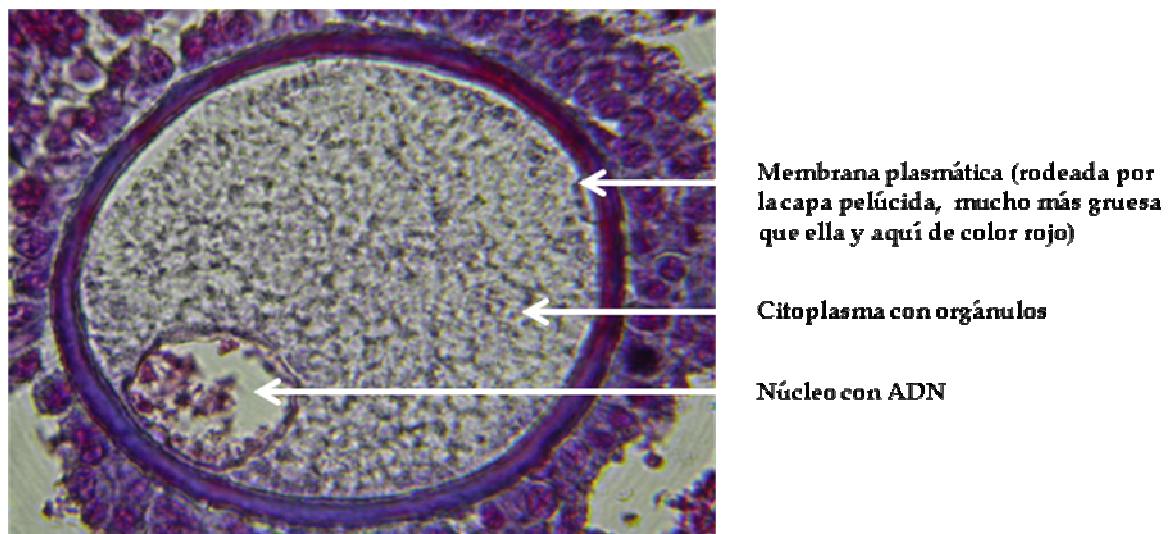
citosol, un citoesqueleto y orgánulos (“pequeños órganos”). El citosol contiene enzimas encargadas de sintetizar y degradar determinadas moléculas. El citoesqueleto, como indica su nombre, es parte del armazón celular; además interviene en la división celular y en el movimiento de la célula, entre otras funciones. Los orgánulos pueden estar envueltos por una o dos membranas, como en el caso del núcleo, semejante a la membrana plasmática. Esta tiene como funciones participar de los intercambios y de las relaciones entre la célula y su medio externo. Los orgánulos membranosos de la célula eucariota animal son: retículos endoplasmáticos (liso y rugoso), aparato de Golgi, peroxisomas, lisosomas, mitocondrias y vesículas (también llamadas vacuolas). Los orgánulos no membranosos son: centrosomas, ribosomas y, a veces, cílios o flagelos.



Núcleo al microscopio electrónico, rodeado por retículo endoplasmático rugoso y otros orgánulos



Óvulo, contenido en un folículo ovárico (foto superior)  
y mostrado en detalle (foto siguiente)



Membrana plasmática (rodeada por la capa pelúcida, mucho más gruesa que ella y aquí de color rojo)

Citoplasma con orgánulos

Núcleo con ADN

La tabla siguiente muestra las funciones de los orgánulos y otras fracciones de la célula eucariota animal con relación a la síntesis y degradación de los principales combustibles metabólicos (glúcidos, lípidos y proteínas).

<u>Moléculas</u>	<u>Procesos</u>	<u>Fracciones celulares y funciones</u>
<u>Glúcidos</u>	<u>Síntesis</u>	<u>Citosol: fabrica pequeñas cantidades de algunos de los glúcidos de menor tamaño (llamados monosacáridos, como la glucosa). También sintetiza el glucógeno (glúcido de gran tamaño formado por glucosas).</u>
	<u>Degradación</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Citosol: lleva a cabo la fermentación (degradación de glucosa en ausencia de oxígeno para obtener ATP). También realiza la glucólisis, que es la primera fase de la respiración celular (degradación de glucosa con intervención de oxígeno para obtener ATP).</u></li> <li>- <u>Mitocondria. Realiza las cuatro etapas restantes de la respiración celular: síntesis de acetil-CoA, ciclo de Krebs, cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa.</u></li> <li>- <u>Citosol, retículo liso y lisosoma: degradación de glucógeno.</u></li> </ul>
<u>Lípidos</u>	<u>Síntesis</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Citosol: fabrica pequeñas cantidades de algunos de los componentes de los lípidos (como los ácidos grasos).</u></li> <li>- <u>Retículo liso: síntesis de lípidos, como grasas y colesterol.</u></li> </ul>
	<u>Degradoación</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Lisosoma y otras fracciones celulares: primeras fases de la degradación de lípidos.</u></li> <li>- <u>Mitocondria. Realiza las tres etapas finales de la degradación de lípidos: ciclo de Krebs,</u></li> </ul>

---

cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa.

Proteínas

Síntesis

- Citosol: fabrica pequeñas cantidades de algunos de los componentes de las proteínas (llamados aminoácidos).

- Ribosoma: síntesis de la parte de las proteínas, enzimas y hormonas proteínicas formada por aminoácidos.

- Retículo rugoso, retículo liso y aparato de Golgi: maduración de las proteínas y modificación química de éstas (por ejemplo, añadir una parte glucídica a una proteína para formar una glucoproteína).

Degradación

- Lisosoma y otras fracciones celulares: primeras fases de la degradación de proteínas.

- Mitocondria. Realiza las tres etapas finales de la degradación de proteínas: ciclo de Krebs, cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa.

---

Otras funciones de los orgánulos incluidos o no en la tabla anterior son:

---

**Orgánulos**

**Funciones**

---

Retículo liso

Interviene en la contracción y relajación muscular.

Detoxificación.

---

---

Aparato de Golgi	Secreción celular (de hormonas, anticuerpos...).
Peroxisoma	Producción de energía en forma de calor (no de ATP).
Lisosoma	Digestión de moléculas procedentes del exterior o del interior celular, como degradación de la matriz ósea, digestión intracelular, etc. Eliminación de microbios y de células muertas o deterioradas.
Vesícula	Contener moléculas diversas, como alimento, sustancias útiles (como hormonas o neurotransmisores) o de desecho (como urea), etc.
Centrosoma	Integrante del huso acromático (que reparte equitativamente el material genético entre las células hijas).
Cilio y flagelo	Movilidad celular.

---

### 3. EL METABOLISMO Y SUS TIPOS.

Todos los seres vivos, incluidos los animales, llevan a cabo reacciones químicas para la síntesis o la degradación de moléculas. Al conjunto de dichas reacciones químicas se llama metabolismo. Refiriéndonos a una sola de las moléculas, su metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que determinan su síntesis o su degradación.

Se consideran así dos grandes variantes del metabolismo:

- El anabolismo de una molécula es el conjunto de reacciones químicas que determinan su síntesis, para lo cual es necesario gastar energía en forma de ATP. Si se consideran los términos macromolécula o polímero (molécula de gran tamaño) y monómero (molécula de pequeño tamaño), el anabolismo consistiría en la transformación de monómeros en polímeros o macromoléculas:

<u>Principales combustibles celulares</u>	<u>Monómeros</u>	<u>Polímeros</u>
<u>Glúcidos</u>	<u>Monosacáridos</u>	<u>- Oligosacáridos</u> <u>- Polisacáridos</u>
<u>Lípidos</u>	<u>- Glicerina</u> <u>- Ácidos grasos</u> <u>- Isopreno</u>	<u>- Grasas</u> <u>- Fosfolípidos</u> <u>- Esteroides (como el colesterol y las hormonas lipídicas)</u>
<u>Proteínas</u>	<u>Aminoácidos</u>	<u>- Proteínas</u> <u>- Enzimas</u> <u>- Hormonas proteínicas</u>

- El catabolismo de una molécula es el conjunto de reacciones químicas que producen su degradación, normalmente para conseguir energía en forma de ATP. Dicho de otra forma, los polímeros o macromoléculas son transformados en monómeros.

#### 4. LOS COMBUSTIBLES CELULARES.

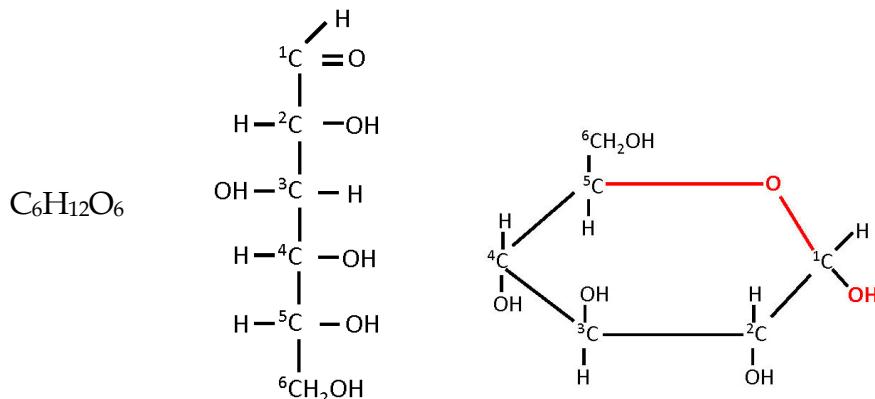
Como se ha indicado antes, los principales combustibles metabólicos son los glúcidos, lípidos y proteínas. Estas últimas son por lo común usadas como

fuente de energía sólo en situaciones de emergencia, como la inanición prolongada, ya que tienen preferentemente otras funciones, como la estructural, la enzimática o la hormonal. Algunas proteínas, como la albúmina de la clara de huevo o la caseína de la leche sí que tienen función de nutrición y reserva.

A continuación se señalan algunos aspectos destacados de estos combustibles metabólicos.

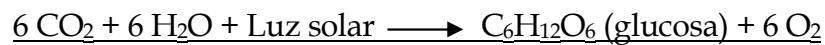
### Glúcidos.

Entre sus monómeros, llamados monosacáridos, destaca la glucosa, por ser el "combustible universal" ya que suministra la mayor parte de la energía que las células necesitan. De la energía contenida en la glucosa, 690 Kcal por molécula, se aprovecha un 39 % mediante la respiración celular (en presencia de oxígeno) y un 2 % por la fermentación (en ausencia de oxígeno) gracias a su transformación en ATP, "moneda energética" para la célula.

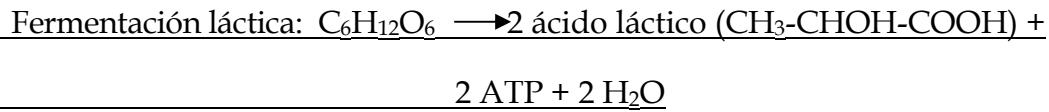
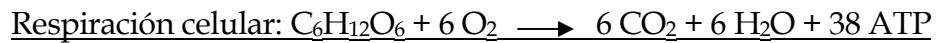


Fórmulas de la glucosa, de izquierda a derecha: fórmula empírica, en estado sólido y en disolución acuosa

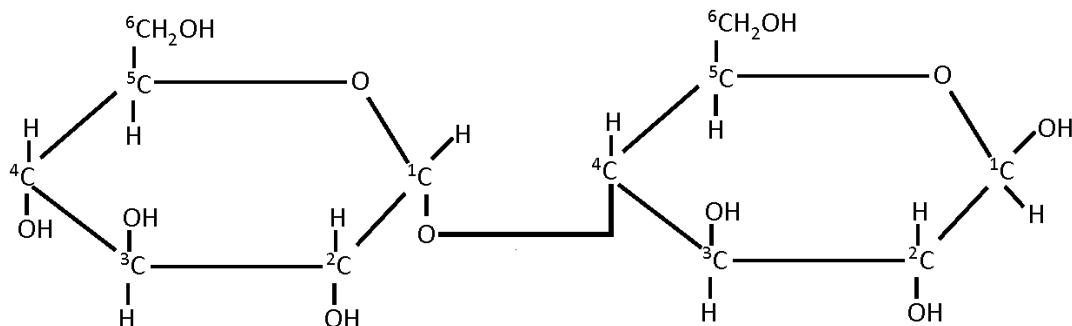
La glucosa es sintetizada principalmente por los cloroplastos de las algas y las plantas, mediante la fotosíntesis cuya ecuación global es:



Los seres vivos utilizan la respiración celular o la fermentación para obtener a partir de la glucosa energía en forma de ATP:



Entre los principales disacáridos (glúcidos formados por dos monosacáridos) destaca la maltosa, que contiene dos moléculas de glucosa:

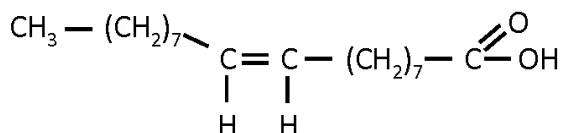
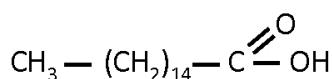


A su vez, la unión de muchas maltosas produce polisacáridos, glúcidos de gran tamaño, llamados glucógeno y almidón, ambos con función de reserva energética, es decir proporcionan energía pero no de forma rápida a diferencia de la glucosa o la maltosa. El almidón es un polisacárido vegetal, mientras que el glucógeno se encuentra en los animales principalmente en el hígado y en los músculos. Cuando es necesario, el glucógeno hepático es hidrolizado en glucosas que son utilizadas por cualquier célula corporal. El glucógeno muscular es también fuente de glucosa, pero para ser utilizada por las propias células musculares casi exclusivamente.

## Lípidos.

Muchos lípidos, como las grasas neutras o acilglicéridos y los fosfolípidos, están formados por ácidos grasos, mientras que otros, como el colesterol y las hormonas lipídicas, contienen isoprenos.

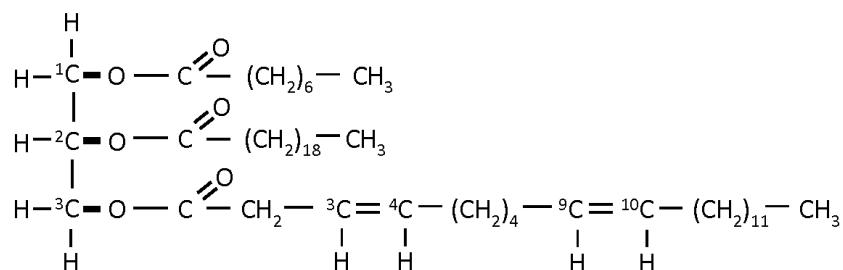
Los ácidos grasos pueden ser saturados (si solo tienen enlaces covalentes simples entre sus carbonos) o insaturados (con uno o más enlaces covalentes dobles entre los carbonos, más raramente triples enlaces). Los ácidos grasos insaturados son más saludables, en especial sus isómeros cis que tienen los hidrógenos en el mismo lado de al menos un doble enlace.



Ejemplos de ácidos grasos saturados

Ejemplo de ácido graso insaturado cis, en este caso el ácido oléico abundante en la aceituna (y el aceite de oliva) y la bellota (y el jamón ibérico)

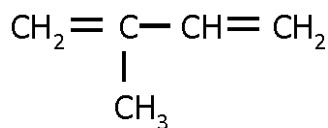
Las grasas contienen una, dos o tres moléculas de ácidos grasos, por lo que reciben los nombres, respectivamente, de monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos, siendo estos últimos los más abundantes en los animales. Los triglicéridos más saludables son los que contienen ácidos grasos insaturados cis, como en el caso siguiente. Estas grasas abundan en la dieta mediterránea, que se asocia con una mayor salud cardiovascular.



Las grasas saturadas (como la manteca) y las insaturadas (como los aceites) suelen encontrarse en estado sólido y líquido, respectivamente, a temperatura ambiente. Actúan como principal reserva energética para los animales, la reserva de grasa de muchos animales dura varias semanas en situación de inanición. El glucógeno también puede ser usado como reserva energética, pero en situación de inanición la reserva de glucógeno de una persona solo dura un día.

Además, las grasas contienen más del doble de energía que un glúcido o una proteína, ya que un gramo de grasa proporciona alrededor de 9 kcal mientras que un gramo de glúcido o de proteína libera unas 4 kcal. Sin embargo la fuente energética inmediata para los seres vivos son los monosacáridos, ya que los organismos obtienen energía más fácilmente de estos que de las grasas. Además, en ausencia de oxígeno los seres vivos pueden producir ATP a partir de los monosacáridos pero no utilizando las grasas.

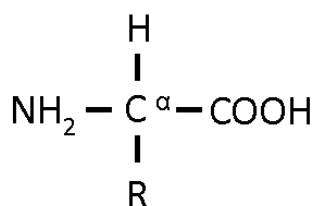
Por su parte, los lípidos esteroides contienen isopreno, cuya fórmula es:



Entre estos lípidos esteroides se encuentra el colesterol que desempeña muchas funciones, como ser precursor de las hormonas lipídicas (Tema 10) y de la bilis, aunque el exceso de colesterol sérico aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

### **Proteínas.**

Están formadas por aminoácidos.



Aminoácido. R es la parte variable  
en cada uno de los 20 aminoácidos  
que comúnmente forman las proteínas

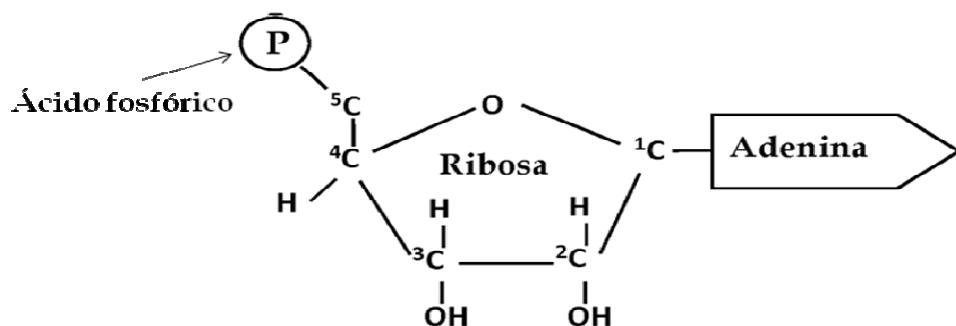
Las proteínas pueden llevar también otros grupos químicos, como en el caso de las hormonas proteínicas, de las hormonas aminas y de las enzimas, algunas de estas últimas contienen vitaminas sin las cuales no funcionan. Las enzimas catalizan las reacciones químicas, aumentando la velocidad a la que se producen. Las hormonas proteínicas y las hormonas aminas fueron tratadas en el Tema 10.

## 5. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN FORMA DE ATP.

Las reacciones catabólicas permiten utilizar los combustibles metabólicos para la producción de energía en forma de ATP. Como se ha señalado antes, la fermentación (degradación de glucosa en ausencia de oxígeno) produce 2 ATP, 19 veces menos que la respiración celular (degradación de glucosa en presencia de oxígeno) que rinde 38 ATP.

### 5.1. ESTRUCTURA QUÍMICA Y FUNCIÓN DEL ATP.

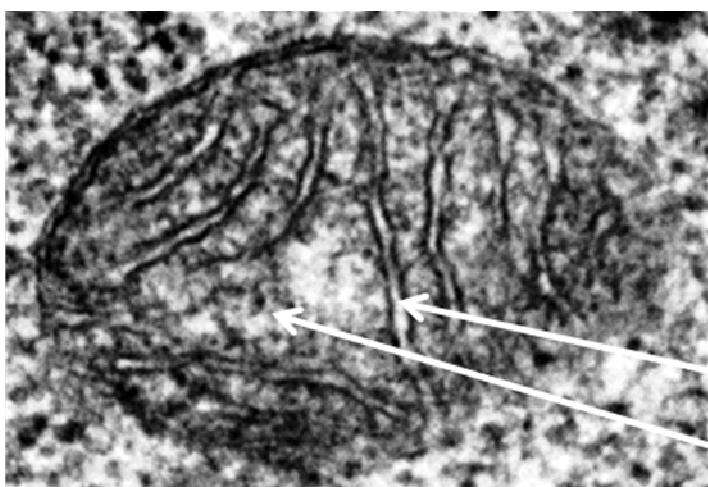
El ATP (adenosín trifosfato) es químicamente un nucleótido formado por la base nitrogenada adenina, un monosacárido llamado ribosa y tres moléculas de fosfato o ácido fosfórico:



Como se ha indicado antes, el ATP es la “moneda energética” de la célula; se produce mediante reacciones catabólicas y es utilizado en las reacciones anabólicas y en cualquier otro proceso orgánico que necesite energía, como el movimiento muscular.

## 5.2. LA PRODUCCIÓN DE ATP A PARTIR DE GLUCOSA, GRASA Y PROTEÍNAS.

El catabolismo de la glucosa incluye 5 procesos: glucolisis, formación de acetil-CoA, ciclo de Krebs, cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa, los tres últimos comunes con la degradación de grasas y proteínas como se ha señalado antes. Sin embargo, la parte nitrogenada de las proteínas sigue otras rutas catabólicas, produciendo amoníaco (o amonio), urea y ácido úrico (Tema 5). Solo el primero de estos cinco procesos (la glucolisis) se produce fuera de la mitocondria, concretamente en el citosol. La mitocondria es un orgánulo de doble membrana. El espacio rodeado por la membrana mitocondrial interna se llama matriz, y en él tienen lugar la formación de acetil-CoA y el ciclo de Krebs. Por su parte, las cadenas transportadoras de electrones y la fosforilación oxidativa ocurren en las crestas mitocondriales, que son los repliegues que forma la membrana mitocondrial interna.

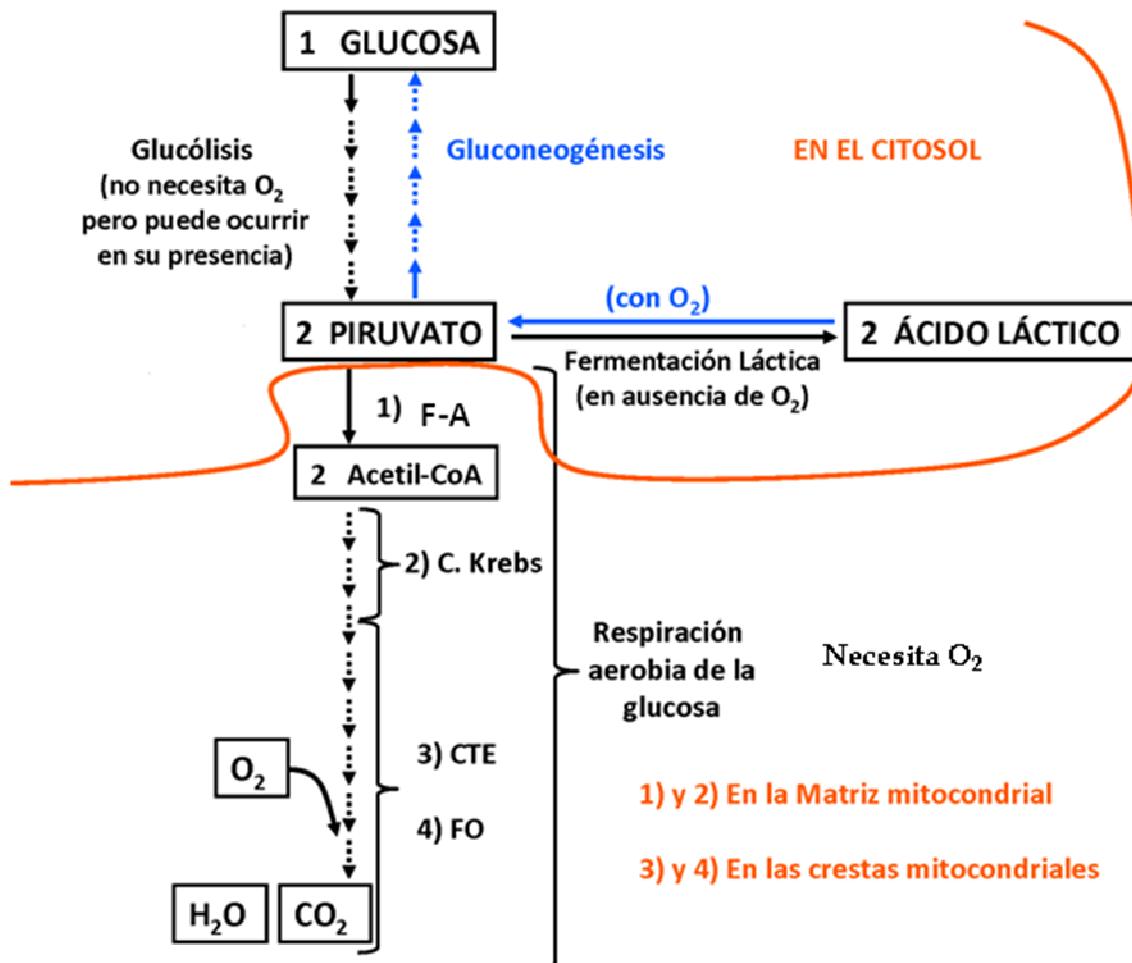


Mitocondria, al microscopio electrónico

**Cresta mitocondrial**  
**Matriz mitocondrial**

La glucolisis, que no necesita de oxígeno pero que puede ocurrir en presencia de este gas, produce a partir de glucosa ácido pirúvico (piruvato) que es degradado en presencia de oxígeno en la mitocondria mediante la respiración aerobia de la glucosa, que engloba la formación de acetil-CoA, el ciclo de Krebs, las cadenas transportadoras de electrones y la fosforilación oxidativa. En cambio, en ausencia de oxígeno el piruvato es transformado en ácido láctico cuya acumulación en las células musculares produce "agujetas" o calambres (fatiga muscular). Estos calambres desaparecen (proceso de recuperación muscular) cuando la oxigenación del músculo permite que el ácido láctico se transforme en piruvato, que puede producir de nuevo glucosa (proceso llamado gluconeogénesis) o que puede ser completamente degradado

mediante la respiración aerobia hasta  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El esquema y los apartados siguientes resumen estos procesos.



Principales rutas del catabolismo de la glucosa. Abreviaturas.- F-A: formación de acetil-CoA; C. Krebs: ciclo de Krebs; CTE: cadenas transportadoras de electrones; FO: fosforilación oxidativa.

### Glucolisis.

Es un conjunto de 10 reacciones cuya ecuación global resumida es:

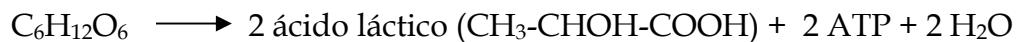


El NADH es un nucleótido transportador de electrones.

### Fermentación láctica.

En esta fermentación el aceptor final de electrones es el ácido láctico en lugar del oxígeno que se presenta en la respiración celular, por lo que la fermentación tiene lugar en ausencia de este gas.

Esta fermentación ocurre en todos los tejidos animales, sobre todo en los musculares. Previamente a la fermentación una molécula de glucosa produce dos de ácido pirúvico (glucólisis) y éstos, posteriormente, originan dos moléculas de ácido láctico. La ecuación global resumida es la siguiente:



### **Respiración celular aerobia de glucosa.**

Contiene las 4 etapas antes mencionadas: formación de acetil-CoA, ciclo de Krebs, cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa. Se desarrolla en la mitocondria en presencia de oxígeno.

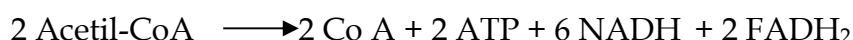
#### **(a) Formación de Acetil-CoA.**

La reacción resumida es:



#### **(b) Ciclo de Krebs.**

Este ciclo contiene ocho reacciones que describen una ruta catabólica cerrada llamada ciclo porque el primer sustrato es también el último producto. La ecuación global resumida de este proceso es:



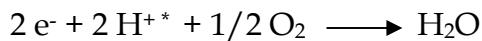
El FADH<sub>2</sub> es, como el NADH, un coenzima que transporta electrones.

#### **(c) Cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa.**

Estas dos etapas están acopladas y producen la mayoría, en concreto 34 ATP, de los 38 ATP totales que rinde una molécula de glucosa mediante respiración celular.

En las tres etapas anteriores de la respiración celular de la glucosa (glucolisis, formación de acetil-CoA y ciclo de Krebs) solo se producen 4 ATP, pero también se generan 10 NADH y 2 FADH<sub>2</sub>. Estos coenzimas son transformados en los 34 ATP mencionados antes.

Mediante las cadenas transportadoras de electrones, dichos coenzimas transfieren los electrones que contienen hasta el oxígeno, que se convierte en agua:



La energía desprendida en esta transferencia de electrones es utilizada en la fosforilación oxidativa para producir ATP, en concreto 3 ATP por cada NADH y 2 ATP por cada FADH<sub>2</sub>. Por lo que los 10 NADH y los 2 FADH<sub>2</sub> producidos en la glucolisis, la formación de acetil-CoA y el ciclo de Krebs, son transformados, respectivamente, en un total de 30 ATP y 4 ATP.

## 6. LA SÍNTESIS DE LA GLUCOSA.

Como se ha indicado antes, los cloroplastos son los principales formadores de glucosa. Aunque las células animales no disponen de este orgánulo, pueden sintetizar glucosa en pequeña cantidad mediante reacciones anabólicas. Entre estas destaca la gluconeogénesis, síntesis de glucosa a partir de sustratos no glucídicos como ácido láctico (esquema anterior) y aminoácidos (Tema 5).

Sin embargo los animales no podemos sintetizar glucosa a partir de ácidos grasos, por no contener tampoco el orgánulo capaz de realizar dicha transformación, llamado glioxisoma, sí presente en algunas plantas. Por tanto los animales que sí convertimos en grasas un exceso de glúcidos (por ejemplo procedente del consumo abusivo de dulces), lo que puede producir sobrepeso, no podemos realizar el proceso metabólico inverso.

## EJERCICIOS RESUELTOS

1. Indicar qué orgánulos u otras localizaciones celulares usan las células siguientes para realizar las funciones indicadas.

Célula (localización)	Acción
Fibroblasto (tejido conjuntivo)	Síntesis de fibras colágenas (proteínas)
Célula plasmática (tejido conjuntivo)	Síntesis de anticuerpos (glucoproteínas)
Macrófago (tejido conjuntivo)	Fagocitosis de microbios
Célula exocrina (tejido glandular)	Secreción de enzimas
Célula endocrina (tejido glandular)	Síntesis de hormonas lipídicas
Célula endocrina (tejido glandular)	Síntesis de hormonas proteínicas
Adipocito (tejido adiposo)	Síntesis de grasa
Osteoclasto (hueso)	Destrucción de matriz ósea
Célula muscular	Contracción muscular
Neurona (tejido nervioso)	Almacenamiento de neurotransmisor
Casi todas las células	Respiración aerobia de glucosa
Microglía (tejido nervioso)	Fagocitosis de células muertas
Oligodendrocito y célula de Schwann	Formación de mielina (lipoproteína)
Hepatocito (hígado)	Transformación de glucosa en glucógeno y viceversa
Hepatocito (hígado)	Eliminación de sustancias tóxicas
Célula epitelial de la trompa de Falopio	Movimiento del óvulo o del pequeño embrión hacia el útero
EspERMATOZOIDE	Movimiento celular desde la vagina hasta la trompa de Falopio que contenga el óvulo
Célula muscular	Transformación de glucosa en ATP en condiciones anaeróbicas

Solución:

Acción	Orgánulo u otra localización celular
Síntesis de fibras colágenas (proteínas)	Ribosoma
Síntesis de anticuerpos (glucoproteína)	Ribosoma y retículo rugoso, liso y aparato de Golgi
Fagocitosis de microbios	Lisosoma
Secreción de enzimas	Aparato de Golgi
Síntesis de hormonas lipídicas	Retículo liso
Síntesis de hormonas proteínicas	Ribosoma y retículos rugoso, liso y aparato de Golgi
Síntesis de grasa	Retículo liso
Destrucción de matriz ósea	Lisosoma
Contracción muscular	Retículo liso
Almacenamiento de neurotransmisor	Vacuola
Respiración aerobia de glucosa	Glucolisis: citosol.  Formación de acetil-CoA, ciclo de Krebs, cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa: mitocondria.
Fagocitosis de células muertas	Lisosoma
Formación de mielina (lipoproteína)	Ribosoma y retículo liso
Transformación de glucosa en glucógeno y viceversa	Síntesis de glucógeno: citosol.  Degradación del glucógeno: citosol, retículo liso y lisosoma.

Eliminación de sustancias tóxicas	Retículo liso
Movimiento del óvulo o del pequeño embrión hacia el útero	Cilio
Movimiento celular desde la vagina hasta la trompa de Falopio que contenga el óvulo	Flagelo
Transformación de glucosa en ATP en condiciones anaeróbicas	Citosol

---

2. Señalar si las transformaciones metabólicas siguientes son anabólicas o catabólicas.

- (a) Glucosa → Maltosa → Glucógeno
- (b) Grasa → Ácidos grasos y glicerina
- (c) Proteína → Aminoácidos
- (d) Isopreno → Colesterol
- (e) Aminoácido → Acetil-CoA → Glucosa
- (f) Glucosa → Acetil-CoA → Grasa
- (g) Glucosa → Ácido láctico + 2 ATP
- (h) Glucosa + 6 O<sub>2</sub> → 6 CO<sub>2</sub> + 6 H<sub>2</sub>O + 38 ATP

Soluciones:

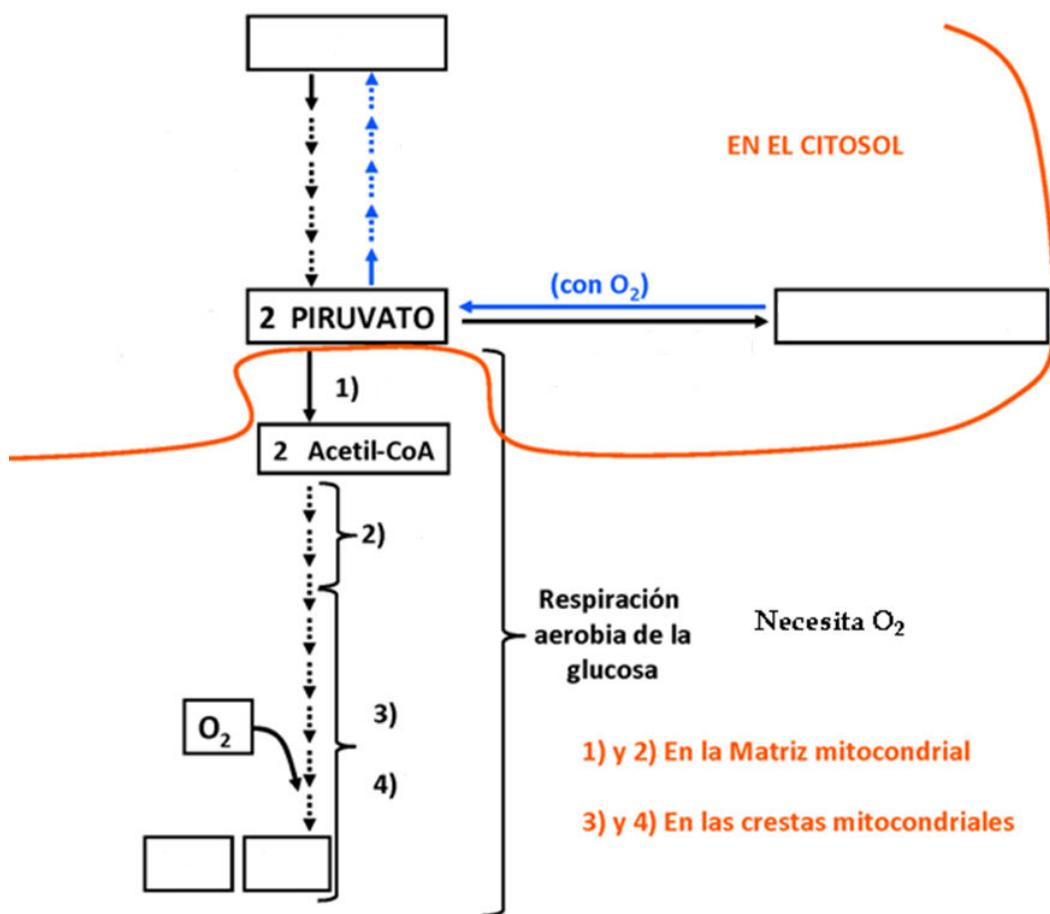
- (a) Anabólica
- (b) Catabólica
- (c) Catabólica
- (d) Anabólica

(e) Catabólica (Aminoácido → Acetil-CoA) y anabólica (Acetil-CoA → Glucosa)

(f) Catabólica (Glucosa → Acetil-CoA) y anabólica (Acetil-CoA → Grasa )

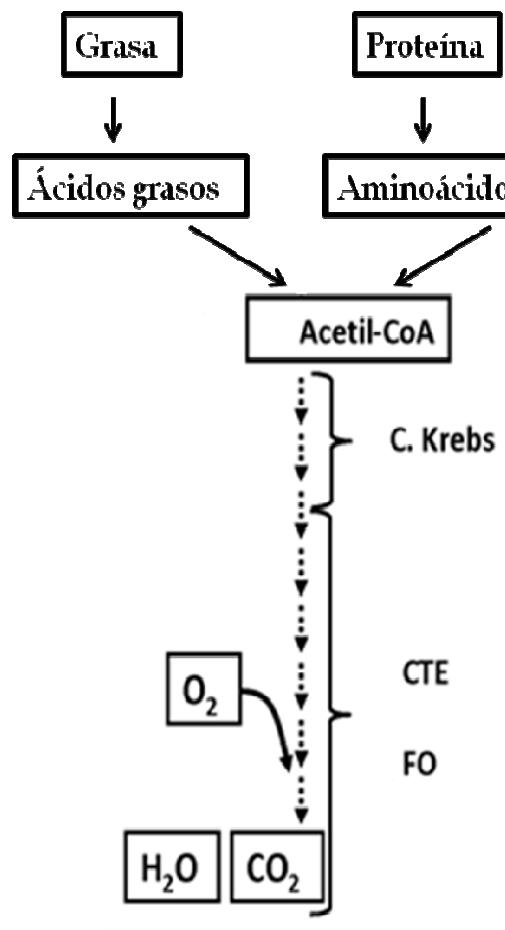
(g) y (h) Catabólica

3. Identificar las moléculas y los procesos metabólicos correspondientes al siguiente esquema.



La solución se puede localizar en el esquema equivalente contenido en el apartado 5.2.

4. Esquematizar las rutas que permiten obtener ATP a partir de grasa y de proteína.



Abreviaturas.- C. Krebs: ciclo de Krebs; CTE: cadenas transportadoras de electrones; FO: fosforilación oxidativa.

5. La glucosa tiene la ventaja sobre los ácidos grasos que puede usarse como combustible metabólico en condiciones anaerobias. Sin embargo en condiciones aerobias una molécula de glucosa produce 38 ATP, una cifra inferior al rendimiento de los ácidos grasos. Calcula la cantidad de ATP producido por el ácido graso llamado palmítico, sabiendo que rinde 8 acetil-CoA, 7 NADH y 7 FADH<sub>2</sub> y que la activación del ácido graso gasta 2 ATP en total.

Una molécula de ácido palmítico rinde 129 ATP ( $8 \text{ acetil-CoA} \times 12 \text{ ATP/acetil-CoA} = 96 \text{ ATP}$ ;  $7 \text{ NADH} \times 3 \text{ ATP/1 NADH} = 21 \text{ ATP}$ ;  $7 \text{ FADH}_2 \times 2 \text{ ATP/1 FADH}_2 = 14 \text{ ATP}$ ; activación del ácido graso = - 2 ATP).

6. Identifica los procesos A y B así como las cantidades X e Y.



Solución.- A: glucolisis, formación de acetil-CoA y ciclo de Krebs; B: cadenas transportadoras de electrones y fosforilación oxidativa; X = 10; Y= 2).