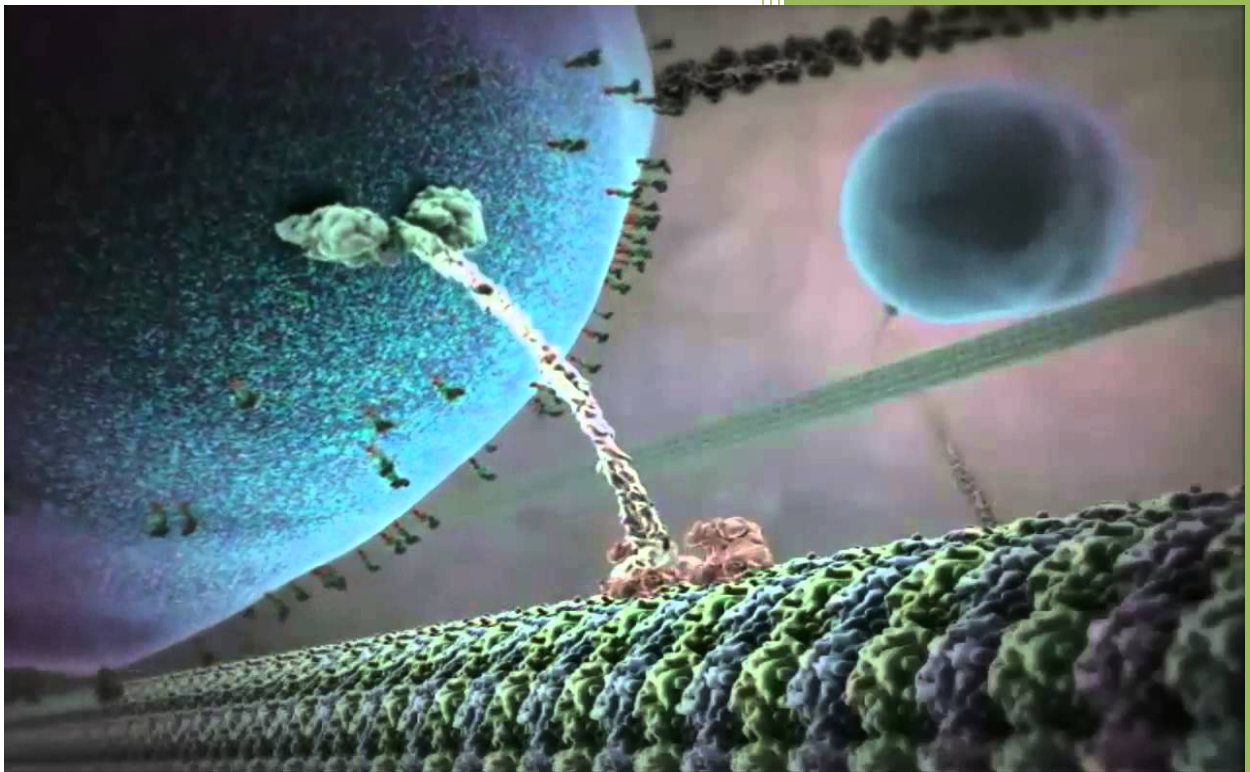


La organización celular y el metabolismo



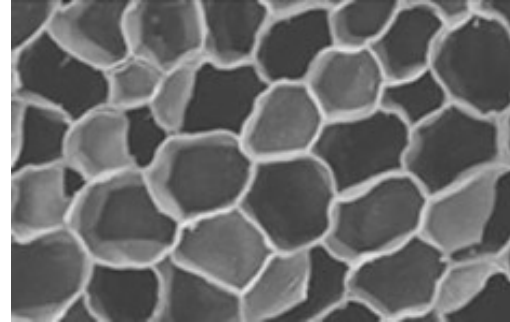
IES Sierra de San Quílez
(Binéfar-Huesca)

TEMA 6. LA CÉLULA Y EL METABOLISMO CELULAR.

6.1 LA CÉLULA: LA ORGANIZACIÓN BÁSICA DE LA VIDA

6.1.1. CONCEPTO DE CÉLULA

Los primeros microscopios se construyeron en el siglo XVII, por lo que hasta entonces no se supo de la existencia de células. En 1665, el inglés R. Hooke observó al microscopio una capa fina de corcho y vio que estaba llena de cavidades vacías que llamó celdillas, término que luego se transformó en células. En el mismo siglo, el



holandés Van Leeuwenhoek puso en su microscopio agua estancada, sangre, tierra húmeda, etc. y observó una gran variedad de minúsculos organismos vivos. Dos siglos más tarde, en 1839, los alemanes M. Schleiden y T. Schwann recogen toda la información obtenida hasta ese momento y emiten la **teoría celular**, que dice que “todos los seres vivos están formados por células”.



La **célula** es la unidad anatómica, fisiológica y reproductora de los seres vivos. *Unidad anatómica* significa que el cuerpo de un ser vivo está compuesto por la suma de células, igual que los ladrillos forman un edificio; *unidad fisiológica* significa que la célula presenta cambios internos (metabolismo), es decir, la célula

es dinámica y cambiante; y *unidad reproductora* significa que para que un ser vivo se reproduzca deben reproducirse primero sus células.

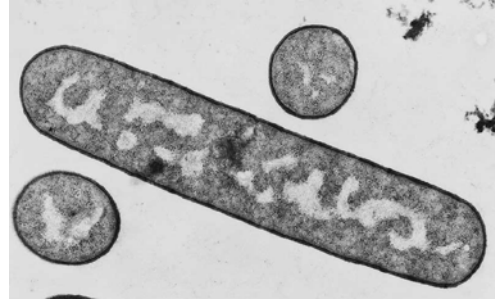
La célula realiza las tres funciones propias de la vida -se nutre, se reproduce y se relaciona-, y es la parte más pequeña de un organismo que posee vida.

6.2.2. ORGANIZACIÓN CELULAR

Existen dos tipos de organización celular:

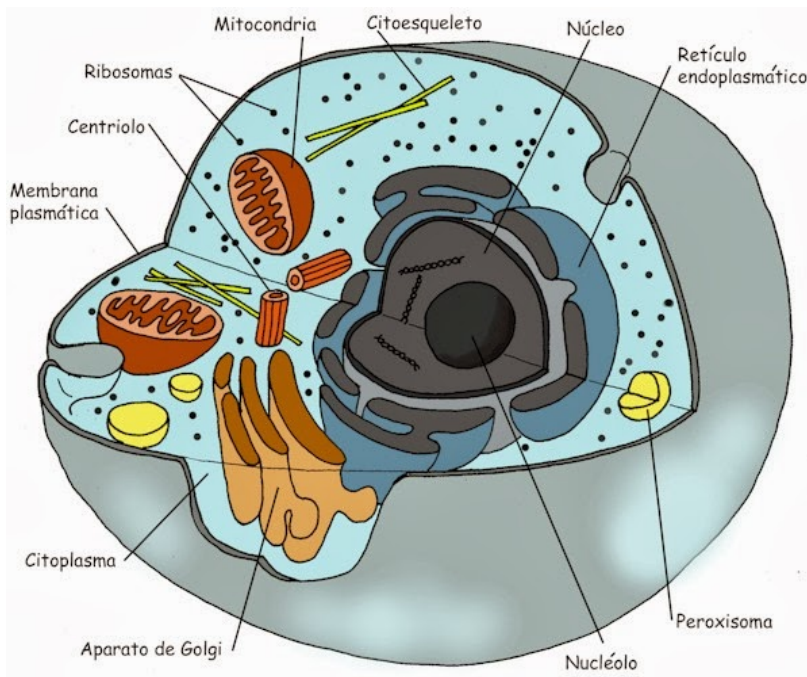
Organización procariota

Es una célula primitiva con una estructura muy simple, pues carece de cualquier orgánulo membranoso y sus únicos orgánulos son los ribosomas (orgánulo sin membrana). No tiene membrana nuclear, por lo que el material genético (ADN) está disperso por el citosol. Es muy pequeña (1-2 μ), y sólo la poseen las bacterias (organismos procariotas), que son todos unicelulares y constituyen el reino Monera.



Organización eucariota

Es una célula más reciente y compleja, con muchos orgánulos, la mayoría

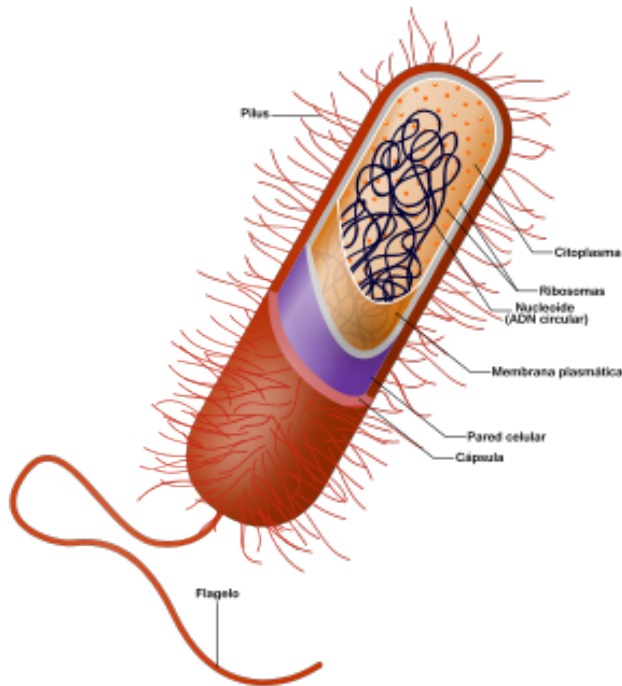


membranosos (mitocondrias, cloroplastos, etc.), que forman compartimentos aislados, cada uno con funciones específicas. Posee membrana nuclear que aísla el material genético (ADN) del resto de la célula, por lo que tiene un verdadero núcleo. Es de mayor tamaño (10-100 μ), y la poseen los organismos de los

reinos Protocista (=Protista), Hongo (=Fungi), Vegetal (=Metafita) y Animal (=Metazoo), que son tanto unicelulares como pluricelulares (organismos eucariotas).

-Organización procariota

La célula procariota tiene una **membrana celular** o **plasmática** formada por



dos capas de fosfolípidos con proteínas intercaladas. Esta membrana lleva invaginaciones (**mesosomas**) que son bolsas donde ocurren ciertos procesos (fotosíntesis, respiración celular, etc.). Por fuera de la membrana existe una gruesa capa rígida, **pared celular**, de polisacáridos, lípidos y proteínas, y en algunas células hay otra capa más externa y pegajosa (**cápsula**), de lípidos y agua. El espacio interior lleva un líquido (**citósol**) con **ribosomas** como único orgánulo. Carece de membrana nuclear y el material

genético está formado por un **único cromosoma** de ADN disperso por la célula, sin extremos y sin proteínas, aunque también hay otros fragmentos de ADN (**plásmidos**) dispersos por la célula. Algunas bacterias llevan filamentos largos (flagelos) o cortos (cilios o fimbrias), cuya estructura interna es diferente a los de la célula eucariota.



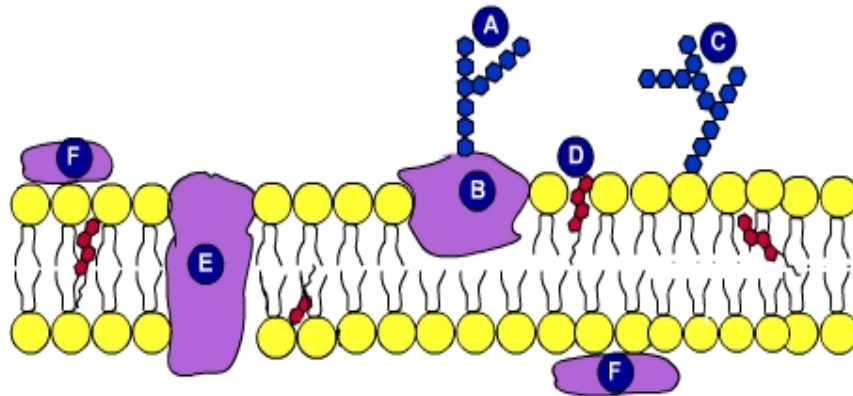
-Organización eucariota

Una célula eucariota consta de tres partes: membrana celular, citoplasma y núcleo.

A. Membrana celular o plasmática

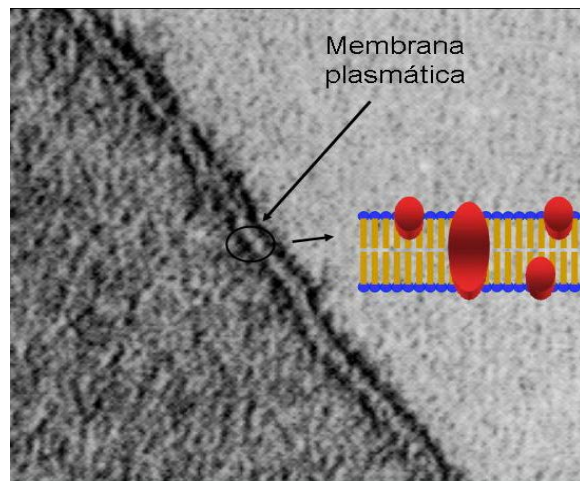
Es la membrana que rodea la célula. Consta de dos capas paralelas de fosfolípidos, con los extremos hidrófobos enfrentados en el interior y los extremos hidrófilos en el exterior. Inmersas en esas capas existen proteínas, unas atravesando toda la membrana y otras sólo en la parte externa o interna de la célula. Estas

moléculas de fosfolípidos y proteínas pueden desplazarse a lo largo de la membrana. También hay glúcidos y colesterol.



La membrana tiene varias funciones:

- Aísla a la célula del exterior, creando unas condiciones internas diferentes y adecuadas para que la célula realice sus funciones.
- Permite un transporte selectivo de sustancias (permeabilidad selectiva) entre el exterior y el interior de la célula, permitiendo la entrada de nutrientes y la salida de desechos.
- Percibe cambios producidos en el exterior de la célula, como la presencia de compuestos químicos. Esto se debe a algunas proteínas de membrana que actúan como receptores de esos compuestos, desencadenando un cambio en el interior de la célula.
- Se pliega o invagina para formar diversos orgánulos, como vacuolas.
- Mantiene diferentes concentraciones de iones fuera y dentro de la célula, lo que es necesario, por ejemplo, para la entrada de ciertos nutrientes o la transmisión del impulso nervioso en las neuronas.
- Algunas proteínas de la membrana dan identidad a la célula, evitando que sea destruida por las propias defensas del organismo.



La célula vegetal presenta -además de la membrana plasmática- otra capa externa llamada **pared celular**, gruesa, dura y de forma poliédrica. Está formada sobre todo por celulosa, junto con otras sustancias (sales minerales, lignina, suberina), y está atravesada por poros (plasmodesmos) que aseguran el contacto con el exterior.

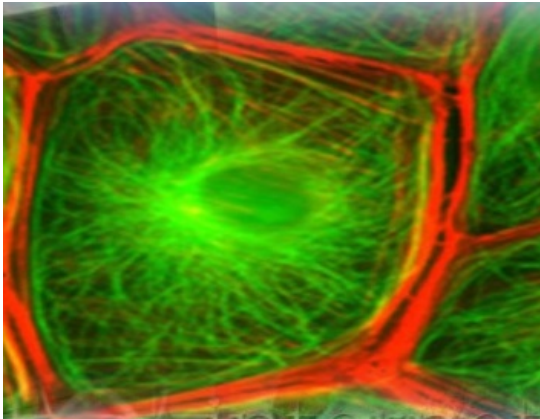
La pared tiene varias funciones:

- Impide que la célula estalle, porque muchas células vegetales son hipertónicas respecto a su medio externo, y les entra continuamente agua.
- Actúa como un soporte del vegetal, dándole rigidez y permitiéndole mantenerse vertical.

B. Citoplasma

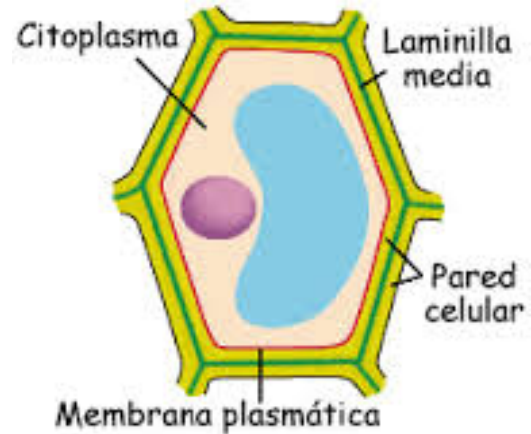
Es el espacio que hay entre la membrana celular y la membrana nuclear. Contiene un líquido, **citósol** o **hialoplasma**, formado por agua con sustancias disueltas y en suspensión, en el que se encuentran unas estructuras llamadas **orgánulos**, de las que hay varios tipos:

- **Citoesqueleto:** es un entramado de filamentos proteínicos que se encuentran dispersos por el citoplasma. Tiene diversas funciones:

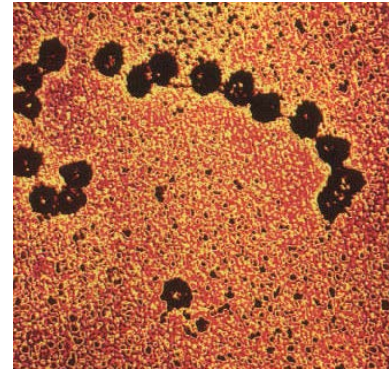
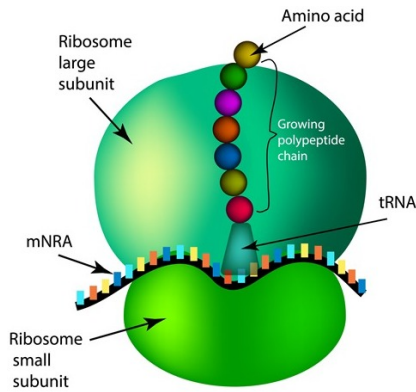


formación de pseudópodos, etc.).

- Actúa como esqueleto interno contribuyendo a que la célula mantenga su forma.
- Está unido a la membrana celular, y provoca el pliegue de la membrana cuando es necesario (ej. durante los procesos de endocitosis, exocitosis, formación de pseudópodos, etc.).
- En las células animales, provoca el estrangulamiento de la célula durante la división celular, formándose así las dos células hijas.
- En las células animales y de las algas forma un orgánulo llamado centrosoma.

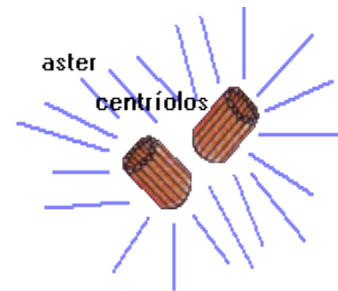
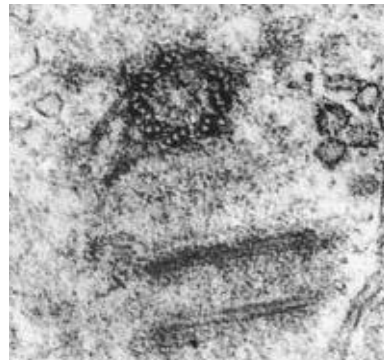
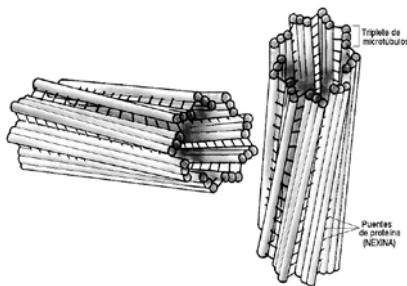


- **Ribosomas:** son orgánulos no membranosos (sin membrana que los envuelva) que constan de dos partes (subunidades), y están formados por ARN ribosómico y proteínas.



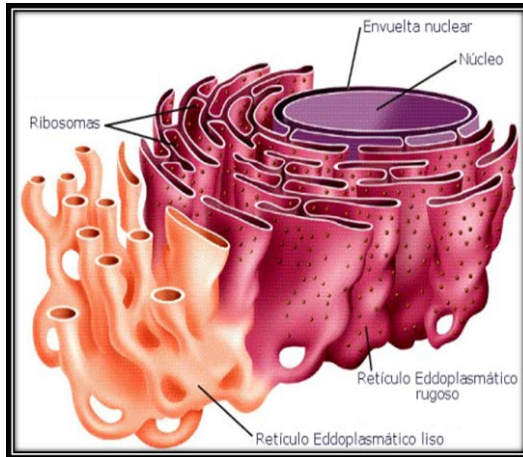
Pueden encontrarse aislados unos de otros o bien unidos a través de un filamento de ARN mensajero. Se localizan en el citosol, unidos al retículo endoplasmático y a la membrana nuclear, o dentro de mitocondrias y cloroplastos. Su función es sintetizar proteínas.

- **Centrosoma:** es un orgánulo no membranoso (sin membrana que lo envuelva) formado por dos cilindros (**centriolos**) dispuestos perpendiculares entre sí. Cada centriolo consta de 9 grupos de filamentos proteínicos (tubulina), con tres filamentos en cada grupo. Alrededor de los centriolos a veces existen otros filamentos dispuestos radialmente (**áster**). El centrosoma sirve para formar diversas estructuras filamentosas como los cilios, flagelos y el huso acromático, y es exclusivo de las células de animales y algas.



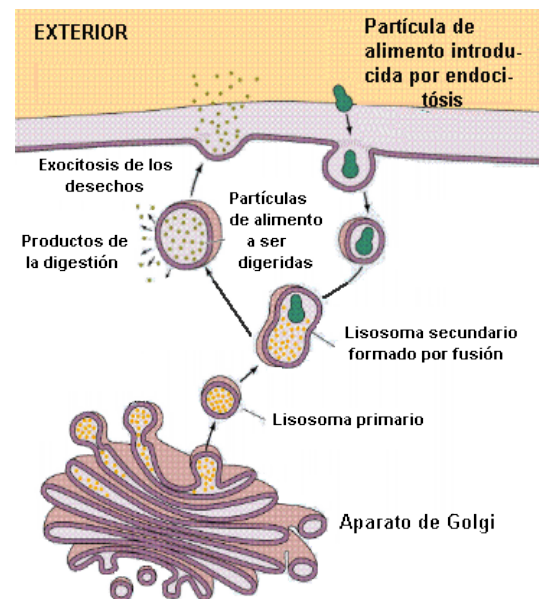
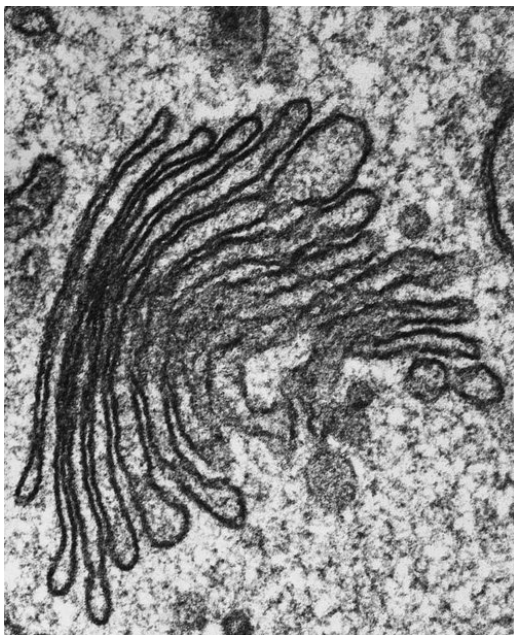
- **Retículo endoplasmático:** es un conjunto de cavidades o bolsas, de los que hay dos tipos: rugoso y liso.

El **retículo endoplasmático rugoso** es una amplia red de sacos planos, paralelos e interconectados, dispersos por toda la célula. Constan de una membrana con ribosomas en su parte externa, los cuales sintetizan proteínas que se almacenan en los sacos, y por ellos se transportan por toda la célula. Está unido al aparato de Golgi y a la membrana nuclear.



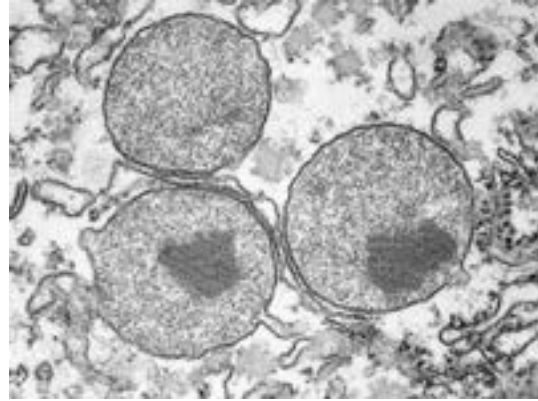
El **retículo endoplasmático liso** no lleva ribosomas y sus bolsas suelen ser tubulares. Su función es sintetizar lípidos, almacenarlos y transportarlos, y también forma vacuolas.

- **Aparato o complejo de Golgi:** es un conjunto de bolsas circulares, planas y paralelas (dictiosomas), en los que se completa la síntesis de las proteínas que han llegado desde el retículo endoplasmático rugoso, a través de vesículas o tubos. Alrededor del aparato suelen verse muchas vesículas.



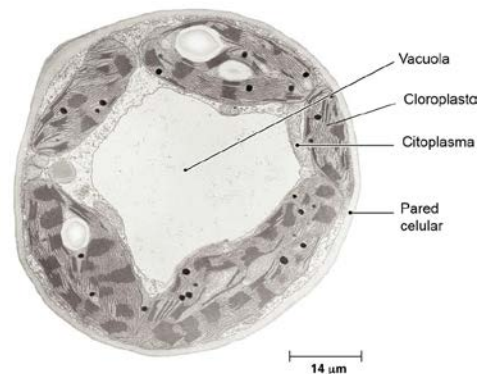
Su principal función es expulsar fuera de la célula proteínas que ejercen su misión en el exterior o en la membrana. Para ello, del aparato de Golgi se forman vesículas con la proteína dentro, se sueldan con la membrana celular y la proteína es expulsada (exocitosis). También forma otros orgánulos (lisosomas, vacuolas) y sintetiza celulosa.

- **Lisosomas:** son vesículas membranosas con enzimas digestivas (proteínas) en su interior. Sirven para digerir moléculas grandes (ej. proteínas) y bacterias que han entrado por endocitosis, por lo que abundan en células con intensa nutrición, ej. glóbulos blancos; también degradan orgánulos viejos para reutilizar sus compuestos. Se forman a partir del aparato de Golgi, y son exclusivos de animales y protozoos.

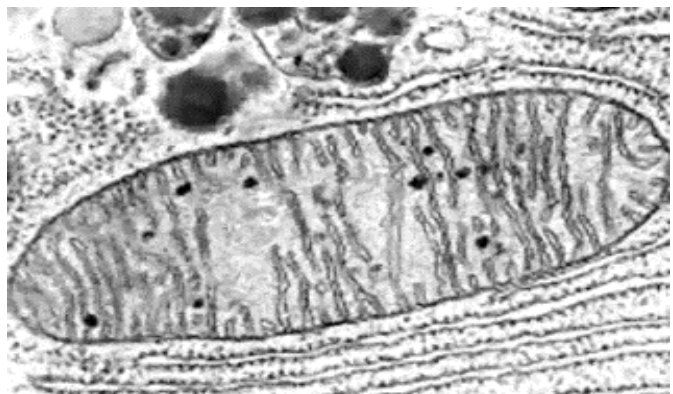
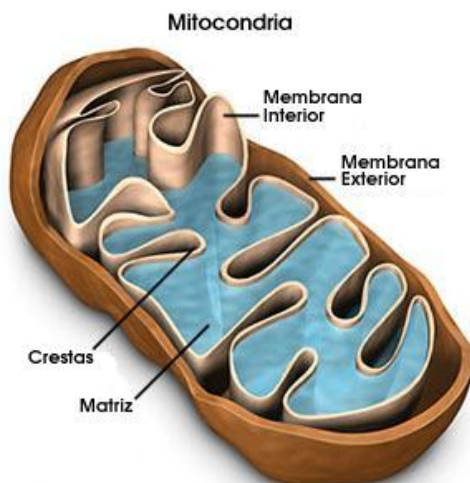


- **Peroxisomas:** son vesículas membranosas con enzimas en su interior. En ellos se realizan diversas reacciones químicas, como la preparación de algunos lípidos (ej. ácidos grasos) para su uso posterior en las mitocondrias.

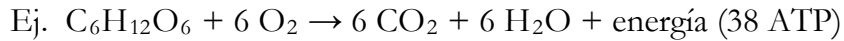
- **Vacuolas:** son bolsas membranosas que sirven para almacenar sustancias (agua, nutrientes, desechos). Pueden tener diversos tamaños -a veces son enormes- y varias vacuolas pequeñas pueden fundirse formando otras mayores. Se originan por invaginación de la membrana plasmática o a partir de otros orgánulos (aparato de Golgi, retículo endoplásmico liso).



- **Mitocondrias:** son orgánulos, normalmente alargados, con una doble membrana (externa e interna), cada una semejante a la membrana plasmática, separadas por un espacio. La membrana interna se invagina formando pliegues transversales (crestas). El interior de la mitocondria contiene una matriz con ribosomas y ADN circular.

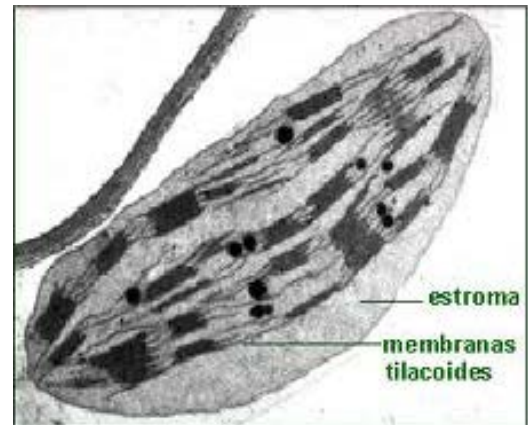
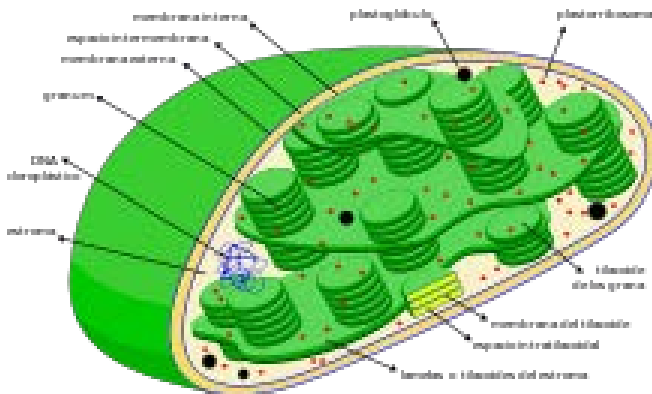


En su interior se producen reacciones donde los nutrientes orgánicos se oxidan liberando la energía que contienen (**respiración celular**). Esa energía desprendida se guarda en el ATP, que la almacena y distribuye por la célula donde haga falta (entrada activa de nutrientes a través de la membrana celular, síntesis de compuestos, división celular, etc.).



Es probable que las mitocondrias procedan de antiguos organismos unicelulares procariontes que entraron en una célula mayor y empezaron a convivir con ella, beneficiándose mutuamente (simbiosis), haciéndose cada vez más dependiente hasta convertirse hoy en un orgánulo más e imprescindible de esa célula.

- **Cloroplastos:** son orgánulos, normalmente ovoides, exclusivos de vegetales, algas y algunos protozoos. Tienen doble membrana, la externa igual que la membrana plasmática y la interna con clorofila. La membrana interna se invagina formando pliegues longitudinales donde se sitúan unas vesículas (tilacoides), unas encima de otras formando columnas (grana). Dentro hay un líquido (estroma) con ribosomas y ADN sin extremos.

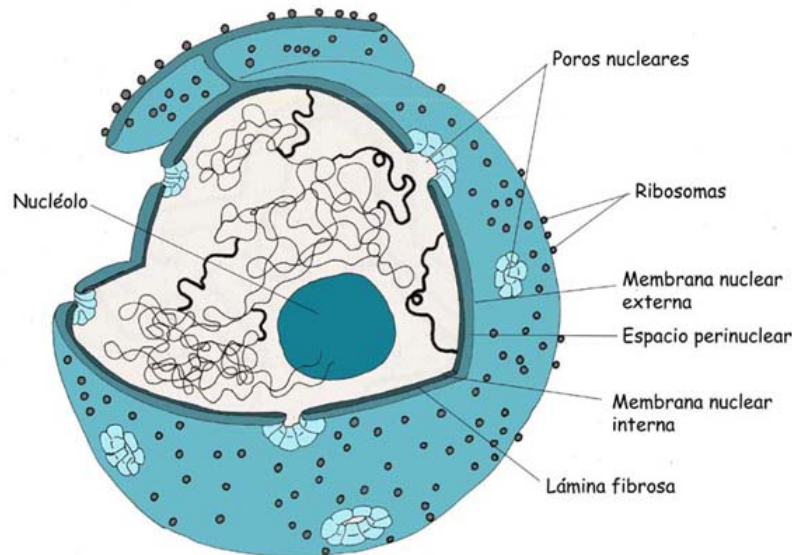


En el cloroplasto se realiza la **fotosíntesis**, que es la formación de compuestos orgánicos (glucosa en primer lugar) a partir de compuestos inorgánicos, utilizando la energía del sol captada por la clorofila.



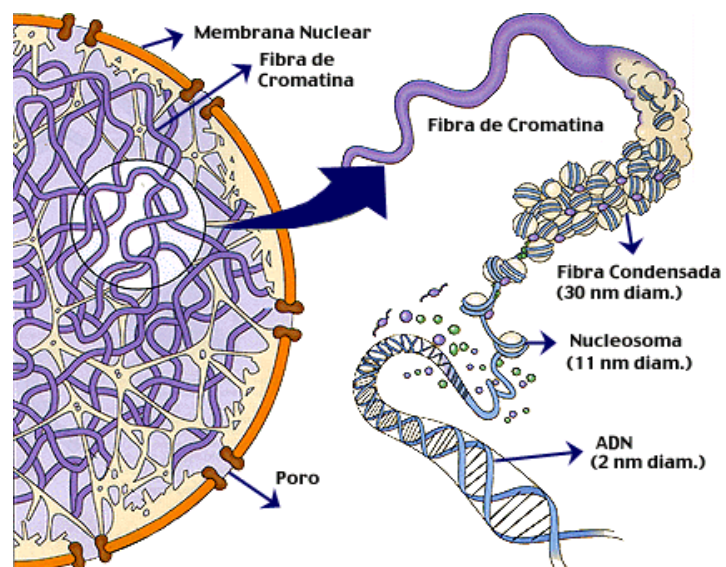
C. Núcleo

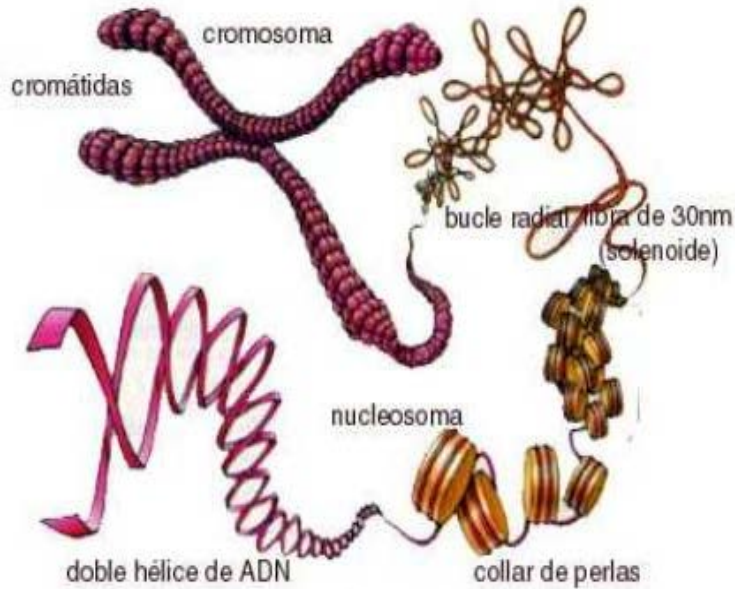
Aparece sólo mientras la célula no se divide y desaparece cuando se está dividiendo. Normalmente la célula tiene un sólo núcleo, esférico y en posición central pero hay excepciones. Contiene el material genético (ADN) y su función es dirigir todo el funcionamiento



celular. Consta de membrana nuclear, líquido nuclear, nucleolo y material genético (cromatina-cromosomas).

La **membrana nuclear** separa el contenido del núcleo del citoplasma. Consta de dos membranas con un espacio entre ellas, cada una igual a la membrana celular, y lleva poros para el intercambio de sustancias con el citoplasma. En su parte exterior posee ribosomas y suele estar unido al retículo endoplasmático rugoso. El **líquido nuclear**, nucleoplasma o carioplasma, es agua con sustancias disueltas y en suspensión, y en él se realizan muchas reacciones químicas. El **nucleolo** es una masa esférica, a veces dos, formada por filamentos de ARN y proteínas, donde se forman los ribosomas.





El **material genético** (ADN) es el que dirige todo el funcionamiento celular. Está unido a proteínas (histonas), formando unas unidades (nucleosomas). Se presenta en dos formas: durante la interfase, el ADN está en forma de filamentos largos y desenrollados (**cromatina**), lo que le da un aspecto difuso al microscopio. En este estado, el ADN es activo y dirige el funcionamiento celular.

Durante la mitosis, los filamentos de ADN se enrollan (espirilizan) haciéndose más cortos y anchos transformándose en los **cromosomas**, que son muy visibles al microscopio. En este estado, el ADN es inactivo.

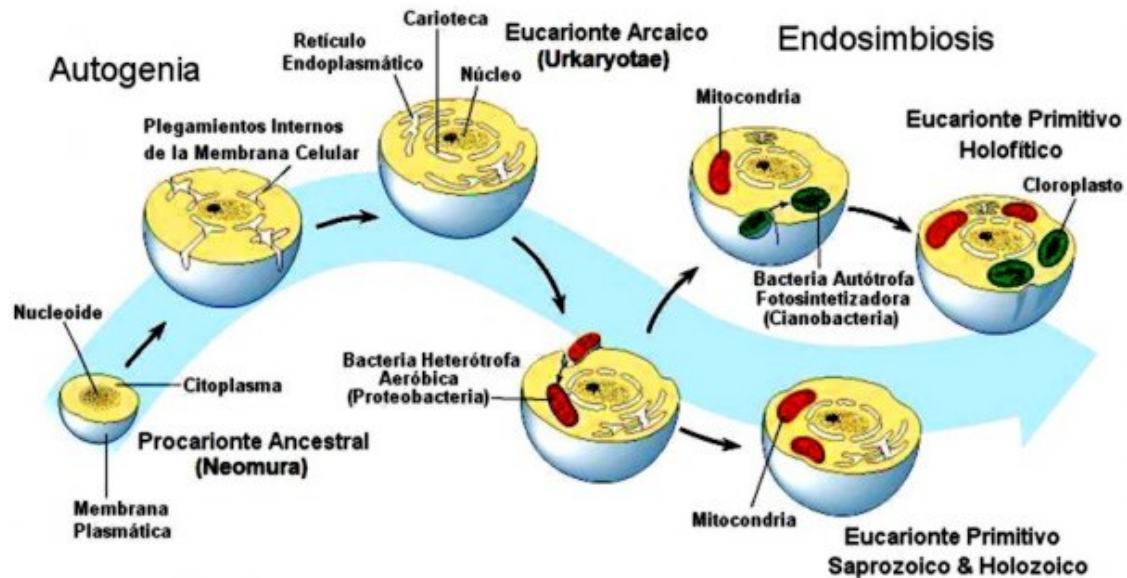
Un cromosoma consta de dos brazos (**cromátidas**) unidos por una zona (centrómero) que puede estar en el centro o cerca de los extremos. Los cromosomas se suelen disponer en parejas (**célula diploide** o **2n**), aunque a veces están independientes unos de otros (**célula haploide** o **n**).



EL ORIGEN DE LA CÉLULA EUCARIOTA: LA SIMBIOGÉNESIS.

Hace unos 4000 millones de años surgieron sobre la faz de la Tierra los primeros seres vivos. Eran microorganismos pequeños, unicelulares, no muy diferentes de las bacterias actuales. La biosfera estaría únicamente ocupada por procariontes si no se hubiera dado un avance extraordinario del que surgió una célula perteneciente a un tipo muy distinto: la célula eucariota.

Las consecuencias de este acontecimiento marcaron el inicio de una nueva época. En nuestros días todos los organismos pluricelulares están constituidos por células eucariotas, que tienen una complejidad mucho mayor que las procariotas.



La hipótesis más plausible es que las primeras células eucariotas surgieron por colonias de procariotas, es decir, células procariotas que se asociaron mediante simbiosis en uniones cada vez más interdependientes, hasta que estas colonias originaron superindividuos: los primeros seres eucariotas.

Las pruebas de la teoría endosimbiótica las encontramos en la morfología y funcionamiento de orgánulos tales como mitocondrias y cloroplastos, muy similares a determinados grupos de bacterias libres. Debemos recordar, además, que estos orgánulos poseen su propio ADN funcional.

Desde hacía más de un siglo, venían los biólogos sospechando que las mitocondrias y los plastos descendían de bacterias adoptadas por alguna célula hospedadora como endosimbiontes (etimológicamente, "vivir juntos en el interior"). Pero la idea no empezó a gozar del favor de los expertos hasta que la recuperó Lynn Margulis a finales del siglo XX.

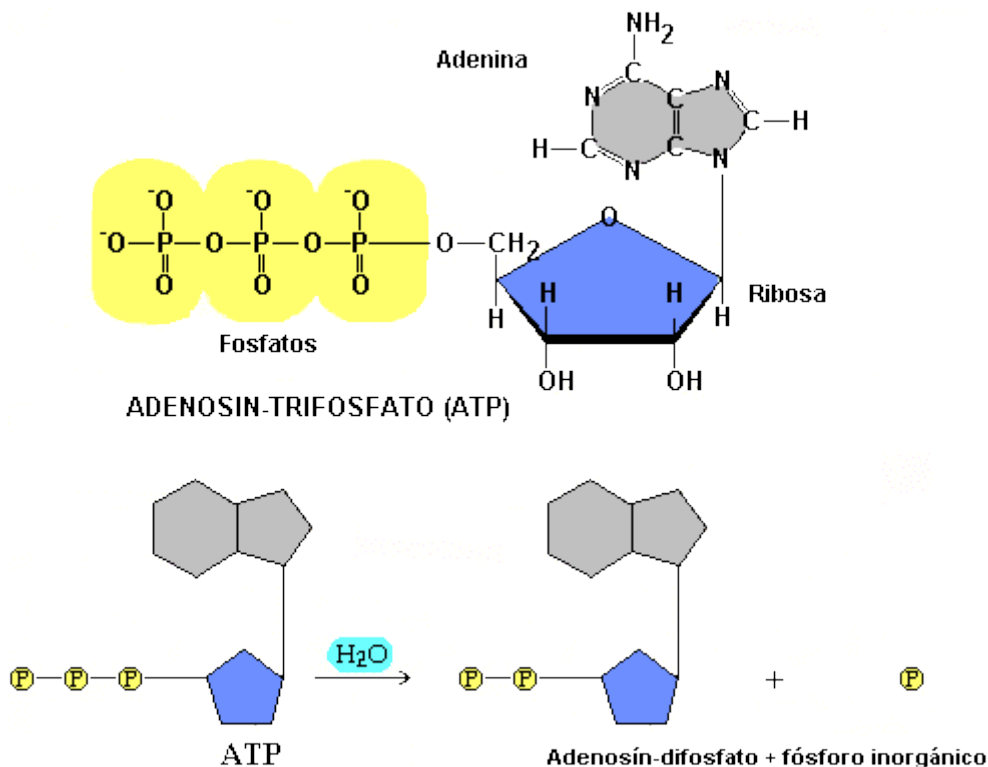
6.2-EL METABOLISMO. Intercambios energéticos entre la célula y el exterior.

6.2.1-CONCEPTOS GENERALES. EL ATP.

Definimos metabolismo como el “conjunto de reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas que tienen como resultado el intercambio de energía entre la célula (por extensión, los seres vivos) y el exterior”.

Aunque suceden a la vez, el metabolismo suele dividirse en dos etapas o, mejor, en dos grupos de reacciones: el catabolismo y el anabolismo. En ambas etapas hay una molécula con un protagonismo crucial: el **ATP**.

El ATP (adenosín trifosfato) es un nucleótido de enorme importancia en el metabolismo, ya que puede actuar como molécula energética, al ser capaz de almacenar o ceder energía gracias a sus dos enlaces P-P que son capaces de almacenar, cada uno de ellos 7,3 KCal/mol.



Cuando un proceso catabólico, por ejemplo, una respiración mitocondrial, libera energía, inmediatamente se usa esa energía para sintetizar ATP. Del mismo modo, cuando es necesario un aporte energético para crear movimiento en un flagelo, para transporte activo en la membrana o para las reacciones metabólicas en las que se necesita energía, ésta es aportada por la degradación de moléculas de ATP. El ATP,

por tanto, es la moneda energética de la célula por tener almacenado un tipo de energía de uso inmediato.

CATABOLISMO.

-Es la fase destructiva del metabolismo.

-Son un conjunto de reacciones en las que se degradan moléculas orgánicas en otras más sencillas.

-El resultado final es que la célula obtiene energía por la rotura de los enlaces.

-La energía que se obtiene se emplea en movimiento, transporte activo en las membranas, reproducción o biosíntesis de nuevas moléculas (anabolismo)

El catabolismo presenta dos tipos diferentes.

a-Respiración aerobia

-Interviene el oxígeno.

-El residuo final es inorgánico (CO_2 y H_2O)

-Son muy rentables energéticamente.

-Es realizada por animales, plantas, protistas, hongos y muchas bacterias

b-Fermentaciones anaerobias

-No interviene el oxígeno

-Los residuos finales son orgánicos

-Son poco rentables energéticamente.

-Son realizadas por algunas bacterias. También existen organismos anaerobios facultativos como las levaduras.

ANABOLISMO

-Es la fase constructiva del metabolismo

-Son un conjunto de reacciones en la que se fabrican moléculas complejas a partir de otras más sencillas.

-Todas las reacciones anabólicas requieren energía.

-Existen dos tipos muy distintos de anabolismo:

a-Anabolismo heterótrofo

-Consiste en sintetizar macromoléculas orgánicas a partir de monómeros también orgánicos (síntesis de proteínas a partir de aa, duplicación de ADN, síntesis de glucógeno o almidón a partir de glucosa, etc)

-la realizan **TODOS** los seres vivos.

-La energía necesaria la aporta el ATP obtenido durante el catabolismo.

b- Anabolismo autótrofo

-Consiste en la síntesis de monómeros orgánicos a partir de sustancias inorgánicas.

-Sólo lo realizan los organismos autótrofos.

-Requiere una fuente externa de de energía.

-Si la energía es aportada por la luz: **Fotosíntesis** (realizada por plantas, algas y bacterias fotosintéticas)

-Si la energía procede de la oxidación de sustancias minerales: **Quimiosíntesis** (realizada exclusivamente por algunas bacterias)

6.2.2- LA RESPIRACIÓN AEROBIA (ejemplo con la respiración de la glucosa)

1. Ruptura de polímeros.

2. Glucólisis. Se produce en el citoplasma de casi todas las células.

Conversión de la glucosa en dos moléculas 3C. (ácido Pirúvico)

Se obtienen 2 moléculas de ATP

2. Ciclo de Krebs

Los enzimas implicados en el proceso también se encuentran en la matriz mitocondrial.

Las 2 moléculas de ácido pirúvico se transforman en 6 moléculas de CO₂

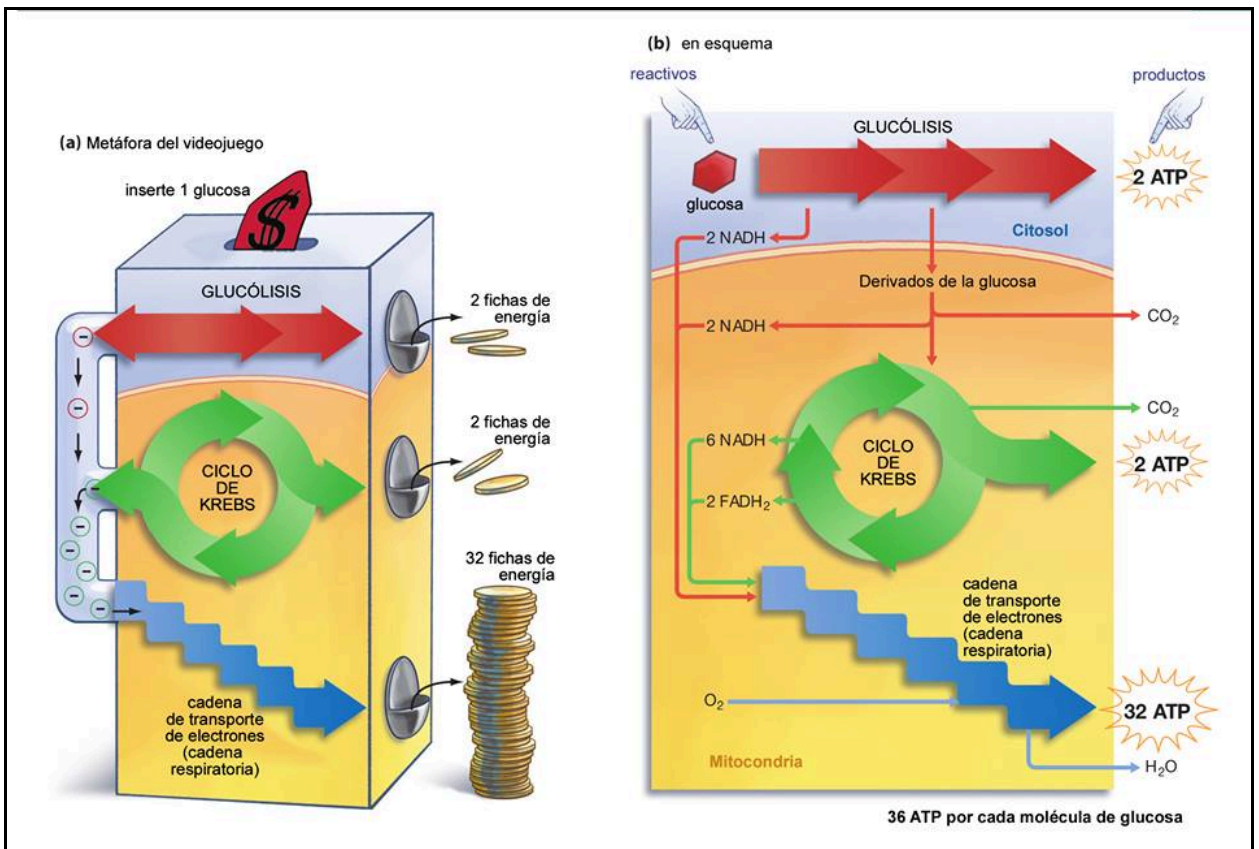
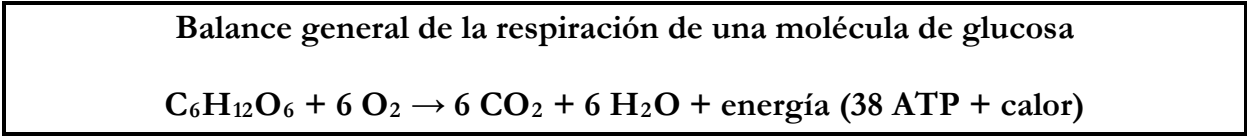
Se obtienen otras dos moléculas de ATP

Los H y electrones obtenidos se almacenan en moléculas de NADH

3 Cadena respiratoria

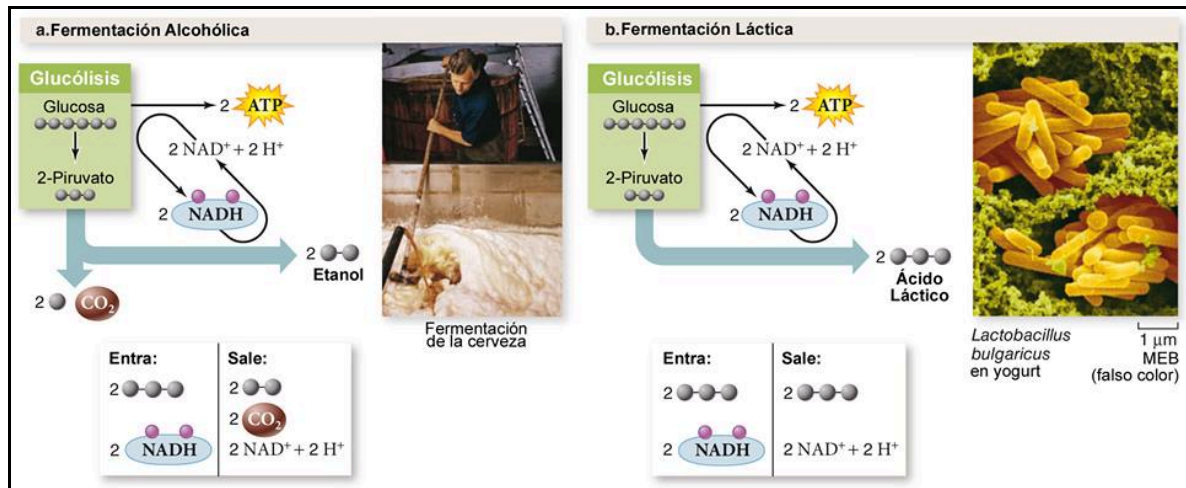
Sucede en las crestas de la membrana mitocondrial interna.

Los e- de alta energía de los NADH son transferidos, a través de una cadena de transportadores hasta el O₂, liberándose agua. La energía liberada en esta reacción se utiliza para fosforilar ADP y fabricar 34 moléculas de ATP.



6.2.3- LAS FERMENTACIONES

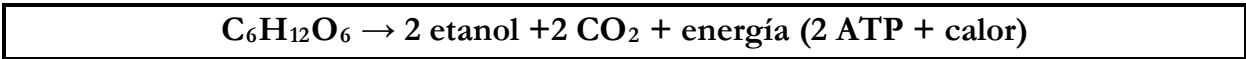
Se produce en ciertas bacterias y levaduras y, en determinadas condiciones, también en algunas células de eucariotas pluricelulares (como en las fibras musculares estriadas)



Las fermentaciones comienzan de la misma forma que la respiración: con la glucólisis. Pero, al no intervenir después el oxígeno, se produce una degradación anaeróbica del ácido pirúvico.

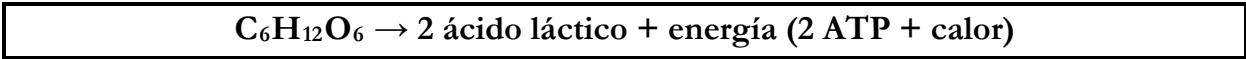
1. Fermentación alcohólica

La realizan levaduras del género *saccaromyces*. Gracias a ella disponemos de bebidas como el vino, la sidra o la cerveza.



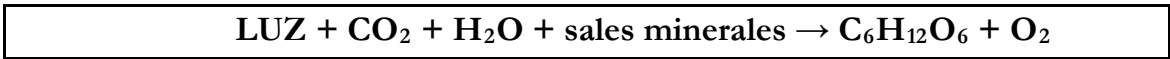
2. Fermentación láctica

La realizan bacterias del género *Lactobacillus*. Gracias a ella tenemos alimentos como el yogur o los quesos.

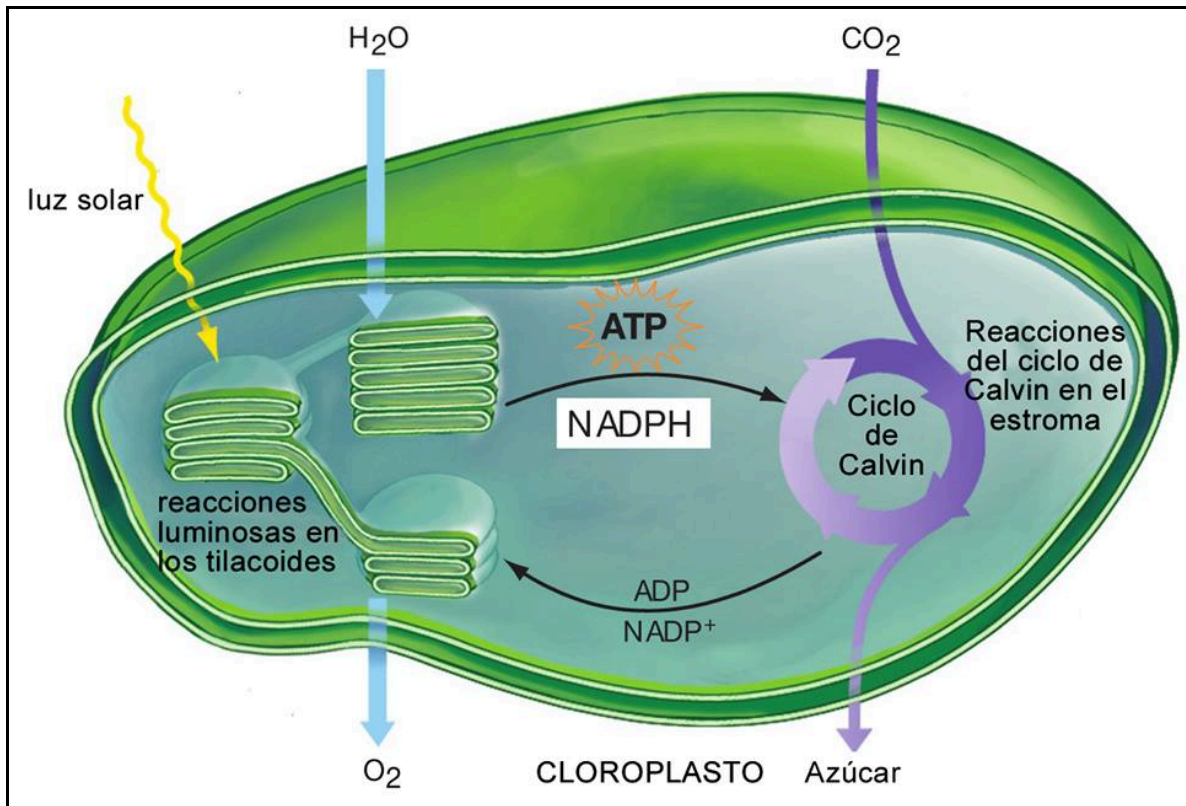


6.2.4- LA FOTOSÍNTESIS (anabolismo autótrofo)

Es el proceso mediante el que ciertos organismos son capaces de transformar la energía de la luz solar en energía química (ATP y NADPH+) y utilizarla para sintetizar compuestos orgánicos a partir de CO₂ y H₂O.



Las plantas, algas y cianobacterias poseen clorofila como principal pigmento fotosintético. En cambio, las bacterias fotosintéticas verdes y púrpuras tienen bacterioclorofila como principal pigmento.



La fotosíntesis es un conjunto de reacciones que suelen agruparse en dos etapas:

A. Fase luminosa (captación de energía).

-Ocurre en la membrana de los tilacoides. Requiere de la energía directa de la luz. En esta fase se genera ATP y NADPH que son utilizados en la segunda fase.

-Se produce la rotura de las moléculas de agua generándose oxígeno.

B. Fase oscura

-No requiere luz pero sí los compuestos obtenidos en la fase luminosa: la energía del ATP y la fuente reductora NADPH, formadas en la fase anterior.

-En esta fase se producen los enlaces C-C de los glúcidos. Las reacciones químicas son diferentes según se trate de fijar el CO_2 o las sales de N o S.

B1. Ciclo de Calvin

El proceso ocurre en el estroma de los cloroplastos. Se pueden distinguir tres fases:

- Fijación del CO₂ a la ribulosa-1,5-difosfato y formación de glucosa.

B2. Fijación fotosintética del nitrógeno y del azufre

El NO₃ - es reducido a NH₃ en los cloroplastos, por el NADPH formado en la fase luminosa. Este amoníaco es el origen de otros aminoácidos.

La fijación fotosintética del azufre ocurre también en los cloroplastos y la energía procede de la fase luminosa.

6.2.5- LA QUIMIOSÍNTESIS (anabolismo autótrofo)

La quimiosíntesis es una forma de nutrición autótrofa en la que la energía necesaria para la elaboración de compuestos orgánicos se obtiene de la oxidación de ciertas sustancias del medio. Aunque este proceso es exclusivo e algunos grupos de bacterias tiene una gran importancia biológica ya que de esta manera se reciclan los compuestos totalmente reducidos (NH₃, H₂S, CH₄) y se cierran los ciclos de la materia en los ecosistemas.

Igual que en la fotosíntesis se pueden distinguir dos fases: en la primera se obtiene energía; la segunda fase es semejante a la que ocurre en la fotosíntesis y en ella se asimila y reduce el dióxido de carbono.

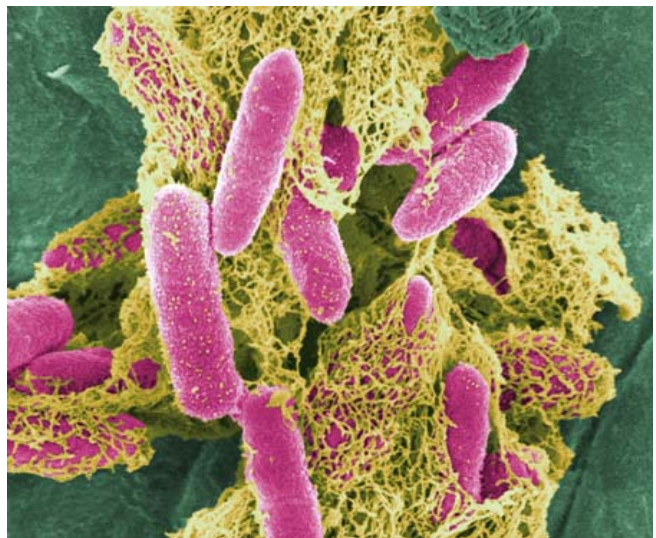
Organismos quimiosintéticos

1. Bacterias del hidrógeno

Estas bacterias pueden activar el hidrógeno molecular con ayuda de hidrogenasas y utilizarlo para obtener energía.

2. Sulfobacterias

Las bacterias del género Thiobacillus son capaces de obtener energía por oxidación de compuestos reducidos de azufre. La mayoría de las bacterias forman sulfato como producto final.



3. Ferrobacterias

Algunas bacterias viven en aguas ricas en compuestos de hierro ferroso, absorben estas sustancias y las oxidan a hierro férrico. Esta reacción produce poca energía por lo que deben oxidar grandes cantidades de hierro para poder vivir.

4. Bacterias nitrificantes

Oxidan compuestos reducidos del nitrógeno presentes en el suelo. Estas bacterias existen en todos los suelos, salvo en los tropicales, que son pobres en oxígeno.

6.2.6- ALGUNOS EJEMPLOS DE ANABOLISMO HETERÓTROFO.

Gluconeogénesis

Síntesis de glucosa en la matriz mitocondrial.

Glucogenogénesis

Este proceso se realiza especialmente en las células del hígado y en los músculos. Consiste en la síntesis de glucógeno realizada en el hialoplasma a partir de moléculas de glucosa activadas.

La síntesis de almidón en las células vegetales es similar, aunque el activador es el ATP.

Anabolismo de los lípidos

Los fosfolípidos, colesterol y derivados se sintetizan en el retículo endoplasmático. Los triglicéridos en el hialoplasma.

Anabolismo de los aminoácidos

Algunos aminoácidos no pueden ser sintetizados (aminoácidos esenciales) por el hombre. Se produce en el hialoplasma. La biosíntesis de proteínas se realiza en los ribosomas.

Anabolismo de los nucleótidos

Es un proceso complejo. Los productos de su degradación son utilizados en la síntesis.

Los ácidos nucleicos son sintetizados en el núcleo.