

TEMA 9: LA CÉLULA

1. **La teoría celular: implicaciones biológicas.**
2. **La microscopía óptica y electrónica:** Herramientas para el estudio de las células. Imágenes, poder de resolución y técnicas de preparación de muestras.
3. **La membrana plasmática:** ultraestructura y propiedades.
4. **El proceso osmótico:** repercusión sobre la célula animal, vegetal y procariota.
5. **El transporte a través de la membrana plasmática:** mecanismos y tipos de moléculas transportadas con cada uno de ellos.
6. **Los orgánulos celulares eucariotas y procariotas:** funciones básicas.
 - Célula procariota: componentes estructurales y funciones.
 - Célula eucariota: componentes estructurales y funciones. Importancia de la compartimentación celular.
 - Células eucarióticas animal y vegetal.
 - Pared celular en células vegetales.
 - Citosol y ribosomas. Citoesqueleto. Centrosoma. Cilios y flagelos.
 - Orgánulos celulares: mitocondrias, peroxisomas, cloroplastos, retículo endoplasmático, complejo de Golgi, lisosomas y vacuolas.
 - Núcleo: envoltura nuclear, nucleoplasma, cromatina y nucleolo. Niveles de organización y compactación del ADN.

ORIENTACIONES

1. Identificar a la célula como la unidad estructural y funcional de la vida y relacionar estos conceptos con la Teoría Celular.
2. Describir los modelos de organización celular (procariota, eucariota animal y vegetal).
3. Establecer las semejanzas y diferencias entre los distintos tipos celulares, reconociéndolos en esquemas o imágenes, o describiéndolos en un texto.
4. Conocer el fundamento básico del microscopio óptico y electrónico (de transmisión y de barrido) y su aplicación para el estudio de las células. Conocer el poder de resolución de cada uno de ellos.
5. Enunciar semejanzas y diferencias entre los microscopios óptico, electrónico de transmisión y electrónico de barrido.
6. Identificar en imágenes de microscopía los tipos celulares y sus componentes.
7. Conocer los componentes de la membrana (fosfolípidos, glucolípidos, colesterol, proteínas y glucoproteínas) y su disposición, y establecer la relación entre la composición y la función de la membrana.
8. Relacionar la estructura de la membrana plasmática con sus funciones: barrera, permeabilidad selectiva, reconocimiento celular, comunicación celular, etc.
9. Conocer los fenómenos osmóticos que sufren las células animales y vegetales en medios hipertónicos, isotónicos o hipotónicos y sus efectos.
10. Conocer los procesos de difusión simple y facilitada, así como el transporte activo, identificar en qué condiciones se dan cada uno de ellos y sus requerimientos, aplicándolos a los procesos que ocurren en las células.
11. Conocer los mecanismos por los que se transportan los distintos tipos de sustancias que atraviesan la membrana.
12. Conocer los procesos de transporte de vesículas a través de las membranas: endocitosis, pinocitosis, fagocitosis, exocitosis y secreción.
13. Describir, localizar e identificar los componentes de la célula procariota y relacionarlos con su estructura y función. Conocer la estructura y función de: apéndices (flagelos, fimbrias), cápsula, pared celular, membrana plasmática, citoplasma, cromosoma bacteriano, plásmidos, ribosomas y gránulos (o inclusiones). Identificarlos en microfotografías, figuras o dibujos.

14. Conocer la estructura y función de: pared celular, membrana celular, cilios, flagelos, mitocondria, plastos, retículo endoplásmico liso y rugoso, complejo de Golgi, vesículas de membrana (lisosomas y sus tipos), vacuolas, peroxisomas, ribosomas, citoesqueleto, centrosoma, núcleo y cromosomas/cromatina. Conocer en qué tipos celulares se encuentran cada una. Identificarlas en microfotografías, figuras o dibujos.

1 La teoría celular: implicaciones biológicas.

La Teoría Celular está formulada por todos aquellos enunciados que nos aportan información de cómo es la célula, sus características y su relación con la vida.

La elaboración de esta teoría no hubiera sido posible sin los aportes y descubrimientos de numerosos científicos a lo largo de nuestra historia. De forma resumida se destacan algunos de ellos:

- **Van Leeuwenhoek** creó el primer microscopio óptico y, aunque de forma rudimentaria, fue uno de los primeros en observar y aportar datos referidos a la célula.
- **Robert Hooke** fue el primero en describir la estructura celular a partir de una lámina de corcho, observando que estaba compuesta por una serie de celdillas que representaban unidades constitucionales que se repetían. A cada una de estas celdillas las llamó celda palabra que derivó en célula.

En el siglo XIX y con los avances en la ciencia y tecnología aparecen nuevas y mejores aportaciones sobre la célula. Entre los numerosos científicos surgen las aportaciones que dan lugar a los postulados de la Teoría Celular. Ejemplos de estos personajes son: el botánico **Schleiden** y el zoólogo **Schwamm**, el patólogo ruso **Virchow**, o el genetista español **Severo Ochoa**.

Los **postulados de la Teoría Celular** se resumen en los siguientes:

- 1) La célula es la unidad básica de todos los seres vivos, es decir, todos los seres vivos están formados por al menos una célula, siendo ésta la **unidad morfológica** de todos los organismos.
- 2) La célula es la **unidad fisiológica** de todos los seres vivos, es decir, es capaz de llevar a cabo las tres funciones vitales.

Estos postulados surgieron en 1838 de la mano de los alemanes **Schleiden** y **Schwamm**.

- 3) Las células **proceden de otra célula anterior a ella** y por división de la misma. Enunciado por **Virchow** en 1865. «*Omnis cellula ex cellula*»
- 4) Las células poseen la información genética necesaria sobre la síntesis de su estructura y el control de su funcionamiento. Además, es capaz de transmitirla a sus descendientes, es decir, la célula es la **unidad genética** autónoma de todos los seres vivos. Este postulado es el resultado de la unión de varias investigaciones científicas realizadas en el siglo XX.

MODELOS DE ORGANIZACIÓN CELULAR: PROCARIOTA Y EUCARIOTA

La célula es la unidad anatómica y funcional de los seres vivos. Anatómica porque todos los seres vivos están formados por una o más células y funcional porque cada célula es capaz de realizar todas las funciones vitales: nutrición, relación y reproducción.

Todas las células están formadas por los siguientes elementos:

- **Membrana plasmática:** formada por una **bicapa lipídica** en la cual hay, englobadas o adheridas a su superficie, ciertas **proteínas**. Los lípidos hacen que la membrana se comporte como una **barrera aislante** entre el medio acuoso intracelular y el medio acuoso extracelular. Las proteínas son las que **permiten el paso** (hacia el interior o exterior) de las sustancias hidrosolubles (las liposolubles pueden atravesar los lípidos de la membrana).
- **Citoplasma:** Es la parte de la célula comprendida entre la membrana plasmática y el núcleo (si posee núcleo). Está constituido por una **solución líquida** denominada **hialoplasma** o **citósol**, en el que están inmersos unos **orgánulos** que pueden o no estar delimitados por

membranas, el citoesqueleto e inclusiones citoplasmáticas. En procariotas el citoplasma es más sencillo al carecer de orgánulos (excepto ribosomas), citoesqueleto y núcleo.

- **Material genético**: Formado por una o varias moléculas de ADN.

Hay organismos, como los virus, que no están compuestos por células, y no llevan a cabo las tres funciones vitales, lo que crea polémica y diferentes puntos de vista acerca de si son o no seres vivos.

Las células se pueden clasificar siguiendo diferentes **criterios** como:

- La **forma**: redondeada, poliédrica, fusiforme, estrellada, etc.
- El **tamaño**: el tamaño genérico de las células es en torno a micras, pero no todas las células tienen el mismo tamaño, la célula eucariota suele medir de 10 a 20 μm y las procariotas entre 0'5 y 2 μm .
- La **longevidad**: en los pulmones, por ejemplo, existen células que viven solo 8 horas y que tras éstas se dividen; las neuronas pueden vivir toda la vida; los glóbulos rojos sobre 100 días; los hepatocitos 150 días, etc.
- Su **estructura básica**: según su organización se distinguen dos tipos de células, la eucariota y la procariota. La primera, a su vez, se dividen en animales, vegetales, hongos y protoctistas.

Las células, desde el punto de vista de su organización se dividen en dos grandes grupos:

-**Eucariota**: Poseen el material genético dentro de un núcleo que está separado del citoplasma por una doble membrana y tienen orgánulos, muchos de estos orgánulos son membranosos, es decir, están rodeados por una o dos membranas. Las células de animales, vegetales, hongos y protoctistas (protozoos y algas) son eucariotas (todos los reinos menos el Reino Monera: las bacterias).

-**Procariota**: Carecen de núcleo y orgánulos excepto ribosomas (70S), al carecer de núcleo, su material genético está libre en el citoplasma. Las bacterias (son el Reino Monera formado por las eubacterias y las arqueobacterias) son células procariotas. Su tamaño (1-10 μm) es mucho menor que el de las células eucariotas.

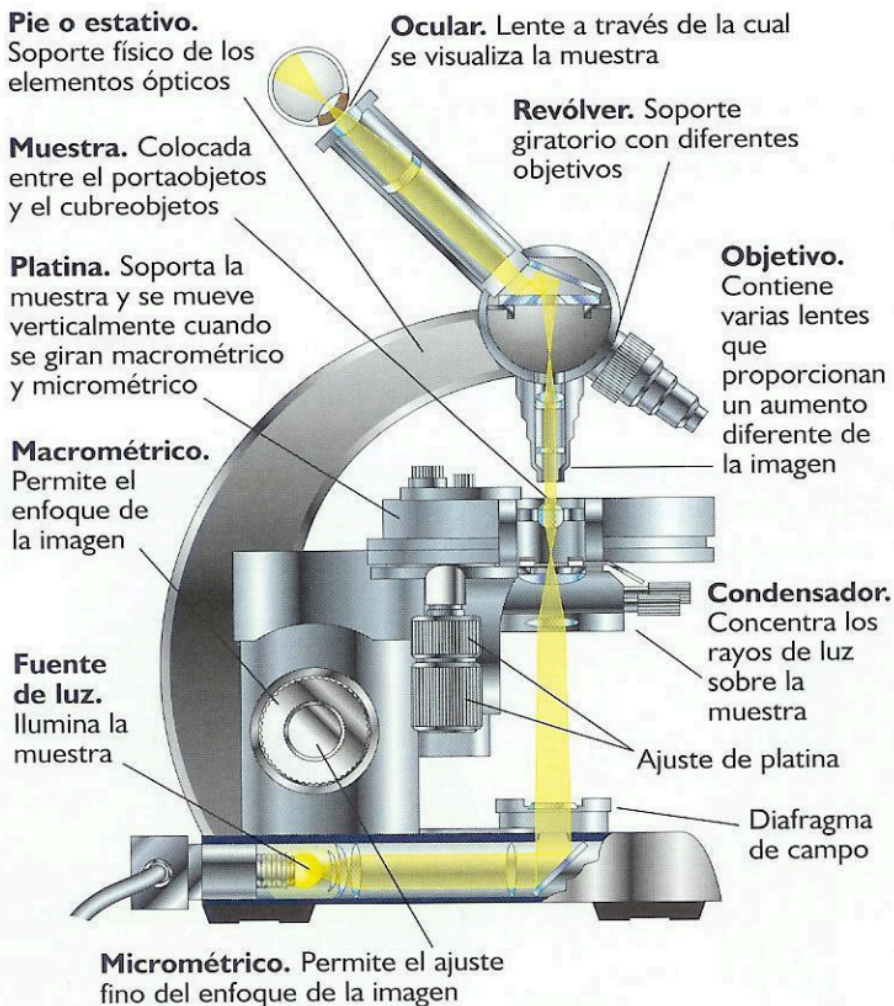
2 La microscopía óptica y electrónica: Herramientas para el estudio de las células. Imágenes, poder de resolución y técnicas de preparación de muestras.

Debido a su pequeño tamaño, las células no se pueden observar a simple vista, por lo que es preciso emplear microscopios, de los cuales existen dos modelos básicos:

El microscopio óptico.

Es un microscopio que está constituido por un mecanismo de lentes cuyo objetivo es examinar células vivas, cultivos celulares, algunos orgánulos grandes como el núcleo, las mitocondrias e incluso los cloroplastos, preparaciones trituradas o preparaciones en láminas muy delgada. Utilizan una **fente de luz que atraviesa la muestra** desde abajo y, normalmente, son necesarias **técnicas especiales para aumentar el contraste** de la imagen. Tiene un **límite de resolución de 0,2 μm** .

Se compone de un sistema de lentes convexas con el que es posible ampliar el tamaño de cualquier muestra. Los microscopios ópticos constan básicamente de dos lentes situadas en los extremos de un tubo: el objetivo y el ocular.



Existen diversos tipos de microscopios ópticos:

- **El microscopio estereoscópico.** Permite apreciar el relieve de la muestra, ya que tanto el ocular como el objetivo están duplicados.
- **El microscopio binocular.** Permite observar con ambos ojos pero no se aprecia relieve, ya que sólo está duplicado el ocular.
- **El microscopio monocular.** Utiliza solamente un objetivo y un ocular. Tanto éste como el binocular permiten observaciones con más resolución de la imagen que con el microscopio estereoscópico.

La **amplificación** de un microscopio es el **producto de los aumentos del objetivo por los del ocular**. Así

por ejemplo, si estamos utilizando un objetivo de 10 aumentos y un ocular de 4 aumentos, la imagen observada es 40 veces mayor que la realidad.

Pero la calidad de un microscopio no sólo viene determinada por el número de aumentos, sino también por su **poder de resolución**, que es la **distancia mínima para que dos puntos próximos se vean como puntos diferentes**. El microscopio óptico tiene un poder de resolución de **0,2 µm**, es decir, no se pueden distinguir puntos separados por una distancia menor de 0,2 µm.

Técnicas de preparación de muestras para observación al M.O:

Son técnicas de preservación y mejora de contraste que permiten discriminación de los componentes celulares. Los tejidos y células a observar son sometidos a los siguientes tratamientos:

- **Fijación (con formaldehído):** sirve para **inmovilizar, matar y preservar las células** del tejido de la muestra y hacerlas permeables a los colorantes.
- **Inclusión (en parafinas y resinas):** consiste en la **sustitución del agua** del tejido por medio de alcoholes desecantes y su **inclusión en medios duros** para dar a la muestra la **suficiente rigidez** como **para permitir su corte**.
- **Micotomía:** Obtención de **cortes** suficientemente **finos** como para que la luz pueda atravesar la muestra. Aparato: **microtomo**.
- **Rehidratación:** y eliminación del medio de inclusión, para que el **colorante pueda penetrar en la muestra**.
- **Tinción:** con **colorantes**, permite la observación estructural de la muestra. Para un examen vital de la muestra (células vivas), no deben usarse fijadores y únicamente **colorantes vitales** como el rojo neutro.

Otros microscopios ópticos:

- o **Microscopio de contraste de fases:** capaz de visualizar **estructuras celulares vivas** sin colorantes y en tres dimensiones.
- o **Microscopio de campo oscuro:** con un condensador especial que hace que entre en el objetivo sólo la luz que es dispersada por la muestra. **La célula se ve iluminada sobre un campo oscuro, en tres dimensiones, viva y sin necesidad de colorantes.**

El microscopio electrónico.

Es un microscopio de mayor resolución que el óptico (mil veces superior), ya que su mecanismo de acción se basa en la emisión de un **haz de electrones** dirigido hacia el objeto cuya imagen se desea aumentar, no se realiza una visión directa si no una impresión sobre una placa o pantalla. Se utiliza para observar ultraestructuras celulares, componentes celulares de menor tamaño como la membrana o los ribosomas, virus, etc. Se necesita una **preparación compleja** de la muestra y la realización de **cortes ultrafinos** de la misma. Tiene un **límite de resolución de 0,2 nm** aproximadamente.

Este instrumento funciona gracias a un haz de electrones (en lugar de haces de luz) procedente del calentamiento de un filamento de tungsteno, el **cátodo**. Los electrones viajan hasta el **ánodo** a gran velocidad, a través de una columna hueca en la que se ha hecho el vacío. El haz de electrones es guiado a la muestra mediante un sistema de lentes que en realidad son **electroimanes**.

Existen dos tipos de microscopio electrónico: el de transmisión y el de barrido.

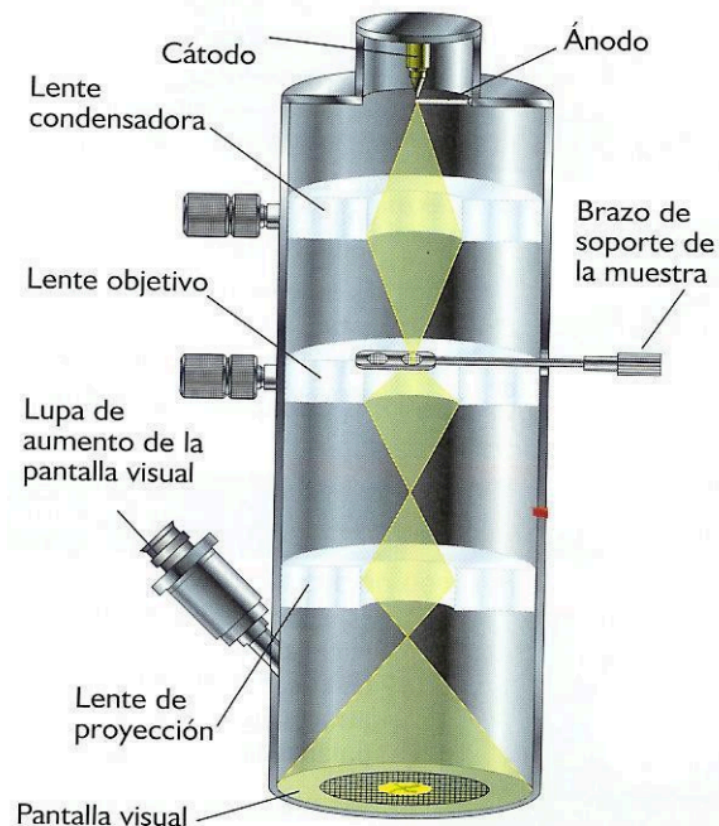
Microscopio electrónico de transmisión (MET).

Su fundamento es el siguiente: los electrones inciden sobre la muestra y las zonas que permiten el paso de más electrones (zonas transparentes) se ven claras, mientras que las zonas más densas (dispersan los electrones) se ven oscuras; es decir, **se produce una imagen por contraste que es observada en una pantalla fluorescente monocromática.**

Al utilizar rayos de electrones, cuya longitud de onda es mucho menor que la de la luz, la resolución es mucho mejor que en microscopía óptica: unos **0,2 nm**. Pero este tipo de microscopio también presenta inconvenientes: **necesita el vacío**, para que no se altere la trayectoria de los electrones, y la **muestra ha de ser extremadamente fina (50-100 nm de grosor)**, para ello se utiliza un aparato especial denominado **ultramicrotomo**. Lógicamente es imposible la observación de muestras "in vivo".

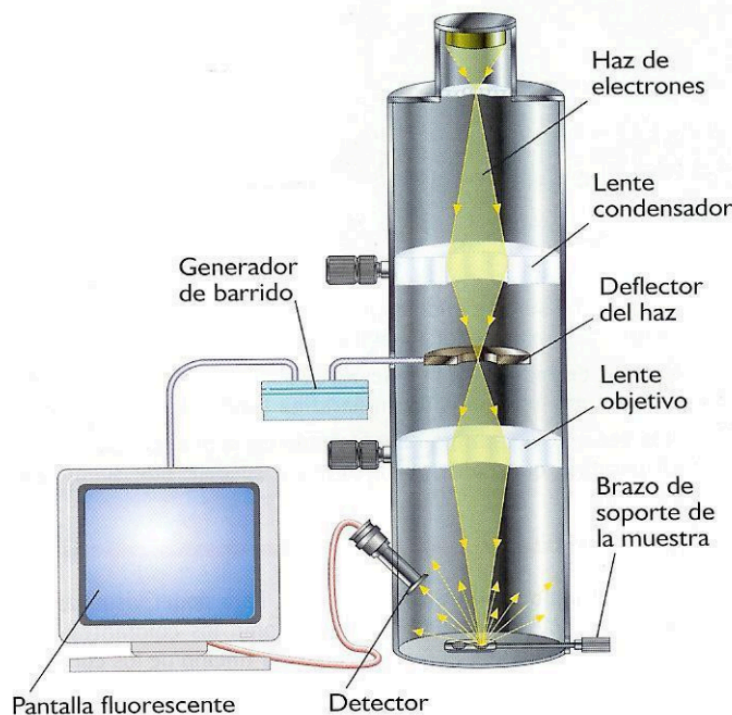
El **aumento** en condiciones óptimas de este microscopio puede llegar a ser de **500.000**.

Nuevas técnicas para visualización con M.E.T:



- **Fijación con tetróxido de osmio**, que es más opaco a los electrones y suave, permitiendo preservar los detalles estructurales más finos. **Inclusión en resinas sintéticas epoxi**, más duras que las normales.
- **Microtomía**: **cortes extraordinariamente finos** para que los electrones puedan atravesar la muestra. Se utiliza el **ultramicrotomo**.
- **Tinción**: con colorantes que contienen **metales pesados**, porque estos absorben bien los electrones y pueden verse fácilmente con el microscopio electrónico.

Microscopio electrónico de barrido (MEB).



Esquema de un microscopio electrónico de barrido.

En este caso las **muestras se recubren con una fina capa de un metal pesado**, como el oro o el platino. El haz de electrones es lanzado contra la superficie de la muestra barriéndola rápidamente y no atravesándola, como ocurre en el microscopio electrónico de transmisión. **Los electrones son reflejados y recogidos en la pantalla monocromática de un monitor.**

Su poder de **resolución** es relativamente alto (unos **10 nm**) y su **aumento** es menor (**200.000**) que el que se logra con el de transmisión, pero produce espectaculares **imágenes en relieve de las células.**

3 La membrana plasmática: ultraestructura y propiedades.

LAS MEMBRANAS CELULARES

Las biomembranas o membranas biológicas o membranas celulares son láminas fluidas que separan el interior de la célula de su entorno (en el caso de la membrana plasmática, también llamada membrana citoplasmática) y definen los diferentes orgánulos del interior de las células eucariotas (en el caso de la membrana del retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondrias, cloroplastos, lisosomas, etc.). Se comportan como **barreras selectivamente permeables** (regulan el paso de sustancias) que permiten mantener unas condiciones fisicoquímicas características en el interior de los compartimentos que limitan. Sólo son visibles al microscopio electrónico pues sólo tienen de 6 a 10 nm de grosor. (Unos 75 Angström (Å)).

¿Cuáles son las funciones de las biomembranas?

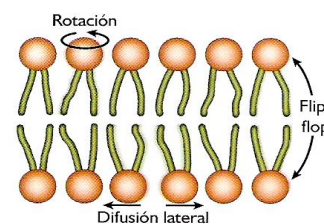
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MEMBRANAS

Las membranas están compuestas principalmente por **lípidos** y **proteínas**, aunque la proporción relativa de cada uno de ellos es diferente según el tipo de membrana e incluso el tipo de célula, por ejemplo la membrana plasmática de un glóbulo rojo tiene aproximadamente un 50% de proteínas y un 50% de lípidos, mientras que en las fibras nerviosas las proteínas constituyen menos de un 25% o en la membrana interna de las mitocondrias las proteínas son el 76%.

LÍPIDOS: los lípidos de las membranas pertenecen a tres categorías: **fosfolípidos**, **glucolípidos** (esfingolípidos) y **esteroles** (colesterol en células animales). Todos son moléculas **anfipáticas** (con una parte hidrófoba o apolar y otra hidrófila o polar), por lo que forman una **bicapa lipídica** al disponerse sus radicales polares hacia el medio acuoso (el agua en el exterior y en el interior celular) y sus radicales apolares de una capa se disponen hacia los de la otra capa evitando los extremos apolares el contacto con el medio acuoso.

Los fosfolípidos son los lípidos más abundantes en las membranas. Los glucolípidos (esfingolípidos) se encuentran en la cara externa de la membrana plasmática (en las otras membranas como la mitocondrial, cloroplastal, del retículo...no aparecen glucolípidos). Los glucolípidos de las células animales son derivados de esfingolípidos (esfingolípidos + parte glucídica que suele ser una corta cadena de oligosacáridos) y en vegetales y bacterias de fosfolípidos (fosfolípidos + parte glucídica que suele ser una corta cadena de oligosacáridos). El esteroles más abundante es el **colesterol** (en células animales, en vegetales son **fitoesteroles**).

Los **fosfolípidos y glucolípidos** tienen tendencia a girar sobre sí mismos (**movimiento de rotación**) y a desplazarse lateralmente por su monocapa (**difusión lateral**). Tan solo ocasionalmente pueden cambiar de capa lipídica (**movimiento de flip-flop**). Esta movilidad de las moléculas origina una **fluidez de la membrana que es esencial para su funcionamiento** (la disminución de la fluidez por ejemplo cuando la temperatura disminuye, puede detener muchos procesos enzimáticos y de transporte). Como el paso de un fosfolípido de una monocapa a otra (**flip-flop**) no sucede casi nunca, esto permite que, a pesar de su fluidez, **la composición lipídica de cada monocapa sea distinta, presentando las membranas asimetría lipídica**. El **colesterol** es una molécula plana y rígida que se intercala entre los fosfolípidos, lo que **hace disminuir la fluidez de la membrana**. Aportan estabilidad a la membrana.



La fluidez de la bicapa depende de la cantidad de **colesterol** presente que disminuye la fluidez, de la **temperatura** que aumenta la fluidez, de los **ácidos grasos insaturados** que originan codos (ángulos en la cadena hidrocarbonada que se forman cuando aparece un doble enlace) que disminuyen las atracciones hidrofóbicas con otras cadenas apolares, aumentando la fluidez. Al contrario los ácidos grasos saturados y de cadena larga aumentan las atracciones hidrofóbicas (fuerzas de Van der Waals) por no tener codos (ácidos grasos saturados) las cadenas están paralelas unas a otras permitiendo las atracciones hidrofóbicas y cuanto más largas sean estas cadenas mayor número de enlaces hidrofóbicos se formarán aumentando la rigidez y disminuyendo la fluidez.

Ejercicio: Pon en la tabla lo que aumenta y disminuye la fluidez de la bicapa lipídica.

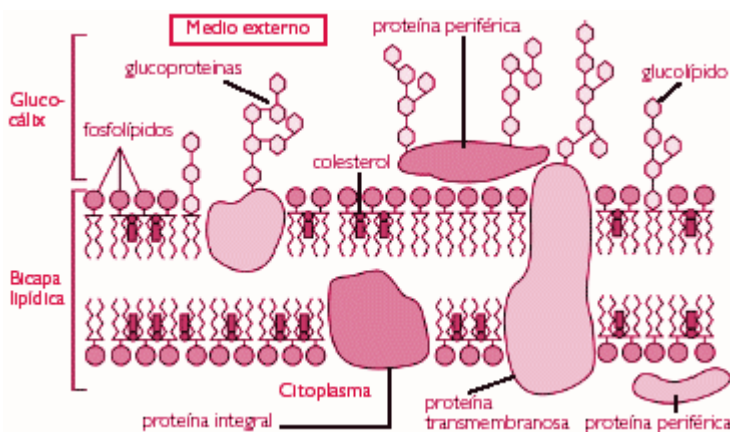
Aumenta la fluidez	Disminuye la fluidez

Ejercicio: ¿Cuáles son las tres propiedades que presentan las bicapas lipídicas de las membranas? (solo nombrar)

- o Fluidez. (Sus componentes están en continuo movimiento). Estos movimientos permiten que la membrana pueda cambiar de forma, adaptarse e interactuar con el medio externo, emitir prolongaciones citoplasmáticas, pseudópodos, intervenir en la nutrición de la célula, etc.
- o Asimetría. La capa externa contiene el glucocálix. Además la composición es diferente entre las dos capas.
- o Autoensamblaje y autosellado. Debido al carácter anfipático de los fosfolípidos, en disolución tienden a formar espontáneamente bicapas lipídicas, de forma que podemos decir que la estructura básica de la membrana se autoensambla en disolución. Además cuando se fractura la membrana también se puede autosellar por el mismo motivo.
- o Permeabilidad selectiva. En general, representa una barrera frente a sustancias polares (estas no pueden atravesar la barrera apolar formada por las "colas" de los fosfolípidos). Pero esta impermeabilidad aparente no es absoluta, ya que la membrana mediante sus proteínas puede regular el paso de sustancias a través de ella. Dicho transporte se verá en apartados posteriores.

PROTEÍNAS: las proteínas son las que realizan las **funciones específicas** de las diferentes membranas de las células: unas **transportan determinadas sustancias** (una transporta algún ión como K⁺, otra transporta glucosa, otra aminoácidos...), otras son **enzimas** que catalizan determinadas reacciones (por ejemplo en la membrana de los tilacoides hay enzimas que participan en la fotosíntesis), otras son **receptores** (por ejemplo receptores que reconocen hormonas como el receptor de la insulina que al detectar la insulina activa en la célula la captación de la glucosa sanguínea, otro ejemplo: en la sinapsis los neurotransmisores liberados por el axón de una neurona son reconocidos por unos receptores (proteínas) de la membrana de la dendrita de otra neurona, el receptor activado produce una despolarización de la membrana que puede producir otro impulso nervioso o potencial de acción), etc. Por lo tanto, **son las proteínas las que confieren a cada membrana sus propiedades funcionales características**. Al igual que los fosfolípidos, poseen un **movimiento** de difusión lateral, contribuyendo a la fluidez de la membrana, y también dan **asimetría** a la membrana porque no hay las mismas proteínas en cada monocapa. Según la disposición de las proteínas en la bicapa se clasifican en proteínas integrales y periféricas:

- o **Proteínas integrales o intrínsecas:** Están **total o parcialmente englobadas en la bicapa lipídica**, debido a que presentan una parte apolar (o hidrófoba o lipófila) que se introduce en dicha bicapa. Si atraviesan la bicapa lipídica (la proteína sobresale a cada lado de la bicapa) se denominan **proteínas transmembrana**.
- o **Proteínas periféricas o extrínsecas:** Están **a un lado y otro** de la bicapa lipídica, unidas a la parte polar de los lípidos de membrana o de las proteínas integrales. Son proteínas que no presentan zonas hidrófobas y que, por lo tanto, no pueden penetrar en el interior de la bicapa.



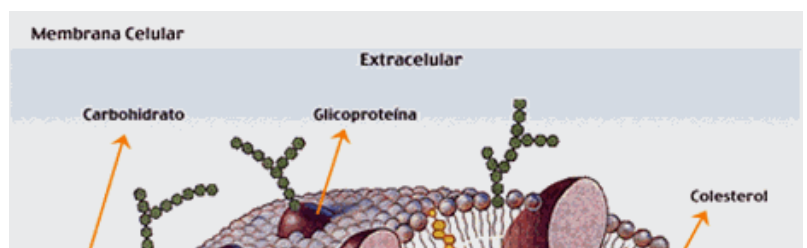
GLÚCIDOS: En el caso concreto de la membrana plasmática, aparece en la **cara externa** de la membrana glúcidos (contribuyendo a la asimetría de la membrana al igual que los lípidos y proteínas), en su mayoría son oligosacáridos unidos a proteínas y lípidos de la membrana formando **glucoproteínas y glucolípidos**, respectivamente.

Constituyen la cubierta celular o **glucocálix**, con diversas funciones entre las que destaca la función de **reconocimiento celular**.

ESTRUCTURA DE LA MEMBRANA (Modelo de mosaico fluido).

Según el **modelo de mosaico fluido** propuesto en 1972, **Singer y Nicholson**, **la membrana es una estructura fluida** -y no rígida, como se pensaba antiguamente- **compuesta por una doble capa de lípidos** a la cual se asocian moléculas proteicas, que se sitúan en las dos caras de la superficie de esta bicapa lipídica, bien **total o parcialmente englobadas en ella**, en la que **todas las moléculas se pueden mover**. Como los lípidos y las proteínas se disponen en mosaico y pueden desplazarse lateralmente, esta estructura recibe el nombre de mosaico fluido. El modelo de mosaico fluido presenta las siguientes **características**:

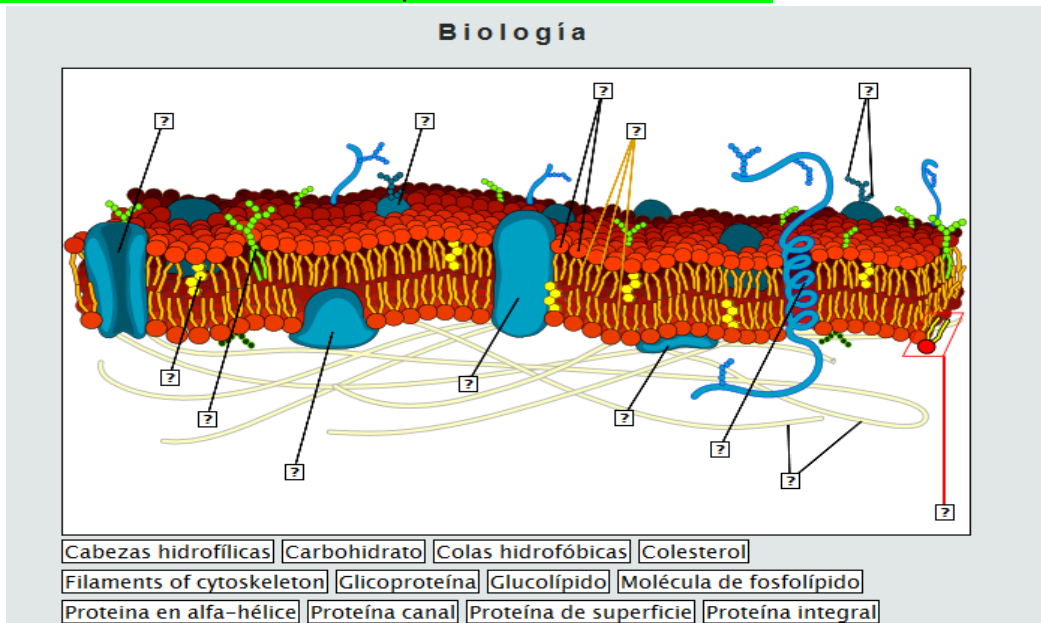
- o La membrana está formada por una **bicapa lipídica asociada con proteínas**.



- o Las moléculas lipídicas son **anfipáticas**, disponiéndose las zonas polares hacia el medio acuoso externo e interno y las zonas apolares hacia el interior, dando lugar a la bicapa lipídica de las membranas.
- o Tanto las proteínas como los lípidos pueden **desplazarse lateralmente** (membrana fluida).
- o Los lípidos y las proteínas integrales se disponen **en mosaico**.
- o Las membranas son estructuras **asimétricas** en cuanto a la distribución de sus componentes: lípidos, proteínas y glúcidos.

Los movimientos de las moléculas que la componen permitirán que se produzcan las deformaciones celulares, los pseudópodos y que la membrana presente su fluidez característica.

Ejercicio: Pon los nombres de los componentes de la membrana



FUNCIONES DE LA MEMBRANA PLASMÁTICA.

Estudiaremos las 3 funciones más importantes que son la función de **intercambio de sustancias** (difusión simple, difusión facilitada y transporte activo), la función de **formación e intercambio de vesículas** (endocitosis y exocitosis) y la función de **comunicación celular** (receptores).
¿Cuáles son las funciones de la membrana plasmática? (incluye las funciones generales de las biomembranas vistas en el apartado 2).

Versión extendida de funciones de la membrana:

- o Separa dos medios acuosos, el interior o citoplasma del exterior o líquido intersticial.
- o Aporta forma y volumen a la célula.
- o Como toda envoltura, aporta cierta protección a la célula.
- o Regula el intercambio de sustancias entre el exterior e interior de la célula (permeabilidad selectiva).
- o Mediante el glucocálix lleva a cabo diferentes funciones como: reconocimiento celular, aporta identidad celular, interviene en la defensa de la célula, a través de ella se produce la recepción de señales externas, etc.

4 El proceso osmótico: repercusión sobre la célula animal, vegetal y procariota.

(Revisar páginas 11 y 12 de la unidad 1)

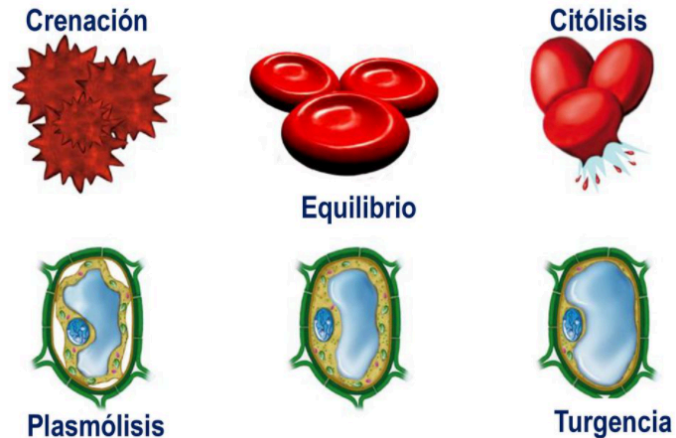
El medio acuoso donde se encuentran las células puede ser hipotónico, isotónico o hipertónico según la concentración de solutos respecto al medio intracelular.

- Cuando el **medio extracelular es hipertónico** respecto a la célula, **sale de la célula agua** por ósmosis, las células pierden agua, se deshidratan e incluso podrían llegar a morir, fenómeno conocido como **plasmólisis** (en vegetales) // **crenación** (en animales: muerte por deshidratación). En las células vegetales, al perder agua, la membrana celular que estaba pegada a la pared celular se contrae pero algunos fragmentos quedan adheridos a la pared celular, fracturándose la célula.

- Cuando el **medio extracelular es hipotónico** respecto a la célula, **entra un exceso de agua al interior** celular produciendo un hinchamiento que puede provocar la ruptura de la membrana plasmática en células animales, y por tanto, la muerte celular, fenómeno conocido como **hemólisis** (referido a células sanguíneas). (Se denomina **citólisis** cuando se refiere a células animales en general).

En células vegetales, así como las moneras (bacterias), hongos y muchos protocistas, al tener la pared celular, evita que reviente la membrana plasmática y que haya un excesivo hinchamiento, en este caso, el fenómeno recibe el nombre de **turgencia**.

- Cuando el **medio extracelular es isotónico** no se produce ósmosis (la cantidad de agua está en **equilibrio**, ni entra ni sale agua neta).



5 El transporte a través de la membrana plasmática: mecanismos y tipos de moléculas transportadas con cada uno de ellos.

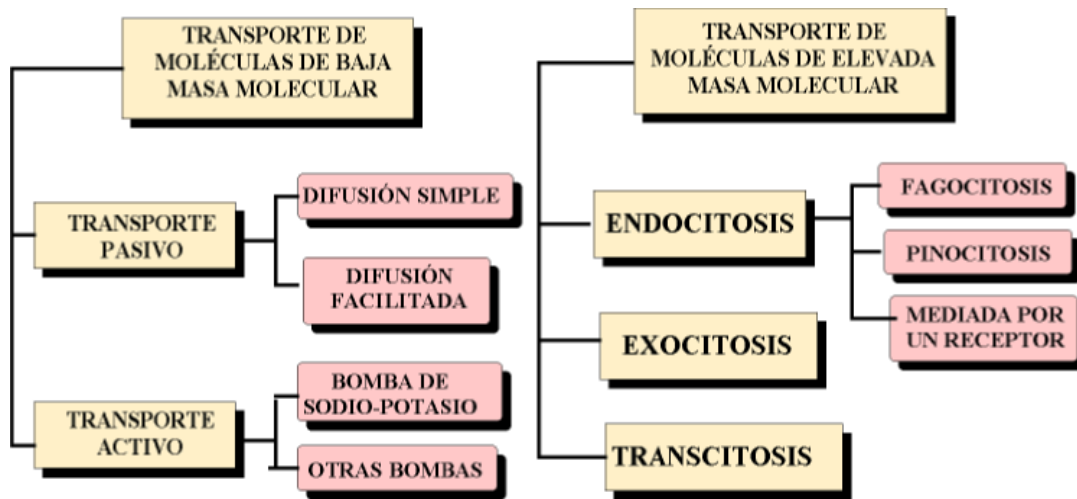
FUNCIÓN DE INTERCAMBIO DE SUSTANCIAS

La membrana plasmática debe permitir el intercambio de moléculas necesarias para la vida celular, es decir, la entrada de nutrientes necesarios para producir el metabolismo (conjunto de todas las reacciones químicas) celular y la salida de desechos producidos durante el metabolismo celular.

La **doble capa lipídica deja pasar con facilidad las moléculas apolares de pequeño tamaño** como lípidos, pero es impermeable a sustancias polares como iones, aminoácidos... Hay sustancias polares como el agua o la urea que pueden atravesar la membrana al tener muy baja masa molecular (muy poco tamaño).

Las **proteínas**, mediante **permeabilidad selectiva**, **permiten el paso de sustancias polares de pequeño tamaño** determinando los tipos, las cantidades y los momentos de este proceso (la membrana regula lo que tiene que pasar, cuando tiene que pasar y en qué cantidad).

En general, el paso a través de la membrana de moléculas de pequeño tamaño se puede realizar de dos formas: por **transporte pasivo** que se realiza **sin gasto de energía**, debido a que es un transporte **a favor del gradiente de concentración**; y por **transporte activo** que comporta **consumo de energía** al ser un transporte en contra del gradiente de concentración de la sustancia a transportar.



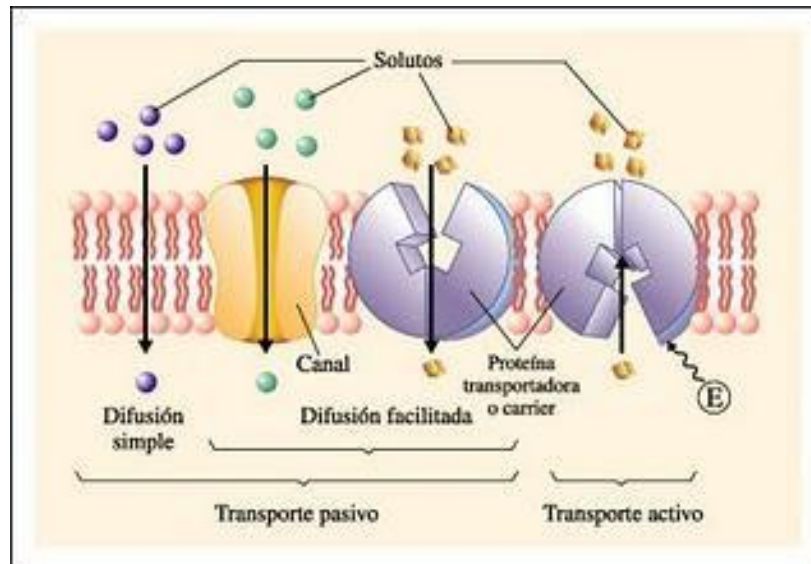
Transporte pasivo

Es un proceso **espontáneo** de difusión de sustancias porque se produce **a favor del gradiente** (ya sea gradiente de concentración o gradiente eléctrico), es decir, desde el medio más concentrado hacia el medio menos concentrado. **No requiere consumo de energía**. Existen varios tipos:

- o **Difusión simple**: Sucede cuando las moléculas son solubles en la membrana y la atraviesan directamente como por ejemplo lípidos, O₂, CO₂, urea, etanol... La difusión simple se realiza **a través de la bicapa**.

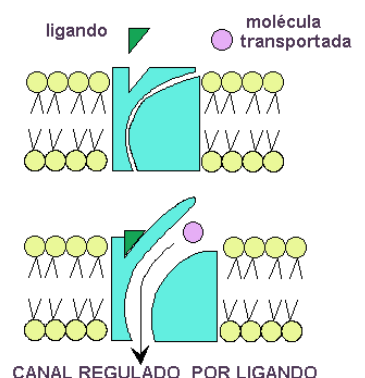
Este transporte es más rápido cuanto menor es el tamaño de la molécula y mayor sea el gradiente de concentración.

- o **Difusión facilitada**: Sucede cuando las moléculas no son solubles en la membrana, no pudiendo atravesarla directamente. Los iones como Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Cl⁻ pasan **a través de proteínas canal** que son proteínas transmembranosas (que atraviesan la membrana -sobresale a cada lado de la bicapa-) con un orificio o canal interno por donde pasan los **iones**.



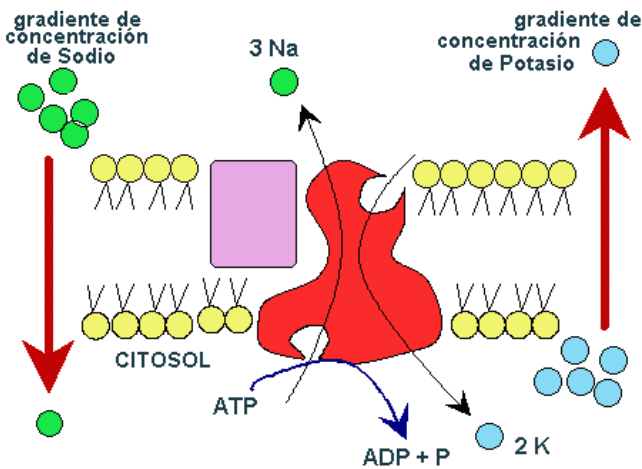
Estos canales están cerrados hasta que reciben una **señal** adecuada. Estas señales pueden ser bien **sustancias químicas**, como neurotransmisores u hormonas (ligandos), que se unen a un receptor de la proteína canal y esta unión produce la apertura del canal: son los **canales iónicos dependientes de ligando**; o bien, la señal que produce la apertura del canal de la proteína sea **eléctrica**, si se producen variaciones en el potencial eléctrico de la membrana, son los **canales iónicos dependientes de voltaje**. Ej los canales de sodio y potasio que son responsables de la transmisión del impulso nervioso (despolarización los de sodio y repolarización los de potasio).

Las moléculas polares como aminoácidos, monosacáridos, nucleótidos... se transportan gracias a la intervención de proteínas transmembranosas **específicas para cada sustrato**, que lo arrastran hacia el interior o exterior de la célula según sea el gradiente. Son las denominadas **proteínas transportadoras o permeasas**. Las permeasas sufren un cambio de conformación para producir el transporte de estas moléculas.



Transporte activo

Se realiza **en contra de gradiente** (ya sea gradiente de concentración o eléctrico) e **implica un consumo de energía**, que es aportada por moléculas de **ATP**. El transporte activo lo realizan



determinados tipos de proteínas de membrana denominadas **bombas**.

El ejemplo más conocido es la bomba de sodio-potasio (dibujo de la izquierda), es una proteína transmembranosa que utiliza la energía obtenida por la hidrólisis de cada ATP (dando ADP + Pi) para introducir en la célula dos iones K⁺ y sacar tres iones de Na⁺. De este modo, contribuye a controlar la presión osmótica intracelular y el potencial de membrana (se hace más negativo el interior celular, mientras que el exterior más positivo).

Completa la tabla:

Mecanismo de transporte	de	A través de la bicapa lipídica	A través de proteínas canal	A través de permeasas	Mediante bombas
A favor o en contra del gradiente de concentración					
¿Requiere gasto de ATP?					
Requiere proteína					
Nombre del transporte y tipo si procede			Transporte pasivo (simple o facilitada según autor)		
Ejemplo de moléculas transportadas					

FUNCIÓN DE FORMACIÓN E INTERCAMBIO DE VESÍCULAS: ENDOCITOSIS Y EXOCITOSIS

Ciertas estructuras demasiado grandes como macromoléculas, virus o bacterias no pueden entrar o salir de la célula sin destruir su membrana plasmática. En estos casos, las partículas de gran tamaño pueden ser transportadas al interior de la célula o salir de ella, gracias a los mecanismos celulares basados en la **formación de vesículas membranosas** como son la endocitosis para la entrada de partículas y la exocitosis para su salida.

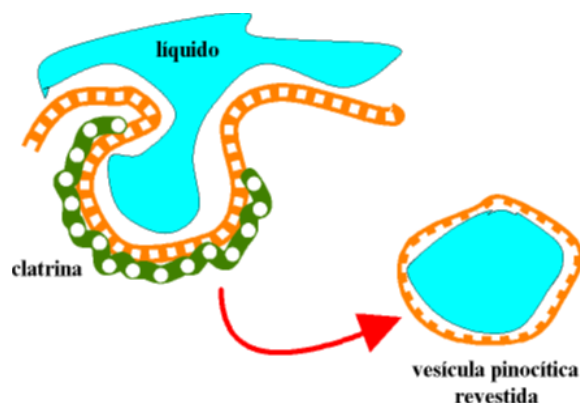
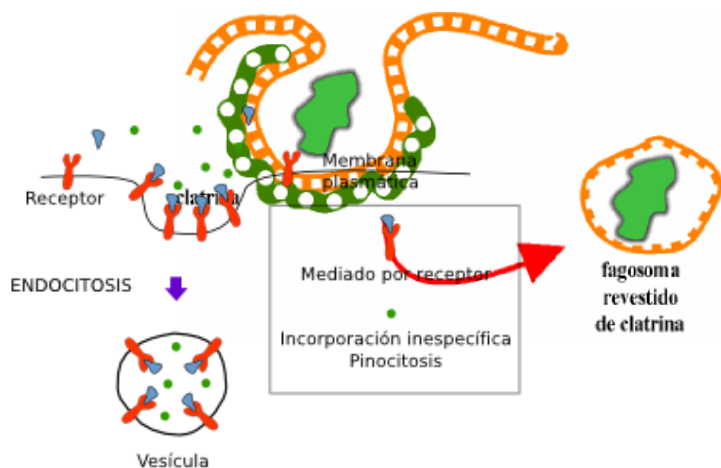
Las vesículas son pequeños sacos membranosos, que se mueven de un sitio a otro del citoplasma y ponen en comunicación a unos sistemas de membrana con otros. Tanto en la exocitosis como en la endocitosis aparecen **vesículas revestidas** (en la cara de la membrana que da al citosol) por proteínas filamentosas llamadas clatrina.

Endocitosis

Es el proceso por el que la célula capta partículas de tamaño grande del medio externo; lo hace mediante una invaginación de la membrana en la que se engloba la partícula a ingerir y se produce la estrangulación de la invaginación (se fusionan las membranas que se tocan en la estrangulación), originándose una vesícula que encierra el material ingerido. La invaginación se produce en regiones de la membrana que presentan un revestimiento de clatrina en su cara citosólica. Al formarse la vesícula revestida de clatrina, se internaliza y pierde el revestimiento de clatrina (las proteínas de clatrina vuelven a la membrana plasmática).

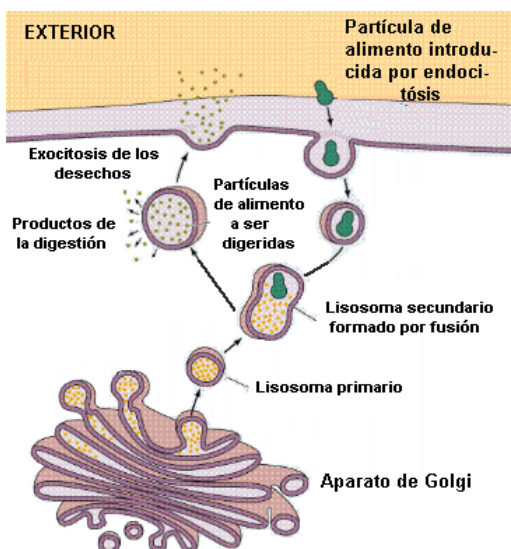
Según la naturaleza y el tamaño de las partículas englobadas se distinguen 3 tipos de endocitosis: pinocitosis, fagocitosis y endocitosis mediada por receptor.

- o **Fagocitosis**: sucede cuando se engloba **partículas sólidas de gran tamaño** como microorganismos o restos celulares. La vesícula de gran tamaño que se forma recibe el nombre de **fagosoma**.
- o **Pinocitosis**: sucede cuando se engloba **líquidos o partículas en disolución**. Forma vesículas pequeñas.



- o **Endocitosis mediada por receptor (no EBAU)**: algunas macromoléculas especialmente importantes para el organismo son transportadas hacia el interior por unión a receptores específicos situados en la membrana plasmática, en este caso sólo se endocita la sustancia para la cual existe el correspondiente receptor en la membrana, la unión de la sustancia al receptor presente en la membrana activa el proceso de endocitosis. El colesterol por ejemplo entra en la célula por este mecanismo. Cuando la vesícula formada se internaliza y pierde el revestimiento de clatrina se forma un **endosoma**.

Las vesículas formadas por endocitosis son digeridas en el interior celular al unirse un lisosoma al endosoma o fagosoma. Los **lisosomas** son orgánulos (producidos por el aparato de Golgi) que contienen gran cantidad de enzimas hidrolíticas capaces de degradar todo tipo de polímeros biológicos. Al fusionarse la vesícula de endocitosis

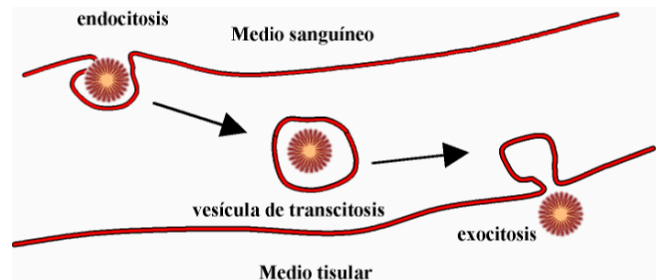


con el lisosoma se ponen en contacto los enzimas hidrolíticos con las partículas englobadas en la endocitosis, produciéndose su digestión.

Exocitosis

Es el proceso contrario a la endocitosis, consiste en la **secreción de partículas hacia el medio externo de la célula**. Al igual que la endocitosis, implica la fusión con la membrana plasmática, en este caso de vesículas procedentes del citoplasma celular originadas en el sistema retículo endoplásmico-Golgi (se verá más adelante del tema), es decir, todos los materiales destinados a ser secretados se sintetizan en el retículo endoplásmico y luego pasan al aparato de Golgi. En este último orgánulo, los productos que van a ser secretados se reúnen y salen en **vesículas secretoras** que se dirigen a la membrana plasmática con la que se fusionan para liberar su contenido al exterior.

Mediante exocitosis, células secretoras especializadas vierten al exterior celular hormonas, mocos, neurotransmisores, enzimas digestivas, sudor..., mediante exocitosis también se vierten productos de desecho, se renueva la membrana plasmática y en el caso de células de tejido conectivo se secretan los materiales que forman la matriz celular.



La **transcitosis** es el conjunto de **fenómenos que permite a una sustancia atravesar todo el citoplasma, desde un polo a otro de la célula, implicando el doble proceso endocitosis-exocitosis**. La transcitosis es frecuente en las células de los capilares sanguíneos para introducir partículas desde la sangre hacia los tejidos.

FUNCIÓN DE COMUNICACIÓN CELULAR (NO EBAU)

Las células son capaces de responder a estímulos y señales externas gracias a ciertas moléculas situadas en la membrana plasmática, denominadas **receptores** de membrana o receptores de superficie. Estos receptores generalmente son proteínas y reconocen de forma específica a una determinada molécula-mensaje que puede ser una hormona, un neurotransmisor o un factor químico como los factores de crecimiento. Las células dotadas de receptores para una determinada molécula-mensaje son las llamadas **células diana** para esa molécula-mensaje, por ejemplo las células diana para la insulina producida por células de una glándula hormonal pueden ser entre otras las células musculares que activan la captación de glucosa sanguínea cuando la insulina las activa al unirse a receptores de insulina presentes en las células musculares, la célula diana para un neurotransmisor segregado por una neurona es otra neurona con la que hace sinapsis y al unirse el neurotransmisor al receptor de la neurona se produce una despolarización en la membrana de la célula diana que puede producir un impulso nervioso,...

A la molécula-mensaje se llama **primer mensajero** y al unirse a su receptor de membrana induce en este un cambio en la conformación molecular (o en la estructura tridimensional o en su forma espacial -como se

Transducción de señales directa e indirecta

A. Transducción directa

1. Una señal se une a una proteína receptora.
2. ...causando la activación de su dominio citoplasmático.
3. ...que, a su vez, activa un efector.
4. ...e inicia el transporte hacia adentro o afuera de la célula.

Respuestas celulares

B. Transducción indirecta

1. Una señal se une a un receptor proteico.
2. ...y conduce a la formación de un segundo mensajero.
3. ...que amplifica la señal.

Respuestas celulares

A. Todos los eventos de la transducción directa ocurren en la membrana plasmática, en cerca de un receptor proteico.
B. En la transducción indirecta, la unión de la señal al receptor desencadena la formación de una molécula de "segundo mensajero" que trabaja en el citoplasma. Es el segundo mensajero el que dispara las reacciones bioquímicas necesarias.

entienda mejor-) que produce una señal de activación de una molécula o **segundo mensajero**. El segundo mensajero actúa estimulando o deprimiendo alguna actividad bioquímica, es decir, al final se produce un cambio en el comportamiento celular. Un ejemplo de segundo mensajero muy común es el AMP cíclico o el GMP cíclico (AMPc y GMPc, respectivamente) que activan una serie de enzimas, por ejemplo en células musculares activan enzimas responsables de la contracción muscular, es decir, son responsables indirectamente de que se produzca la contracción muscular.

Resumen: el primer mensajero (estímulo) se une al receptor, provocando que se produzca un segundo mensajero que es el que directa o indirectamente provoca la respuesta intracelular. Así responde la célula a los estímulos o señales externos (proceso estímulo-respuesta).

6 Los orgánulos celulares eucariotas y procariotas: funciones básicas.

6.1 Célula procariota: componentes estructurales y funciones

Componentes de la célula procariota: envolturas celulares, estructuras externas a la pared bacteriana, citoplasma y nucleóide.

- o Envolturas celulares: composición, estructura y función de la membrana plasmática, pared bacteriana (gram + y gram -) y cápsula bacteriana.
- o Flagelos, pili bacterianos y fimbrias.
- o Citoplasma: citosol/hialoplasma y morfoplasma (estructuras citoplasmáticas: ribosomas, inclusiones, vesículas y plásmidos).
- o Nucleóide.

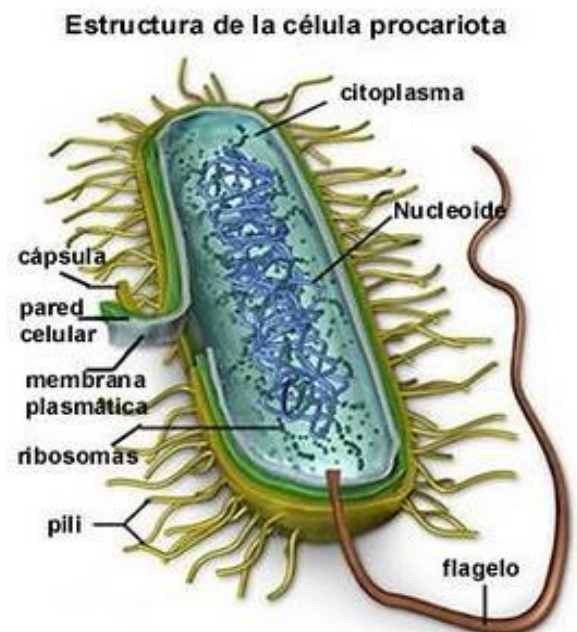
A) **ENVOLTURAS CELULARES: Membrana, pared bacteriana y cápsula bacteriana**

Tienen una **membrana** plasmática en la que pueden aparecer repliegues hacia el citoplasma llamados **mesosomas**. La membrana está recubierta por una **pared bacteriana** que protege y mantiene la forma de la célula, de composición variable, dependiendo del grupo. A veces, por encima de la pared puede existir una **cápsula** o vaina gelatinosa.

COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA MEMBRANA PLASMÁTICA

Tienen una **membrana** plasmática en la que pueden aparecer **repliegues** hacia el citoplasma llamados **mesosomas**, se supone que son para compensar la ausencia de orgánulos membranosos **llevando adheridos enzimas que intervienen en diferentes procesos**, por ejemplo en bacterias fotosintéticas y/o que hagan la respiración celular, al no tener mitocondrias ni cloroplastos, las moléculas de la cadena de transporte de electrones necesarias para la respiración celular y/o la fotosíntesis están en la membrana plasmática y sus repliegues (en la actualidad algunos autores creen que los mesosomas son artefactos generados durante el proceso de preparación de las muestras para observarlas al microscopio), por lo tanto, la ausencia de orgánulos membranosos explica las numerosas **funciones** de la membrana plasmática: regula el intercambio de sustancias con el medio, actúa como barrera osmótica, es el punto de anclaje para los flagelos, e interviene en la duplicación del ADN y en ella se realizan la respiración celular, la fotosíntesis y la fijación del nitrógeno en las bacterias capaces de realizar dichas funciones.

Las membranas de la mayoría de las bacterias (eubacterias) es similar a eucariotas (compuesta por lípidos y proteínas) aunque con diferencias en la proporción de lípidos y en algunos tipos de lípidos, además no contienen colesterol, mientras que **las membranas de las arqueobacterias** (bacterias



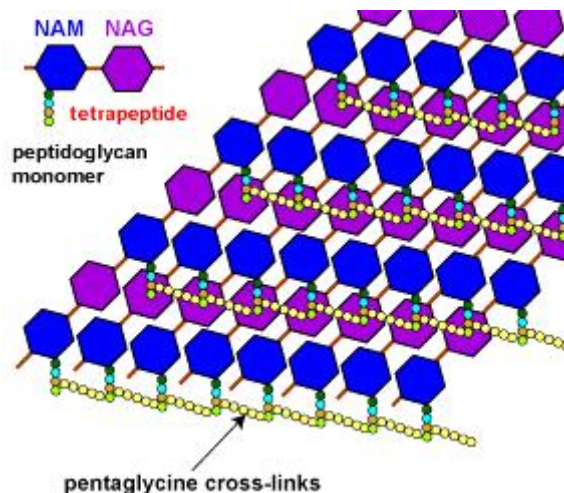
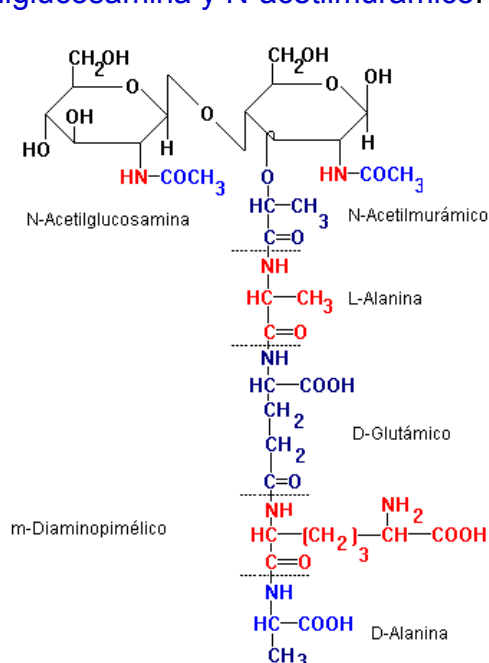
evolutivamente más primitivas que viven en ambientes extremos como en agua a muy alta temperatura donde ninguna otra célula podría sobrevivir **y presentan diferencias importantes con el resto de bacterias llamadas eubacterias**, “eu” significa verdadero, de ahí viene eubacteria que son las bacterias más comunes pues las arqueobacterias son más “raras”) contienen unidades de isopreno unidas a la glicerina en lugar de ácidos grasos, siendo **más rígidas y resistentes** que las de eubacterias, incluso algunas arqueobacterias unen las cadenas hidrófobas de uno y otro lado de la membrana formando una monocapa que le confiere todavía más resistencia y le permite soportar altas temperaturas.

Ejercicio ¿Cuáles son las funciones de la membrana plasmática de procariontas?

PARED BACTERIANA

La **pared bacteriana** en vez de celulosa (como sucede en la pared celular de vegetales y algas) contiene **peptidoglucano**, también llamado **mureina**, excepto en arqueobacterias que no tienen peptidoglucano (o peptidoglicano).

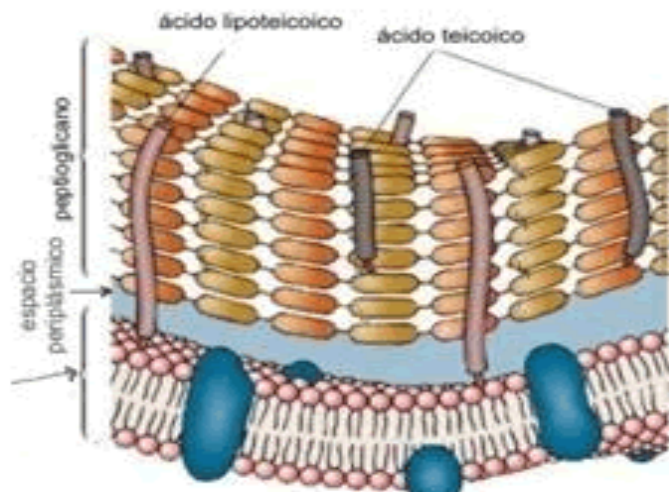
La pared es **rígida** lo que le da la forma a la célula y le permite soportar una elevada presión osmótica. Esta rigidez se debe principalmente a la capa de **peptidoglucano o mureina** formada por la repetición del monómero constituido por un **tetrapéptido** (4 aminoácidos) y los derivados de azúcares **N-acetilglucosamina y N-acilmurámico**.



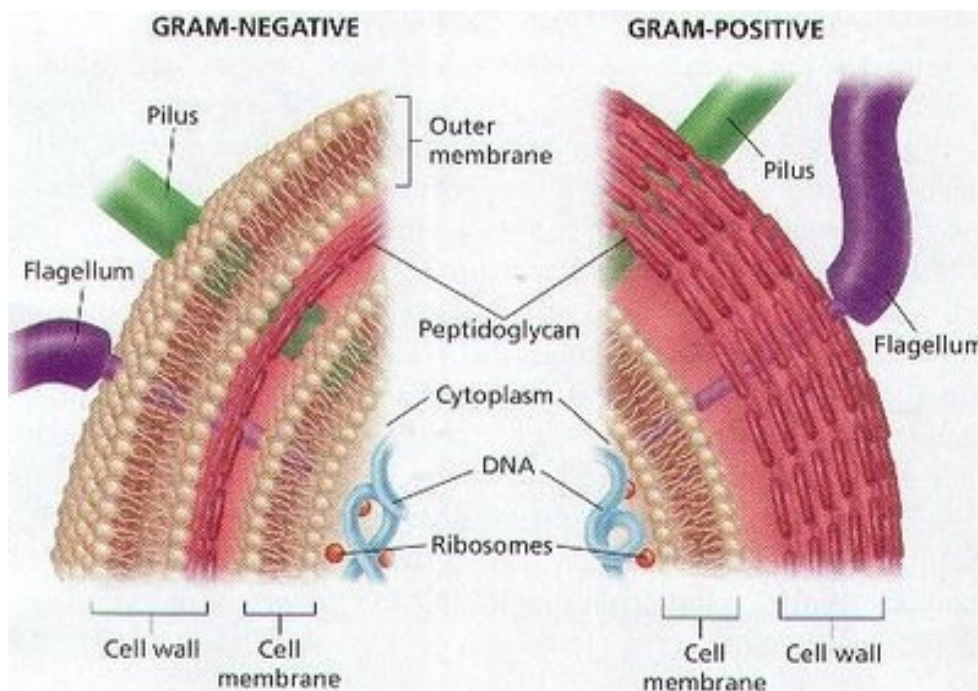
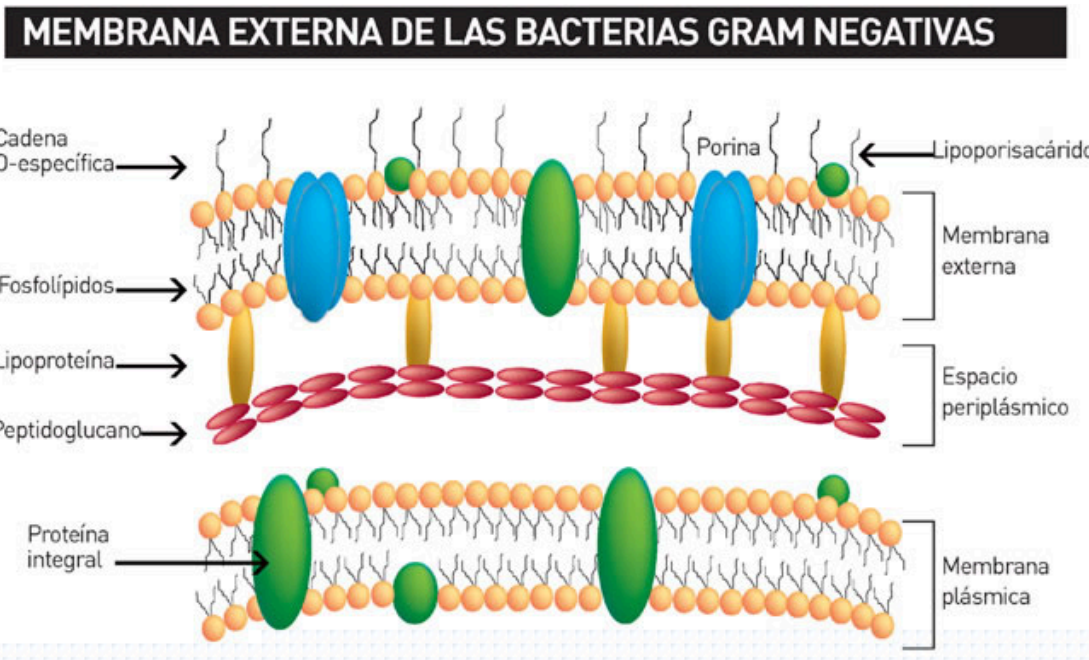
Tipos de pared bacteriana: bacterias Gram + y Gram -

Según la distinta composición de la pared bacteriana, las bacterias reaccionan de manera diferente al ser tratadas con la tinción de Gram, distinguiéndose dos grupos: las bacterias Gram positivas (Gram+) que se tiñen de color azul y las bacterias Gram negativas (Gram-) que se tiñen de color rojo.

Las **Gram positivas** poseen una sola capa gruesa, muy rígida, compuesta por **peptidoglucano** (tienen alrededor del **90 %** de peptidoglucano) a cuya estructura reticular (como la de una tela de saco) se unen **proteínas, polisacáridos y ácidos teicoicos** (los ácidos teicoicos son polímeros complejos derivados de aminoácidos, monosacáridos y alcoholes como la glicerina). Contienen muy **pocos lípidos**. Observa en la imagen como después de la membrana plasmática viene una gruesa capa de peptidoglucano (mureina) con sustancias como ácido teicoico.



Las **Gram negativas** poseen una capa delgada de **peptidoglucano** (alrededor de un 10 % de peptidoglucano) y, por fuera de ella, se hallan complejas moléculas de **proteínas, lipoproteínas, lipopolisacáridos y fosfolípidos**, formando una segunda capa, a modo de "**membrana externa**" que da una consistencia menos rígida, siendo una pared más fina. Esta bicapa lipídica externa contiene una proteína transmembranal llamada **porina** que permite cierta **permeabilidad**.



Ejercicio: Realiza una tabla con las principales diferencias entre pared Gram + y pared Gram -.

CÁPSULA BACTERIANA

Muchas bacterias poseen una envuelta más externa llamada **cápsula bacteriana** o vaina gelatinosa constituida por **glúcidos**. En bacterias patógenas la cápsula **le protege de los fagocitos y anticuerpos**, por eso en las enfermedades bacterianas, las formas encapsuladas son más patógenas. La cápsula también constituye un **reservorio de agua** en situaciones de desecación, permite la **adherencia** a los tejidos del huésped o la adherencia a otras bacterias y **les protege de los bacteriófagos** (virus que infectan bacterias).

B) CITOPLASMA Y NUCLEOIDE

El citoplasma posee dos regiones bien diferenciadas: una en donde se halla el material genético, denominado **nucleoide o cromosoma bacteriano**, y el citoplasma restante, de aspecto homogéneo, formado por un **citósol o hialoplasma** que es una **disolución gelatinosa con gran cantidad de agua y proteínas**, y por un **morfoplasma** constituido por **estructuras citoplasmáticas**: ribosomas, inclusiones, vesículas y plásmidos.

Los **ribosomas** son orgánulos sin membrana cuya función es la síntesis de proteínas, son ribosomas **70S** de menor tamaño que los ribosomas 80S de los eucariotas (se verá más adelante en el tema). En el citoplasma pueden haber también **inclusiones** (sin membrana por supuesto) **de naturaleza variada** como sustancias de reserva (glucógeno, polifosfatos, gotas lipídicas...), pigmentos...

En las bacterias acuáticas su flotabilidad se debe a las **vesículas aeríferas**, cuya membrana es una excepción al modelo unitario de membrana, pues es de composición proteica, rígida y muy poco permeable a la mayor parte de los solutos.

El material genético es una molécula de **ADN bicatenario y circular**. La célula procariota puede presentar también uno o varios pequeños fragmentos circulares de ADN accesorio llamados **plásmidos**, que son capaces de existir y de replicarse independientemente del cromosoma bacteriano, aunque hay **algunos** plásmidos que **pueden integrarse en el cromosoma bacteriano (episomas)** y por tanto, se replican junto a él.

C) ESTRUCTURAS EXTERNAS A LA PARED BACTERIANA

Pueden tener las siguientes prolongaciones alargadas:

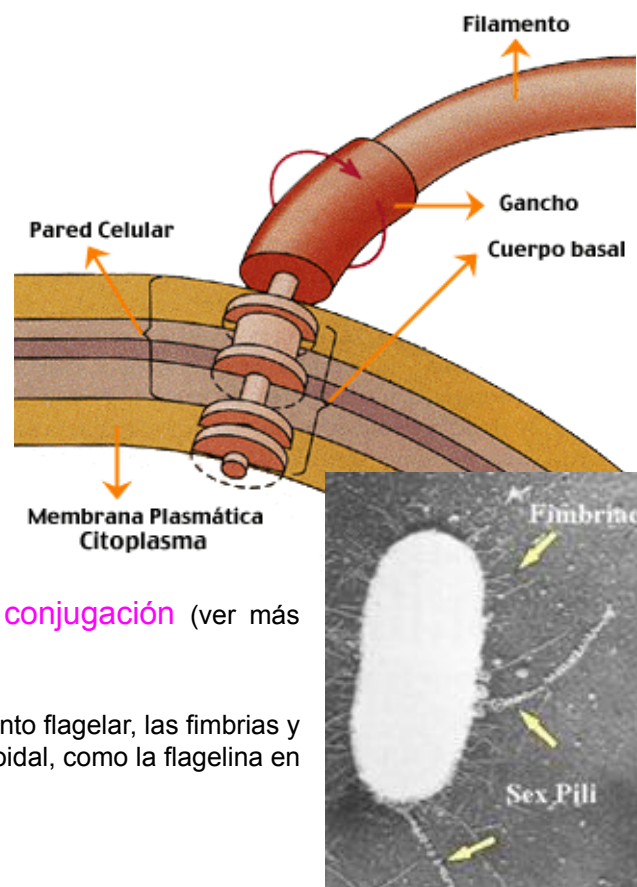
Flagelos: constituye el órgano de **locomoción**, son **apéndices largos y finos** de mayor longitud que la bacteria, se presentan en número y disposición variable. Están formados por el filamento flagelar, el codo o gancho y la estructura basal.

El filamento flagelar nos recuerda a una soga, con un trenzado helicoidal de fibrillas formadas por la proteína flagelina. El codo o gancho une el filamento a la superficie de la célula. La estructura basal está compuesta por varios anillos discoidales (2 en bacterias Gram + y 4 en bacterias Gram -), al menos uno de los anillos tiene capacidad de giro y transmite el movimiento rotatorio a todo el flagelo.

Fimbrias: son **filamentos cortos y numerosos**, para la **adherencia** a sustratos inertes o vivos, como rocas en riachuelos y a los tejidos de los huéspedes.

Pili: semejantes a las fimbrias, pero generalmente más largos y anchos. Para el **intercambio de ADN** (plásmidos) con otras bacterias, proceso conocido como **conjugación** (ver más adelante).

Las fimbrias y pili solo las poseen las G-. Al igual que el filamento flagelar, las fimbrias y los pelos están formados por proteínas globulares con disposición helicoidal, como la flagelina en el filamento flagelar o la fimbrina en las fimbrias.
(Resumen: Son apéndices de estructura proteica).



6.2 Célula eucariota: componentes estructurales y funciones

Componentes de la célula eucariota: envueltas celulares, citoplasma, orgánulos subcelulares y citoesqueleto; núcleo.

- Membranas celulares: composición química y estructura (modelo de mosaico fluido). **(ver punto 3)**
Funciones de la membrana plasmática: función de intercambio de sustancias (permeabilidad selectiva); transporte pasivo (difusión simple, mediada o facilitada (permeasas y canales iónicos) y transporte activo (concepto); transporte de macromoléculas y partículas: endocitosis (fagocitosis y pinocitosis) y exocitosis. **(ver punto 5)**
- Revestimientos de la membrana.
 - o Glucocálix: Composición y función.
 - o Pared celular: Composición, estructura (lámina media, pared primaria y secundaria) y funciones (impermeabilización, resistencia mecánica o daños físicos, defensa/protección contra invasiones bióticas, fenómenos osmóticos (turgencia y plasmólisis), determinante de la forma de las células, de la rigidez de las células y tejidos (determina el crecimiento) y de soporte (sostén) de la planta.
- Hialoplasma o citosol.
 - o Citoesqueleto: Componentes fibrosos (microfilamentos y microtúbulos). Estructura y función. Estructura de los microfilamentos de actina y función (p.e. microvellosidades). Estructura de los microtúbulos de tubulina y función (p.ej. centríolos, cilios y flagelos)
 - o Ribosomas: Composición, estructura, localización y función.
 - o Sistemas de endomembranas: morfología y función de cada uno de ellos.
 - o Retículo endoplásmico: diferencias en estructura y función entre REL y RER.
 - o Aparato o complejo de Golgi: Dictiosoma. Estructura y función.
 - o Lisosomas: Origen, estructura y función: digestión intracelular.
 - o Vacuola vegetal: diversidad de funciones.
 - o Peroxisomas: morfología, composición y función.
 - o Mitocondrias: morfología, estructura, identificación al microscopio electrónico y función.
 - o Cloroplastos: morfología, estructura, identificación al microscopio electrónico y función.
- El núcleo celular. El núcleo interfásico: morfología, estructura (envoltura nuclear, nucleoplasma, nucléolo y cromatina). Identificación al microscopio electrónico de cada uno de sus componentes relacionándolos con su función. El núcleo mitótico: cromosomas. Morfología del cromosoma metafásico (cromátidas, centrómero, constricciones secundarias, cinetocoros y telómeros). Tipos de cromosomas según la posición del centrómero. Dotación cromosómica en células por parejas de cromosomas homólogos (haploide y diploide). Cromosomas no homólogos: heterocromosomas o cromosomas sexuales. Autosomas: resto de la dotación cromosómica.

LA CÉLULA EUCARIOTA

Poseen el material genético dentro de un **núcleo** que está separado del citoplasma por una doble membrana y tienen **orgánulos**, por lo que son de mayor tamaño (normalmente 10-20 µm, aunque esto puede ser muy variable) que las células procariotas. Muchos de estos orgánulos son membranosos, es decir, están rodeados por una o dos membranas. La presencia de **orgánulos membranosos da lugar a múltiples compartimentos celulares que permiten desarrollar diferentes funciones, hacer más eficaz su función e incluso, la separación de procesos metabólicos que son incompatibles entre sí.**

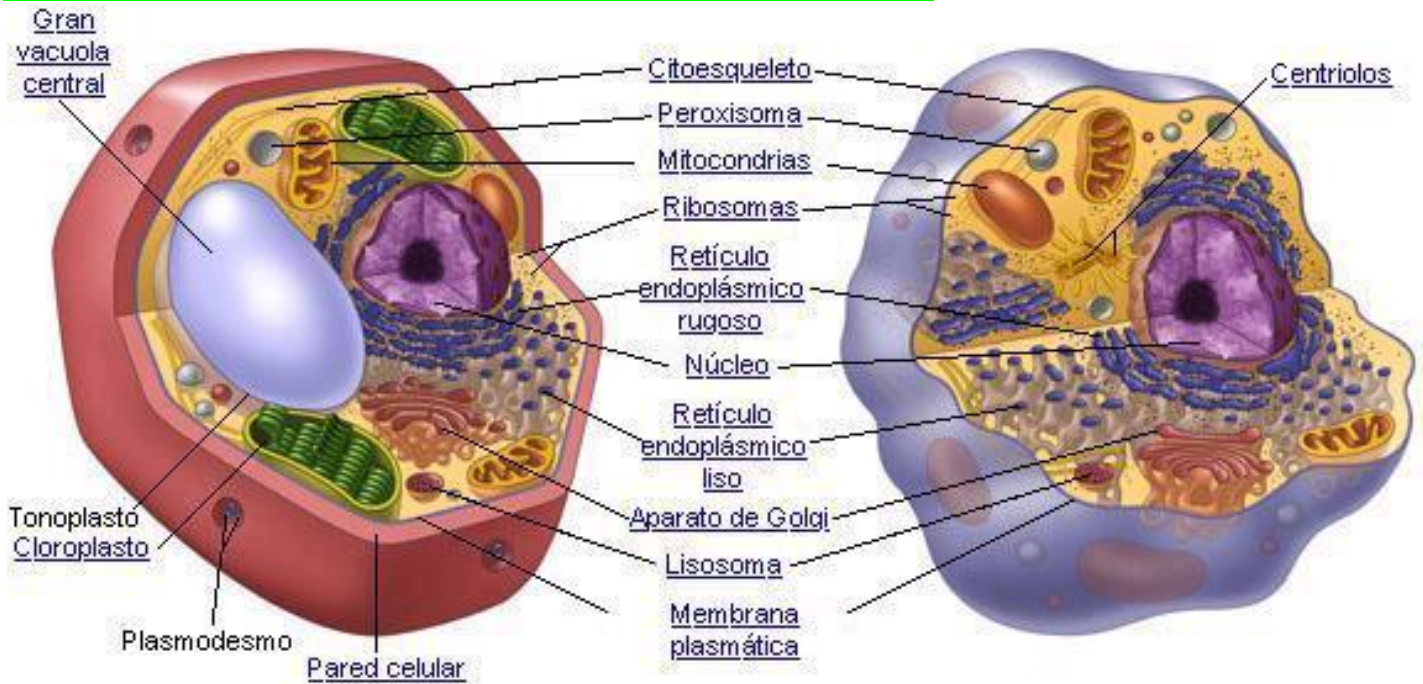
Las células de animales, vegetales, hongos y protocistas (protozoos y algas) son eucariotas (todos menos las bacterias). Hay diferencias en la estructura de células vegetales y animales, pero todas tienen **en común**: una **membrana plasmática y ribosomas** (orgánulo más pequeño y sin membrana), al igual que las bacterias, pero, sin embargo, se diferencian de ellas por la presencia de **núcleo, orgánulos citoplasmáticos y citoesqueleto**. Los orgánulos con membrana comunes en células vegetales y animales son el **RER, REL, aparato de Golgi, mitocondrias, vacuolas, lisosomas y peroxisomas**. También aparecen estructuras no membranosas además de los ribosomas: el citoesqueleto e **inclusiones**.

Ejercicio: compara los orgánulos citoplasmáticos de procariotas y eucariotas.

En **vegetales** aparece una **pared celular, plastos** (los más importantes son los cloroplastos donde tiene lugar la fotosíntesis) y **vacuolas de gran tamaño** que en muchos casos ocupa la mayor parte del citoplasma, estas tres características lo diferencian de las células **animales** que no tienen

un sistema vacuolar tan desarrollado y carecen de plastos y pared, pero además poseen **centriolo**, el cual no existe en células vegetales.

¿Qué ventajas aportan la presencia de orgánulos membranosos?



Completa la tabla con las 4 diferencias entre células animales y vegetales.

CELULA VEGETAL	CÉLULA ANIMAL

REVESTIMIENTOS DE LA MEMBRANA PLASMÁTICA: GLUCOCALIX Y PARED CELULAR.

1 GLUCOCÁLIX: COMPOSICIÓN Y FUNCIÓN

En la **cara externa** de la membrana plasmática aparecen glúcidos, en su mayoría son oligosacáridos unidos a proteínas y lípidos de la membrana formando **glucoproteínas y glucolípidos**, respectivamente.

Esta cubierta de glúcidos representa el *carne de identidad* de las células, constituyen la cubierta celular o **glucocáliz** (o glicocáliz o glucocáliz este último se usa menos pero es el que aparece en el programa de selectividad), a la que se atribuyen funciones fundamentales:

- Protege la superficie de las células de posibles lesiones
- Confiere viscosidad a las superficies celulares, permitiendo el deslizamiento de células en movimiento, como , por ejemplo, las sanguíneas
- Presenta propiedades inmunitarias, por ejemplo los glúcidos del glucocalix de los glóbulos rojos representan los antígenos propios de los grupos sanguíneos del sistema sanguíneo ABO.

- Interviene en los fenómenos de reconocimiento celular, particularmente importantes durante el desarrollo embrionario.
- En los procesos de adhesión entre óvulo y espermatozoide

2 PARED CELULAR: COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

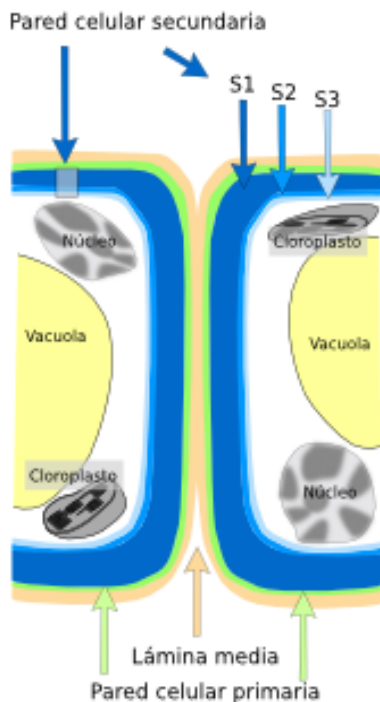
La pared celular es una cubierta externa que actúa como exoesqueleto; es gruesa y rígida, y la desarrollan las células bacterianas, vegetales, algas y hongos sobre la membrana plasmática (las células animales tienen en su lugar la cubierta celular o glucocálix).

COMPOSICIÓN: La pared celular en todas las células eucariotas (bacterias no) está compuesta principalmente por **polisacáridos**.

En **hongos**, el polisacárido es la **quitina** (recordar del tema de glúcidos que la quitina aparece en el exoesqueleto de artrópodos y en la pared celular de hongos, cuidado que en exámenes la gente confunde quitina con queratina que es la proteína que forma piel, pelo, uñas...) que es un polímero lineal formado por muchas unidades de **N-acetilglucosamina**.

En la mayoría de las **algas y plantas superiores** es la **celulosa**. La celulosa es un polímero lineal (no ramificado como el almidón o el glucógeno) formado por miles de **β -glucosas unidas por enlace β (1 \rightarrow 4)**, formando cadenas largas y fuertes que se asocian en paralelo estableciendo enlaces intra e intercatenarios. La unión de 60 o 70 cadenas de celulosa forman la llamada micela de celulosa, a su vez, la asociación de 20 o 30 micelas da lugar a una **microfibrilla** que se unen con otras para formar **fibras de celulosa** (todo esto recordatorio tema de los glúcidos).

La pared celular vegetal está constituida por una **matriz** formada, además de las fibras de **celulosa**, por otros dos polisacáridos que son la **hemicelulosa** y las **pectinas**, también contiene **agua, sales minerales** y en **algunos** casos la pared presenta sustancias impermeables y rígidas como **lignina** (abundante en la madera), **suberina** (abundante en el corcho) e incluso, puede presentar incrustaciones de **carbonato cálcico o sílice** para aumentar la rigidez, **cutina** para formar la cutícula de la epidermis de las hojas, taninos...

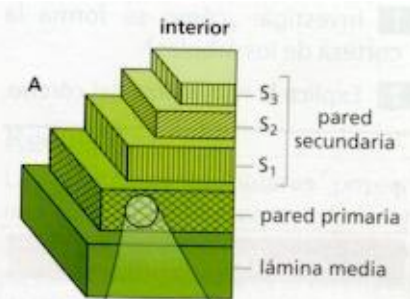
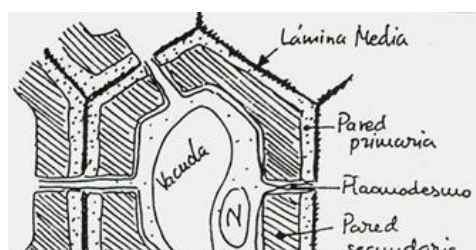


ESTRUCTURA: En las células diferenciadas (células de tejidos adultos que ya no se dividen) la pared aparece como una estructura gruesa compuesta por varias capas que se van depositando a medida que se produce el crecimiento celular. Estas capas son:

o **Lámina media:** Es la más **externa** y la primera que se forma después de la división celular y es **compartida por células contiguas**, lo que favorece su unión (2 células que están juntas comparten la misma lámina media). Está formada principalmente por **proteínas y pectinas** (las pectinas son heteropolisacáridos con carga negativa que tienden a fijar iones Ca^{2+} para formar sales insolubles). Se produce durante la citocinesis vegetal por tabicación, mediante la fusión de vesículas procedentes de los aparatos de Golgi de células vecinas (primero se origina el fragmoplasto y posteriormente la lámina media).

o **Pared primaria:** Es la segunda capa que se genera, es **delgada, flexible y elástica** permitiendo que la célula se expanda y crezca, por lo que es propia de **células en crecimiento**. Está constituida fundamentalmente por largas **fibras de celulosa cohesionadas (unidas) por hemicelulosa, pectinas y glucoproteína**

o **Pared secundaria:** Cuando cesa el crecimiento de la



célula se diferencia esta tercera y última capa, por lo que está adosada a la membrana plasmática, es **gruesa y rígida** (no permite el crecimiento, por lo que no aparece en células con capacidad de división como son los meristemos y el parénquima).

Presenta varias capas o estratos en las que las **fibras de celulosa se ordenan paralelamente, con diferente orientación** (o en dirección alternante) en las diferentes capas o estratos (lo que le da mayor resistencia a la estructura).

La pared secundaria constituye una cubierta que perdura tras la muerte de la célula, por lo que sirve de **tejido de sostén** a muchas plantas, sobre todo a los árboles, permitiéndoles llegar a una gran altura.

Esta pared **puede impregnarse de diferentes sustancias**: algunas tienen naturaleza lipídica y la hacen más impermeable como la **suberina** y la **cutina**, y otras le proporcionan mayor resistencia como la **lignina** y algunas **sales minerales** (ej: carbonato de calcio). La suberina se encuentra en la corteza de los árboles y la cutina en la cutícula de la epidermis de hojas y tallos jóvenes. La lignina confiere gran rigidez y es responsable de la dureza de la madera, es muy abundante en el xilema o leño (tejido conductor de la savia bruta) que forma la madera (a mayor cantidad de lignina más dura es la madera).

La pared celular de las células vegetales no es continua, sino que presenta **plasmodesmos y punteaduras**. Los **plasmodesmos** son **canales que permiten la comunicación y el intercambio de sustancias** entre células vecinas y las **punteaduras** son **depressiones de la pared primaria** (menos engrosada), en las que también se inhibe el depósito de pared secundaria.

FUNCIONES DE LA PARED CELULAR

- o Dar **sopORTE** mecánico a las células, de forma individual y en conjunto, para actuar como una especie de esqueleto para la planta. Esto les permite alcanzar grandes alturas.
- o Confiere **rigidez** y contribuye al **mantenimiento de la forma** celular.
- o **Impermeabiliza** la superficie vegetal en algunos tejidos como la corteza (paredes con suberina) o la epidermis (paredes con cutina).
- o Proporcionar la **resistencia necesaria frente a los efectos de la ósmosis**, originados por un medio hipotónico que hace que la célula tienda a hincharse y apretarse contra el interior de la pared celular (turgencia). Este agua interna constituye el esqueleto hidrostático de los vegetales.
- o **Proteger** frente a daños físicos y frente a las invasiones bióticas (ataques de insectos y microorganismos patógenos).
- o Participar en la **comunicación** entre células, principalmente a través de los plasmodesmos, por los que pasan distintos tipos de moléculas de pequeño tamaño.
- o Orienta el crecimiento de las células y de los tejidos, ya que las fibras de celulosa tienen muy poca capacidad de estiramiento (alta rigidez), lo que unido a la presión interna de turgencia favorece el crecimiento dirigido de la célula y del tejido en el que se encuentra (crecerá en la dirección que permita la disposición de las fibras de celulosa).

3. HIALOPLASMA O CITOSOL.

El **citoplasma** es el **espacio celular** comprendido entre la membrana plasmática y la envoltura nuclear. Está constituido por el citosol y el citoesqueleto y baña a los orgánulos celulares.

El **citosol**, también llamado **hialoplasma**, es el **medio interno líquido** del citoplasma, en el se encuentran inmersos los orgánulos membranosos, el núcleo, los ribosomas, gran número de enzimas y estructuras como las inclusiones (son macromoléculas con función de reserva energética en forma

de gránulos y sin membrana, por ejemplo gránulos de glucógeno y gotas lipídicas inmersas en el citosol son inclusiones) y el citoesqueleto (red de filamentos proteicos inmersos en el citosol). Ocupa el espacio situado entre la membrana plasmática, la envoltura nuclear y las membranas de los diferentes orgánulos.

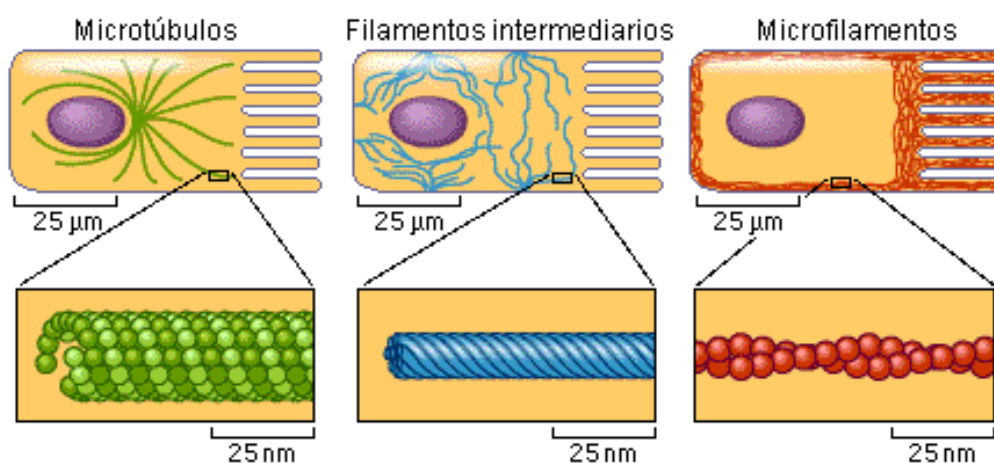
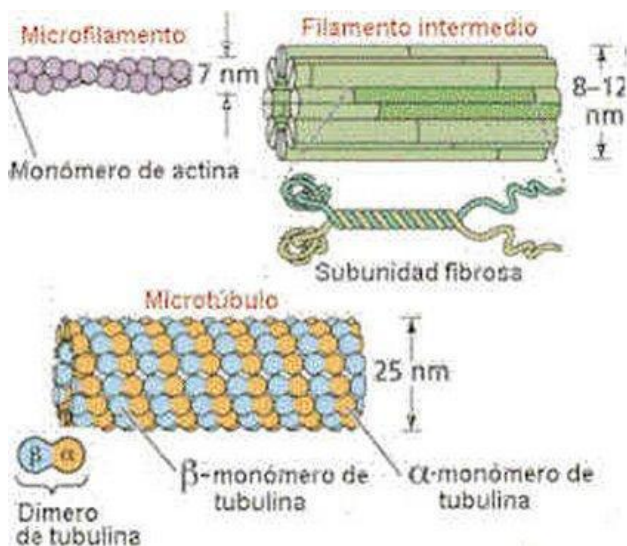
El citosol es un medio acuoso con **85% de agua** en el cual hay **disueltas una gran cantidad de moléculas formando una dispersión coloidal**, entre las moléculas destacar un gran número de enzimas, monosacáridos, aminoácidos, nucleótidos, sales minerales... Puede presentar dos estados físicos, el estado del gel que posee una consistencia viscosa, y el estado sol, de consistencia fluida, dependiendo de las sustancias que lo compongan.

En el citosol tiene lugar muchos procesos fundamentales para la vida de la célula como la síntesis, plegamiento y degradación de muchas proteínas, y muchas reacciones químicas del metabolismo celular (Ej: la glucólisis, la β - oxidación de los ácidos grasos). En él ocurre el transporte de sustancias.

4. CITOESQUELETO.

El citoesqueleto constituye un conjunto de filamentos proteicos de diferente grosor que se extiende por todo el citoplasma, formando elementos y redes complejas e interconectadas por proteínas accesorias que permiten que los filamentos proteicos del citoesqueleto interaccionen entre sí y se unan a los orgánulos y a la membrana. Son responsables del **mantenimiento de la forma celular, de la posición y desplazamiento de orgánulos y del movimiento celular** (movimiento de cilios, flagelos y pseudópodos). (También permite la contracción de células musculares).

El citoesqueleto se encuentra en todas las células eucariotas (no existe en procaritas) y está formado por 3 tipos de filamentos proteicos que, de menor a mayor grosor son: **microfilamentos de actina** (7 nm de grosor), **filamentos intermedios** (8-12 nm de diámetro) y **microtúbulos** (25 nm de diámetro).



de

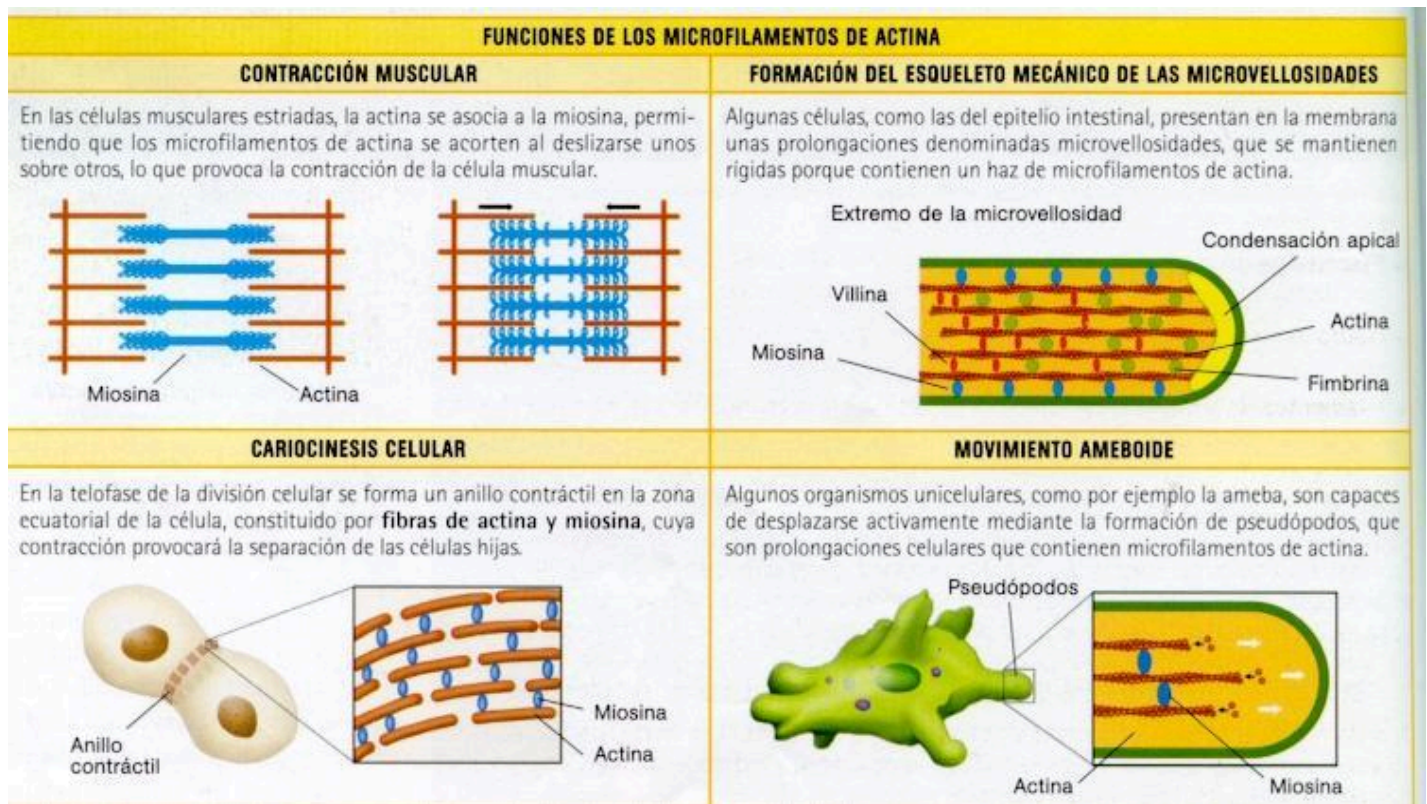
y función, p.e. microvellosidades)

Microfilamentos de actina (Estructura

Son los filamentos proteicos del citoesqueleto de menor grosor (de **3-7 nm de diámetro**). La actina es una proteína globular que se une formando cadenas alargadas de actina, **dos cadenas de moléculas de actina enrolladas en forma de hélice forman los microfilamentos de actina**.

Se extienden por todo el citoplasma, pero abundan sobre todo debajo de la membrana plasmática. Entre las proteínas accesorias que se conectan con los microfilamentos de actina destaca la miosina, esta asociación permite funciones contráctiles como la contracción muscular o el movimiento por pseudópodos. Otras funciones de los microfilamentos de

actina son formar el anillo contráctil que estrangula la célula en la división celular y actúan como soporte y mantenimiento de las microvellosidades (son estructuras digitiformes en células epiteliales intestinales para aumentar la superficie de absorción), sujetadas por los microfilamentos de actina unidos a otras proteínas accesorias. Al igual que los filamentos intermedios y los microtúbulos, los microfilamentos de actina también cumplen la función general de mantenimiento de la forma celular. A continuación os pongo dibujos y explicación para que entendáis estas funciones pero no tenéis que estudiároslos.



Filamentos intermedios (No EBAU)

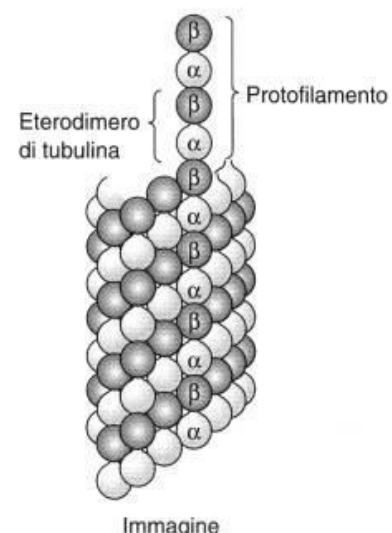
Presentan un grosor intermedio (**unos 10 nm**) entre los microfilamentos y los microtúbulos. Se extienden por todo el citoplasma. Están formados por proteínas fibrosas (los microfilamentos están formados por la proteína globular actina y los microtúbulos por la proteína globular tubulina, pero los filamentos intermedios sí son proteínas filamentosas) que varían de unas células a otras, por lo que los filamentos intermedios reciben nombres distintos según el tipo de célula de que se trate: queratina en las células del tejido epitelial, neurofilamentos en las neuronas, desmina en células musculares, vimentina en células del tejido conjuntivo...

Los filamentos intermedios ejercen principalmente **funciones estructurales** (Su función principal es dar rigidez a la célula). **Abundan en células que suelen estar sometidas a esfuerzos mecánicos como por ejemplo las células epiteliales.** Junto con el resto de los componentes del citoesqueleto contribuyen al mantenimiento de la forma celular.

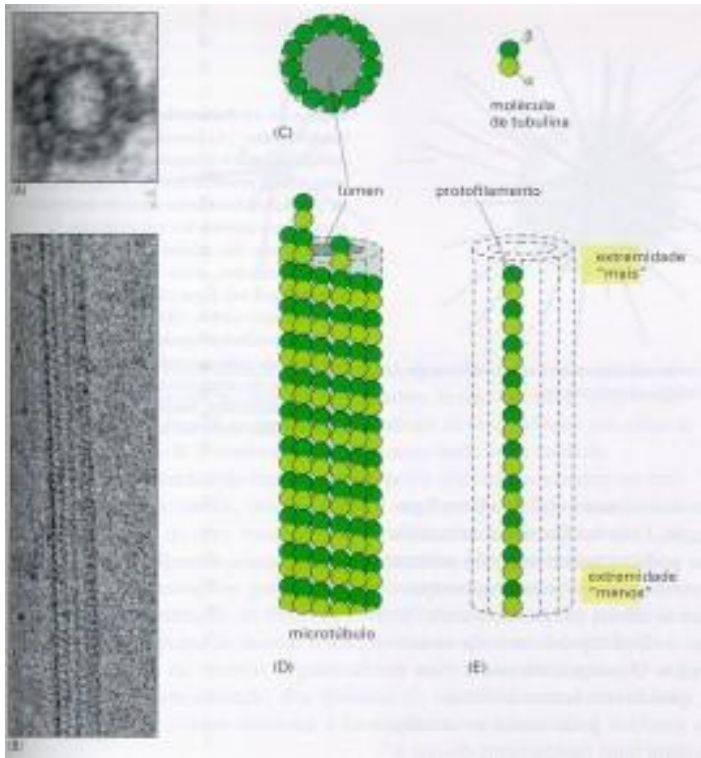
Microtúbulos (Estructura y función, ejemplos centríolos, cilios y flagelos)

Son filamentos tubulares (estructura cilíndrica y hueca) de **25 nm** de grosor. Se originan en los centros organizadores de microtúbulos (COM) y se extienden a lo largo de todo el citoplasma.

Están constituidos por polímeros de la proteína **tubulina**. Hay 2 tipos la α -tubulina y la β -tubulina que se unen formando **dímeros**, que a su vez se unen formando **protofilamentos** (cadenas lineales donde se alternan la α -tubulina y la β -tubulina). Cada microtúbulo está formado por

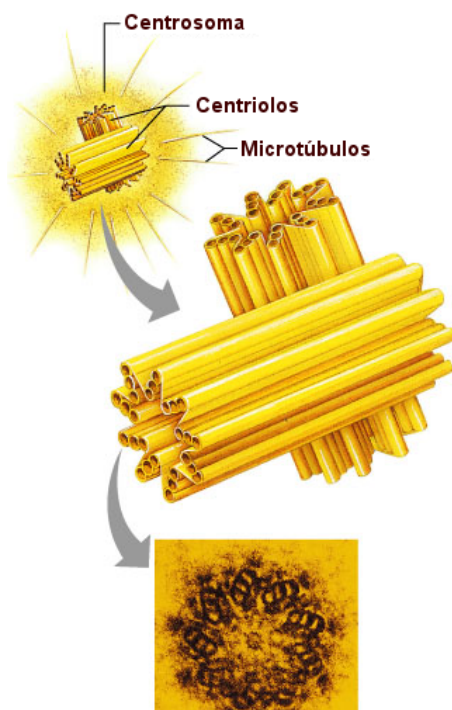


protofilamentos dispuestos cilíndricamente, por lo que en una sección transversal se vería un círculo de 13 protofilamentos.



Lleva a cabo diferentes **funciones** como: **mantenimiento de la forma celular** tiene muchas funciones como el **movimiento celular**, ya que los cilios y flagelos están formados por microtúbulos, **organizar el citoesqueleto**, organizar y **distribuir los orgánulos celulares** (vesículas, mitocondrias, etc se desplazan por la célula a lo largo de los microtúbulos del citoesqueleto), formar el **huso acromático** que desplaza los cromosomas en la mitosis, facilitar la creación de prolongaciones citoplasmáticas (pseudópodos) y formar estructuras fijas y estables como flagelos, cilios, etc. Los **centríolos** están también formados por microtúbulos.

El **CENTROSOMA** (o citocentro) es un orgánulo no membranoso exclusivo de células animales, situado cerca del núcleo y es considerado el **centro organizador de microtúbulos (COM)**. Los microtúbulos irradian desde el centro organizador de microtúbulos (donde



se generan) hasta la periferia celular.

En células animales el centrosoma contiene en el centro del (COM) un par de centriolos dispuestos perpendiculares entre sí. Los **centriolos** son **dos estructuras cilíndricas** constituidos cada uno por **nueve tripletes de microtúbulos** que forman la estructura **9 + 0** porque no tienen microtúbulos en el centro, los microtúbulos de cada triplete se nombran A, B y C (solo el A es completo, pues el B comparte 3 protofilamentos del A y el C comparte 3 protofilamentos del B), los microtúbulos A de cada triplete se unen con el C de otro triplete por medio de una proteína accesoria llamada **nexina** (en el cuerpo basal del dibujo del cilio o flagelo se ve mejor y también como comparten los protofilamentos).

Entre las funciones del centrosoma destacan:

- o Formación de diferentes estructuras microtubulares que participan en el movimiento celular (pseudópodos, cilios y flagelos)
- o Organización de la circulación de vesículas y orgánulos celulares, así como su distribución
- o Reparto de cromosomas en la división celular mediante la formación del huso acromático.

CILIOS Y FLAGELOS

Ambas estructuras son prolongaciones citoplasmáticas móviles situadas en la superficie celular, comúnmente conocidos como undulipodios.

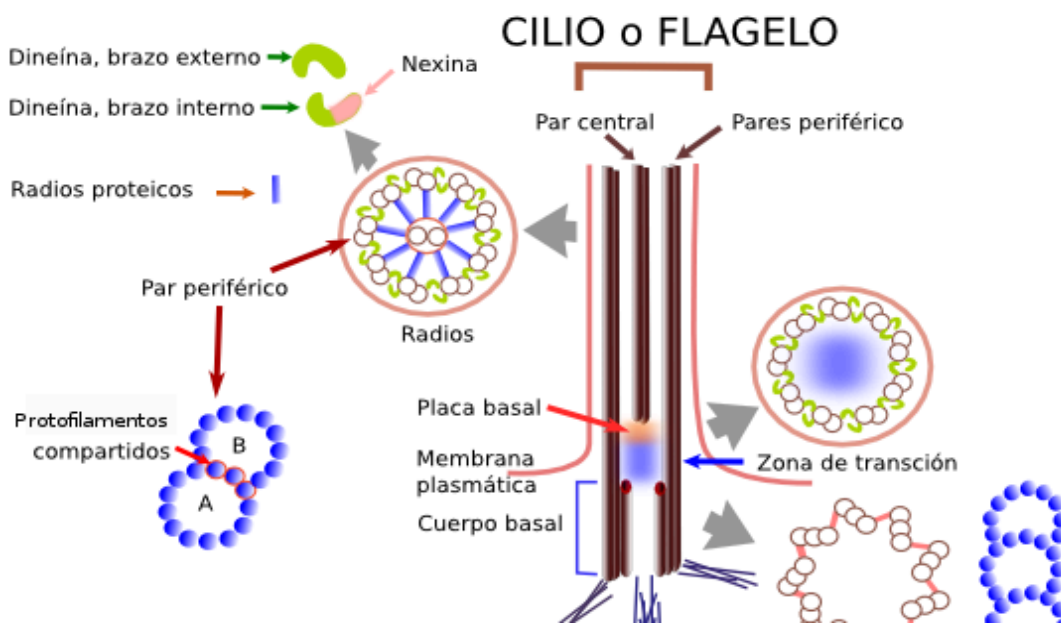
Sus funciones más importantes son el **desplazamiento celular** y la **producción de turbulencias en el medio** para así atraer presas o alimentos.

Los **cilios** presentan un diámetro aproximado de 0,2 μm . y una longitud entre 5 y 10 μm . Suelen aparecer en **gran número** cubriendo el exterior celular.

En cambio, los **flagelos** aunque presentan un diámetro parecido de 0,2 μm ., pueden alcanzar hasta los 100 μm de longitud. Además, el número de flagelos que posee una célula suele ser **escaso**, uno o muy pocos.

La estructura general de los undulipodios es cilíndrica y hueca, formada por nueve **dobletes** (pares, no tripletes, les falta el microtúbulo C) de microtúbulos periféricos y un par central para el **axonema (tallo)** (9+2); y nueve **tripletes** de microtúbulos periféricos para el **cuerpo basal (9+0)**. El corpúsculo (o cuerpo) basal se encuentra por debajo de la base del tallo.

En la **zona de transición** de cilios y flagelos (entre el tallo y el corpúsculo basal, es decir, en la base del cilio o flagelo) desaparece el par de microtúbulos centrales que presentaba el tallo (quedan sólo los 9 pares de microtúbulos periféricos) y encontramos una estructura de anclaje llamada **placa basal**, que **conecta la base del cilio o flagelo con la membrana plasmática**.



5. RIBOSOMAS (Composición, Estructura, Localización y Función)

Son orgánulos sin membrana compuestos por un **50% de ARN ribosómico** y un **50% de proteínas**, se encuentran tanto en células procariotas como en eucariotas.

Están constituidos por **2 subunidades** (una grande y una pequeña) que se distinguen por su coeficiente de sedimentación.

Los ribosomas eucariotas son de tipo **80 S** y los procariotas, **70 S**.

Las dos subunidades se forman en el **nucléolo** donde se unen sus dos componentes: el ARNr y las proteínas ribosomales.

En eucariotas, la subunidad grande contiene 3 tipos de ARNr: 28S, 5,8S y 5S y la subunidad pequeña solo ARNr 18S.

El ARNr se sintetiza en el **nucléolo**, mientras que las proteínas lo hacen en el **citoplasma** y posteriormente emigran hacia el **nucléolo**. Las dos subunidades salen al citoplasma a través de los poros nucleares, y es allí donde termina la maduración de las subunidades y se ensamblan para formar el ribosoma.

En el citoplasma, las dos subunidades se encuentran **separadas** y únicamente se unen para formar las proteínas. Inicialmente, el ARNm se une a la subunidad pequeña del ribosoma y, posteriormente, se **ensambla** la subunidad pequeña a la subunidad grande, y así se inicia la traducción del mensaje del ARNm. Una vez acabada la síntesis de la proteína, las dos subunidades **se separan**.

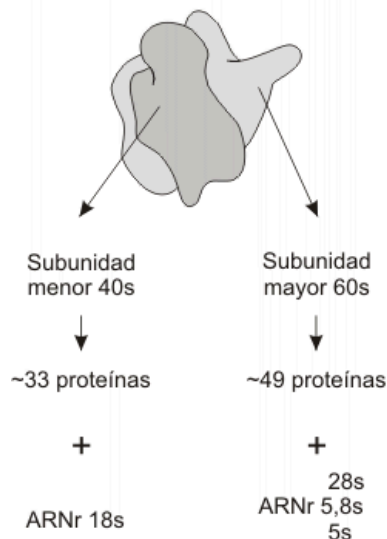
Los ribosomas se pueden encontrar **libres en el citosol** o **adheridos a la membrana externa** del retículo endoplasmático rugoso (**RER**) (en eucariotas), además de en el **nucléolo** durante su formación.

También existen ribosomas en el interior de **mitocondrias** (matriz) y **cloroplastos** (estroma), aunque estos son de tipo procariotas (70S).

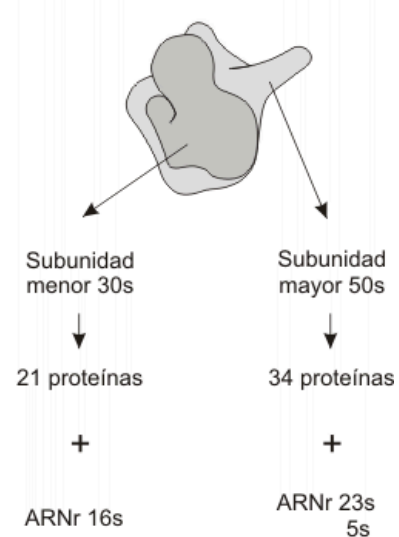
La función de los ribosomas es la **síntesis de proteínas (traducción)**, a partir del mensaje que porta el ARNm y con la intervención de los amino-ARNt, enzimas y energía.

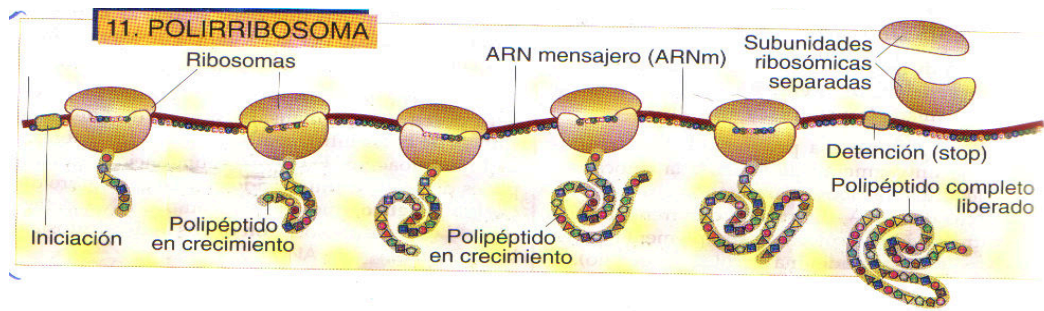
Un mismo ARNm puede ser leído por varios ribosomas simultáneamente, de forma que se **aumenta la eficiencia** y se **acelera el proceso**, a dicha formación se le denomina **polirribosoma o polisoma**. (Las moléculas de ARNm son leídas, generalmente, por una serie de 5 a 40 ribosomas distanciados entre sí unos 10 nm).

Ribosoma eucariota



Ribosoma procariota



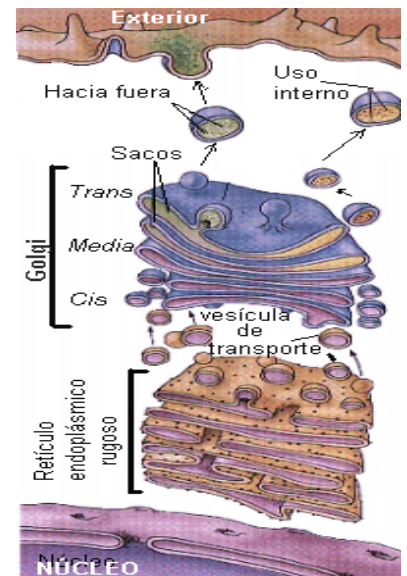


SISTEMAS DE ENDOMEMBRANAS.

Además de por la presencia de un núcleo, las células eucariotas se caracterizan por la existencia en su citoplasma de orgánulos rodeados de membranas. Estos orgánulos proporcionan a la célula **compartimentos especializados en los que tienen lugar actividades específicas**. Esta subdivisión del citoplasma permite a las células eucariotas funcionar **eficientemente** evitando que se produzcan interferencias entre las distintas reacciones que se llevan a cabo en cada uno, a pesar de su gran tamaño.

Los orgánulos membranosos pueden dividirse en dos grupos atendiendo a su estructura y función:

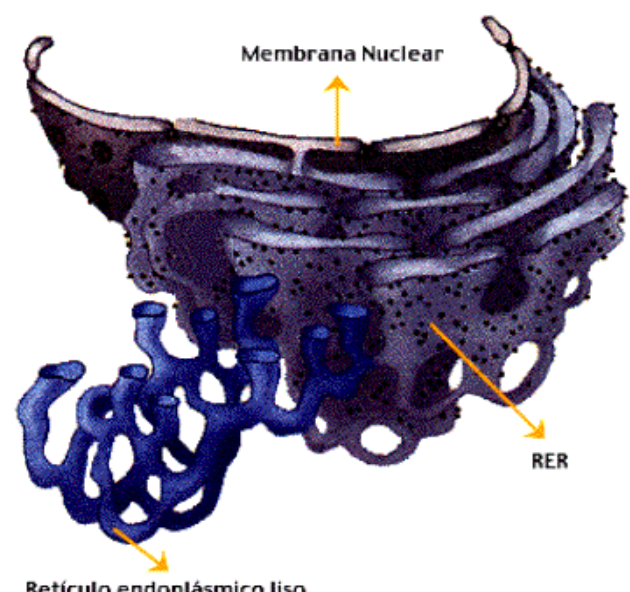
- o **Sistema de endomembranas:** Se trata de **orgánulos y vesículas membranosas** relacionadas entre sí (interconectadas) y con las membranas nuclear y plasmática. Comprende el retículo endoplásmico, el aparato de Golgi y los sistemas vesiculares incluidos el lisosoma y la vacuola, que intervienen en la síntesis, la modificación y el intercambio celular de diversas sustancias, así como en la digestión celular y en la regulación osmótica de la célula.
- o Orgánulos relacionados con el metabolismo energético de la célula. Son las mitocondrias, cloroplastos y peroxisomas. No se estudiarán en este apartado de sistemas de endomembranas.



6. RETÍCULO ENDOPLÁSMICO

Forma parte del sistema de endomembranas. Es un sistema membranoso interconectado compuesto por una red de sáculos aplanados o cisternas (en el RER), túbulos sinuosos (en el REL) y vesículas (en ambos RE) que se extienden por todo el citoplasma y que se comunica con la membrana nuclear externa.

Al estar interconectados (excepto las vesículas que se desprenden) este sistema constituye un único compartimento con un espacio interno que recibe el nombre de luz o **lumen**. Las sustancias producidas en el retículo se exportan mediante la formación de vesículas de transporte a destinos variados como la membrana de



orgánulos, la membrana plasmática... pero sobre todo al aparato de Golgi.

Se distinguen dos clases de retículo endoplasmático (o endoplásmico) por su diferente estructura y función, pero que están interconectados entre sí: **el retículo endoplasmático liso (REL)** que está constituido por una red de túbulos interconectados entre sí y lisos pues no presenta ribosomas y el **retículo endoplasmático rugoso (RER)** formado por sáculos aplanados (también llamados cisternas) con gran número de ribosomas adosados en la cara citosólica (o citoplasmática) de su membrana.

Los ribosomas se unen a la membrana del retículo por unas proteínas receptoras (**riboforinas**) presentes sólo en el RER, que además presenta otras proteínas que constituyen canales de penetración por donde pasan al lumen (interior del retículo) las proteínas sintetizadas por estos ribosomas, una vez formada la proteína el ribosoma se desprende de la membrana del RER y se separan sus dos subunidades.

Funciones del RER: producir y modificar proteínas, almacenarlas y transportarlas en vesículas a otros orgánulos: en él se sintetizan proteínas, se **inicia la glucosilación** de las proteínas (adición de glucidos principalmente oligosacáridos) para formar glucoproteínas (la glucosilación se completará en el aparato de Golgi) y se facilita el correcto plegamiento de las proteínas. Todo esto sucede durante la formación de la proteína, ya que conforme se forma la cadena de aminoácidos, va pasando al lumen, se producen glucosilaciones (a veces las glucosilaciones son posteriores a la formación de la proteína) y se favorece su plegamiento. Las proteínas producidas se almacenan en la luz (o lumen) del retículo y son transportadas desde él hacia otros orgánulos. Se produce también el ensamblaje de las proteínas multiméricas (integradas por varias cadenas polipeptídicas que al unirse formarán una proteína con estructura cuaternaria).

Funciones del REL: producir y modificar lípidos, almacenarlos y transportarlos en vesículas a otros orgánulos: en él se sintetizan la mayoría de los lípidos de la célula, por tanto es esencial para la biosíntesis de importantes componentes de las biomembranas como los fosfolípidos y el colesterol. Estos lípidos se transportan a otros sistemas membranosos en forma de pequeñas vesículas. Otras funciones son:

- o **Detoxificación:** en el REL se produce la inactivación y eliminación de muchos productos tóxicos liposolubles procedentes del exterior (diversas drogas, medicamentos, insecticidas, conservantes...) o del metabolismo celular.
- o **Regulación de los niveles intracelulares de Ca^{2+} :** almacena calcio que libera al citoplasma cuando se requiere, ya que los niveles intracelulares de calcio regulan diversos procesos como la contracción muscular en las células musculares estriadas, la secreción en tejidos glandulares, la liberación de neurotransmisores en el botón terminal del axón, la coagulación de las plaquetas... los niveles altos producen la contracción, liberación y secreción en estos ejemplos (pues el calcio actúa como cofactor activando enzimas que producen los procesos mencionados) y los niveles bajos producen la relajación muscular y la ausencia de liberación y secreción. El retículo liso tiene en su membrana bombas de calcio para introducir calcio en el lumen del retículo y posee canales de calcio para liberar el calcio rápidamente al citoplasma cuando se requiera regulando de esta manera los niveles intracelulares de calcio (receptores de voltaje o ligando con primer y segundo mensajero activarán la liberación del calcio almacenado).
- o **Liberación de glucosa a partir del glucógeno:** en el hígado las reservas de glucógeno se encuentran en gránulos adheridos a las membranas del REL, el REL se encarga de hidrolizar el glucógeno generando glucosas que serán liberadas al torrente sanguíneo.

Ejercicio: Diferencias en estructura y función entre REL y REL

7 APARATO DE GOLGI: Dictiosoma. Estructura y función.

El aparato de Golgi forma parte del sistema endomembranoso. Está formado por una o varias agrupaciones en paralelo de sáculos (o cisternas) aplanados con los extremos dilatados, interrelacionados entre sí y localizados cerca del núcleo. Cada agrupación recibe el nombre de **dictiosoma** y comprende de 4 a 8 cisternas.

Asociados a los extremos dilatados de los sáculos hay un gran número de **vesículas** que se producen en dichos extremos, las sustancias van pasando de un sáculo a otro por medio de las vesículas, en cada sáculo las sustancias



van sufriendo sucesivas modificaciones en un continuo proceso de maduración.

El dictiosoma presenta dos caras: la **cara cis o de formación**, próxima al RER y al núcleo, es convexa, sus cisternas son más pequeñas y finas, y la **cara trans o de maduración**, orientada hacia la membrana plasmática, es cóncava y constituida por cisternas muy grandes.

El transporte de las sustancias es el siguiente: **Mecanismo de transporte golgiano**: las vesículas con sustancias provenientes del retículo o de la envoltura nuclear se unen a la cara cis del dictiosoma, incorporándose su contenido al dictiosoma. En los extremos dilatados de los sáculos (o cisternas) se forman vesículas que pasan el contenido de sáculo a sáculo (en cada sáculo el contenido va sufriendo un proceso de maduración) y al llegar a la cara trans se concentran las sustancias. En la cara trans se formarán vesículas que transportarán el contenido a su destino final que puede ser un lisosoma, la membrana plasmática o el exterior celular.

Funciones del aparato de Golgi

Modificar sustancias provenientes del retículo (maduración) y enviarlas en vesículas hacia su destino final que puede ser un lisosoma, la membrana plasmática o el exterior celular (función secretora en este último caso que es la función más conocida del aparato de Golgi) si son hormonas o neurotransmisores o enzimas digestivas o sudor o saliva....

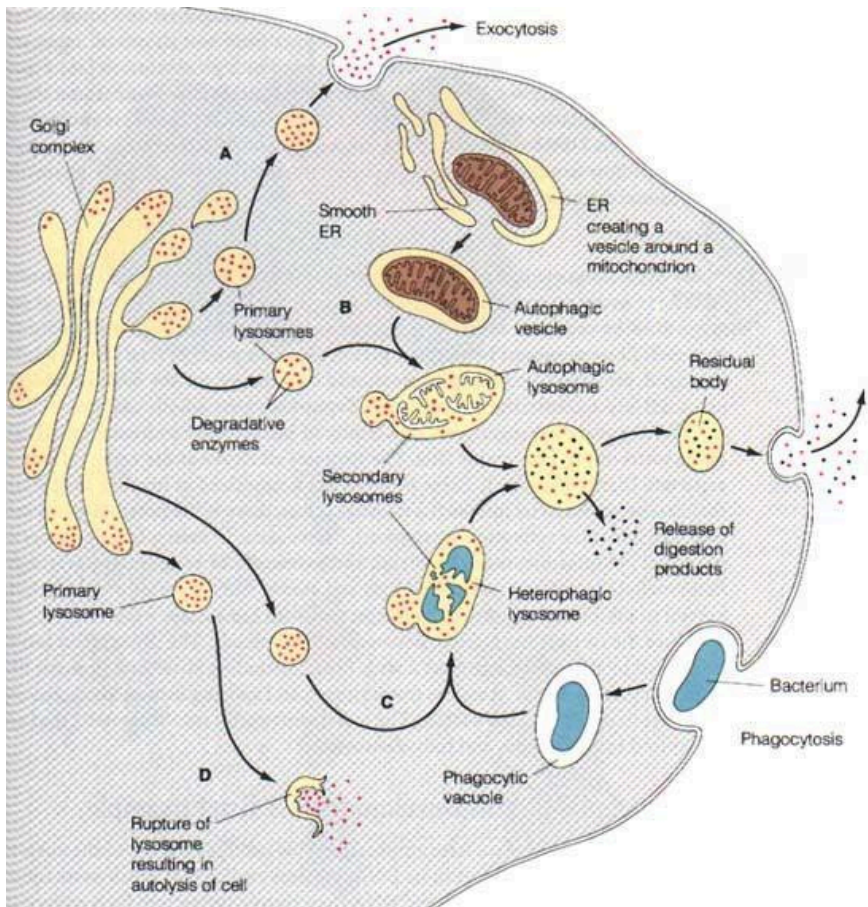
- o Transporte: al formar gran cantidad de vesículas permiten transportar gran número de moléculas procedentes del retículo.
- o Maduración: contiene gran cantidad de enzimas que transforman la sustancias iniciales durante su recorrido por los sáculos.
- o Glucosilación de lípidos y proteínas: los oligosacáridos se unen a lípidos y proteínas formando glucolípidos y glucoproteínas (finaliza la glucosilación de proteínas iniciada en el RER), respectivamente.
- o Dirigen la distribución y exportación de las proteínas: en la cara trans las proteínas son clasificadas y agrupadas según su destino final. Finalmente, se distribuyen en diferentes tipos de vesículas de transporte que salen de la cara trans y llevan su contenido hasta la localización adecuada que puede ser los lisosomas, la membrana plasmática o el exterior de la célula (si son hormonas o neurotransmisores o enzimas digestivas o sudor o saliva...).
- o En vegetales el aparato de Golgi fabrica componentes de la pared celular como hemicelulosas o pectinas (la celulosa se forma en la superficie celular por enzimas de la membrana plasmática) y en células animales de tejido conectivo fabrica componentes de la matriz extracelular.
- o El aparato de Golgi forma el acrosoma de los espermatozoides que contiene enzimas hidrolíticas para destruir la cubierta del óvulo y así poder fecundarlo.
- o En la división celular vegetal el aparato de Golgi crea el septo o tabique que dividirá las dos células hijas (lleva gran cantidad de pectinas y a partir de este tabique se formará una pared celular).

8 LISOSOMAS

Pertenecen al sistema de endomembranas. Son vesículas membranosas procedentes del aparato de Golgi que contienen un conjunto de **enzimas hidrolíticas** (producen reacciones de hidrólisis que son rotura de enlaces al añadir una molécula de agua) que se utilizan para la **digestión intracelular de todo tipo de moléculas biológicas** (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). Las enzimas se forman en el retículo endoplásmico rugoso, pasan al aparato de Golgi, donde se activan y se concentran y, después, se acumulan en el interior de los lisosomas. Los lisosomas tienen una membrana plasmática con las **proteínas de la cara interna muy glucosiladas**. Estas glucosilaciones impiden que las enzimas hidrolíticas ataquen la membrana interna del lisosoma. Para el buen funcionamiento de **las enzimas se requiere un pH entre 3 y 6** (medio ácido porque las enzimas son hidrolasas ácidas) para ello la membrana del lisosoma tiene **bombas de protones que introducen H⁺ al interior** del lisosoma con gasto de ATP. Hay 3 tipos de lisosomas:

- o **Lisosomas primarios**: son los lisosomas que acaban de surgir de la cara trans del aparato de Golgi y **sólo contienen enzimas digestivas** porque todavía no han intervenido en procesos digestivos. Ejemplos de hidrolasas ácidas :proteasas, lipasas, fosfatasas, nucleasas, etc.

- o **Lisosomas secundarios**: son los lisosomas que **están digiriendo sustancias**. Se forman cuando los lisosomas primarios se fusionan con vesículas que contienen los materiales a digerir, que pueden proceder del **exterior** si son vesículas de endocitosis (**endosoma o fagosoma** ver parte C del dibujo) **o de la propia célula** si son vesículas de componentes obsoletos de la propia célula (como por ejemplo orgánulos dañados por sustancias tóxicas o envejecidos que no realizan bien su función son rodeados por una membrana procedente del retículo endoplásmico formándose un autofagosoma que se fusionará con un lisosoma, ver parte B del dibujo).



Cuando se digieren materiales captados del exterior se denomina **heterofagia** y cuando son de la propia célula **autofagia**.

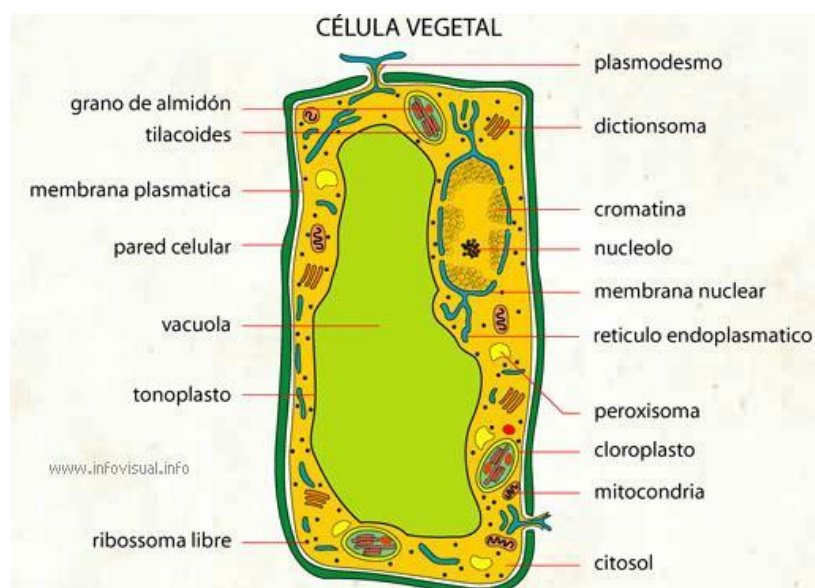
En todos estos casos la **digestión** es **intracelular** porque el lisosoma se une a una vesícula o vacuola que contiene la materia que se va a digerir, pero también existe la **digestión extracelular** cuando los lisosomas vierten sus enzimas digestivas al medio extracelular. Los hongos por ejemplo se alimentan de esta manera: vierten sus enzimas al exterior celular y luego incorporan a través de la membrana los nutrientes obtenidos de la digestión.

- o **Cuerpos residuales**: son **lisosomas secundarios** que han finalizado el proceso digestivo y que contienen en su interior **residuos no digeribles**, ver final de la parte B y C del dibujo.

9 VACUOLA VEGETAL: Diversidad de funciones.

Las vacuolas pertenecen al sistema de endomembranas. Son vesículas constituidas por una membrana que poseen un interior predominantemente acuoso y realizan funciones diversas. Se forman a partir del retículo endoplásmico, del aparato de Golgi o de invaginaciones de la membrana plasmática.

En las células animales, las vacuolas suelen ser pequeñas y generalmente se denominan vesículas, pero en las células vegetales suelen ser muy grandes ocupando en ocasiones casi todo el citoplasma, en general solo hay una o dos por célula y su membrana recibe el nombre de **tonoplasto**. Al principio solo ocupan el 5% del volumen celular pero a medida que la célula joven madura, las vacuolas crecen y llegan a ocupar el 50% y, a veces, incluso el 90% de la célula vegetal.



Entre sus funciones destacan:

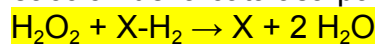
- o Mantenimiento de la turgencia celular: el agua penetra en las vacuolas por ósmosis y así la célula se mantiene turgente realizando una función estructural incrementando la superficie celular.
- o Digestión celular: mediante enzimas hidrolíticas aportadas por el aparato de Golgi, las vacuolas actúan como lisosomas.
- o Almacenamiento de sustancias diversas: como sustancias de reserva, productos de desecho, sustancias tóxicas que les sirve de defensa frente a depredadores, pigmentos como el que da color a los pétalos... Esta es la función más conocida de las vacuolas.

10. PEROXISOMAS.

Son pequeños orgánulos similares a los lisosomas, rodeados por una membrana y con forma esférica. Están implicados en **reacciones de oxidación** como las mitocondrias. Usando O_2 pueden oxidar sustratos diferentes (incluidos tóxicos) gracias a unas enzimas llamadas **oxidasa**s. En la reacción de oxidación **se produce peróxido de hidrógeno** (H_2O_2), llamado también agua oxigenada.

La reacción de la oxidasa para una sustancia X sería: $O_2 + X-H_2 \rightarrow X + H_2O_2$

El H_2O_2 es una sustancia muy tóxica para la célula al ser muy oxidante, por eso se elimina rápidamente con otra enzima del peroxisoma llamada **catalasa**, que utiliza el H_2O_2 para oxidar a otras sustancias incluido tóxicos, por eso los peroxisomas tienen funciones de **detoxificación**. Por ejemplo casi la mitad del etanol que se ingiere es oxidado en los peroxisomas (abundan mucho en el hígado que es un órgano detoxificador). La reacción de la catalasa para una sustancia X sería:



Como se observa la sustancia X se ha oxidado (pierde hidrógenos) y el peróxido de hidrógeno que es tóxico se elimina. El ejemplo del alcohol sería: $H_2O_2 + CH_3-CH_2OH \rightarrow CH_3-CHO + 2 H_2O$ como se observa el alcohol pierde dos hidrógenos (se oxida) y el peróxido de hidrógeno se elimina, en este caso la catalasa actúa detoxificando dos tóxicos a la vez: el alcohol y el peróxido de hidrógeno.

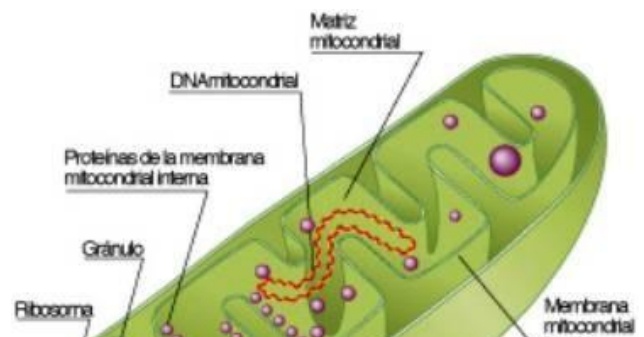
Los peroxisomas, además de oxidar sustancias y detoxificar (eliminar sustancias tóxicas procedentes del metabolismo), también tienen la función de **acortar los ácidos grasos de cadena larga** (β -oxidación de los ácidos grasos) que es un proceso que también tiene lugar en las mitocondrias (se verá en el tema del metabolismo).

En las células de algunas semillas en germinación, existen unos peroxisomas llamados **glioxisomas** responsables de un proceso llamado el ciclo del glioxilato que produce la conversión de ácidos grasos a glúcidos (ningún animal puede pasar lípidos a glúcidos, aunque sí al contrario por eso los dulces engordan porque ingeridos en altas cantidades se transforman en lípidos y se almacenan en tejido adiposo del cuerpo) para que la planta que germina disponga de glucosa (si almacenamos la misma cantidad de lípidos que de glúcidos, los lípidos ocupan menos al no almacenarse hidratados y la semilla no tiene que ser tan grande para contener los nutrientes).

11. MITOCONDRIA.

Las mitocondrias son los orgánulos de las células eucariotas aerobias que se encargan de **obtener energía mediante la respiración celular**, por lo que realizan la mayoría de las oxidaciones celulares y producen la mayor parte del ATP de la célula. Tienen aspecto de bacterias con diferentes formas y con un tamaño medio que oscila entre 1 y 4 μm de longitud y menos de 1 μm de diámetro (0,3 – 0,8 μm). Se encuentran en grandes cantidades en todas las células eucariotas, y son especialmente abundantes en las células muy activas que necesitan mucha energía como las células musculares y los espermatozoides. Por ejemplo un hepatocito tiene más de mil mitocondrias.

El conjunto de todas las mitocondrias de una célula se denomina **condrioma**.



Estructura de la mitocondria

Al microscopio electrónico se observa que poseen una doble membrana que delimita dos cámaras: un espacio interno llamado matriz o cámara interna, y un espacio intermembranoso, situado entre las dos membranas llamado espacio intermembrana o cámara externa.



- o La **membrana mitocondrial externa** es similar al resto de membranas celulares pero muy **permeable** por unas proteínas transmembranosas llamadas **porinas** que actúan como canales de penetración.
- o La **membrana mitocondrial interna** presenta unos **repliegues** hacia el interior de la matriz llamados **crestas mitocondriales** que **aumentan mucho su superficie**. Tiene un contenido en proteínas (80%) mucho mayor que cualquier otra membrana. Es bastante **impermeable**. En ella se encuentran las cadenas de transporte de electrones y enzimas entre los que destaca la **ATPasa o ATP sintetasa o partículas F** que constan de una cabeza esférica o complejo F_1 y un pedúnculo o factor F_0 . La fracción F_1 se proyecta hacia la matriz (sobresale de la membrana) y la fracción F_0 está inmersa en la membrana.
- o La **matriz mitocondrial** contiene una gran variedad de partículas entre las que destacan **gránulos**, **ADN** formado por una doble hélice circular, al igual que en bacterias, pero aquí pueden tener varias copias del ADN, **ribosomas** llamados mitorribosomas (son 70S como los de los procariotas), una gran variedad de **enzimas** como los del ciclo de Krebs, los de la β -oxidación de los ácidos grasos y los que forman acetil CoA (acetil coenzima A se verá en el tema del metabolismo). También tienen las enzimas que permiten la replicación de su ADN.
- o El **espacio intermembrana** tiene una **composición similar al citosol** debido a la gran permeabilidad de la membrana mitocondrial externa.

Las mitocondrias siempre son de **origen materno**, ya que durante la reproducción sexual en animales el óvulo es el único gameto que aporta estos orgánulos al cigoto (la división de las mitocondrias del óvulo dan lugar a todas las mitocondrias de las células animales). El origen de las mitocondrias (teoría endosimbiótica) fue debido a bacterias fagocitadas que no fueron digeridas sino que se quedaron en simbiosis en el citosol de una célula eucariota anaerobia primitiva. Así, la bacteria se alimentaba de la célula primitiva y ésta obtenía el ATP y se convertía de célula anaerobia a aerobia. Esta teoría se ve corroborada por las similitudes entre bacterias y mitocondrias: forma y tamaño similares, ambos poseen ADN bicatenario circular, ribosomas 70S, la membrana mitocondrial interna no posee colesterol al igual que las bacterias... Lo mismo sucede con el cloroplasto que es muy similar a las bacterias y se explica su origen igual con la teoría endosimbiótica, únicamente cambia en que la bacteria fagocitada tendría un metabolismo oxidativo aerobio muy eficiente en el primer caso (mitocondria) y la bacteria fagocitada sería fotosintética en el segundo caso (cloroplasto).

Funciones de la mitocondria

Las mitocondrias producen energía (que se almacena en forma de ATP) mediante la oxidación de la materia orgánica utilizando O_2 y desprendiendo CO_2 y H_2O (**Materia orgánica + $O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ + Energía (ATP)**). Este proceso global se conoce como **respiración celular** o respiración mitocondrial y realmente consta de varios procesos que producen energía. En la mitocondria destacamos las siguientes procesos o reacciones de la respiración celular que producen energía: En la matriz sucede el ciclo de Krebs, la formación de acetil-CoA y la β -oxidación de los ácidos grasos y en la membrana mitocondrial interna se localizan las moléculas que realizan la cadena de transporte de electrones y la ATPasa que produce la fosforilación oxidativa (producción de ATP). Todos estos procesos se estudiarán en profundidad en el tema del metabolismo, aquí solo mencionaremos algunas generalidades.

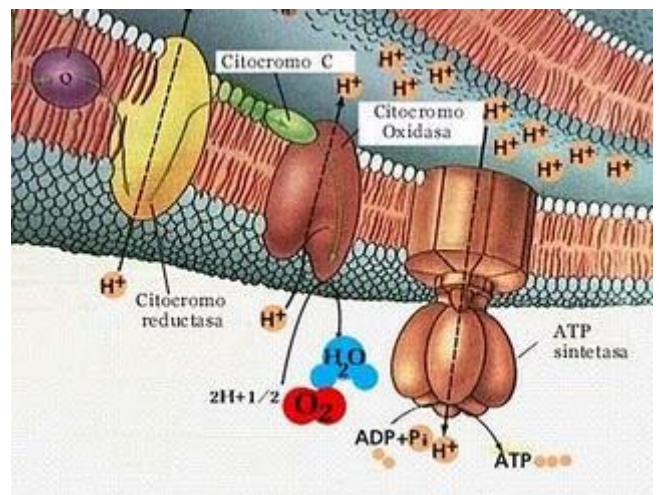
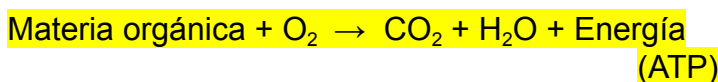
- o **Formación de acetil-CoA**: en la matriz diversas moléculas orgánicas de pequeño tamaño (con 2 o 3 carbonos) como el ácido pirúvico (con 3 carbonos) procedente principalmente de la glucólisis

(degradación de la glucosa en el citoplasma) se oxidan a acetil-CoA. También se obtiene Acetil-CoA de la degradación de ácidos grasos (β -oxidación de los ácidos grasos) y de la degradación de ciertos aminoácidos.

- o **Ciclo de Krebs**: también llamado ciclo de los ácidos tricarboxílicos, es un conjunto de reacciones que comienzan cuando el acetil-CoA (se lee acetil coenzima A) originado anteriormente introduce el grupo acetil en el ciclo de Krebs, liberando el coenzima A (que es utilizado otra vez en el proceso anterior para formar acetil-CoA). El grupo acetil es oxidado completamente hasta CO_2 , obteniéndose un **ATP** y compuestos reducidos: los coenzimas NAD^+ (derivado de la vitamina B_3) y el FAD (derivado de la vitamina B_2) se reducen a **$\text{NADH} + \text{H}^+$** y **FADH_2** al recoger los hidrógenos quitados en la oxidación.
- o **Cadena de transporte de electrones y fosforilación oxidativa**: Los coenzimas reducidos (como el $\text{NADH} + \text{H}^+$ y FADH_2) obtenidos en la degradación de la materia orgánica en los procesos anteriores (Ciclo de Krebs, formación de acetil-CoA, β -oxidación de los ácidos grasos...) aportan los electrones para la cadena de transporte de electrones, que consiste en una serie de moléculas de la membrana mitocondrial interna que transportan los electrones, hasta llegar a su aceptor final que es el oxígeno molecular (O_2). **Este transporte de electrones libera energía que se utiliza para transportar protones (H^+) desde la matriz hasta el espacio intermembranoso.**

La fosforilación oxidativa está acoplada a la cadena de transporte de electrones y utiliza el gradiente electroquímico generado por el flujo de protones para sintetizar ATP a partir de ADP y fosfato inorgánico ($\text{ADP} + \text{P}_i$). La fosforilación oxidativa sucede en las **partículas F (ATPasa)** ya que forma un canal por donde pasan los H^+ de nuevo a la matriz, este flujo de H^+ produce la energía necesaria para formar ATP. Al volver los H^+ a la matriz se unen al O_2 y a los dos electrones formándose agua.

Fíjate que una vez vistos todos estos procesos, al unirlos se cumple la fórmula de la respiración:

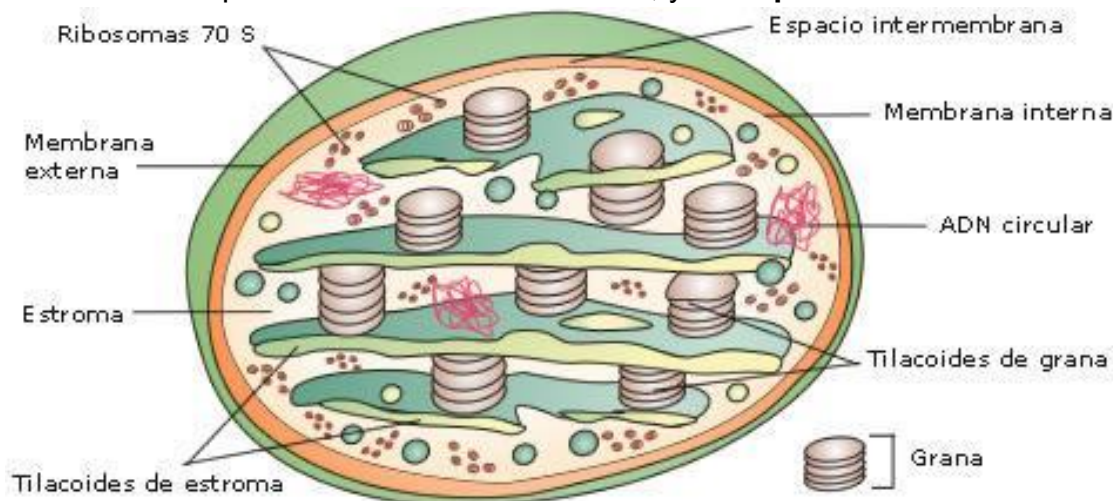


12. CLOROPLASTO.

Son un tipo de plastos (orgánulos vegetales de doble membrana que se llaman cromoplastos si tienen pigmentos que le dan color como los cloroplastos que poseen el pigmento clorofila de color verde y se llaman leucoplastos si no tienen pigmentos como los amiloplastos que almacenan almidón) que contienen **clorofila** un pigmento de color verde. Gracias a la clorofila pueden llevar a cabo la **fotosíntesis**, proceso en el que la energía luminosa se transforma en química, y se sintetiza materia orgánica a partir de materia inorgánica.

Estructura del cloroplasto

Son orgánulos de color verde, generalmente de forma alargada y de mayor tamaño que la mitocondria. Suele haber de 20 a 40 cloroplastos por célula vegetal. La envoltura posee una doble membrana: la membrana plastidal (o cloroplastidal) externa y la membrana plastidal interna que delimitan dos cámaras: un espacio interno llamado estroma, y un **espacio intermembranoso**.



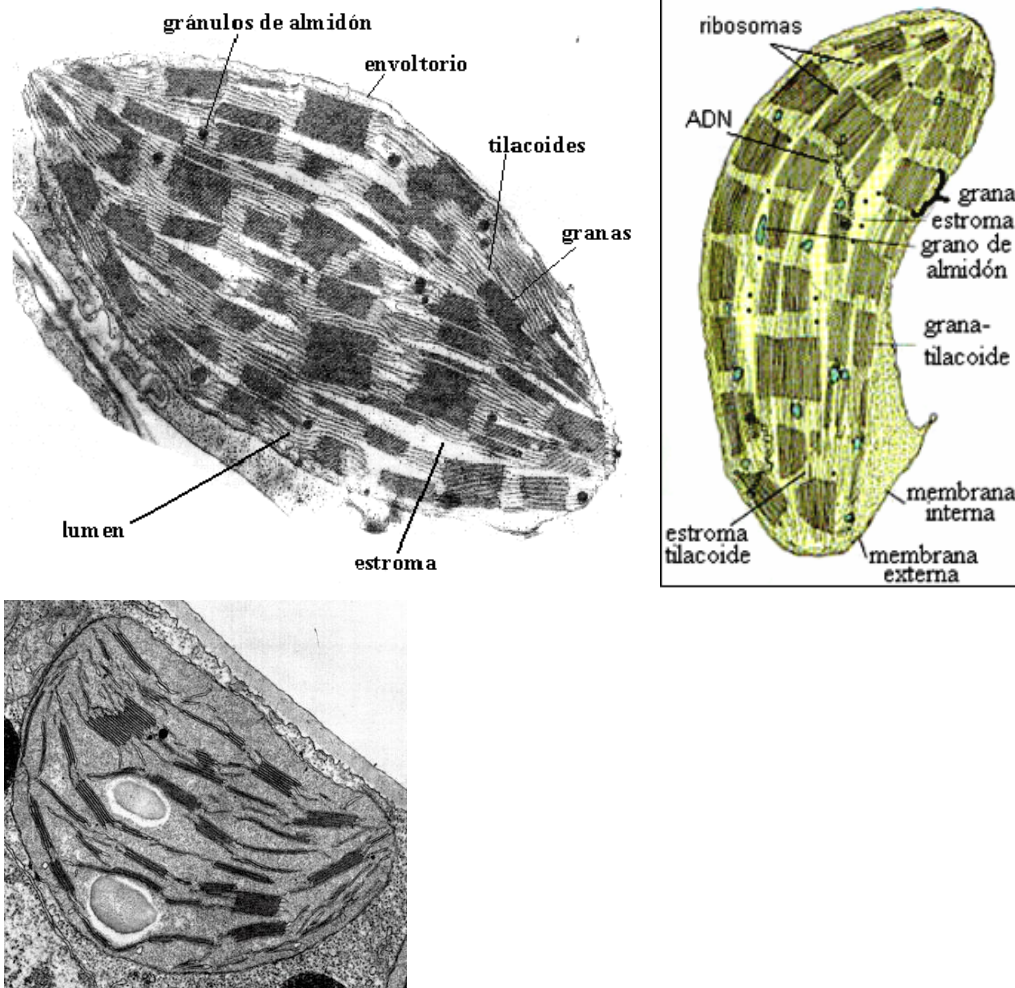
La **membrana externa** contiene **porinas** que le confieren una gran permeabilidad (igual que en mitocondrias) para las moléculas pequeñas, por lo que el líquido intermembranoso es similar al citosol; mientras que la **membrana interna** es mucho menos permeable (igual que en mitocondrias), por eso presenta una gran cantidad de proteínas transportadoras específicas.

El cloroplasto posee en su interior una tercera membrana llamada **membrana tilacoidal** que forma los **tilacoides y grana**, que están **interconectados**, formando una tercera cámara llamada **lumen o espacio tilacoidal** que corresponde al espacio interno de los tilacoides.

La membrana tilacoidal o membrana de los tilacoides contiene las **enzimas de la cadena de transporte de electrones, la ATPasa y enzimas y pigmentos encargados de captar la energía luminosa**, el más importante de ellos es el pigmento **clorofila**. (Otros son los carotenoides y las xantofilas).

Los **tilacoides** son unos sáculos aplanados con forma de disco que se disponen paralelos al eje mayor del cloroplasto. Algunos tilacoides (**tilacoides del grana**) se apilan (como si fuera una pila de monedas) formando grupos, los **grana** (en singular granum), mientras que otros, de mayor longitud se extienden por todo el estroma y conectan los distintos grana entre sí (**tilacoides de estroma**).

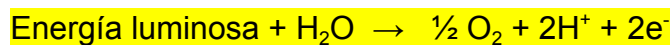
El **estroma** (espacio interno delimitado por la membrana interna) contiene, además de los tilacoides y grana, **ADN bicatenario y circular**, al igual que en procariontes, pero aquí pueden tener varias copias del ADN, **ribosomas** llamados plastorribosomas (son ribosomas **70 S** como los de las bacterias y mitocondrias), **inclusiones de granos de almidón e inclusiones lipídicas** (la materia orgánica formada en la fotosíntesis la almacenan como granos de almidón o gotas lipídicas) y **enzimas** que permiten **fijar CO₂ y formar materia orgánica** (fase oscura de la fotosíntesis = Ciclo de Calvin). La más importante es la enzima **rubisco** (ribulosa-1,5-difosfato carboxilasa) que fija el CO₂, siendo además, la proteína más abundante en la naturaleza.



Funciones del cloroplasto

La función básica del cloroplasto es realizar la **fotosíntesis**, en ella se distinguen 2 fases:

- o **Fase dependiente de la luz o fase luminosa**: sucede en la **membrana de los tilacoides** donde se encuentran los pigmentos fotosintéticos, la cadena de transporte de electrones y la ATPasa. Los pigmentos fotosintéticos captan la energía luminosa que se utiliza para romper moléculas de agua y obtener de ellas sus hidrógenos, en forma de protones y electrones:



Los electrones pasan a la cadena de transporte de electrones. Al igual que sucede en la mitocondria, este transporte de electrones libera energía que se utiliza para transportar protones (H^+), en este caso desde el estroma hasta el espacio tilacoidal, generando un gradiente electroquímico de protones que se utiliza para formar ATP en las ATPasas. Aquí la fosforilación oxidativa recibe el nombre de **fotofoforilación** o fosforilación fotosintética. En el cloroplasto la cadena de transporte de electrones cede los electrones al coenzima NADP^+ en lugar del O_2 como sucedía en la mitocondria, para reducirlo y formar NADPH_2 .

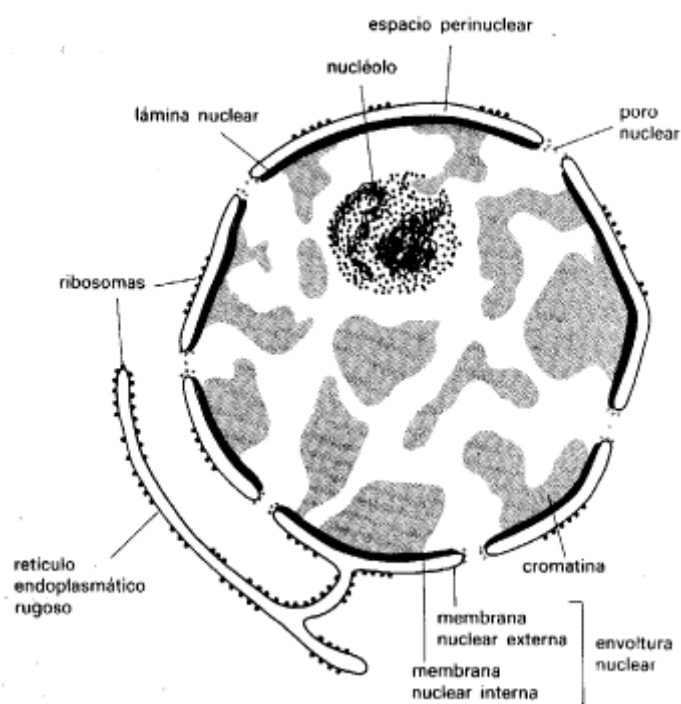
- o **Fase independiente de la luz o fase oscura**: sucede en el **estroma** y no necesita la presencia de luz. En esta fase **se utiliza el ATP y el NADPH_2 producido en la fase luminosa para reducir** (añadir hidrógenos) **moléculas inorgánicas** como CO_2 y sales minerales, por ejemplo nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}), **para formar materia orgánica**. La más frecuente es la formación de glúcidos con la fijación del CO_2 conocida como ciclo de Calvin, produciéndose polisacáridos (almidón) que se almacenan en el estroma, aunque en el estroma también se puede fabricar y almacenar lípidos (inclusiones de almidón e inclusiones lipídicas respectivamente).

13. EL NÚCLEO INTERFÁSICO.

El núcleo contiene el material genético y dirige toda la actividad celular, se observa durante la interfase del ciclo celular que es la fase en el que la célula no se está dividiendo, ya que en la fase de división celular el núcleo desaparece durante la formación de los cromosomas. Por eso estudiamos el llamado **núcleo interfásico**.

El **tamaño**, la **forma**, la **posición** e incluso su **número** varía según el tipo de célula o el momento del ciclo en el que está. Normalmente hay un núcleo por célula, su posición es central, su forma redondeada y el tamaño suele ser el 10% del tamaño de la célula (el núcleo suele medir entre 5 y 25 μm). El núcleo en células vegetales suele ser discoidal, y generalmente se encuentra en posición lateral y en células animales suele ser esférico y se encuentra en posición central. Otras formas que puede presentar el núcleo son polilobulada, con prolongaciones, en herredura, arrosariado...

Al microscopio electrónico se aprecia que el núcleo está formado por una **envoltura nuclear** que consta de una doble membrana, que a menudo está interrumpida por numerosos **poros nucleares** que comunican el interior del núcleo con el citoplasma.

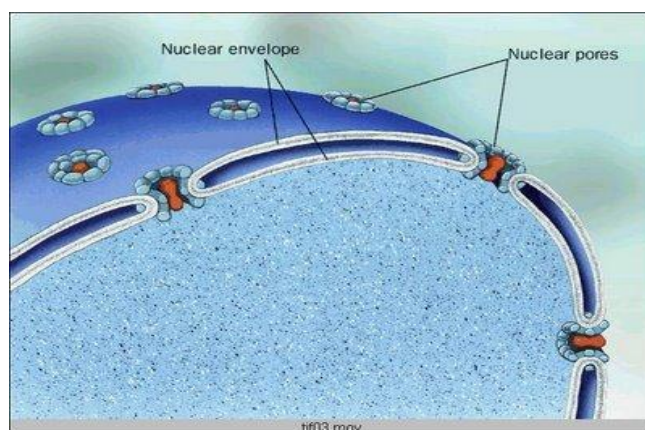


La envoltura limita un medio interno llamado **nucleoplasma** donde se encuentra la **cromatina** formada por ADN más o menos condensado con histonas y uno o más **nucléolos** que es una estructura esférica y densa a los electrones (se ve oscura) que contiene gran cantidad de ARN, ya que es donde se sintetiza el ARNr.

Envoltura nuclear

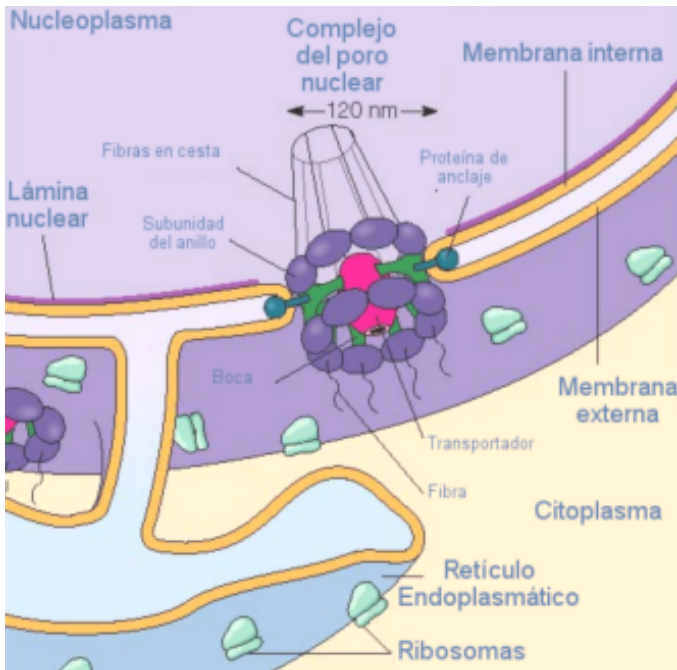
Está formada por una doble membrana con numerosos poros, que controla y regula la comunicación entre el nucleoplasma y el citoplasma, ambas membranas están separadas por un espacio intermembranoso o espacio perinuclear. Su función es mantener separado el citoplasma del nucleoplasma, y por tanto mantener aislado el material genético del resto de componentes celulares, y a su vez mantener comunicado ambos medios mediante los poros nucleares existentes en dicha envoltura.

- o **Membrana nuclear externa**: en su cara exterior suele presentar numerosos **ribosomas adosados**. La membrana nuclear externa **se continúa con la membrana del retículo endoplásmico** (generalmente el rugoso), por lo que existe una conexión entre el lumen del retículo y el espacio perinuclear. Tiene de 7 a 9 nm de espesor.
- o **Membrana nuclear interna**: lleva adosada, en su cara nucleoplásmica, una capa densa de proteínas fibrilares (o filamentosas que es lo mismo) con características similares a los filamentos intermedios del citoesqueleto, llamada **lámina fibrosa o lámina nuclear**. Su función parece ser servir de



anclaje a la cromatina, regular el crecimiento de la envoltura nuclear, su organización, así como su desaparición y nueva formación durante la mitosis. Tiene de 7 a 9 nm de espesor.

- o **Espacio perinuclear o intermembranoso**: se encuentra en continuidad con el lumen (espacio reticular). Tiene de 20 a 30 nm de espesor.
- o **Poros nucleares**: en los lugares donde se fusionan las dos membranas se originan unas perforaciones circulares denominadas poros nucleares. Cada poro está formado por una serie de proteínas que lo rodean, el llamado **complejo del poro nuclear**, formado por una **estructura anular de ocho bloques** (cada uno constituido por diversas proteínas) que se disponen en forma octogonal, tanto en la parte superior como en la inferior, así como **proteínas transportadoras centrales y proteínas de anclaje a la membrana**.



Los poros son estructuras dinámicas capaces de formarse y desaparecer dependiendo del estado funcional de la propia célula. Hay una gran cantidad de poros y su número aumenta al aumentar la actividad celular. Las células que tienen mayor actividad transcripcional como hepatocitos, neuronas y fibras musculares contienen mayor número de poros. Una célula de mamífero contienen, de media, unos 3.000 poros nucleares.

Los poros nucleares controlan el paso de sustancias (enzimas, proteínas, ARN...) de un lado a otro de la envoltura.

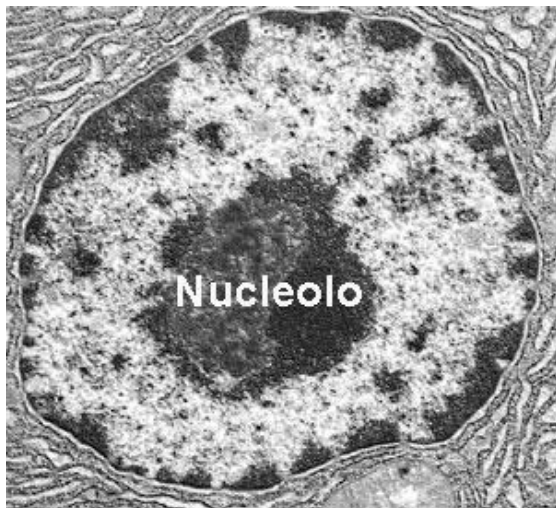
La envoltura nuclear no sólo separa el nucleoplasma del citoplasma, también regula el intercambio de sustancias entre el núcleo y el citoplasma, y además organiza y fija al ADN por la lámina fibrosa.

Nucleoplasma

También llamado **carioplasma o matriz nuclear**. Es el medio interno acuoso del núcleo, formado por una dispersión coloidal en forma de gel (semifluida). Contiene **sales minerales, nucleótidos, ARN y muchas proteínas**, sobre todo enzimas relacionadas con el metabolismo del ADN y ARN, ya que es donde se produce la replicación del ADN y la síntesis de los ARN (transcripción). En el nucleoplasma se encuentran inmersos la **cromatina y el nucléolo**.

Es el medio que aporta estabilidad al material genético de la célula y además en su seno se llevan a cabo diferentes reacciones, como la síntesis de los diferentes ARN y replicación del ADN.

Nuécleo



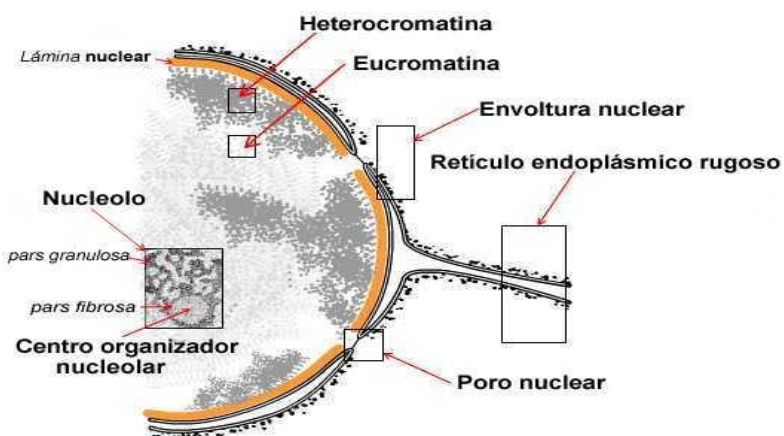
Se encuentra en el interior del núcleo rodeado por el nucleoplasma, pueden haber 2 ó 3, e incluso, excepcionalmente más. Es una estructura casi esférica, densa y de contorno irregular. Es el lugar donde se sintetizan y procesan los ARNr y se forman las subunidades ribosómicas.

Está constituido por proteínas y ácidos nucleicos (1-3% de ADN y 10-30% de ARN). Se origina a partir de los sectores de ADN, repartidos entre varios cromosomas, que contienen los genes con información para la síntesis del ARN nucleolar, los denominados **organizadores nucleolares** que en realidad son múltiples copias, repartidas en varios cromosomas, del gen que codifica el ARN nucleolar. **A partir del ARN nucleolar, por fragmentación se originan los ARNr.**

Los ARNr recién sintetizados maduran y se ensamblan con las proteínas ribosómicas importadas del citoplasma originando las subunidades grandes y pequeñas de los ribosomas. Por último, las subunidades salen al citoplasma a través de los poros nucleares, donde, en presencia de ARNm se unen para formar el ribosoma completo que comienza a formar proteínas (recuerda que hasta que no se unen al ARNm no se sintetiza proteínas y las subunidades grande y pequeña se encuentran separadas en el citoplasma, cuando termina la síntesis de proteínas las subunidades vuelven a separarse). El tamaño del nucléolo está relacionado con el grado de actividad celular. Es mayor en las células que presentan una gran actividad de síntesis de proteínas, llegando a ocupar hasta el 25% del volumen nuclear.

El nucléolo desaparece durante la división debido a que el material genético se condensa para formar cromosomas.

En el nucléolo se distingue al microscopio electrónico una parte amorfa (**nucleoloplasma**) clara a los electrones y una parte densa (oscura a los electrones) compuesta, a su vez, por una zona **granular** en la que se produce la maduración de las subunidades ribosómicas, y por una zona **fibrilar** que corresponde a áreas de transcripción activa (organizadores nucleolares): en la zona fibrilar está transcribiéndose los ADN llamados organizadores nucleolares con lo que se forma el ARN nucleolar que dará los ARNr, y en la zona granular los ARNr (formados en la zona fibrilar) junto con las proteínas ribosomales forman las subunidades ribosómicas grande y pequeña.



(Mismo párrafo con otras palabras:)

El nucléolo está formado por la región del ADN en transcripción, los ARNr formados y en formación y las subunidades ribosómicas en formación, todo ello organizado en dos regiones:

. La **región fibrilar**: generalmente localizada en la zona **interna** y formada por filamentos de cromatina en transcripción y el **ARN nuclear 45S** en formación.

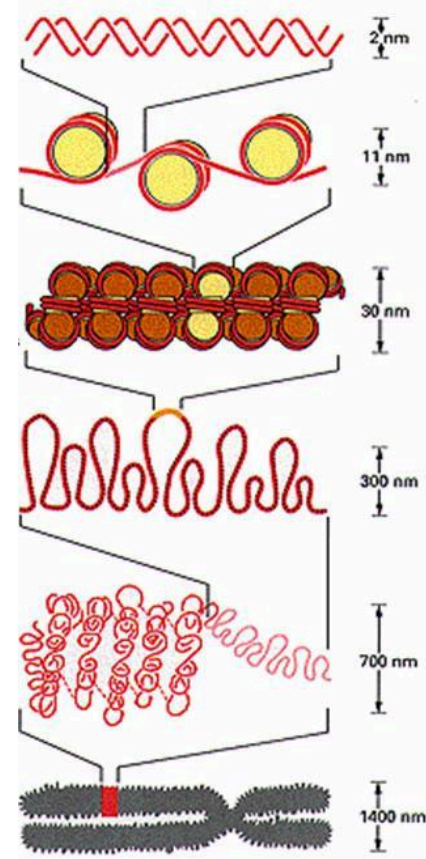
- La **región granular**: constituida por los **ARNr 28S, 18S y 5'8S, asociados a proteínas**, formando las subunidades ribosómicas 60S y 40S. Generalmente es la zona **externa** del nucléolo.

Nota: el ARN nucleolar 45S es el transcrito primario surgido de la cromatina y que posteriormente se hidroliza dando lugar a los ARNr 28S, 18S y 5'8S de la zona granular.

Cromatina (se vio en el tema anterior, en la estructura terciaria del ADN)

Se denomina cromatina al material genético en sus diferentes estados de condensación, sin llegar al máximo grado de empaquetamiento (cromosoma).

Recordar: La cromatina está formada por filamentos de ADN bicatenario (en doble hélice) unidos a proteínas llamadas histonas que permiten el mayor o menor grado de compactación del ADN: la **fibra nucleosómica** (primer grado de compactación), la **fibra de cromatina de 30 nm** (segundo grado de compactación = solenoide) y cuando la célula se va a dividir toda la cromatina sufre plegamientos de la fibra cromatínica de 30 nm, dando estructuras superenrolladas de mayor grosor (300nm, 700 nm...formando bucles, razos y rosetas) hasta que se produce el mayor grado de empaquetamiento formando los **cromosomas**.



Se distinguen distintos **tipos de cromatina**:

- o **Eucromatina**: Corresponde a zonas de cromatina **activas** (aproximadamente el 10% de la cromatina celular) donde se produce la transcripción, pues su nivel de empaquetamiento es menos denso que en la heterocromatina y el ADN se encuentra suficientemente distendido para permitir el acceso de la enzima ARN polimerasa y del resto de enzimas implicadas en la transcripción.



o **Heterocromatina**: Mientras la eucromatina presenta al microscopio electrónico aspecto laxo y difuso, la heterocromatina se visualiza como áreas homogéneas y más densas a los electrones (oscuras) debido a que corresponden a las **zonas replegadas que presentan mayor grado de empaquetamiento**, por lo que son zonas **inactivas**, es decir, que no se transcriben. Se pueden distinguir dos tipos de heterocromatina:

o **Heterocromatina constitutiva**: es la heterocromatina que aparece condensada durante todo el ciclo celular en todas las células del organismo y, por tanto, su ADN **no se transcribe nunca**. En los cromosomas humanos se localiza en el ADN satélite y en el centrómero. Esta región que no codifica ninguna proteína, es estructuralmente importante en el movimiento de los cromosomas durante la división celular.

- o **Heterocromatina facultativa**: representa el conjunto de genes que **se inactivan de manera específica en cada estirpe (o tipo) celular durante el proceso de diferenciación embrionaria**. Estas zonas son distintas en cada tipo de célula y son escasas en tejidos embrionarios, pero aumentan a medida que las células se diferencian y se especializan. Por ejemplo la neurona y la fibra muscular son células muy diferenciadas, las neuronas tendrán activos genes relacionados con su función (por ejemplo fabricar neurotransmisores y todo aquello que permita la transmisión del impulso nervioso) y tendrán inactivos genes que no necesita

como los relacionados con la función de contracción muscular, mientras que en la fibra muscular es al contrario: activados genes relacionados con la contracción (eucromatina) e inactivados genes (heterocromatina) relacionados con la transmisión del impulso nervioso y otras funciones que no realiza la fibra muscular

La existencia de diferentes niveles de condensación tiene varias funciones:

- o Mediante el empaquetamiento del ADN se **organiza al material genético**, de forma que la condensación no es un proceso al azar.
- o El empaquetamiento del ADN **regula su expresión génica**, de manera que las zonas más condensadas del ADN (heterocromatina), son menos accesibles a las proteínas y, con ello, menos expresables, y todo lo contrario ocurre con las zonas más laxas (eucromatina), son zonas más accesibles a las proteínas y, por tanto, expresables.
- o La simple condensación del material genético **reduce el espacio que ocupa en la célula** y permite su cabida en el núcleo.

Todas las células de nuestro organismo poseen el mismo material genético, ya que se producen de la misma célula inicial (cigoto), lo que diferencia una célula de otra es la diferente expresión génica en cada célula, a veces por los niveles de condensación de cada una de ellas.

De esta forma, a partir de una célula madre puede formar cualquier célula dependiendo de que genes se expresen.

Ejercicio: ver en clase las diapositivas, tanto de microscopio óptico como electrónico y aprender a reconocer los orgánulos y sus partes.

Ejercicio: Haz un dibujo-esquema-resumen de todo lo que pasa en la mitocondria y en el cloroplasto. Incluye las ecuaciones químicas globales:

MITOCONDRIA

CLOROPLASTO

Modelos de organización celular.

En el cuadro siguiente se resumen las características diferenciales entre la organización de las células procariotas y las eucariotas.

PROCARIOTA	EUCARIOTA
Organización celular muy sencilla, exclusiva de bacterias.	Organización compleja, presente en el resto de seres vivos.
Son visibles al microscopio, con gran aumento, ya que su diámetro oscila entre 0,1 y 50 micras.	Son visibles con el microscopio. Su diámetro está comprendido entre 10 y 100 micras.
No tienen núcleo definido y carecen de envoltura nuclear.	Tienen núcleo definido rodeado de una envoltura nuclear.
Su material genético es un ADN circular que se encuentra más o menos condensado en una porción de citoplasma llamada nucleoide.	Su material genético está compuesto de múltiples moléculas de ADN lineal, que se encuentra condensado en cromosomas o descondensado en la cromatina según el momento del ciclo celular.
Su división celular es directa. No hay mitosis.	Su división celular es por mitosis.
Presentan flagelos submicroscópicos.	Pueden presentar cilios y flagelos de compleja estructura rodeados por la membrana plasmática.
Tiene una pared celular muy gruesa, que suele estar envuelta por una cápsula.	Las plantas, la mayoría de las algas y de los hongos presentan pared celular, químicamente más sencilla que la de procariotas. En células animales está ausente.
Su membrana plasmática carece de colesterol.	Presentan colesterol en sus membranas.
Carece de citoesqueleto y de la mayoría de los orgánulos celulares: solo presenta ribosomas y estructuras de almacenamiento.	Tienen un citoesqueleto y gran variedad de orgánulos (mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, lisosomas, vesículas, aparato de Golgi....)
Tiene ribosomas pequeños (70S)	Tiene ribosomas grandes (80S).
Los complejos enzimáticos se encuentran asociados a la membrana.	Los complejos enzimáticos se localizan en determinados orgánulos (mitocondrias y cloroplastos).