

# La célula

1

## ORGANIZACIÓN CELULAR

- Todos los organismos vivos están compuestos por células (una o billones de ellas).
- Una célula se divide continuamente, dando lugar a los tejidos complejos y a los órganos y sistemas de un organismo desarrollado..
- La célula es la unidad más pequeña de materia viva, capaz de llevar a cabo todas las actividades necesarias para el mantenimiento de la vida.
- Tiene todos los componentes físicos y químicos necesarios para su propio mantenimiento, crecimiento y división. Cuando cuentan con los nutrientes necesarios y un medio adecuado, algunas células son capaces de seguir vivas en un recipiente de laboratorio por años y años.
- Ningún componente celular es capaz de sobrevivir fuera de la célula.

# TEORIA CELULAR

La idea de que las células son las unidades fundamentales de la vida es parte de la llamada **teoría celular**.

Las ideas previas: Leeuwenhoek y R. Hooke, en el s.XVII.

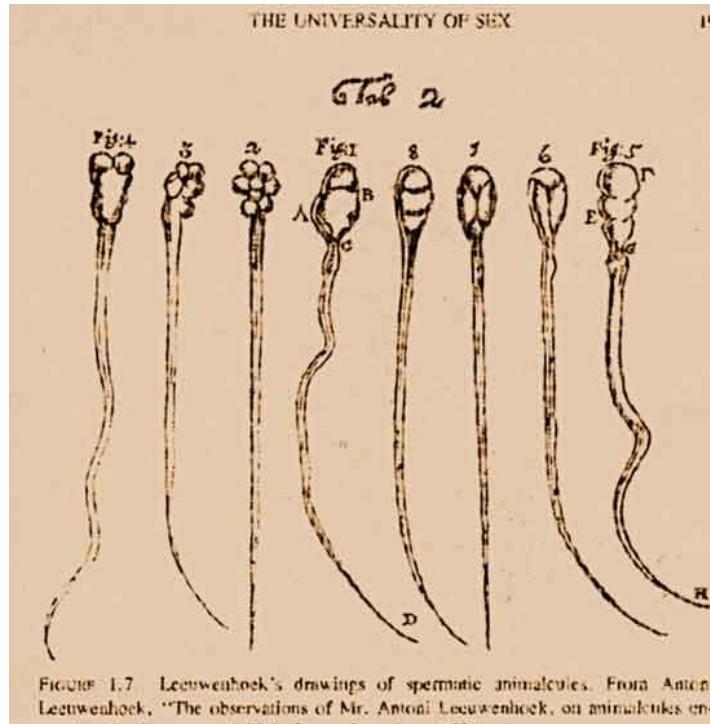
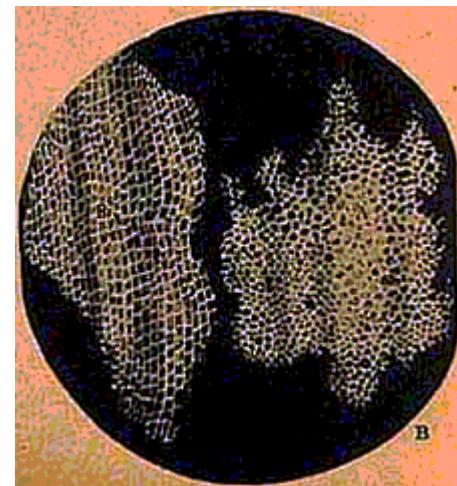


FIGURE 1.7 Leeuwenhoek's drawings of spermatic animalcules. From Antoni Leeuwenhoek, "The observations of Mr. Antoni Leeuwenhoek, on animalcules engendered in the semen," *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1679.





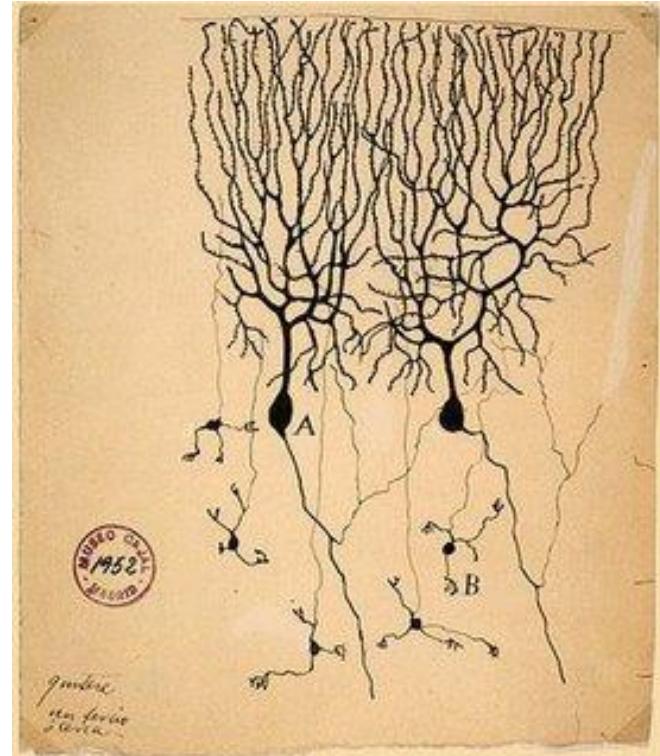
En 1838, Schleiden y Schwann: Plantas y animales están compuestos de grupos de células y que éstas son la unidad básica de los organismos vivos.

En 1855, Rudolph Virchow establece que sólo se formaban células nuevas a partir de una célula preexistente (no se forman por generación espontánea).



En 1880, August Weismann: todas las células actuales tienen sus orígenes en células ancestrales.

El carácter universal de la teoría celular se demostró gracias a la aportación de Ramón y Cajal en sus estudios sobre el tejido nervioso, utilizando las técnicas de tinción de Camilo Golgi. En estos estudios pudo observar la individualidad de las neuronas.



La **teoría celular** de nuestra época incluye las ideas expuestas por los mencionados investigadores:

1. Todos los seres vivos están compuestos de células.
2. La célula es la unidad anatómica, fisiológica y patológica de los seres vivos.
3. Todas las células actuales son descendientes de células ancestrales.
4. El material hereditario que contiene las características genéticas de cada célula, pasa de las células madres a las hijas.

## **Evidencias de que las células descienden de células ancestrales:**

Similitudes entre las proteínas que se observan en todas las células.

Ejemplos:

Los citocromos de todas las células son iguales en estructura, y además desempeñan funciones casi idénticas en células de especies completamente distintas.

Las clorofillas son básicamente iguales en bacterias fotosintéticas, cianobacterias, algas, musgos, helechos, coníferas y plantas con flores.

El hecho de que todas las células tengan moléculas similares de tal complejidad es un indicio de que las células "modernas" se han originado de un pequeño grupo de células ancestrales.

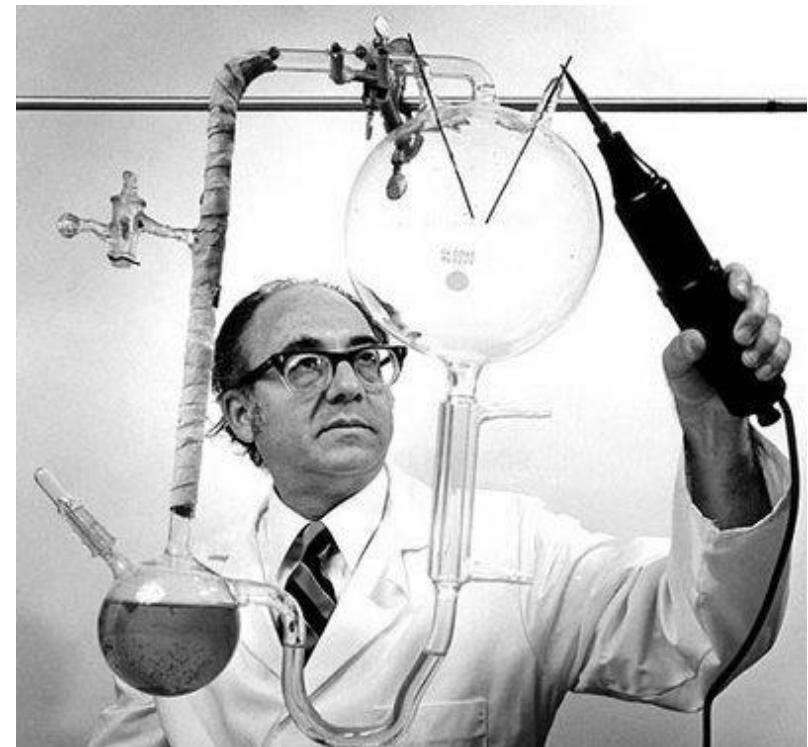
## Condiciones que reinaban en la atmósfera primitiva

- Atmósfera reductora
- Composición:  $\text{CO}_2$  -  $\text{H}_2\text{O}$  -  
 $\text{H}_2\text{S}$  -  $\text{H}_2$  -  $\text{N}_2$  -  $\text{CH}_4$  -  $\text{NH}_3$
- Tormentas eléctricas
- Bombardeo de Meteoritos
- Fuerte luz ultravioleta

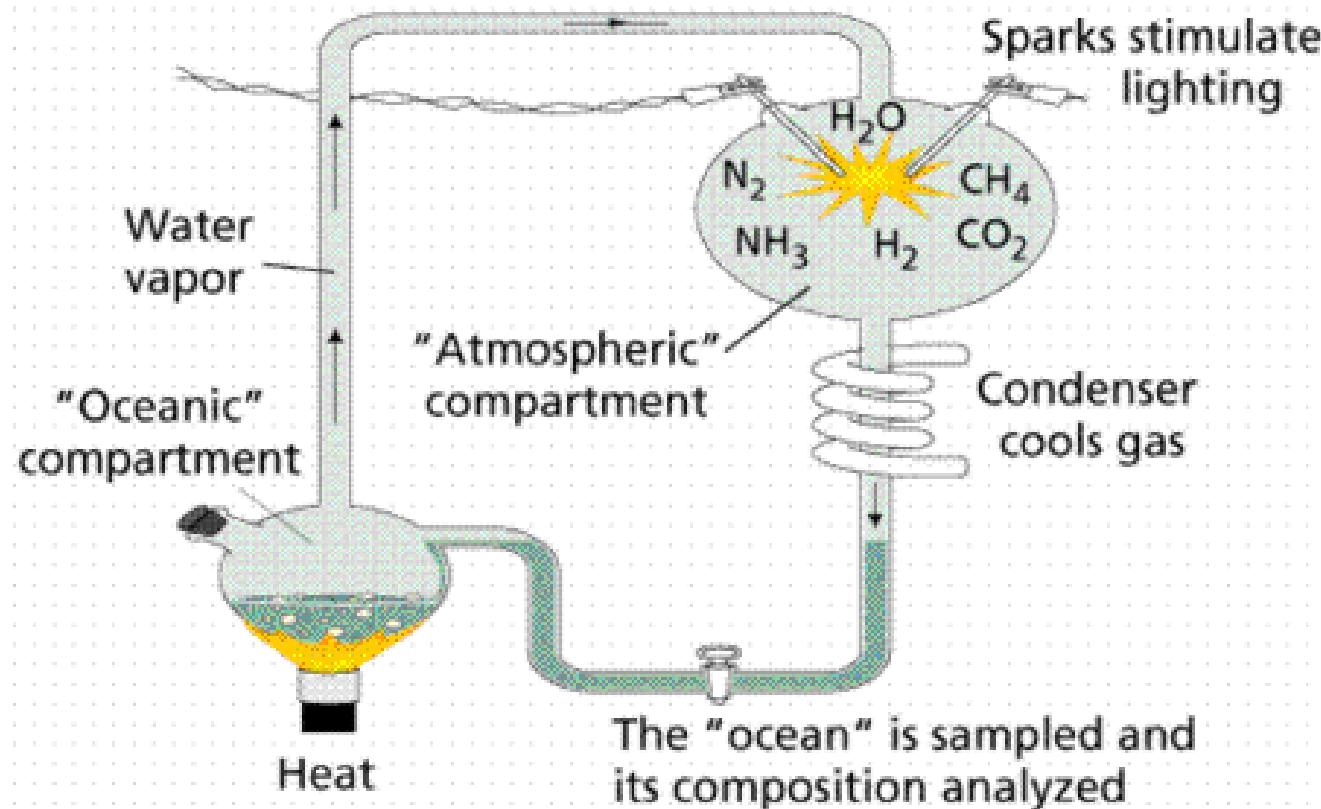
Las condiciones que reinaban en la Tierra durante los primeros mil millones de años son aún tema de discusión.

Es probable que bajo estas condiciones se produjeran moléculas orgánicas, es decir, moléculas simples que contienen carbono.

La prueba más clara de ello procede de experimentos de laboratorio (experimentos de Miller) en los que se generaron las cuatro clases principales de pequeñas moléculas orgánicas encontradas en las células: *aminoácidos, nucleótidos, azúcares y ácidos grasos*.



# EL EXPERIMENTO DE MILLER - UREY



## RESULTADOS:

- Inicialmente Cianuro de Hidrógeno y aldehídos
- Aminoácidos y azúcares

Otras circunstancias favorables son:

1. El tamaño; la Tierra en formación era muy grande.
2. Podía producir una amplia gama de condiciones.
3. Disponía de mucho más tiempo: cientos de millones de años.

En tales circunstancias, parece muy posible que, en algún lugar y en algún momento determinados, muchas de las moléculas orgánicas simples que se encuentran en las células actuales se acumularan en concentraciones elevadas y dieran lugar a los biopolímeros conocidos, tales como las proteínas, los polisacáridos y los ácidos nucleicos.

## La etapa precelular

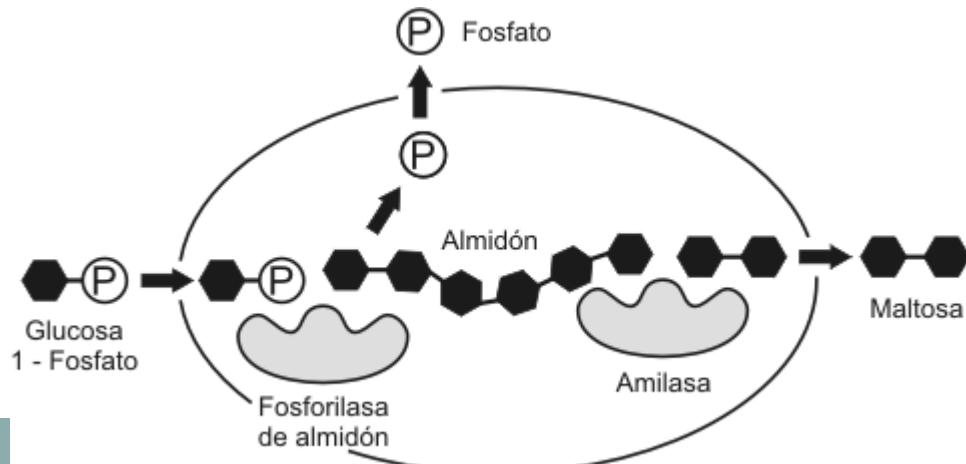
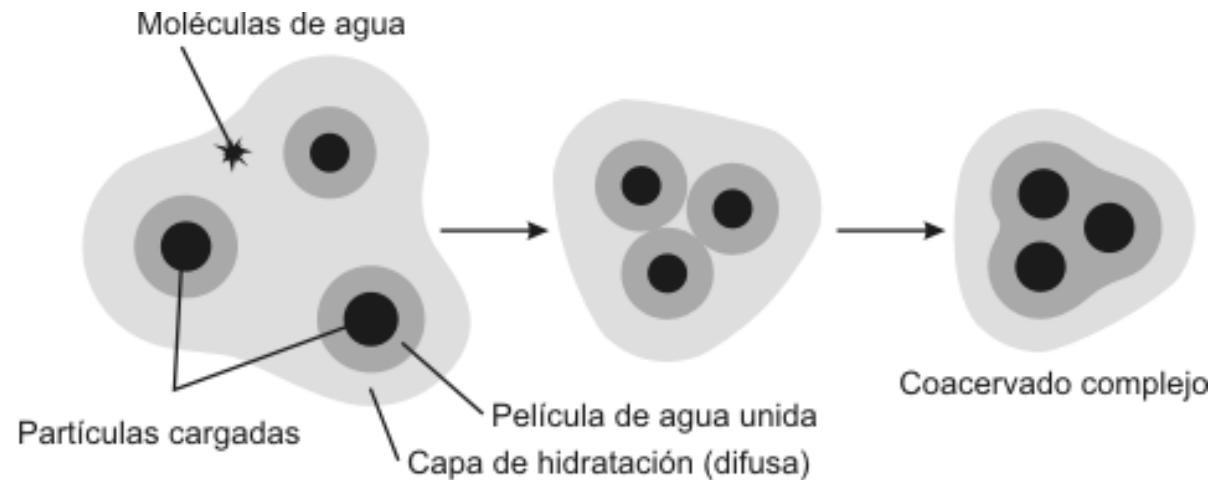
Tras esta primera etapa de la evolución molecular prebiótica que originó los diversos tipos de moléculas orgánicas (*caldo primitivo*), surgieron las primeras entidades precelulares cuando se formó una capa de lípidos en torno a algunas moléculas orgánicas. Se forman los coacervados de Oparín y Haldane.



Los trabajos de ambos pasaron sin mucho eco entre la comunidad científica, debido a que los experimentos de Pasteur, habían desechada la teoría de la generación espontánea y la hipótesis de Oparín y Haldane parecía avalar esta teoría.

Estos investigadores sostenían que la vida podía haber surgido a partir de materia no viviente solamente en las condiciones de la Tierra primitiva, que incluía además la no competencia con otros seres vivos .

Oparin comprobó como varias combinaciones de polímeros biológicos tendían a combinarse en medio acuoso y formar coacervados: hidrato de carbono y proteína ( goma arábiga e histona );proteína y ácido nucleico (histona y ADN o ARN).



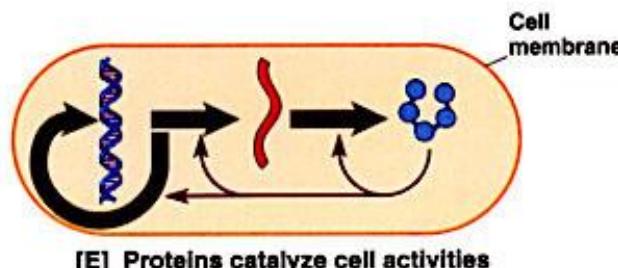
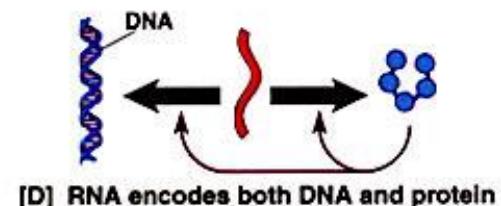
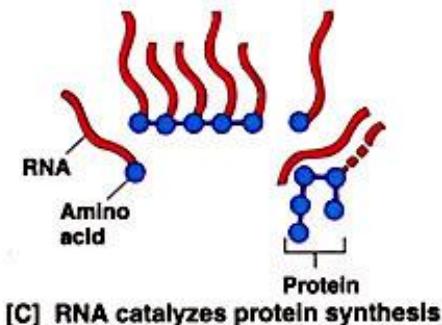
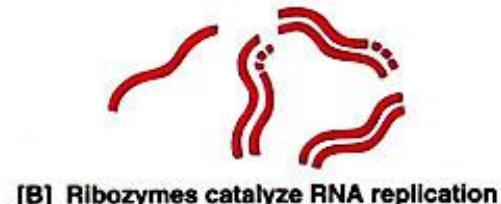
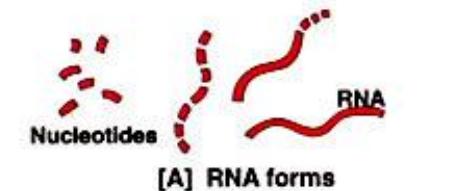
También comprobaron que si se añadía un enzima en esta solución, el enzima quedaba dentro de los coacervados y era operativo

## La etapa precelular y el mundo ARN

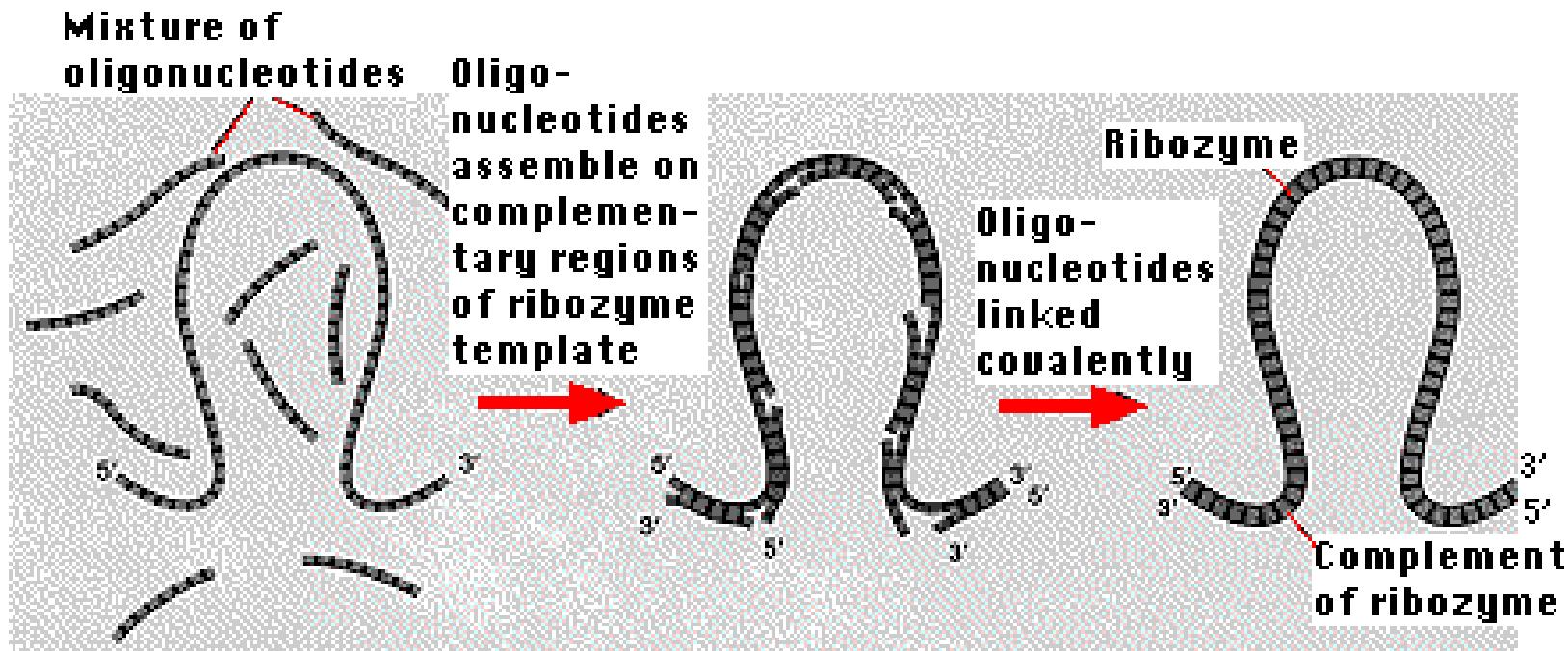
La membrana inicial se perfeccionó para permitir el intercambio con el medio de materia, energía e información.

En el medio interno debían encontrarse moléculas de ARN autorreplicantes capaces de dirigir la síntesis de pequeños polipéptidos es decir, actuar como material genético.

En algún momento el papel de material genético debió transferirse a la molécula de ADN mucho más estable.

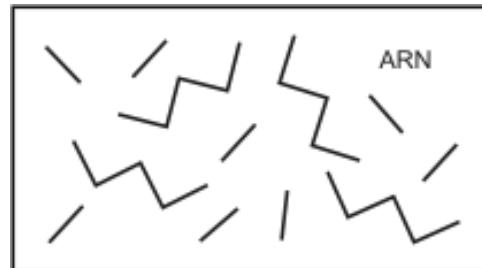


# EL MUNDO ARN

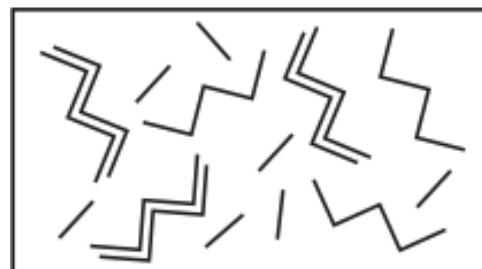


La molécula de ARN presenta dos características importantes:

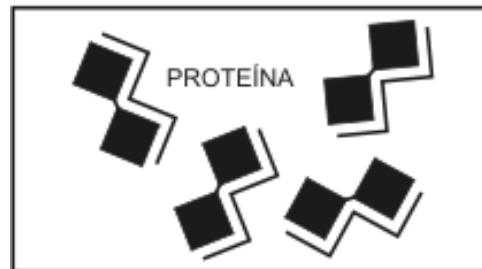
- Almacenamiento de información
- Catalizador (Ribozimas)



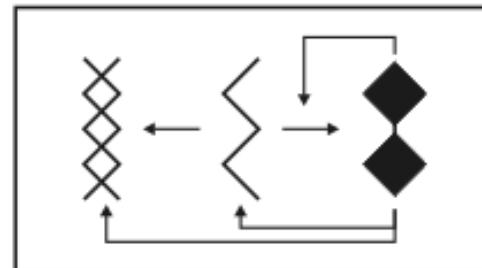
1. El ARN se forma con ribosa y otros compuestos orgánicos



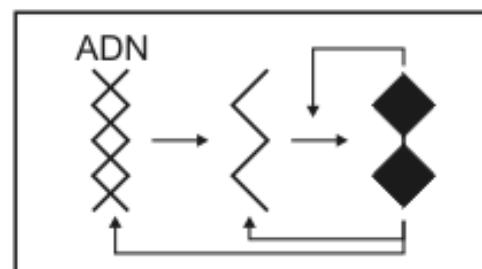
2. A medida que las moléculas de ARN evolucionan, "aprenden a autocopiararse."



3. Las moléculas de ARN comienzan a sintetizar proteínas, que pueden actuar de catalizadores



4. Las proteínas ayudan al ARN a replicarse y sintetizar proteínas con mayor eficacia. También ayudan al ARN a fabricar su versión bicatenaria, que acaba evolucionando hacia ADN.

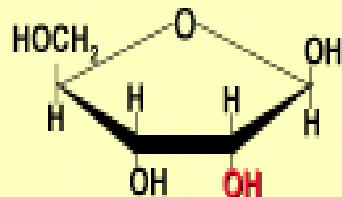


5. El ADN toma el mando. Utiliza al ARN para fabricar proteínas, que a su vez ayudan al ADN a autorreplicarse y transferir su información genética al ARN.

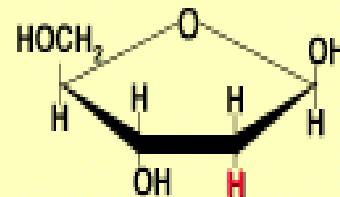
# EL MUNDO ARN

## AZÚCAR PENTOSA

ribosa



desoxirribosa



-La ribosa es la base de moléculas muy importantes como: ATP, NAD, FAD, CoA, AMPc, GTP.

-En el metabolismo celular a partir de ribonucleótidos se sintetizan desoxirribonucleótidos

- El ADN es una molécula mas estable.

## Sistemas basados en RNA



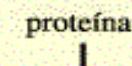
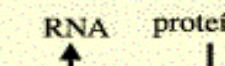
Evolución de los RNA

## Sistemas basados en RNA y en proteínas



Evolución de nuevas proteínas (enzimas) que sintetizan DNA y producen copias de RNA a partir de él

## Células actuales



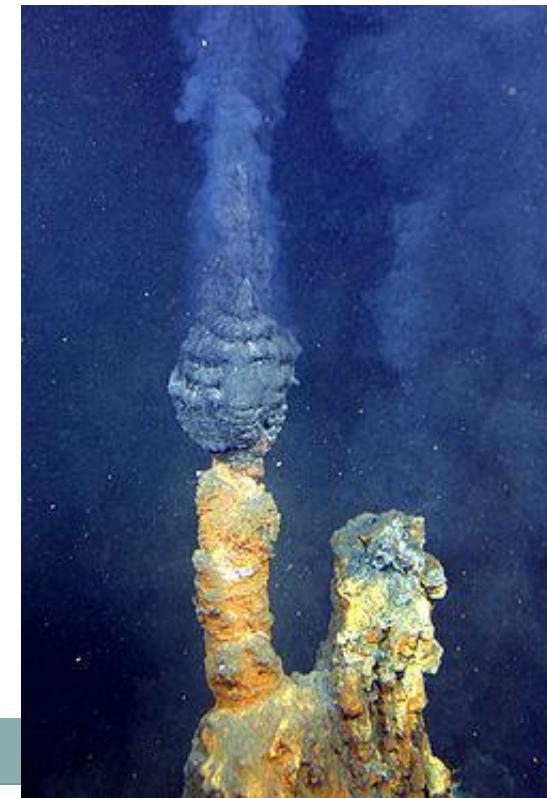
## La teoría del mundo de hierro-sulfuro (Günter Wächtershäuser).

Propone que una forma primitiva de metabolismo precedió a la genética. Un ciclo de reacciones químicas produce energía en una forma que puede ser aprovechada por otros procesos, produciendo compuestos cada vez más complejos.

La química primitiva de la vida no ocurrió en una disolución en masa en los océanos, sino en la superficie de minerales. (p.ej. pirita) próximas a fuentes hidrotermales. Se trataba de un ambiente anaeróbico y de alta temperatura (100°C) y presión.

Las primeras "células" habrían sido burbujas lipídicas en las superficies minerales y el ácido acético una de las moléculas clave en este proceso.

En 1997, Wächtershäuser y Huber mezclaron CO, H<sub>2</sub>S y partículas de sulfuro de níquel a 100°C y formaron aminoácidos. Al año siguiente, utilizando los mismos ingredientes fueron capaces de producir péptidos.



## ***Teoría de la arcilla***

Propuesta por Alexander Graham Cairns-Smith en el año 1985. Se basa en la capacidad que tienen los cristales de arcilla de crecer y replicarse.

Esto podría haber facilitado que ésta se uniera a moléculas simples de ácido ribonucleico y otras sustancias orgánicas.

Estas moléculas orgánicas pegadas a las arcillas, irían "reproduciéndose" a medida que las arcillas se rompen y usándolas como elemento catalítico de sus reacciones.

El proceso acaba por el desarrollo de la capacidad de estas moléculas orgánicas (mediante la formación de ADN, ARN, priones o cualquier otro replicador orgánico) de replicarse y evolucionar por su cuenta

## La etapa celular: el procariota ancestral

Estas células primitivas, pudieron aparecer hace entre 3800 y 4000 millones de años (m.a.) aunque la primera huella de la presencia de células son restos fósiles resultado del metabolismo celular de los estromatolitos, que datan de algo mas de 3500 m.a.

Las primeras células debieron ser procariotas con nutrición heterótrofa y metabolismo anaerobio (en la atmósfera escaseaba el oxígeno y en el caldo primitivo abundaba la materia orgánica para consumir como nutriente).

Puede que esta célula dispusiera ya de una pared rígida aislante. Este tipo celular es lo que se ha denominado **procariota ancestral**.



## De la célula procariótica a la eucariótica

El procariota ancestral pudo dar lugar a tres ramas evolutivas diferentes:

Una rama daría lugar a las **eubacterias**. Los procariotas ancestrales anaerobios debían producir grandes cantidades de CO<sub>2</sub> en sus fermentaciones y la materia orgánica disponible como nutriente debió empezar a escasear.

En estas condiciones (hace 3700 m.a.) debieron surgir los primeros **procariotas fotosintéticos** capaces de aprovechar ese CO<sub>2</sub> y otros gases abundantes como el N<sub>2</sub> para fabricar materia orgánica.

Estos tipos celulares debían utilizar H<sub>2</sub> del H<sub>2</sub>S para reducir estos gases y depositar el S. Mas adelante se empezaría a utilizar H<sub>2</sub>O proceso más difícil pero más rentable que libera O<sub>2</sub> como hacen las actuales cianobacterias.



La aparición de la fotosíntesis fue un hecho trascendental.

Aunque debió comenzar hace mas de 3500 m.a., la acumulación del oxígeno liberado en la atmósfera no sucedió hasta hace algo menos de 2000 m.a.

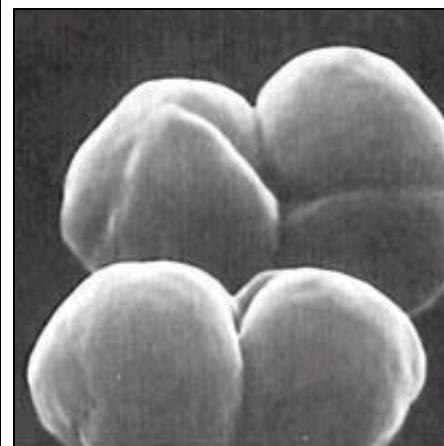
El oxígeno era un problema, resultaba tóxico para los anaerobios.

1. Para algunos supondría la extinción.
2. Otros encontrarían medios sin oxígeno donde sobrevivir.
3. Pero tuvieron que surgir procariotas capaces de consumirlo y eliminarlo uniéndolo a hidrógeno para formar agua (como hacen las mitocondrias) o en otras reacciones oxidativas (como hacen los peroxisomas).

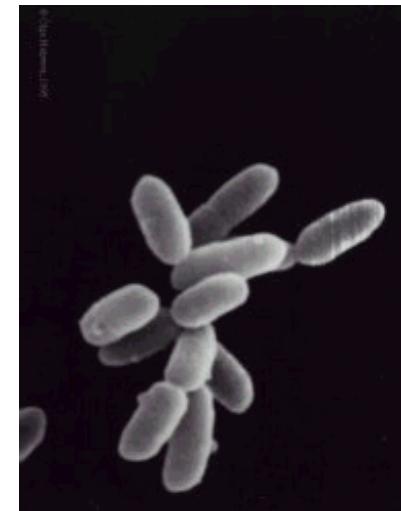
Aparece la respiración aerobia que tiende a mantener un equilibrio con la fotosíntesis hasta que hace unos 1500 m.a. el oxígeno alcanza un nivel estable.

Todos estos grupos de procariotas constituyen ahora las **eubacterias**.

- Algunos procariotas ancestrales mantuvieron muchas de sus características primitivas adaptados a ambientes extremos y habrían formado el grupo de las **arqueobacterias**, con aspectos moleculares mas semejantes con eucariotas incluso que con procariotas lo que indica que debieron separarse evolutivamente de estos antes que de los eucariotas.



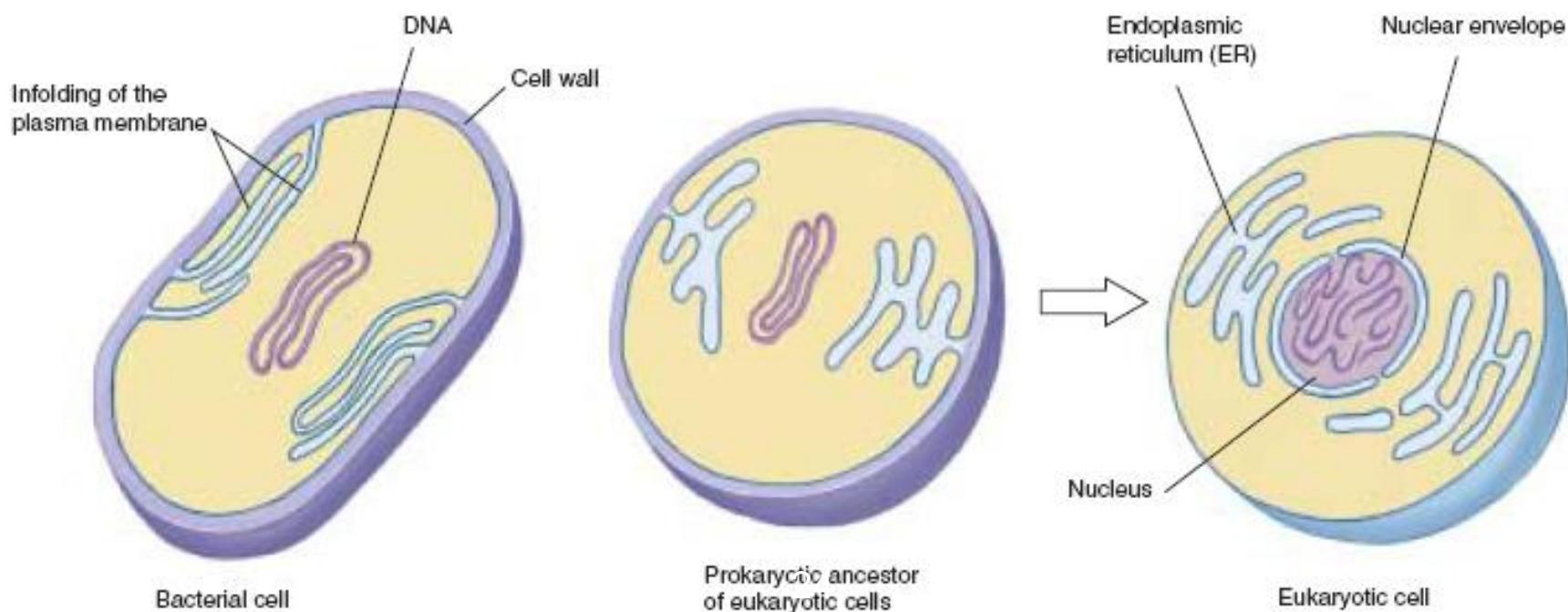
*Methanosaarcina  
barkeri*

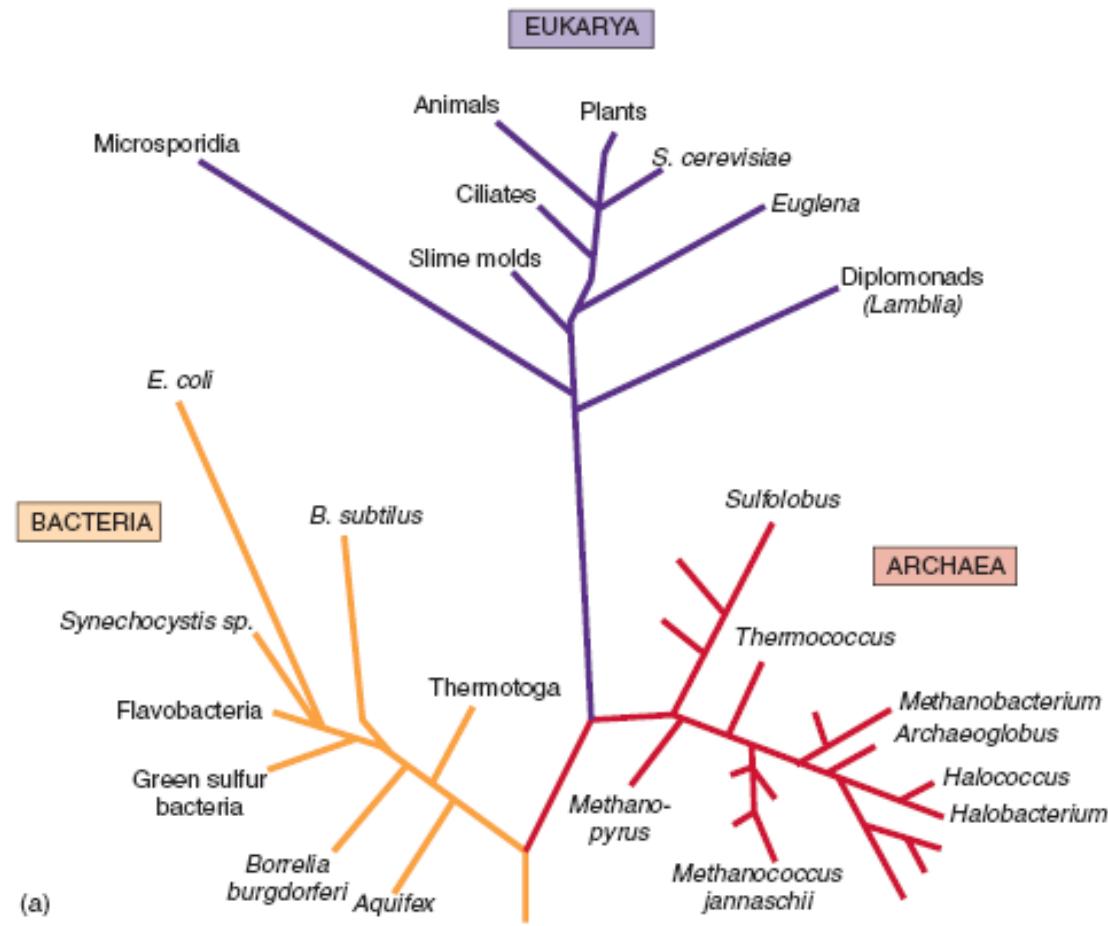


*Halobacteriu  
m halobium*

Las arqueas se caracterizan por vivir en condiciones extremas, como temperatura, pH , salinidad o falta de oxígeno.

- En una tercera rama, las arqueobacterias, perdieron la pared para evolucionar hacia la organización eucariótica.
- Su membrana flexible se plegó hacia el interior y formó compartimentos que aislan entre otras cosas el material genético diferenciando el núcleo y el resto de orgánulos endomembranosos y surgiría un citoesqueleto.
- Además podría incorporar partículas del exterior por endocitosis (fagocitosis).
- El procariota ancestral habría evolucionado así hasta un *eucariota ancestral* anaerobio y heterótrofo o fagocito primitivo, hace algo mas de 2000 m.a.



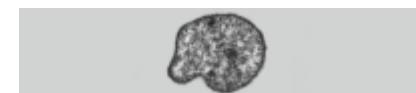


Three-domain system



Six-kingdom system





## Procariotas

## Eucariotas

### Bacteria

### Archaea

### Eukaria

#### Adaptaciones generales

Sencillez  
Rapidez y eficiencia metabólica  
Estrategia de la R

Sencillez  
Ambientes extremos

Complejidad  
Tamaño grande  
Estrategia de la K

#### Tamaño

Pequeñas  
Normalmente de 1 a 5 micras

Pequeñas  
Normalmente de 1 a 5 micras

Grandes  
Normalmente de 5 a 50 micras  
Entre 1.000 y 10.000 veces mayores que procariotastípicas

#### Material genético

ADN circular  
Sin nucleosomas: Sin histonas  
1 Cromosoma

ADN circular  
Con nucleosomas: Con proteínas semejantes a histonas  
1 Cromosoma

ADN lineal  
Con nucleosomas y estructuras superiores  
Ligado a histonas y otras proteínas  
Varios cromosomas

#### Membranas internas

Pocas o ninguna  
Sin membrana nuclear

Ninguna  
Sin membrana nuclear

Muchas membranas internas  
- Retículo endoplasmático  
- Golgi  
- Lisosomas  
- Vacuolas  
- Membrana nuclear

Formadas por fosfolípidos

Formadas por éteres de terpenos

Formadas por fosfolípidos

#### Pared celular

Casi siempre presente  
Formada por peptidoglucano y otros compuestos

Casi siempre presente  
No formada por peptidoglucano

Frecuente  
Formada por polisacáridos (celulosa, quitina...) y otras sustancias

#### Otros orgánulos

Ribosomas pequeños 70s

Ribosomas pequeños 70s (?)

Ribosomas grandes 80s  
Mitocondrias y Plastos  
Microtúbulos

#### Formas

No muy variadas  
- Cocos  
- Bacilos  
- Espirilos  
- Filamentos

No muy variadas  
- Cocos  
- Bacilos  
- Filamentos  
- Aplanadas

Muy variadas

#### Reproducción y Sexualidad

Reproducción asexual  
Pueden tener procesos parosexuales

Reproducción asexual  
Pueden tener procesos parosexuales

Reproducción sexual o asexual  
- Asexual: Mitosis  
- Sexula: Meiosis y fecundación

#### Metabolismo

Muy variado

Variado

Poco variado.  
Todos aerobios

## La endosimbiosis y la célula eucariótica heterótrofa

Esta prácticamente admitido que las células eucarióticas proceden de un proceso de endosimbiosis ocurrido hace unos 1500 m.a., (teoría endosimbiótica de Lynn Margulis) por el que los eucariotas ancestrales debieron fagocitar a procariotas aerobios mucho menores que en vez de ser digeridos establecieron una relación de simbiosis.

1. La eucariota ancestral encontró la forma de soportar el ambiente aerobio al beneficiarse de las reacciones del procariota que consumía oxígeno y liberaba energía (respiración aerobia).
2. El procariota encontró protección aislado del ambiente hostil exterior.

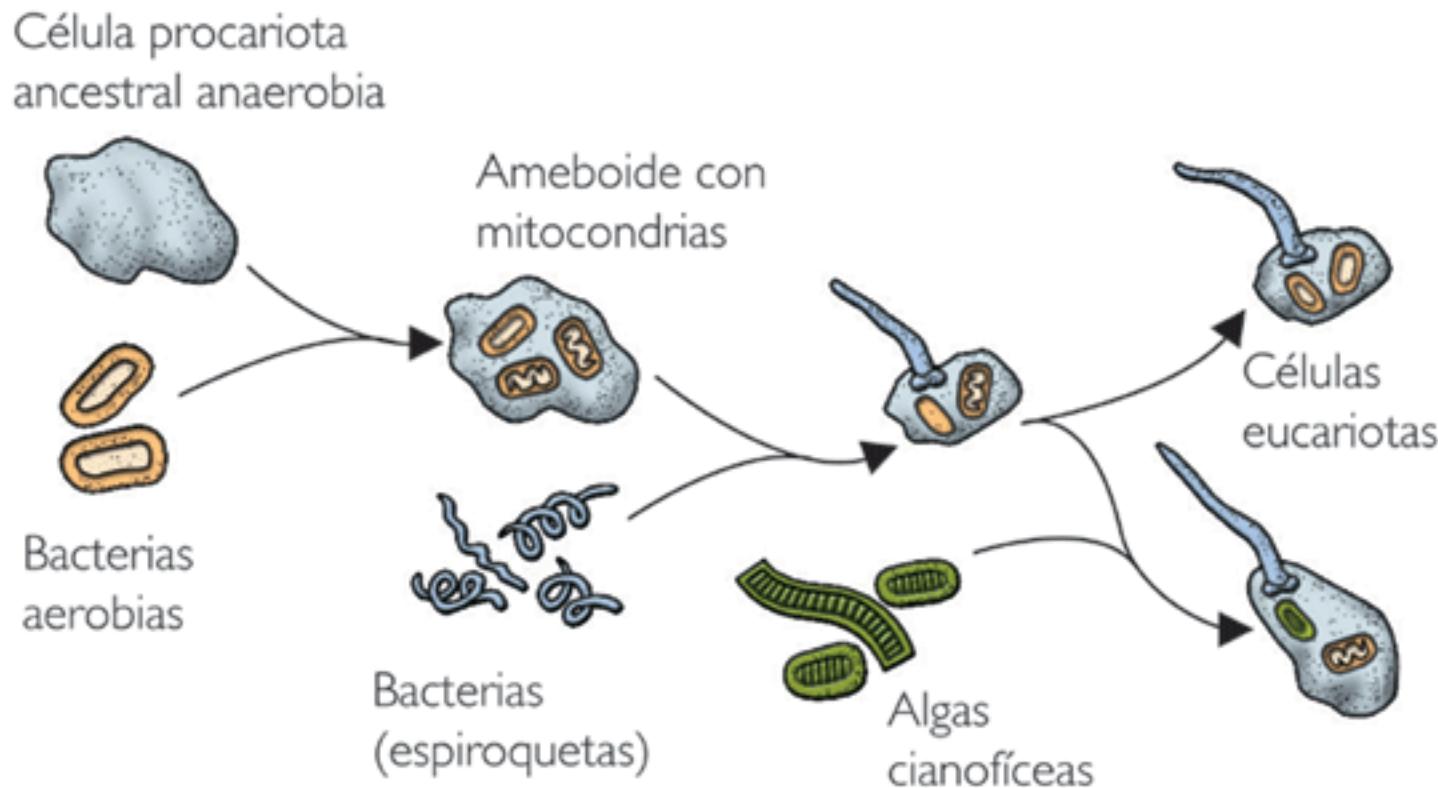
La relación debió llegar a ser tan intima que intercambiaron parte de material genético.

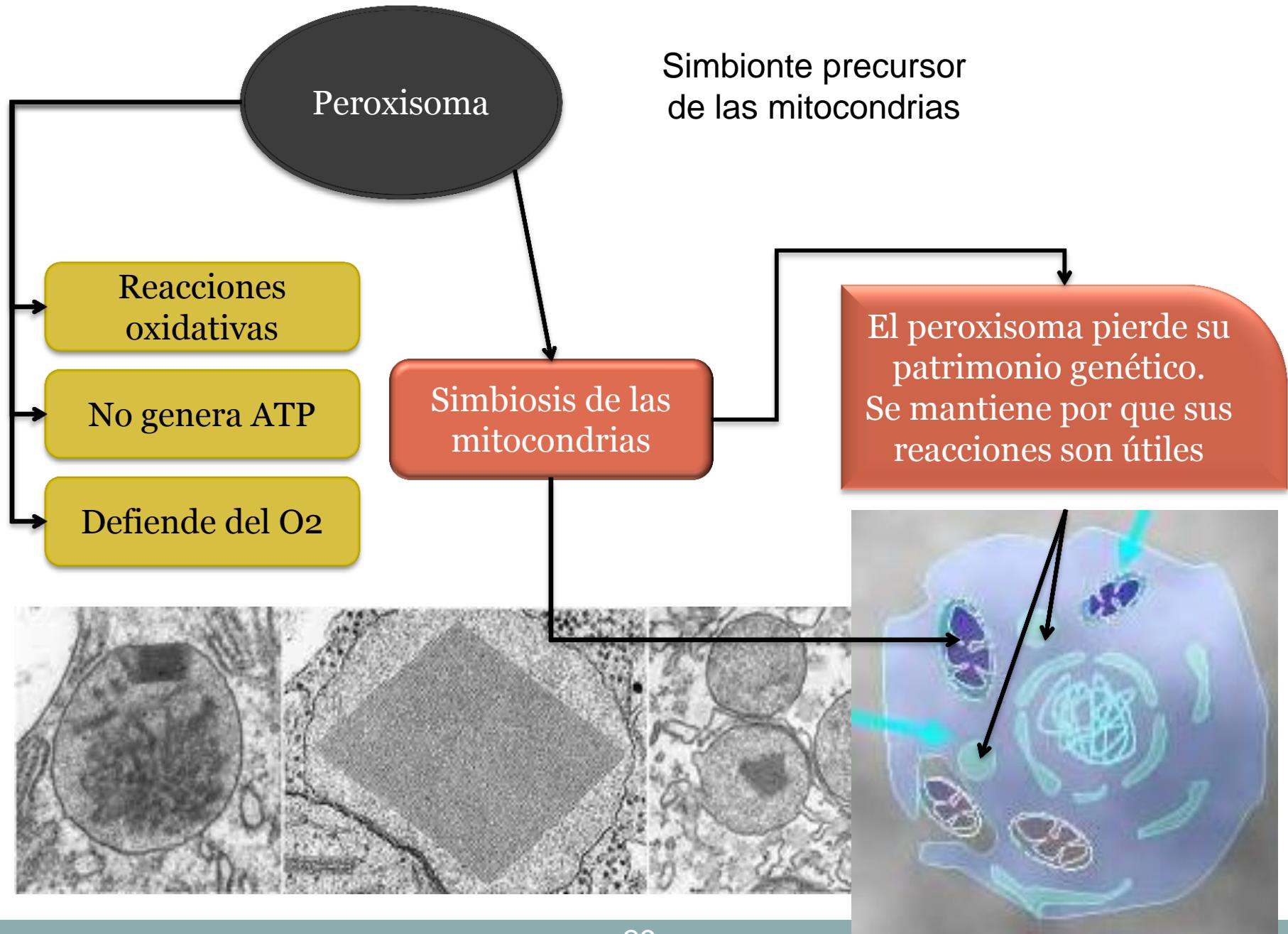
Estos procariotas han pasado a constituir las mitocondrias de las células eucariotas actuales salvándose quizá de este modo de la extinción.



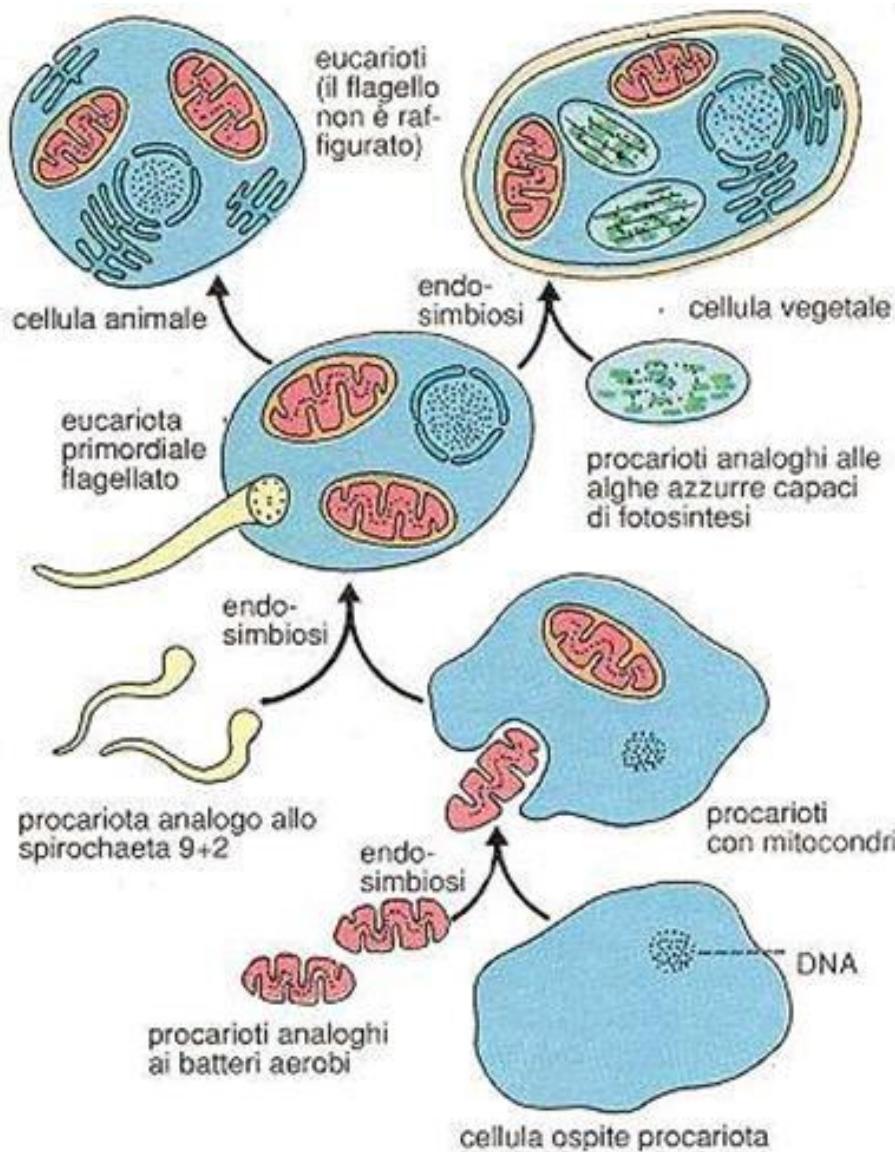
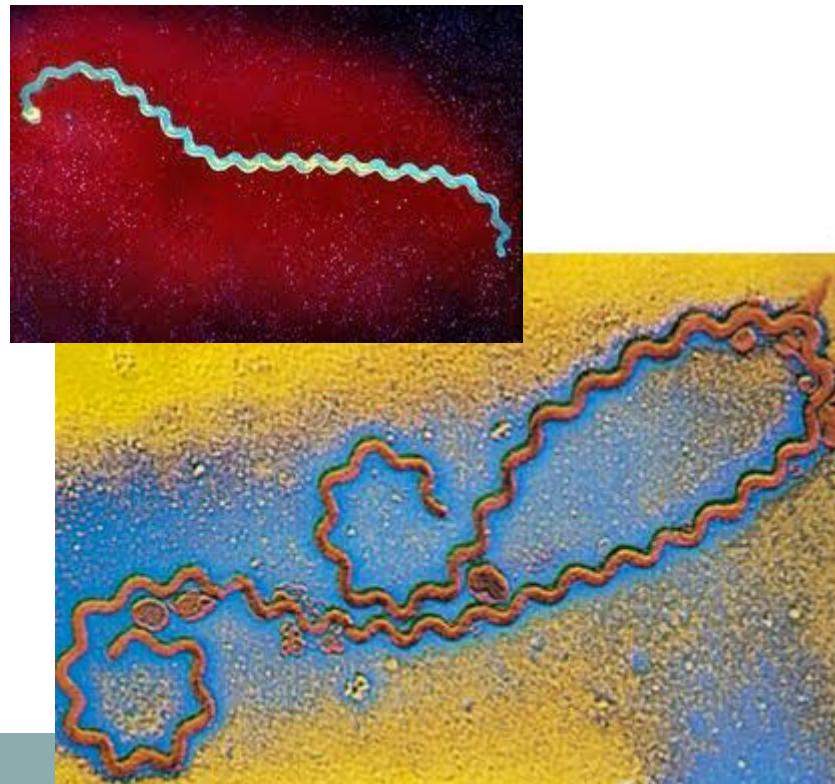
En algún momento el desarrollo de la endocitosis y la síntesis de enzimas hidrolíticas, haría cambiar la digestión extracelular a intracelular lo que debió suponer un gran avance hacia la explotación del entorno.

Este eucariota ancestral evolucionaría hacia las formas pluricelulares de los animales, hongos y algunos prototistas como los protozoos.





También hay autores que sugieren un proceso de simbiosis entre una célula primitiva y otra bacteria (tipo spiroqueta) para explicar la aparición de los flagelos.



## **La endosimbiosis y la célula eucariótica fotosintética:**

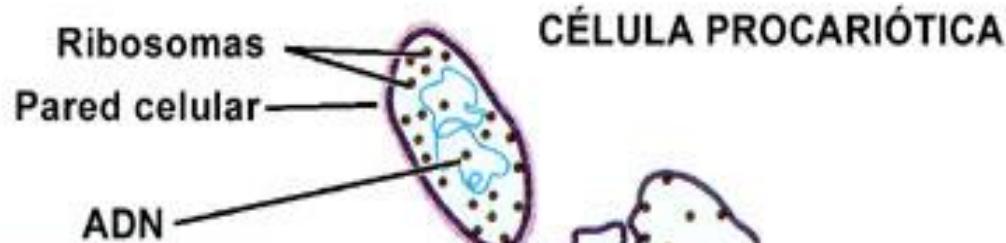
Algunas células eucarióticas debieron englobar a otro tipo de procariota, las cianobacterias primitivas, que pasaron a ser los cloroplastos actuales.

El beneficio mutuo de esta simbiosis es:

1. Las cianobacterias primitivas obtenían protección.
2. La célula eucariota obtenía materia orgánica y dejaba de depender de su obtención, bastándole con disponer de luz, agua, gases y algunos iones de sales minerales.

Así apareció la célula eucariótica fotosintética a partir de la cual evolucionaron varios grupos de Protocististas, como algas rojas, pardas y verdes, y de estas últimas las plantas.

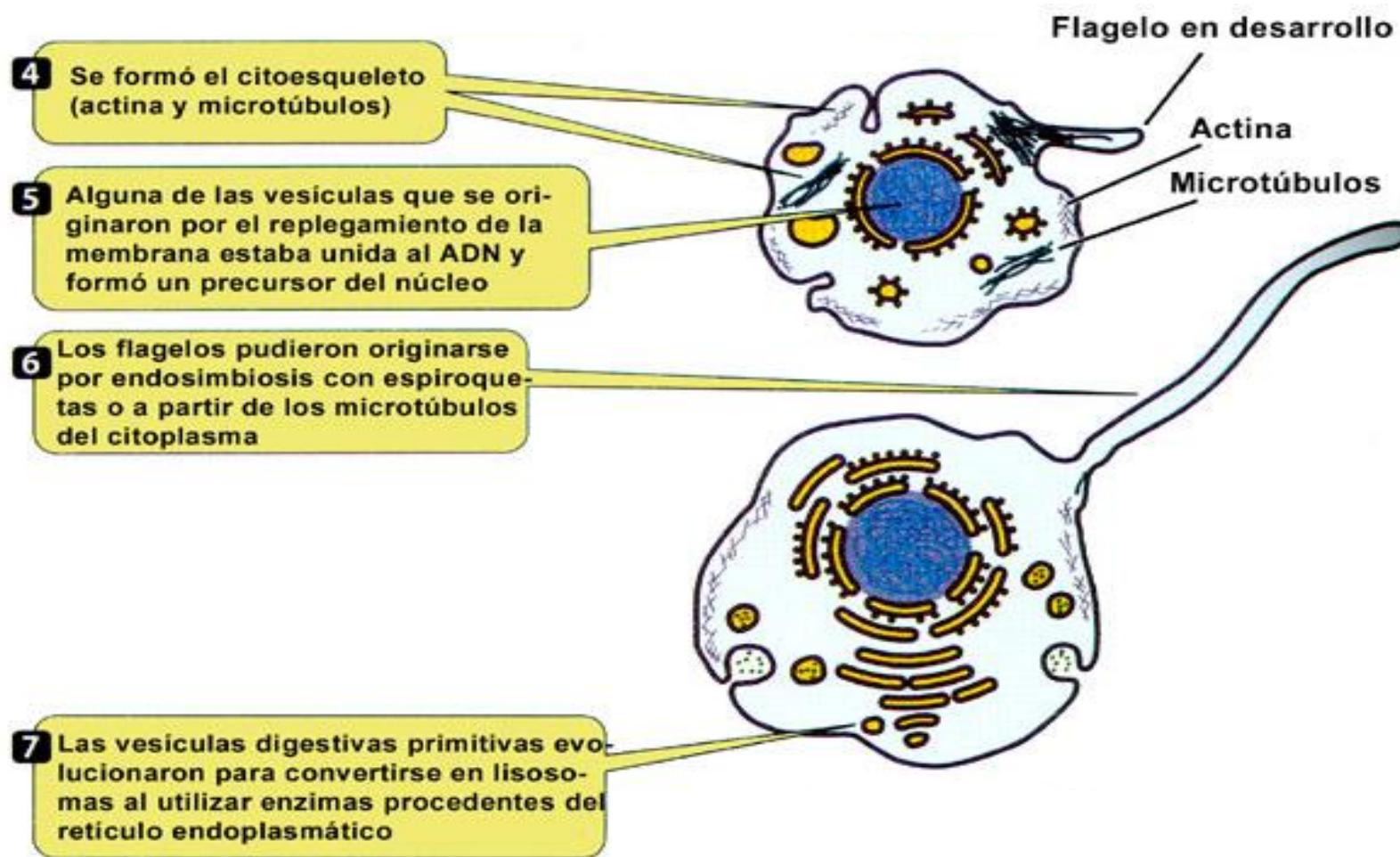




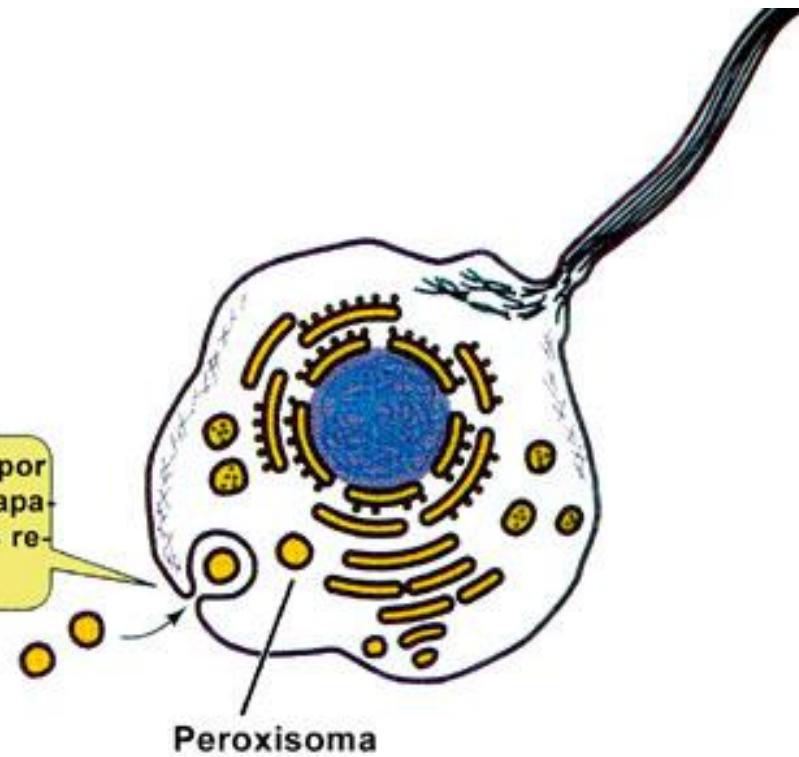
**1** El primer paso fue probablemente la pérdida de la pared celular

**2** El replegamiento de la membrana hacia el interior incrementó la superficie absorción de nutrientes

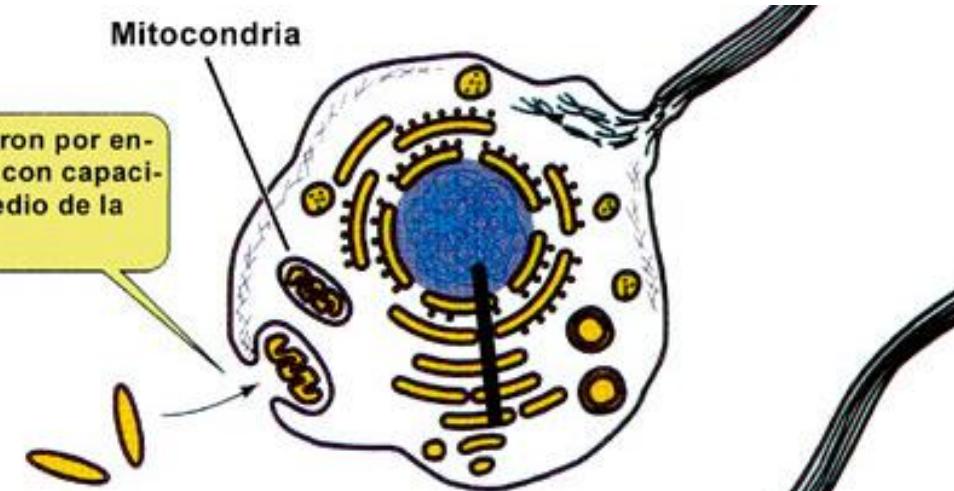
**3** Las membranas internas se cubrieron de ribosomas , algunas de ellas rodeando al ADN



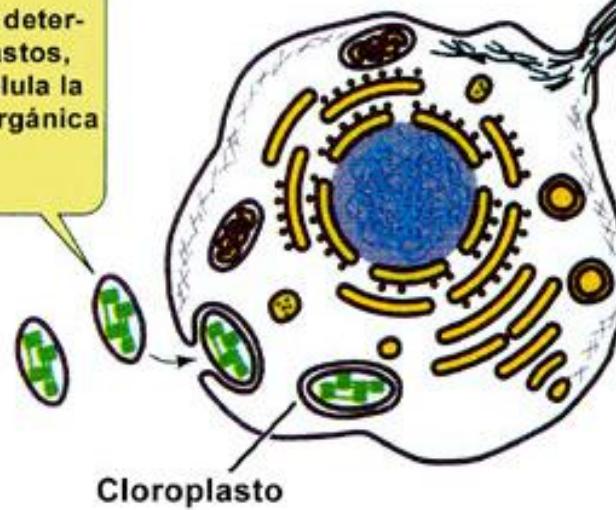
8 Los peroxisomas pudieron originarse por endocitosis de procariotas aerobios capaces de degradar los productos tóxicos resultantes de la acción del oxígeno



9 Las mitocondrias se formaron por endocitosis de un procariota con capacidad de generar ATP por medio de la respiración

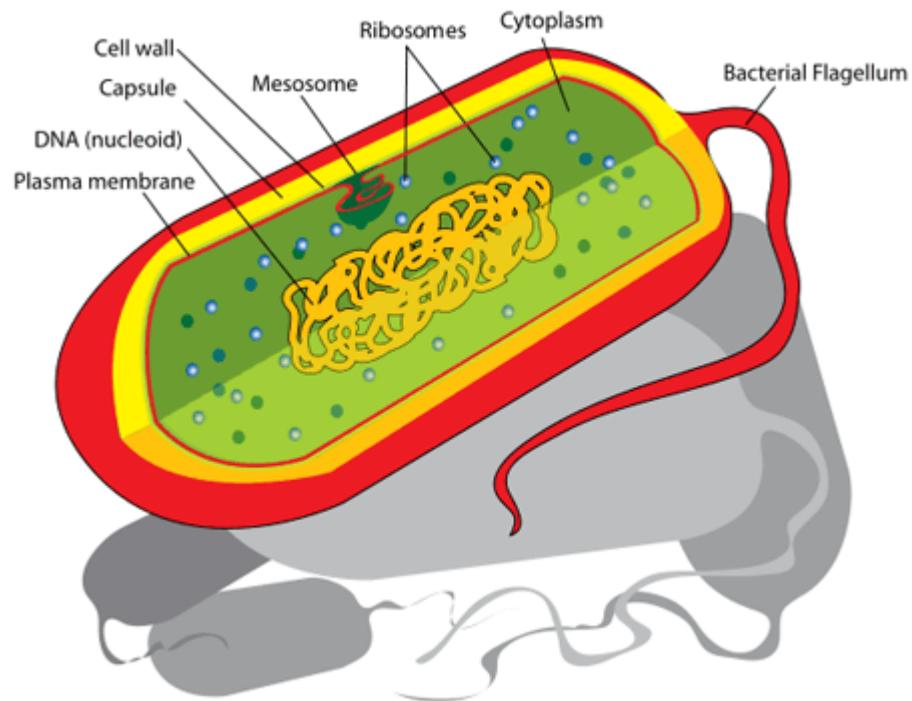


10 La endocitosis de cianobacterias determinó el desarrollo de los cloroplastos, los cuales proporcionaron a la célula la capacidad de sintetizar materia orgánica empleando la energía solar

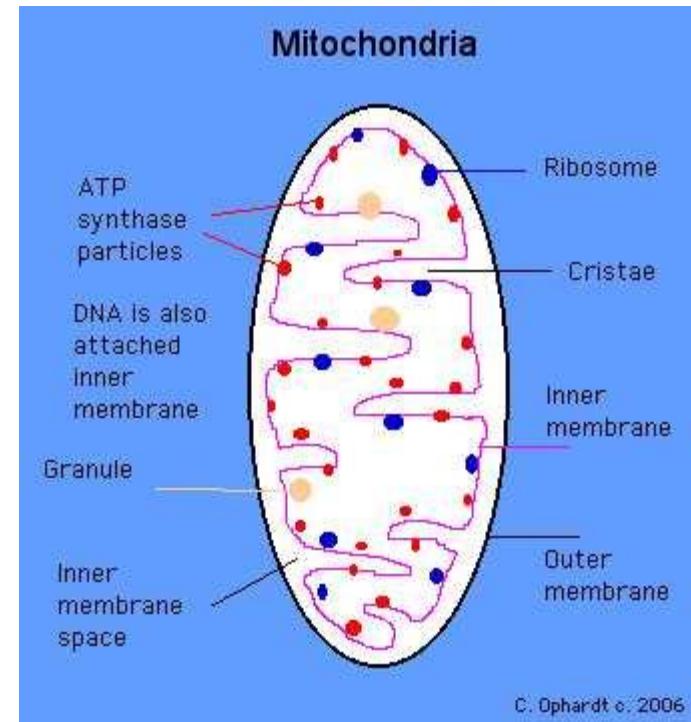
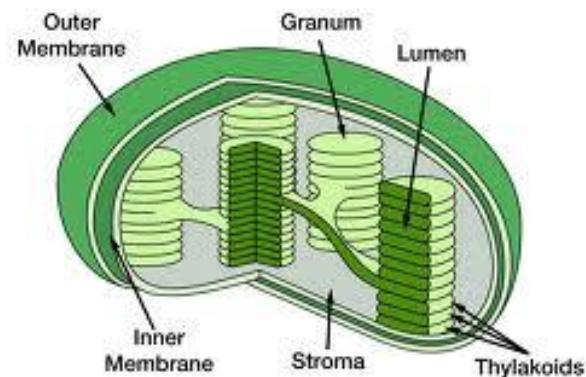


## Relación entre bacterias y cloroplastos-mitocondrias

- Tamaño y forma similar a algunas bacterias
- ADN circular desnudo y libre en un sistema coloidal (estroma-matriz-citoplasma)
- Ribosomas 70S
- El ADN puede replicarse y dirigir la síntesis de algunas proteínas propias.
- El ADN en las mitocondrias está unido a la membrana interna como en las bacterias.
- División por bipartición y segmentación.
- La membrana interna mitocondrial similar a los mesosomas de bacterias aerobias por su composición de lípidos y su función.
- La membrana tilacoidal equivalente a la de las cianobacterias
- La membrana externa de mitocondrias y plastos puede proceder de la membrana plasmática de la célula que los fagocitó.
- El análisis del ADN revela genes homólogos.
- Mitocondrias y cloroplastos son sensibles a los antibióticos.

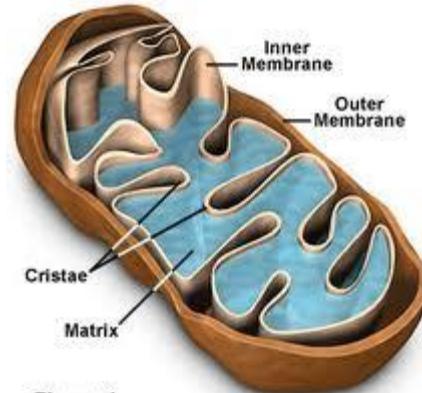


**Chloroplast**



C. Ophardt © 2006

**Mitochondria Structural Features**



**Figure 1**

<b>Pruebas contra la endosimbiosis</b>	<b>Argumentos contra las pruebas</b>
Presencia de intrones (propios de eucariotas) en el ADN de los orgánulos	transferencia entre el ADN nuclear y el ADN mitocondrial/cloroplástico.
No pueden sobrevivir fuera de la célula	Debido al nº de años transcurridos, gran parte de los genes se han suprimido.
La célula no puede sobrevivir sin ellos	Las células han desarrollado metabolismos que no podrían sustentarse solamente con las formas anteriores de síntesis y asimilación.

## FORMA Y TAMAÑO DE LAS CÉLULAS

### Forma celular.

Las células presentan una gran variabilidad de formas, e incluso algunas no presentan forma fija.

La forma de la célula está estrechamente relacionada con:

- La función que realizan
- Con la estirpe celular a la que pertenece.
- Si está libre o formando parte de un tejido.

Todo esto puede variar mucho según tengan o no una pared celular rígida, las tensiones de las uniones con otras células, fenómenos osmóticos y tipos de citoesqueleto interno.



## Tamaño celular.

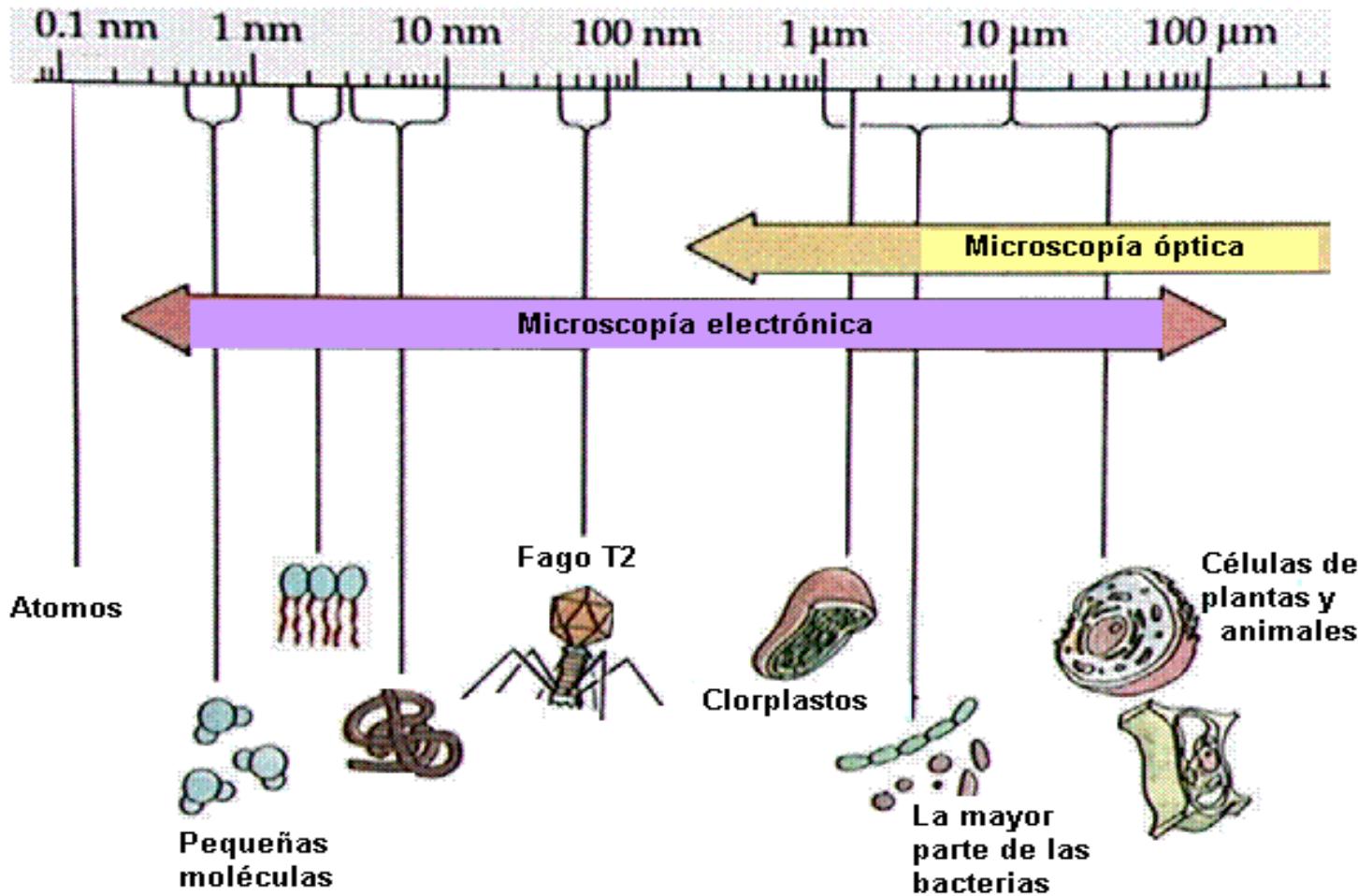
El tamaño de las células es extremadamente variable.

- Bacterias: entre 1 y 2  $\mu\text{m}$  de longitud
- La mayoría de las células humanas: entre 5 y 20  $\mu\text{m}$ .

Células por encima de estos valores son también frecuentes, en particular aquellas que poseen funciones especiales que precisan un tamaño elevado:

*Los espermatozoides humanos miden 53  $\mu\text{m}$  de longitud, los oocitos humanos miden unas 150 micras, los granos de polen de algunas plantas que alcanzan tamaños de 200 a 300 micras, algunas especies de paramecios que pueden llegar a medir más de 500  $\mu\text{m}$  (por lo que ya son visibles a simple vista), los oocitos de las aves (por ejemplo en el avestruz, 7 cm de diámetro).*

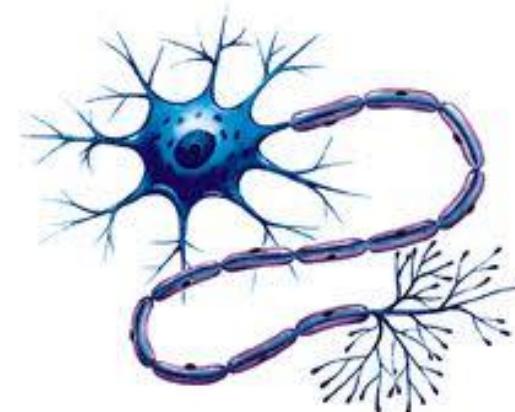
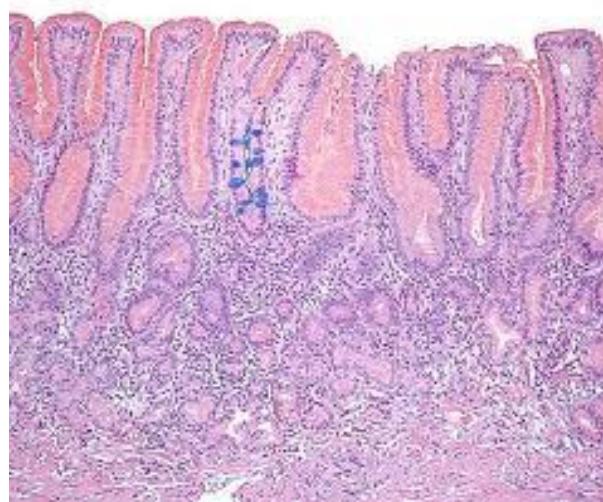
En cuanto a longitud, las prolongaciones axonales de las neuronas pueden alcanzar, en los grandes cetáceos, varios metros de longitud.



## Longevidad celular

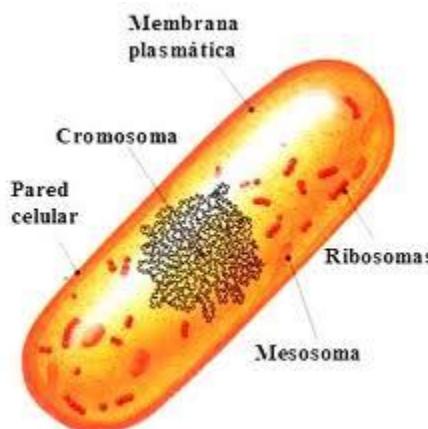
La duración de la vida de las células es muy variable. Hay células que solo duran 8 horas antes de dividirse (epitelio intestinal y pulmonar) y células que duran toda la vida del organismo, como las neuronas.

Durante la vida de la célula, los orgánulos se renuevan constantemente.



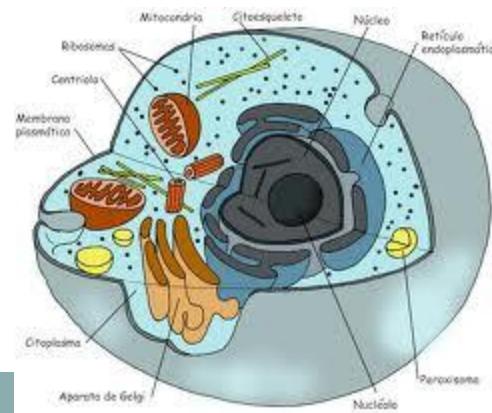
# Tipos celulares

## Procaríota

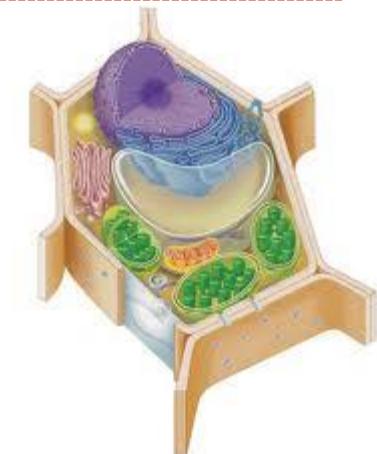


## Eucariota

### Animal



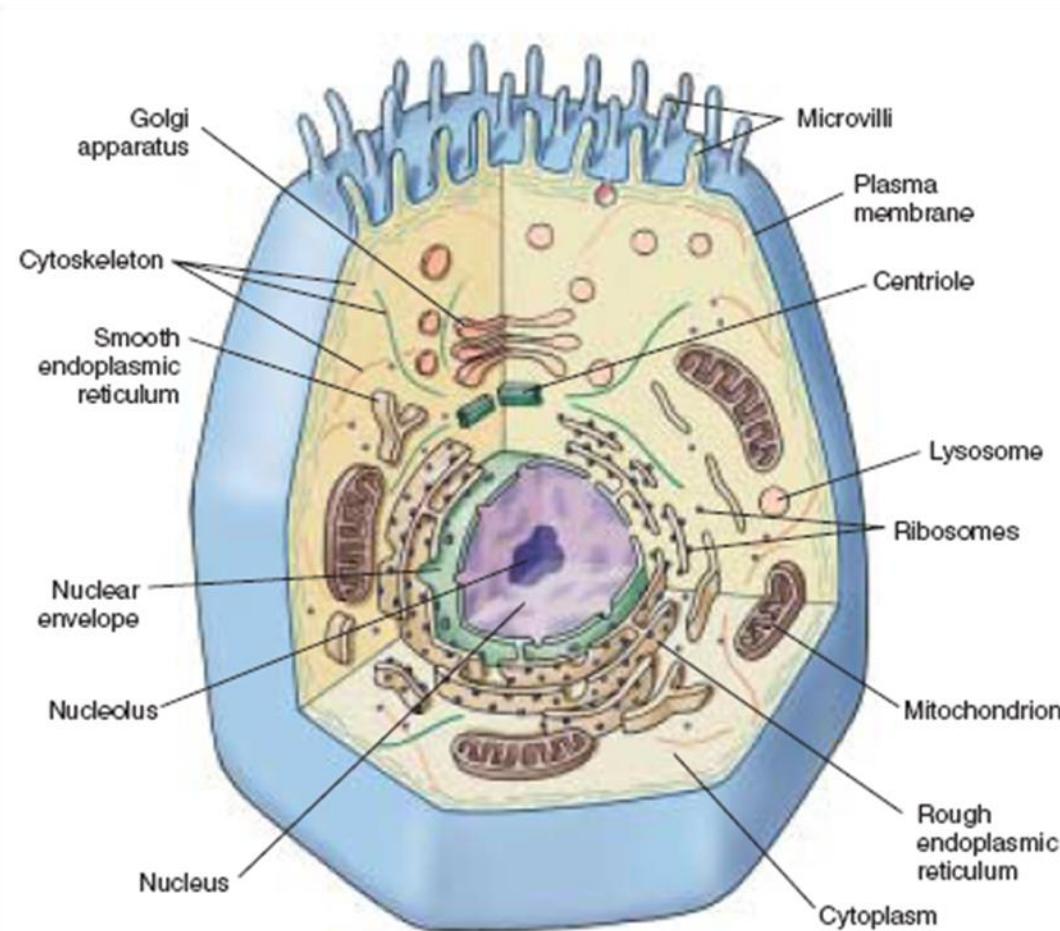
### Vegetal



# ESTRUCTURA DE LAS CÉLULAS

La estructura común a todas las células es:

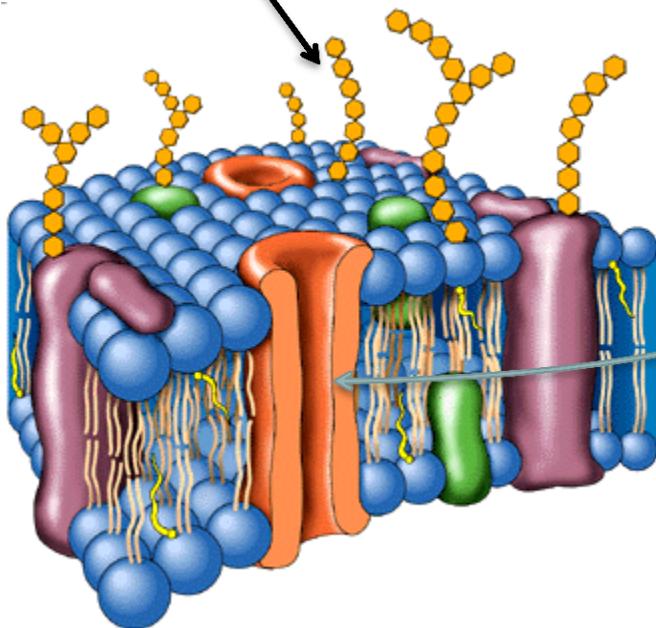
Membrana plasmática, citoplasma y el material genético o ADN.



(a)

## LA MEMBRANA PLASMÁTICA

- La envoltura celular consta siempre de una membrana plasmática, en cuya cara externa pueden aparecer el **glucocálix** o las paredes celulares



Doble capa lipídica con proteínas

Las proteínas permiten la entrada y salida de sustancias (y muchas otras funciones)

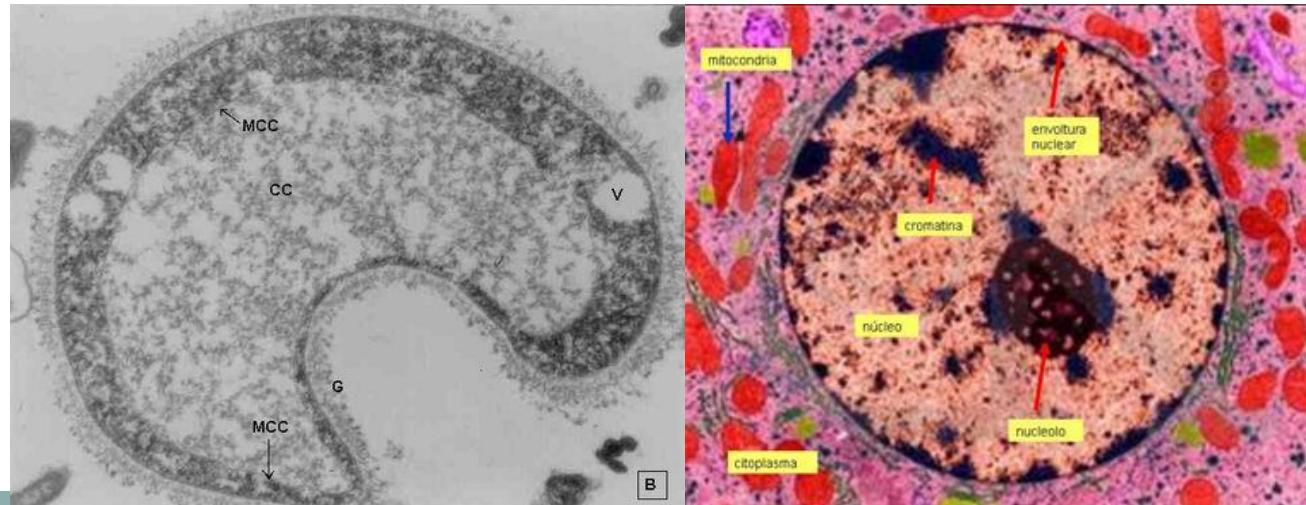
Los lípidos forman una barrera aislante entre el medio acuoso interno y el medio acuoso externo

El **citoplasma** consta de dos fracciones:

- Citosol o hialoplasma, formado por un complejo sistema coloidal
- Morfoplasma, formado por el conjunto de orgánulos celulares.

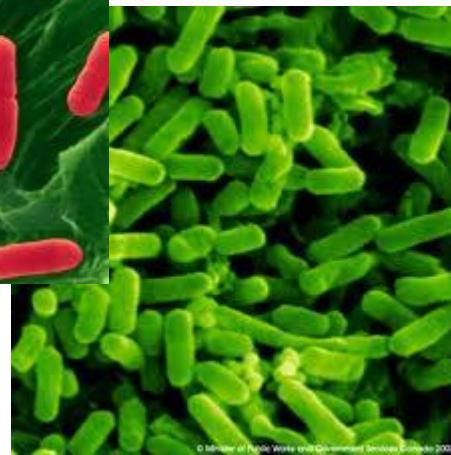
El **material genético** está constituido por una o varias moléculas de ADN. Según el tipo celular, distinguimos:

1. **Células eucariotas:** dentro de una doble membrana, denominada envoltura nuclear, formando el **núcleo**.
2. **Células procariotas:** sin envoltura, hay una sola fibra de ADN, en una región del citoplasma denominada **nucleoide**.



# Procariontas

## Eubacterias

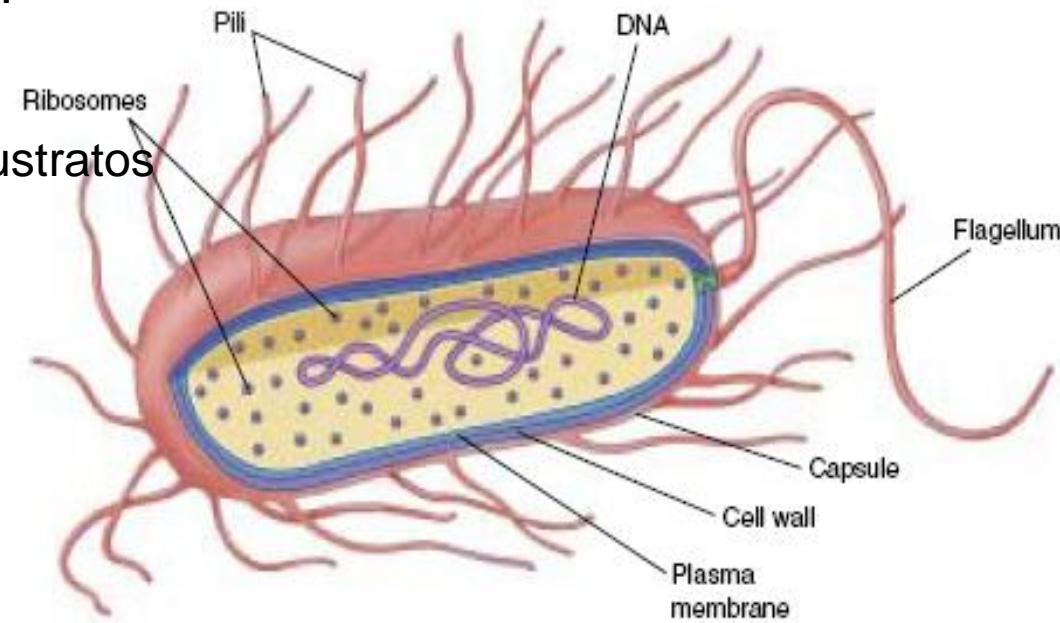


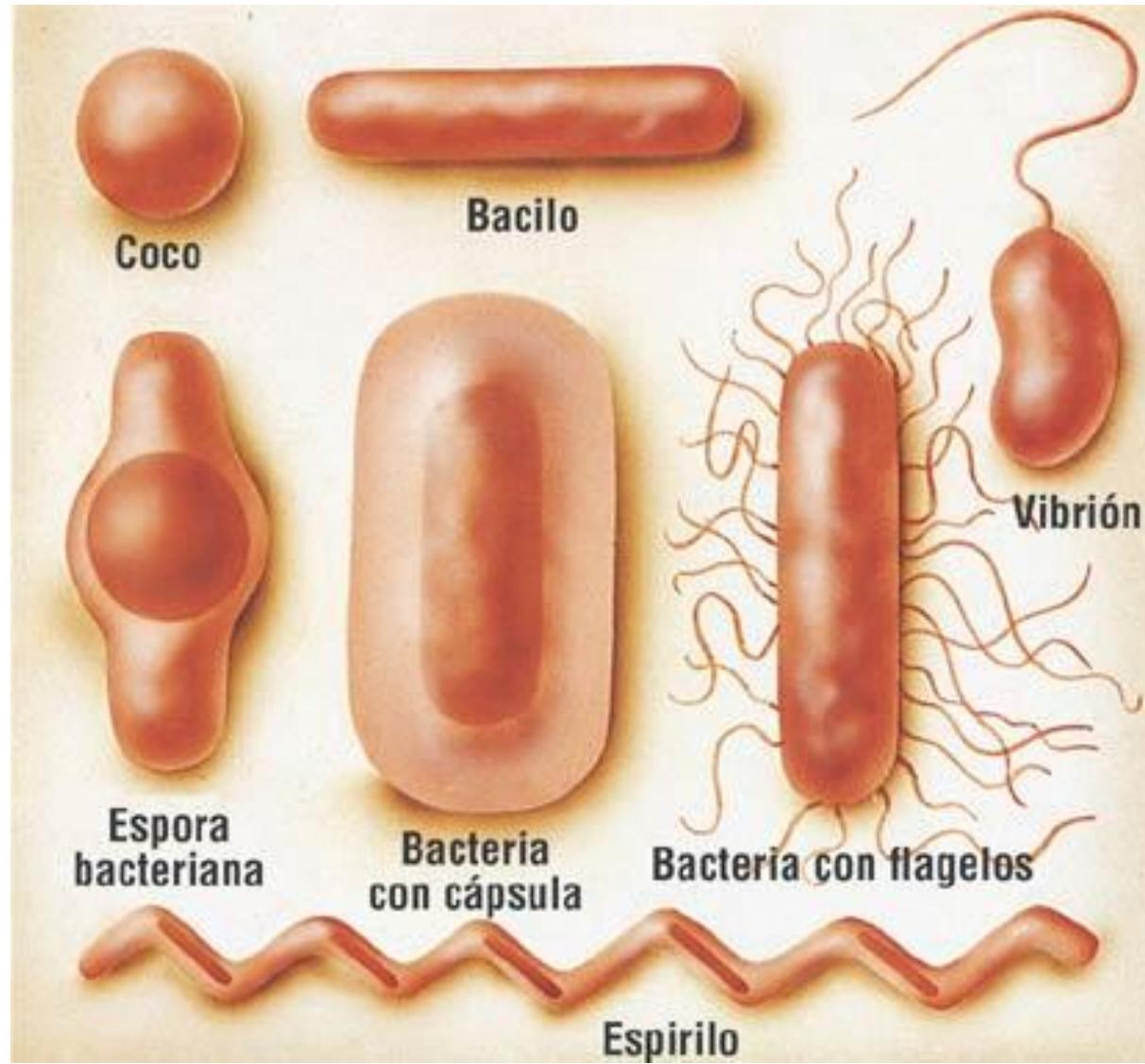
## Arqueobacterias

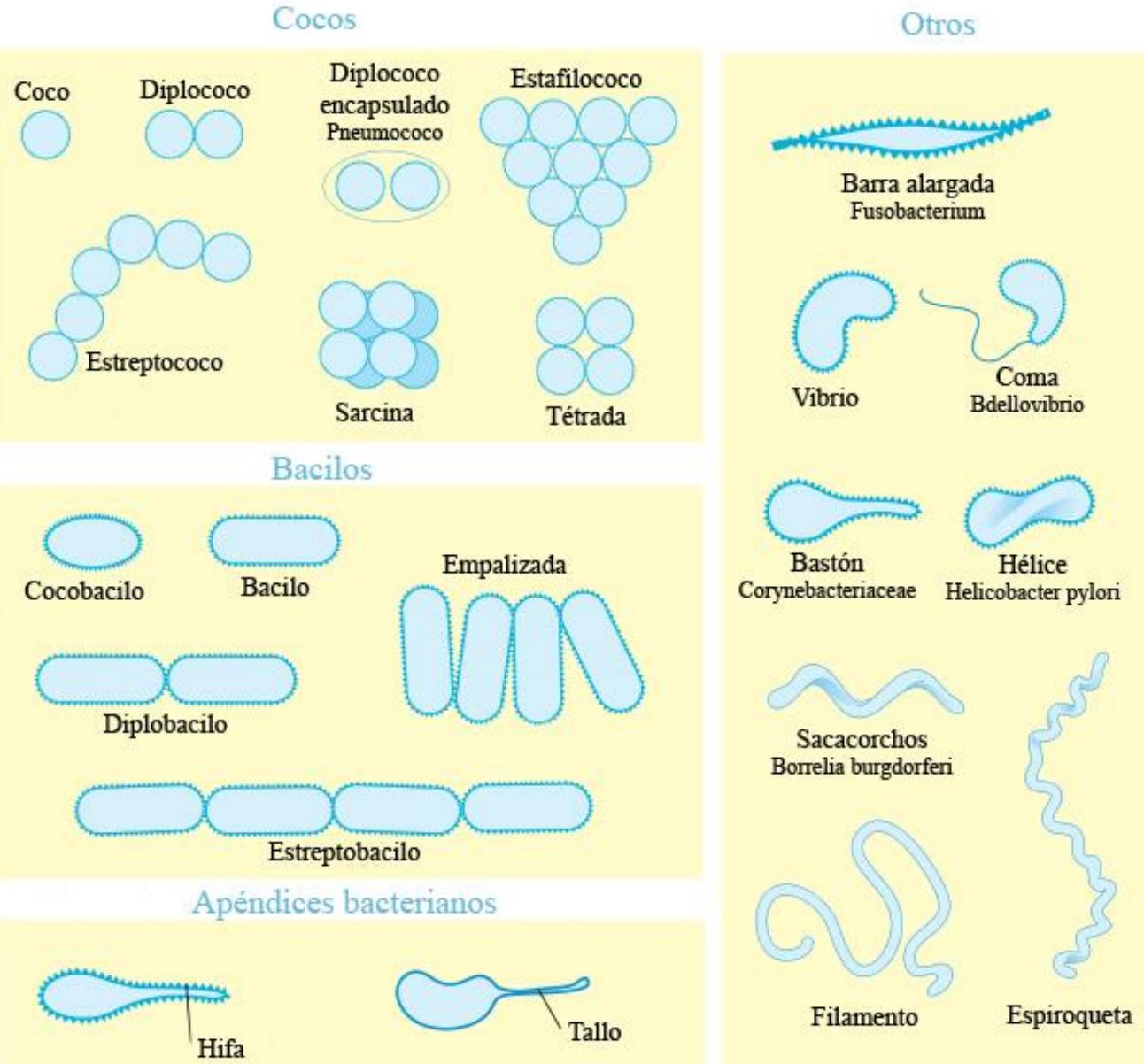


## LAS CÉLULAS PROCARIOTAS

- Presentan membrana plasmática, citoplasma y material genético.
- La membrana plasmática similar a la de las eucariotas.
- Además, disponen de pared celular, una cubierta gruesa y rígida por fuera de la membrana plasmática. Por encima de ella pueden tener una cápsula (vaina gelatinosa)
- Interiormente muy sencillas: sólo tienen ribosomas y **mesosomas**.
- El material genético está más o menos condensado en una región denominada nucleoide, no hay nucléolos ni membrana.
- Amplia diversidad morfológica.
- Pueden presentar flagelos
- Otras estructuras son:
  - Fimbrias: Adherencia a sustratos
  - Pilis: Intercambio de ADN







# LAS CÉLULAS EUCARIOTAS.

Presentan una **membrana plasmática** similar en todas, sólo difieren entre si en el tipo de proteínas asociadas a su cara externa, en relación con la función propia de cada tipo de célula.

Interiormente son muy complejas.

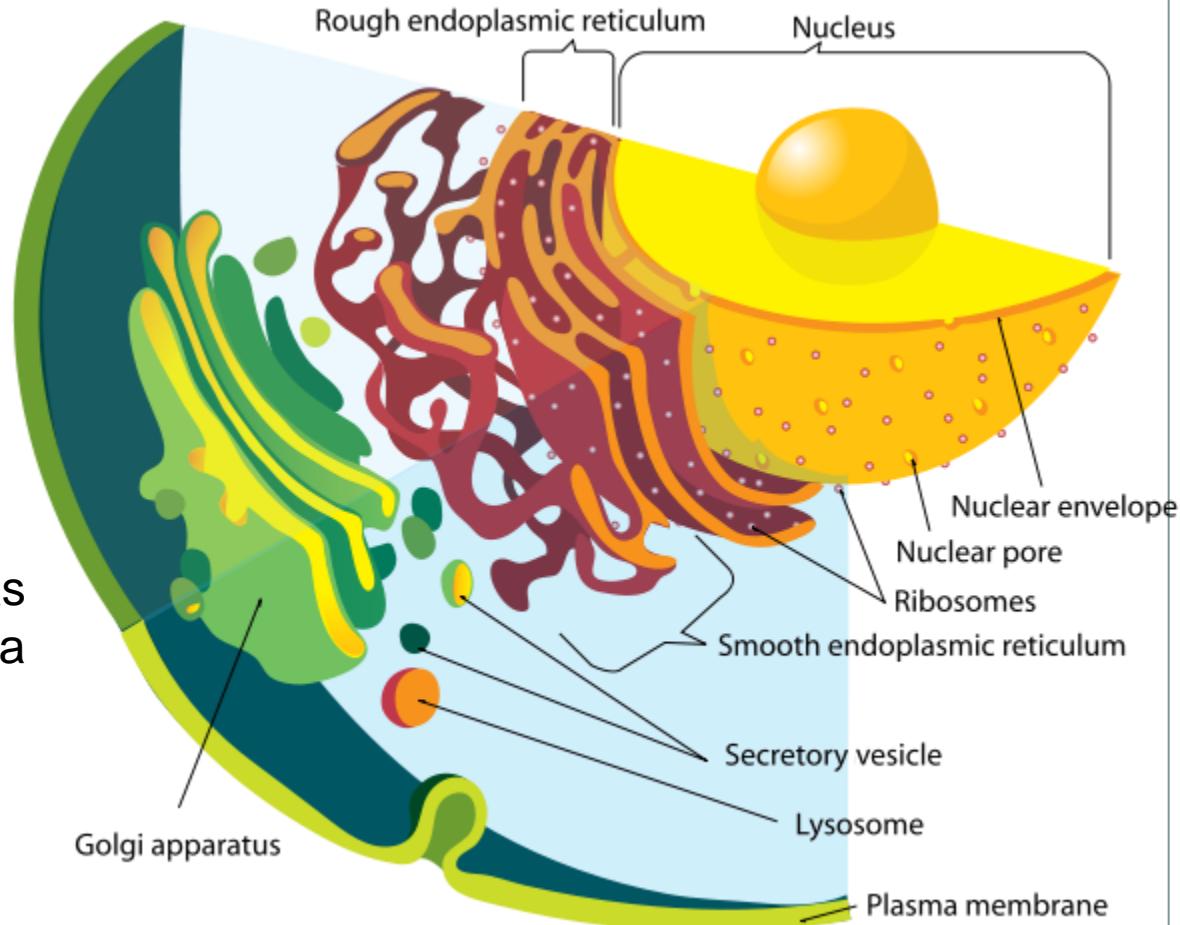
Utilizando microscopía y métodos de tinción se han podido observar, en la **matriz citoplasmática**, tres tipos de estructuras:

1. El sistema endomembranoso.
2. Los orgánulos transductores de energía.
3. Las estructuras carentes de membrana.



## EL SISTEMA ENDOMEMBRANOSO

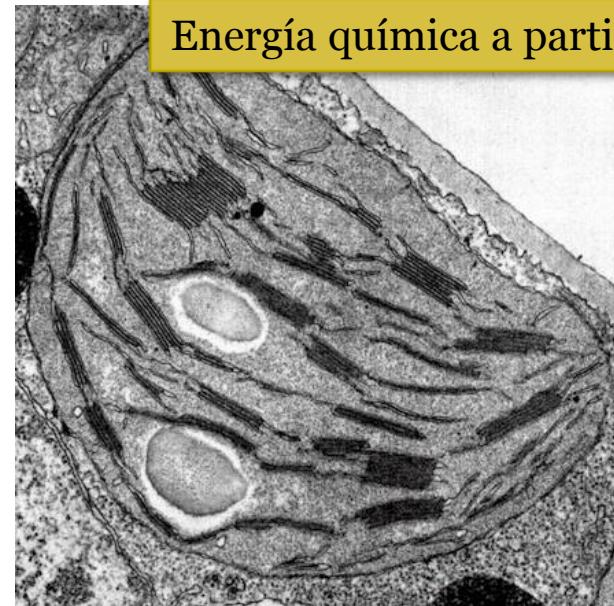
Es el conjunto de estructuras membranosas intercomunicadas y de las vesículas aisladas derivadas de ellas, que pueden ocupar la casi totalidad del citoplasma.



Cada tipo de estructuras membranosas desempeña una función distinta.

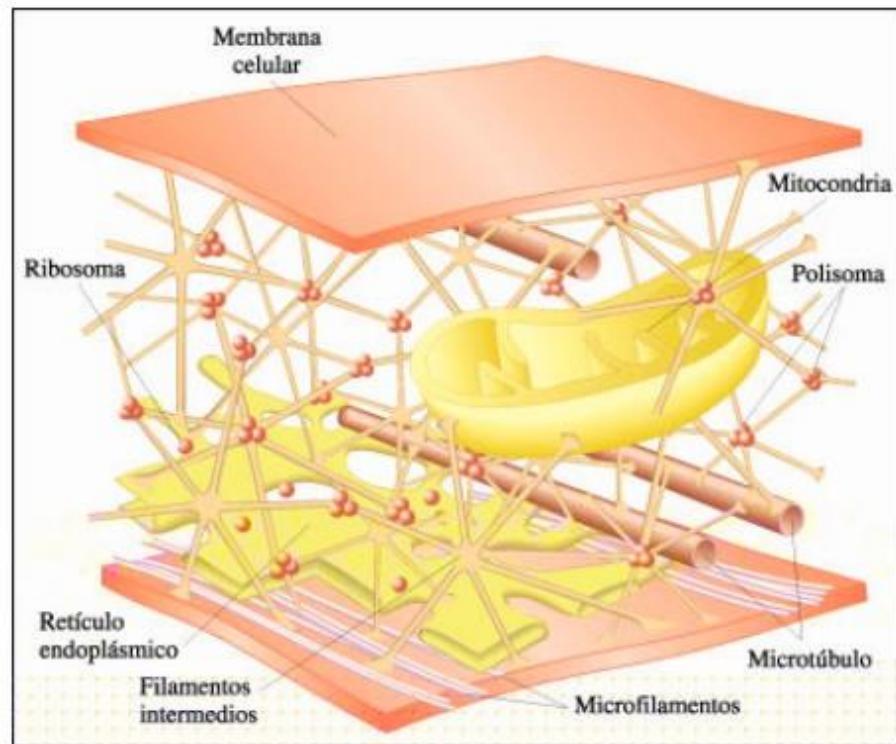
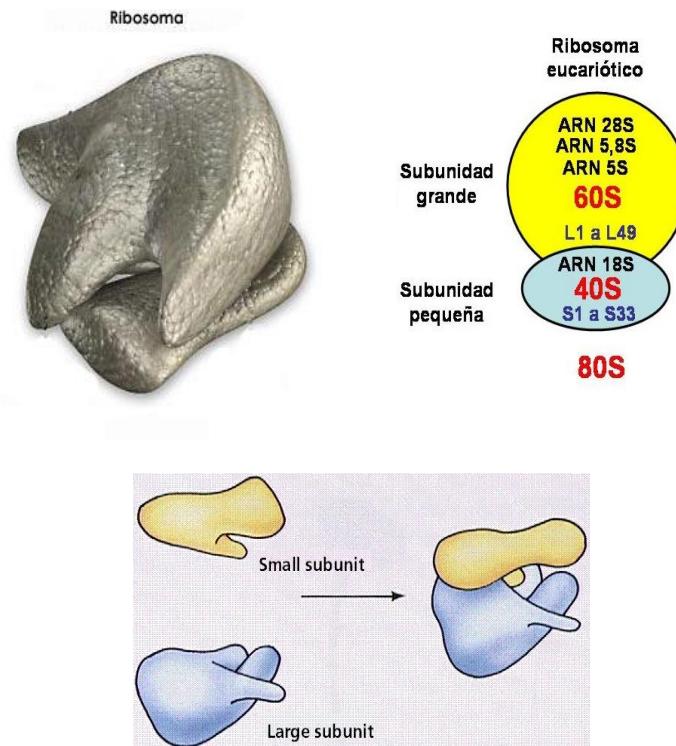
# LOS ORGÁNULOS TRANSDUCTORES DE ENERGÍA

1. Son las mitocondrias y los cloroplastos.
2. Son orgánulos que poseen una doble membrana.
3. Su función es la producción de energía.



## LAS ESTRUCTURAS CARENTES DE MEMBRANA

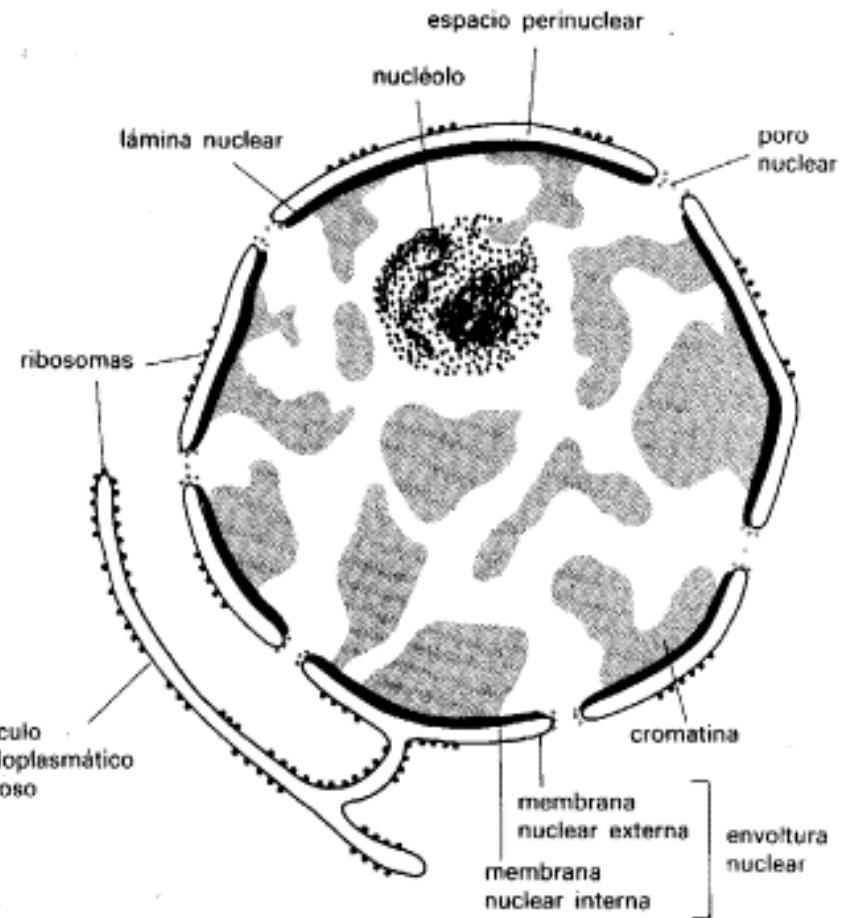
Se encuentran en el citoplasma. Son los ribosomas, los centríolos, y los microtúbulos y microfilamentos que forman el citoesqueleto.



## EL NÚCLEO

Es una cubierta membranosa doble, la envoltura nuclear, que presenta abundantes poros, por lo que sólo separa parcialmente su medio interno, el nucleoplasma, del citoplasma.

En el nucleoplasma se distinguen la cromatina y uno o mas nucléolos.



# LAS CÉLULAS VEGETALES

Diferencias con las células animales

Tienen

No tienen

Pared Celular

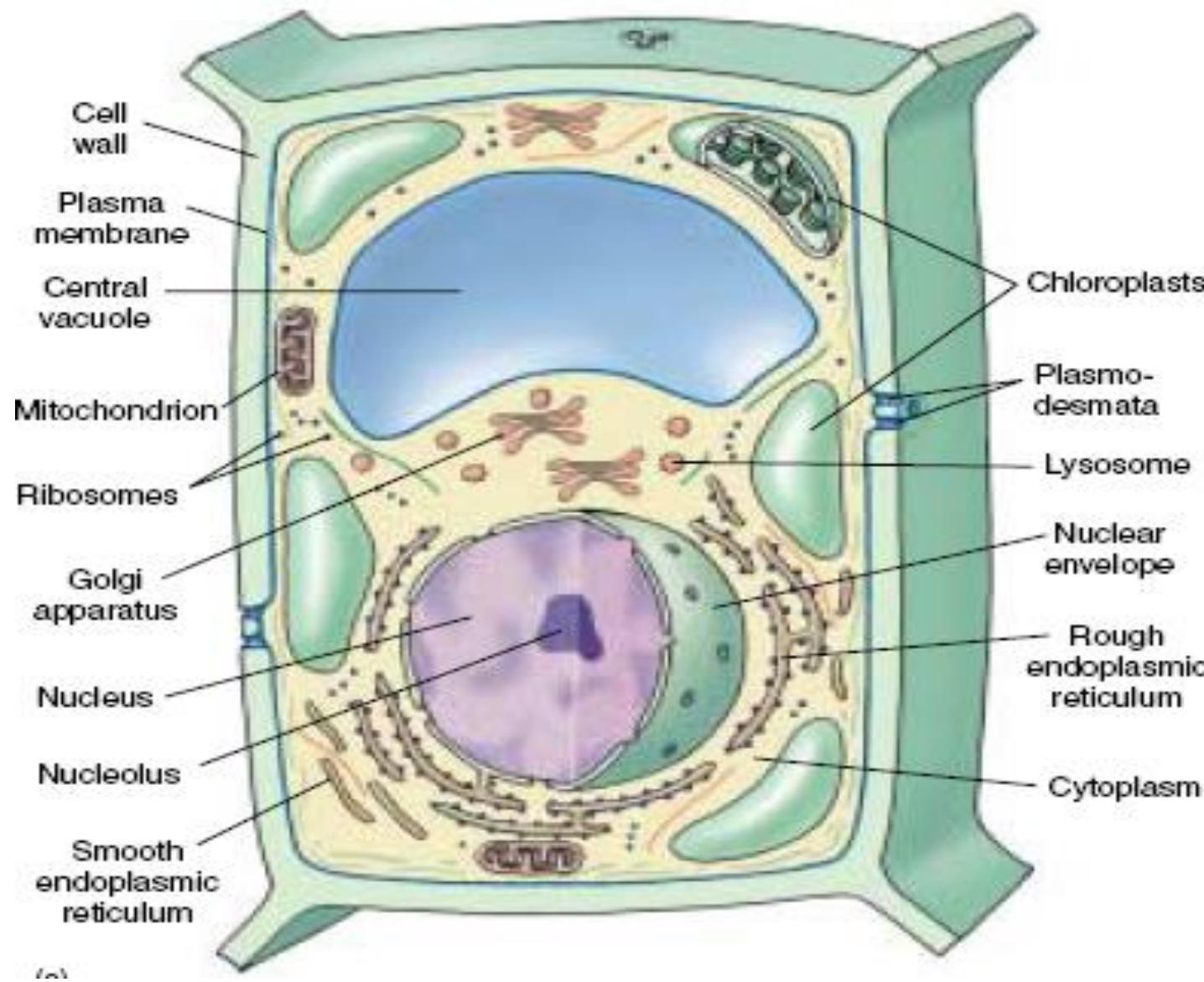
Centriolos

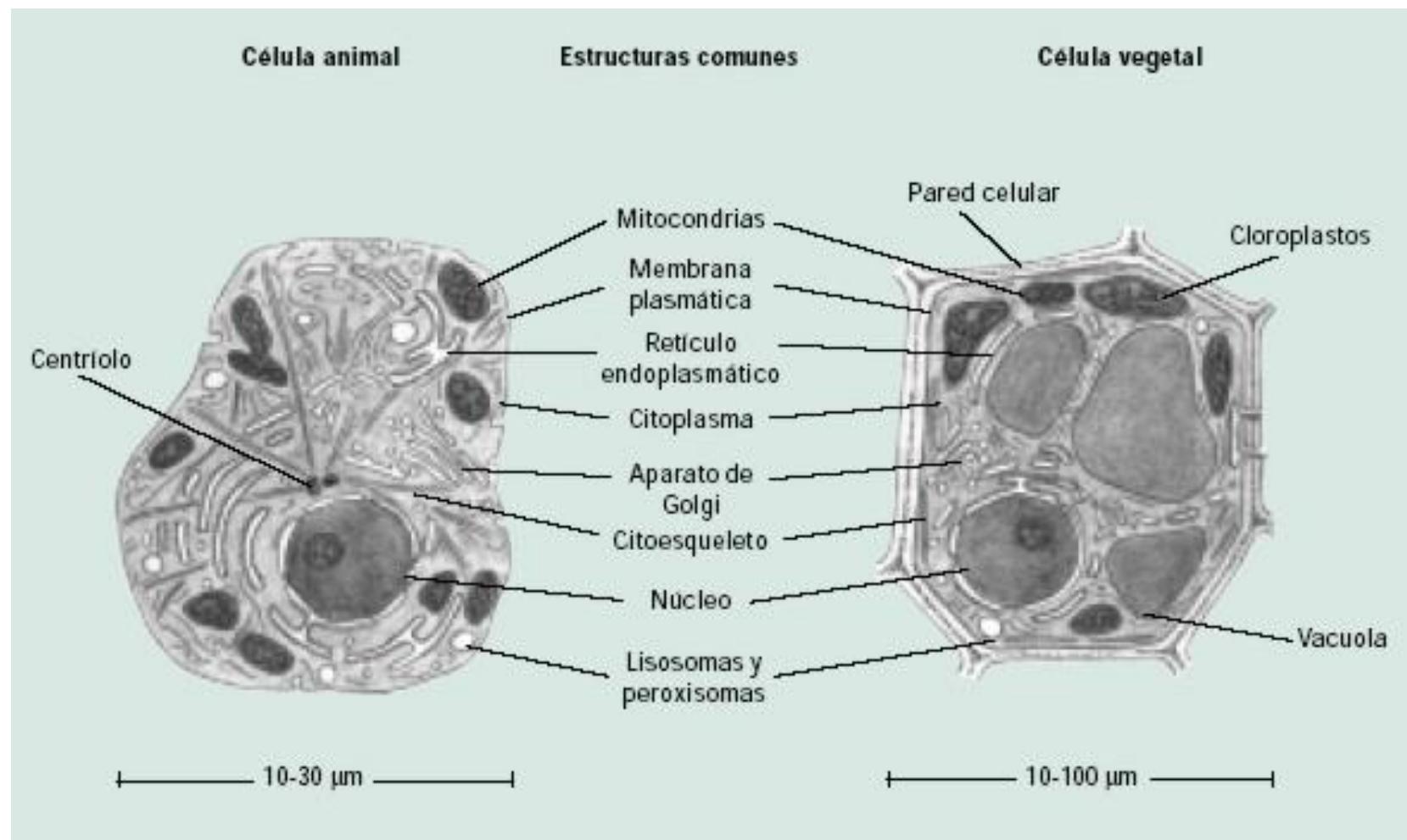
Plastos

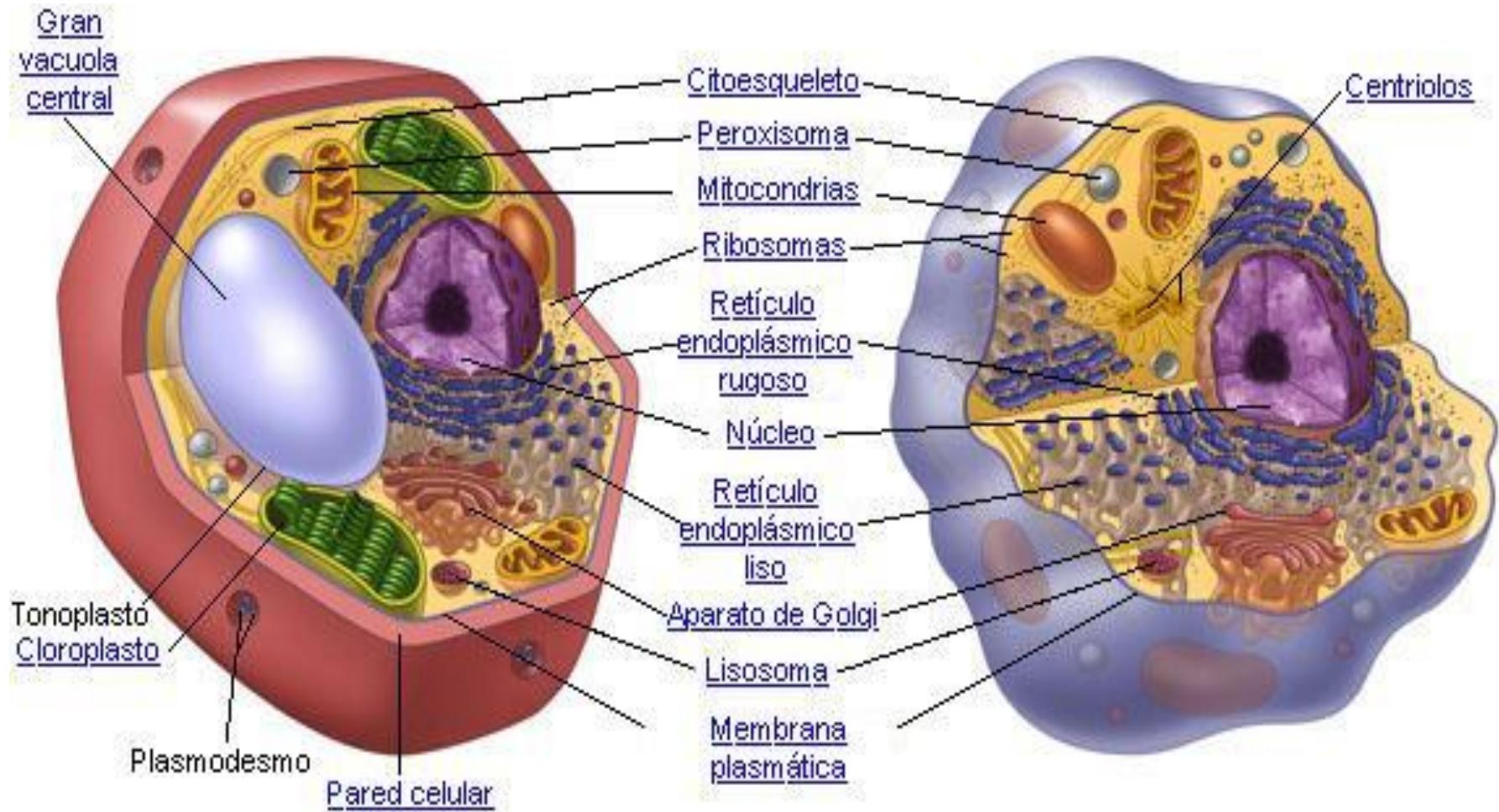
Lisosomas ??

Vacuolas

Forma poliédrica







CÉLULAS PROCARIOTAS	CÉLULAS EUKARIOTAS
Miden entre 1 y 5 µm	Son más grandes. Muchas miden entre 20 y 50 µm, la yema del huevo de gallina 2 cm, algunas neuronas más de 1 metro.
Tienen pocas formas esféricas (cocos), de bastón (bacilos), de coma ortográfica (vibriones), o de espiral (espirilos). Siempre son unicelulares, aunque pueden formar colonias	Tienen formas muy variadas. Pueden constituir organismos unicelulares o pluricelulares. En éstos hay células muy especializadas y, por ello, con formas muy diferentes.
Membrana de secreción gruesa y constituida de mureína. Algunas poseen además una cápsula mucosa que favorece que las células hijas se mantengan unidas formando colonias.	Las células vegetales tienen una pared gruesa de celulosa. Las células animales pueden presentar una membrana de secreción, denominada matriz extracelular, o carecer de ella.
Los orgánulos membranosos son los mesosomas. Las cianobacterias presentan, además, los tilacoides. Las membranas no poseen colesterol.	Los orgánulos membranosos son el retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas, lisosomas, mitocondrias, cloroplastos (sólo en algunas células) y peroxisomas.
Las estructuras no membranosas son los ribosomas, de 70 S. Algunas presentan vesículas de paredes proteicas (vesículas de gas, carboxisomas y clorosomas).	Las estructuras no membranosas son los ribosomas de 80 S, citoesqueleto y, en las animales, además centriolos.

CÉLULAS PROCARIOTAS	CÉLULAS EUCA RIOTAS
No tienen núcleo. El ADN está condensado en una región del citoplasma denominada nucleoide. No se distinguen nucléolos.	Sí tienen núcleo y dentro de él uno o más nucléolos.
El ADN es una sola molécula circular de doble hélice que aunque puede estar asociada a proteínas, no forma nucleosomas. Este ADN equivale a un único cromosoma. Además presentan plásmidos, pequeños ADN circulares de doble hebra. El ARNm no presenta maduración. La transcripción y la traducción se realizan en el mismo lugar.	El ADN es lineal y de doble hélice y está asociado a histonas formando nucleosomas. Cada fibra de ADN forma un cromosoma. Además hay ADN circular de doble hebra en los cloroplastos y en las mitocondrias. El preARNm experimenta maduración. La transcripción se realiza en el núcleo y la traducción en el citoplasma.
No hay mitosis. El citoplasma se divide por bipartición. La reproducción es de tipo asexual. Puede haber fenómenos de parosexualidad (intercambio de material genético).	El núcleo se divide por mitosis o por meiosis. El citoplasma se divide por bipartición, esporulación, gemación o pluripartición. La meiosis, que genera gametos o meiosporas, permite la reproducción sexual.

CÉLULAS PROCARIOTAS	CÉLULAS EUCA RIOTAS
El catabolismo puede ser por fermentación, por respiración aeróbica o por respiración anaeróbica. Se realiza en los mesosomas.	El catabolismo siempre es por respiración aeróbica. Se realiza en las mitocondrias. Sólo ocasionalmente puede haber fermentación.
La fotosíntesis se da en algunas bacterias, es anoxigénica y se realiza en los mesosomas. En las cianobacterias es oxigénica y se da en los tilacoides.	La fotosíntesis sólo se da en algunas células vegetales, siempre es oxigénica, y se realiza en los cloroplastos de las células vegetales.
No realizan fagocitosis, ni pinocitosis, ni digestión intracelular, ni presentan comentes citoplasmáticas.	Presentan corrientes citoplasmáticas y digestión intracelular de sustancias externas o internas. Muchos tipos de células animales presentan además fagocitosis y pinocitosis.
Algunas bacterias obtienen la energía a partir de la oxidación de compuestos inorgánicos (quimiosíntesis).	No realizan quimiosíntesis.

# El núcleo

## Características generales

Definición

Importancia biológica

Estructura

## Membrana nuclear

Membrana interna y externa.

Lámina nuclear

Poro nuclear

Función biológica

## Componentes internos

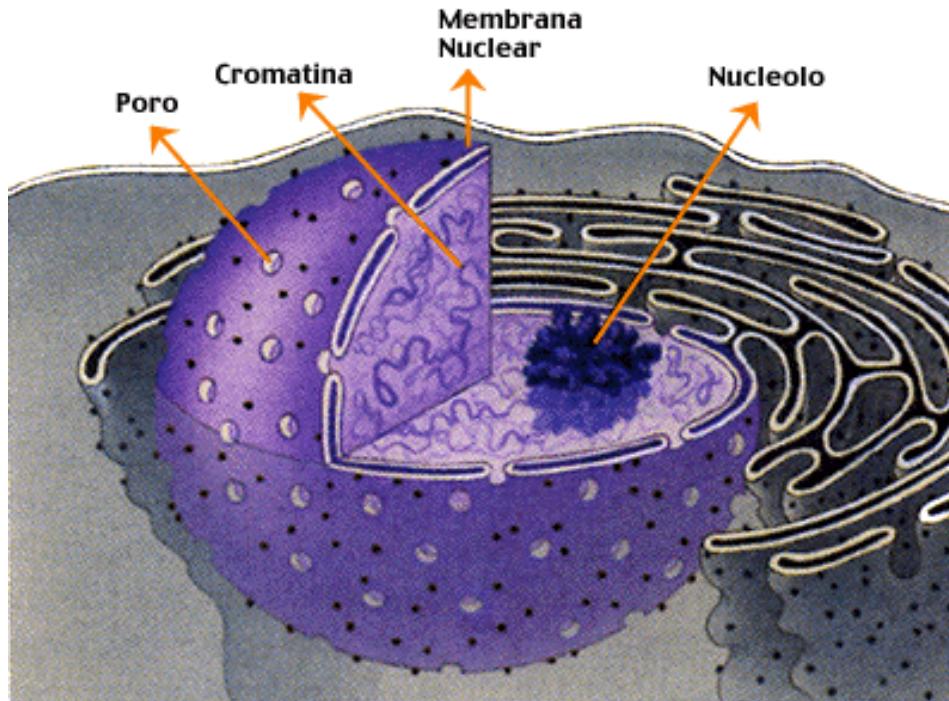
Cromatina

Nucleoplasma

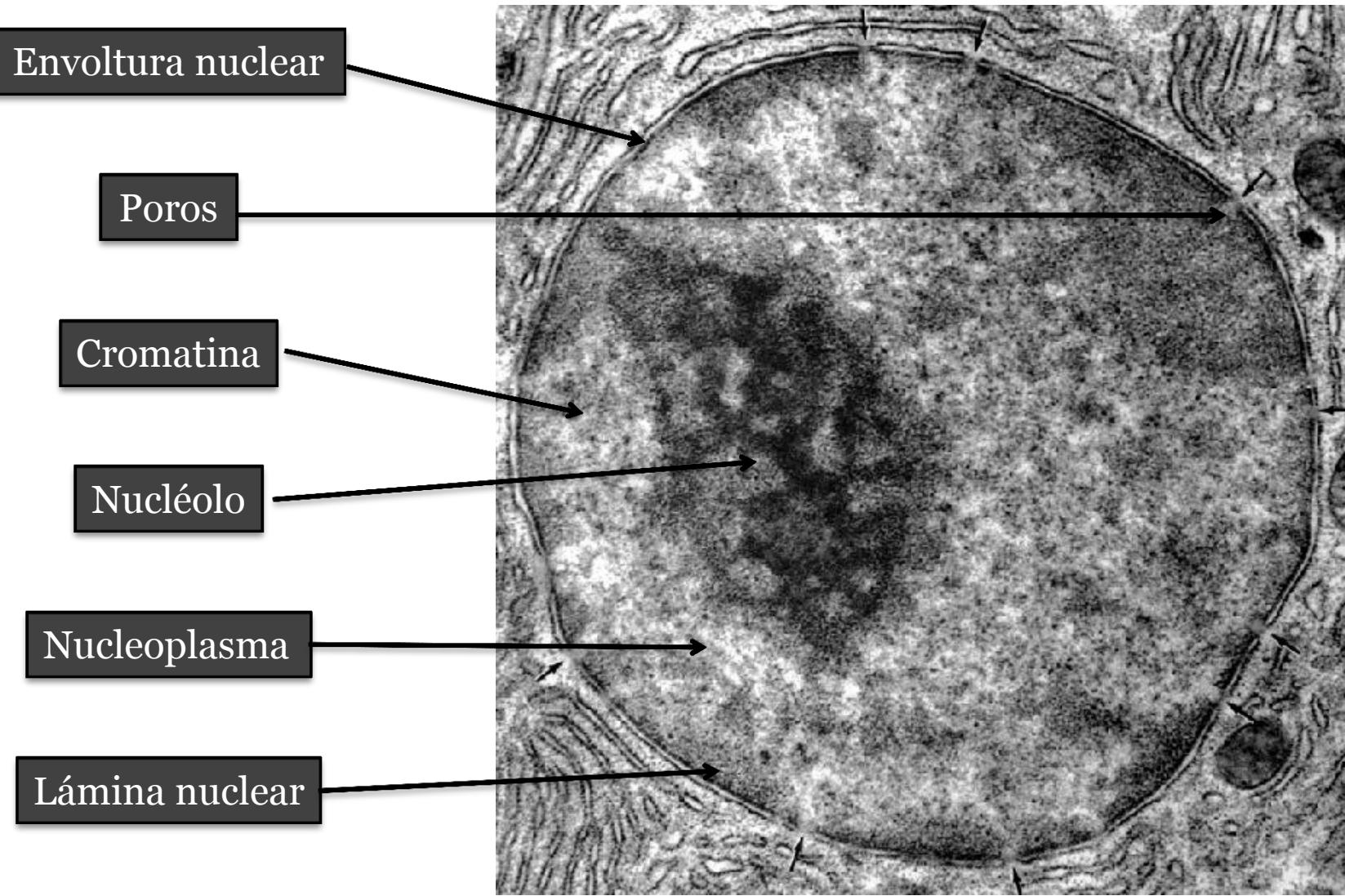
Nucléolo

## EL NUCLEO. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA BIOLÓGICA

- Es un corpúsculo, normalmente en posición central pero puede hallarse desplazado por los constituyentes del citoplasma, (caso de las vacuolas en las células vegetales).
- Rige todas las funciones celulares.
- Es el portador de los factores hereditarios.

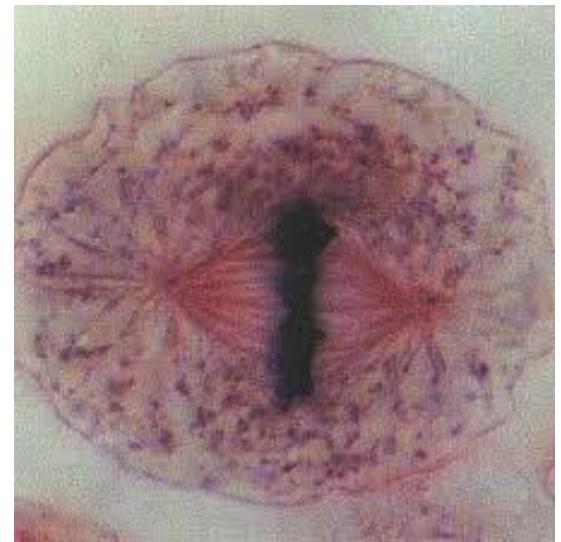
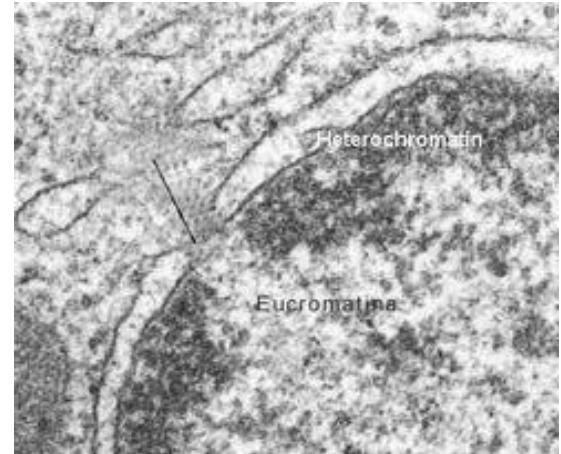


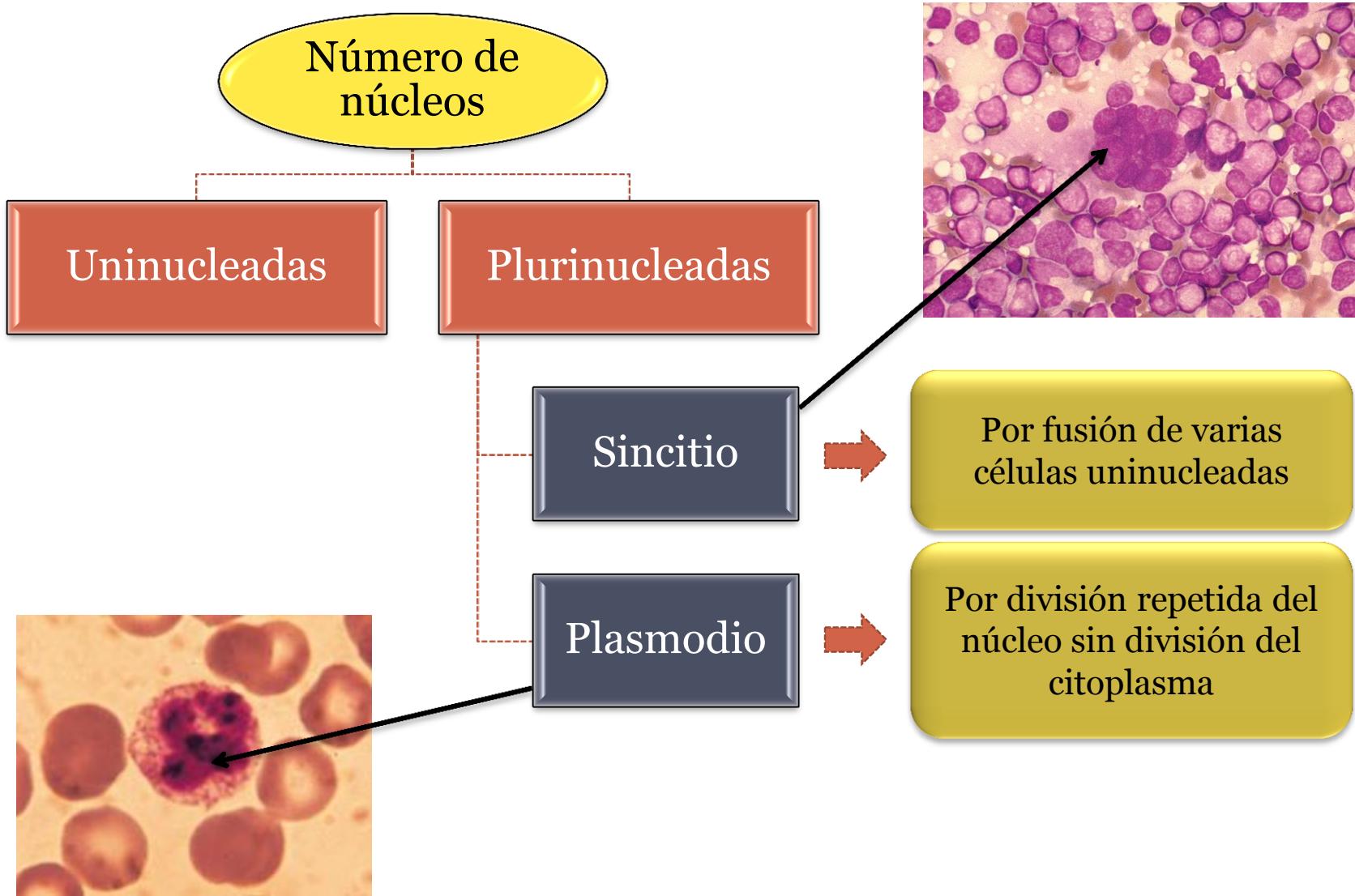
- Entre el núcleo y el citoplasma existe una relación muy estrecha y dependen el uno del otro de tal manera que ninguna de las dos partes puede mantenerse viva mucho tiempo separada de la otra.



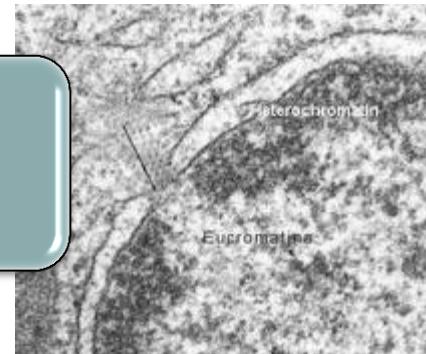
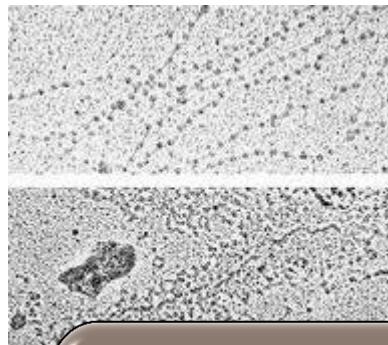
## ESTRUCTURA DEL NÚCLEO

- Se pueden distinguir dos aspectos distintos, el núcleo interfásico y el núcleo mitótico, en el que se pueden distinguir los cromosomas.
- El tamaño del núcleo varía bastante, pero suele estar comprendido entre 5 y 15 m.
- En cuanto a su forma, la más frecuente es la esférica, pero existen muchos casos de núcleos elipsoidales, arriñonados o lobulados.
- Para cada tipo de células, la relación entre el volumen nuclear y el volumen citoplasmático es constante. Esta relación se denomina **relación nucleocitoplasmática**.





## Envoltura nuclear



Cromatina

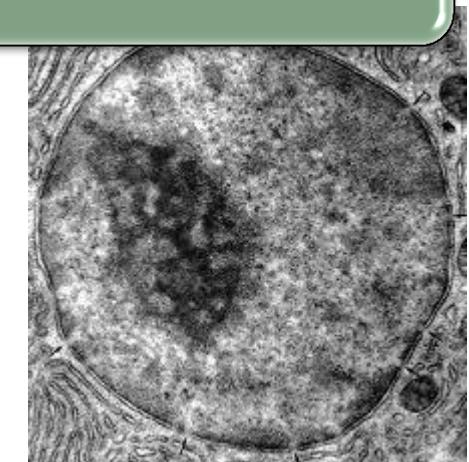
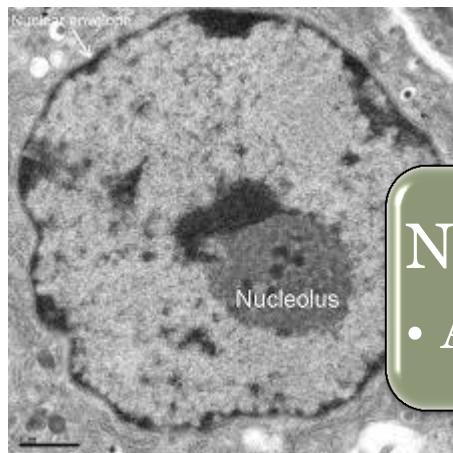
- ADN
- Proteínas

Partes del núcleo

Nucleoplasma

Nucléolo

- ADN, ARN, proteínas

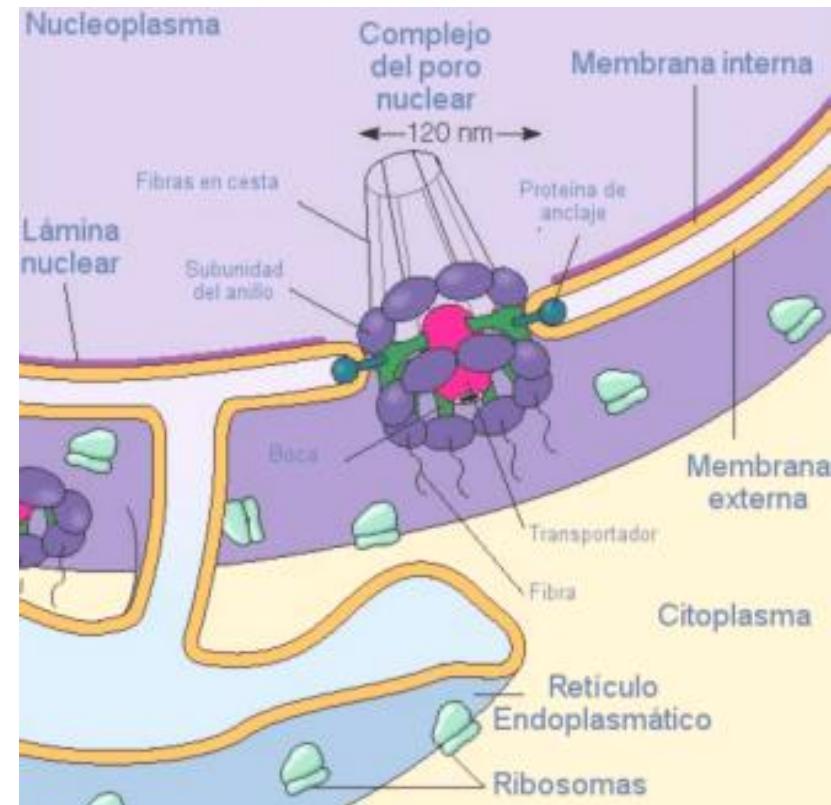


## ENVOLTURA NUCLEAR

La **envoltura nuclear** son dos membranas, la externa y la interna, ambas de 70-90 Å de grosor, con un espacio perinuclear o intermembranoso en medio de 200 a 300 Å, que se continúa con el Retículo Endoplasmático.

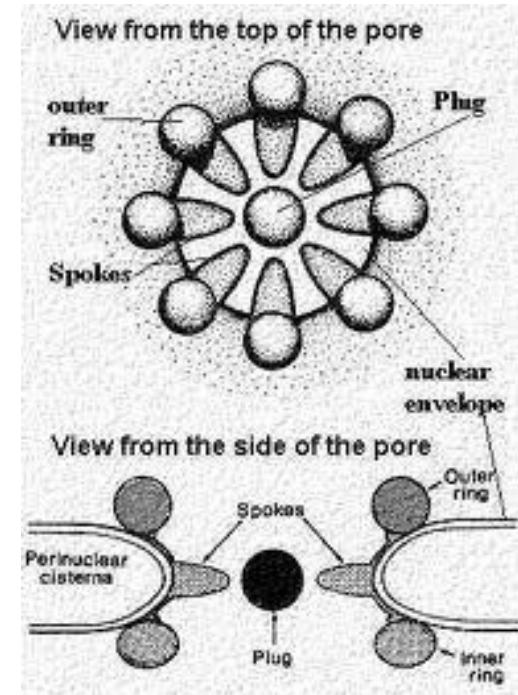
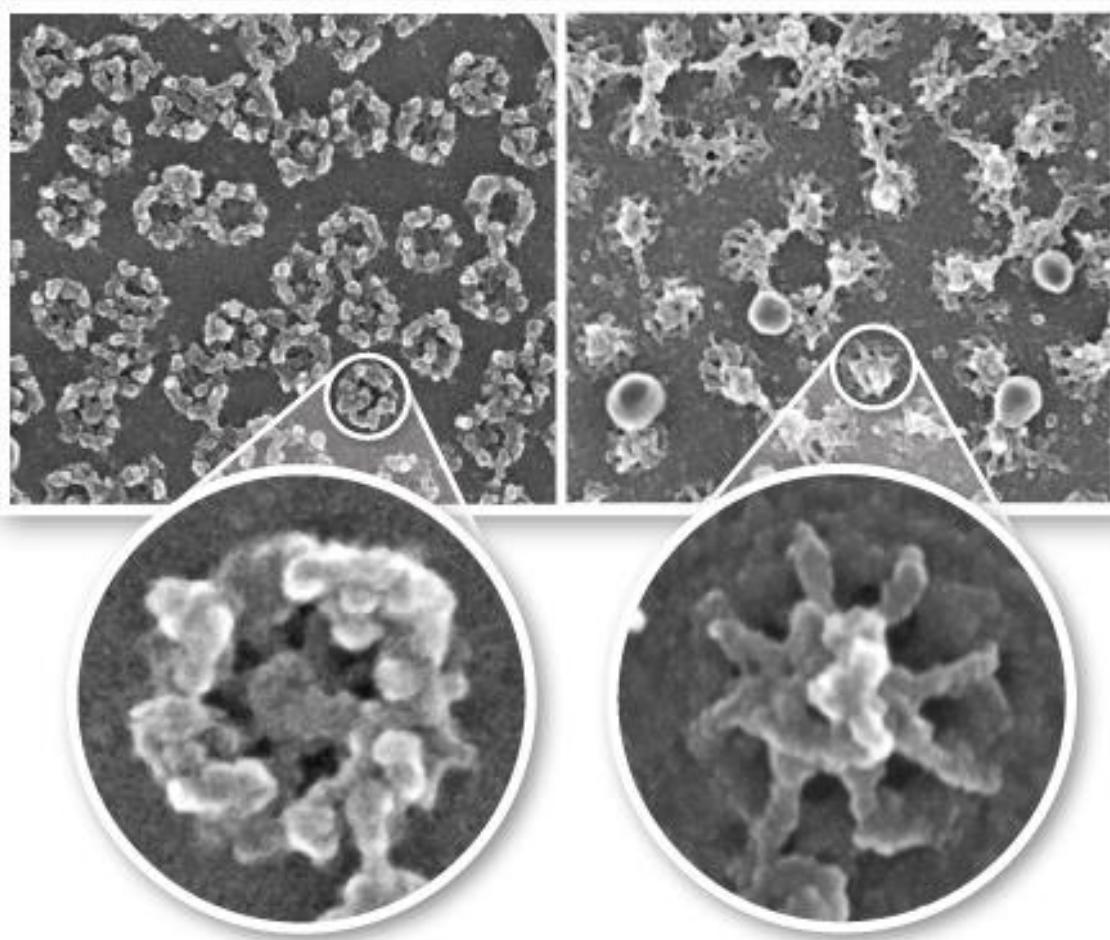
Unidas a la membrana nuclear interna se encuentran proteínas fibrilares (del tipo de los filamentos intermedios) que funcionan como esqueleto del núcleo (**lámina nuclear o lámina fibrosa**).

Interviene en la desorganización y reorganización de las membranas nucleares al comienzo y al fin de la división celular.



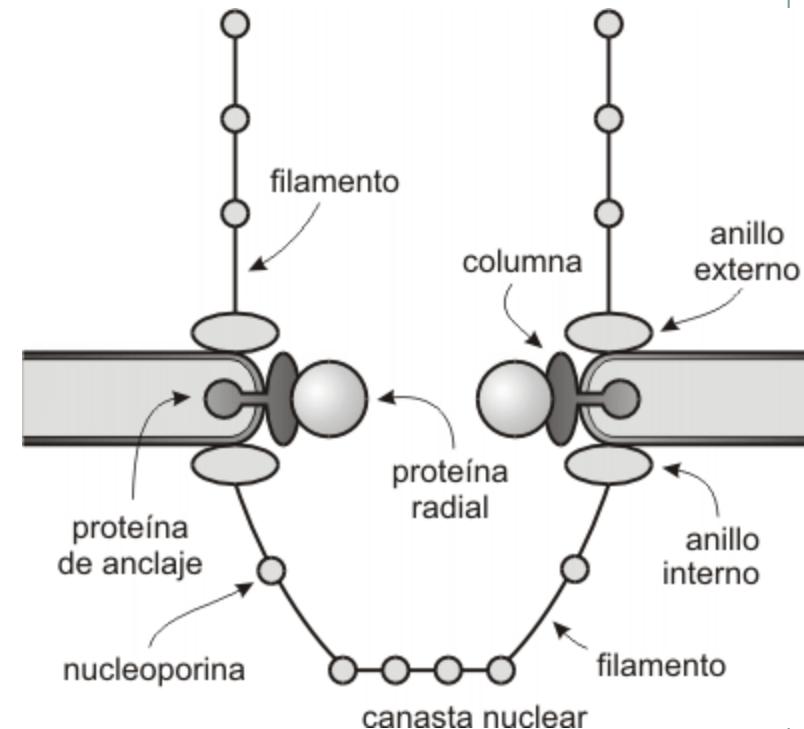
## POROS NUCLEARES

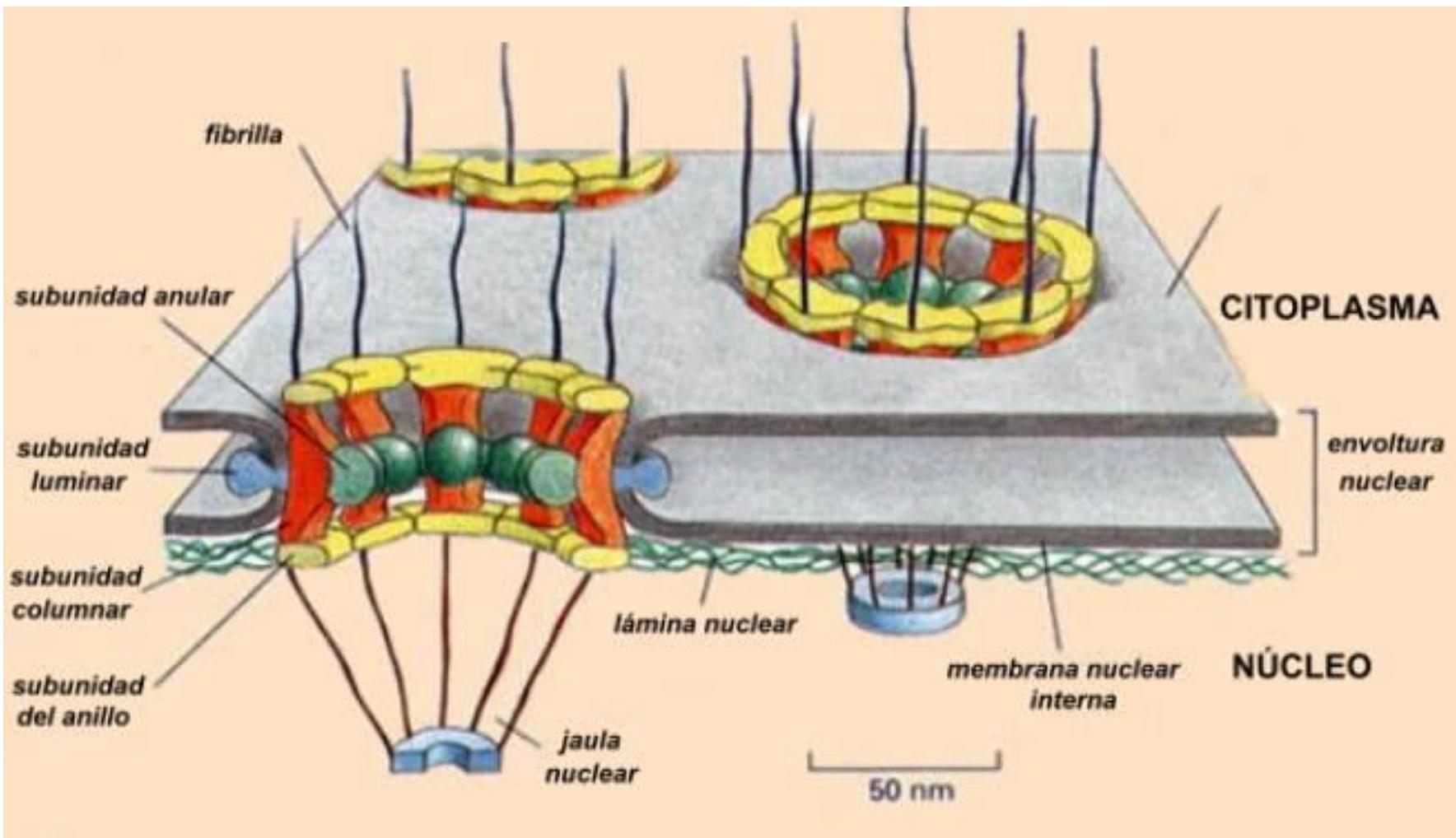
- La envoltura nuclear separa el contenido nuclear del citoplasma.
- Las dos membranas de la envoltura se interrumpen en algunos puntos formando **poros nucleares**, que comunican el interior del núcleo con el citoplasma celular.
- Los poros nucleares permiten el paso de sustancias del interior de núcleo hacia el citoplasma y viceversa, pero el proceso es muy selectivo. (solo pasan libremente las moléculas hidrosolubles).
- Los poros tienen un diámetro de 800 Å. y la superficie ocupada por ellos respecto a la superficie total del núcleo es un 10%, aunque en ciertas células vegetales puede llegar al 36%.
- En general, cuanto más activa es una célula, mayor es el número de poros que posee su núcleo.



## COMPLEJO DEL PORO NUCLEAR

- Está compuesto de más de 100 proteínas diferentes, ordenadas con una simetría octogonal. Un poro nuclear comprende las siguientes estructuras:
  1. **Material anular:** 8 partículas esféricas de 200 Å de diámetro (ribonucleoproteínas) dispuestas sobre cada cara del poro.
  2. **Diafragma:** sustancia densa y amorfá inserta en el contorno del poro y se dirige al centro, disminuyendo la luz del poro y dejando un paso de 100 Å
  3. **Gránulo central:** corpúsculo de 250 Å de diámetro que ocupa el centro del poro (se han identificado con ribosomas recién formados o sustancias que están atravesando el poro).
  4. **Material fibrilar:** Son fibrillas que unen los gránulos del anillo con el gránulo central. Se han descrito a ambos lados del poro





## **FUNCIONES DE LA ENVOLTURA NUCLEAR.**

Las funciones de la envoltura son:

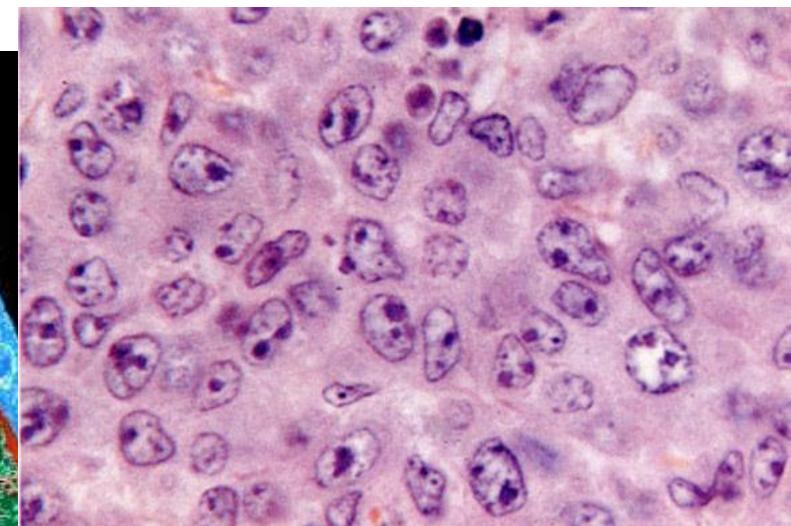
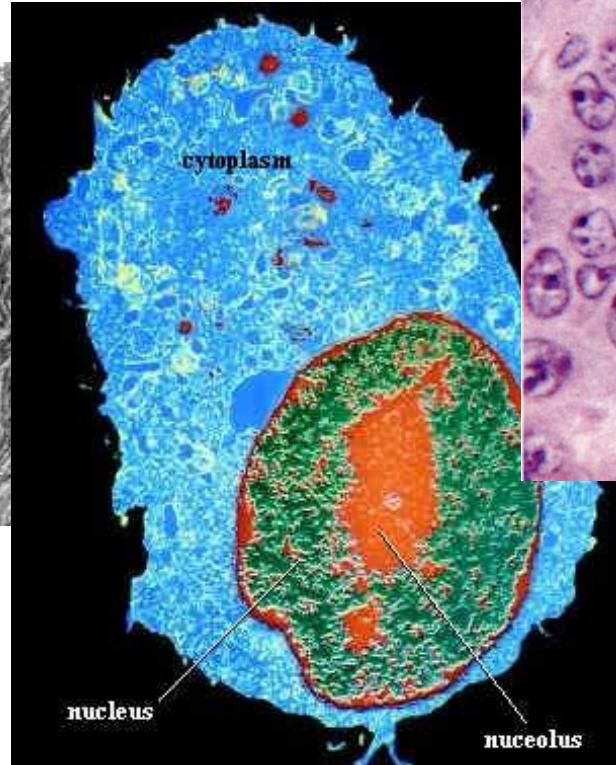
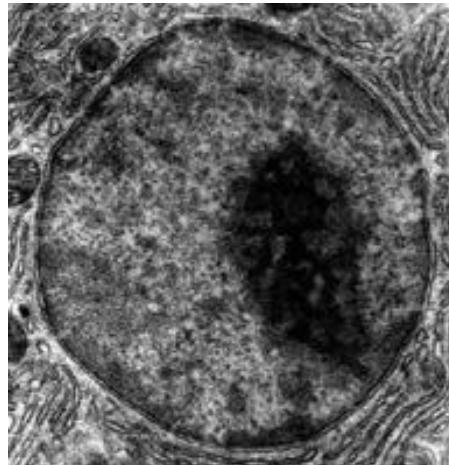
1. Separa el núcleo del citoplasma impidiendo que enzimas citoplasmáticas actúen en el núcleo.
2. Regular el intercambio de sustancias a través de los poros.
3. Formar los cromosomas a partir de la cromatina al inicio de la división celular. Esto se realiza gracias a los puntos de unión de la lámina nuclear con las fibras de ADN.

## NUCLEOPLASMA

1. Es el contenido interno del núcleo y es similar al citosol.
2. Está formado por una disolución compuesta por gran variedad de principios inmediatos, especialmente nucleótidos y enzimas implicados en la transcripción y replicación del ADN.
3. En el nucleoplasma se encuentran los cromosomas y nucléolos. También se pueden encontrar gránulos de glucógeno, gotas lipídicas y una amplia gama de fibras proteicas.

## NUCLÉOLO

1. Es un corpúsculo esférico que, a pesar de no estar delimitado por una membrana, suele ser muy visible.
2. Es frecuente que exista más de un nucléolo; en el caso de los óvulos de los Anfibios, más de un millar.
3. Existe una relación entre el tamaño del nucléolo y la actividad sintética de la célula.



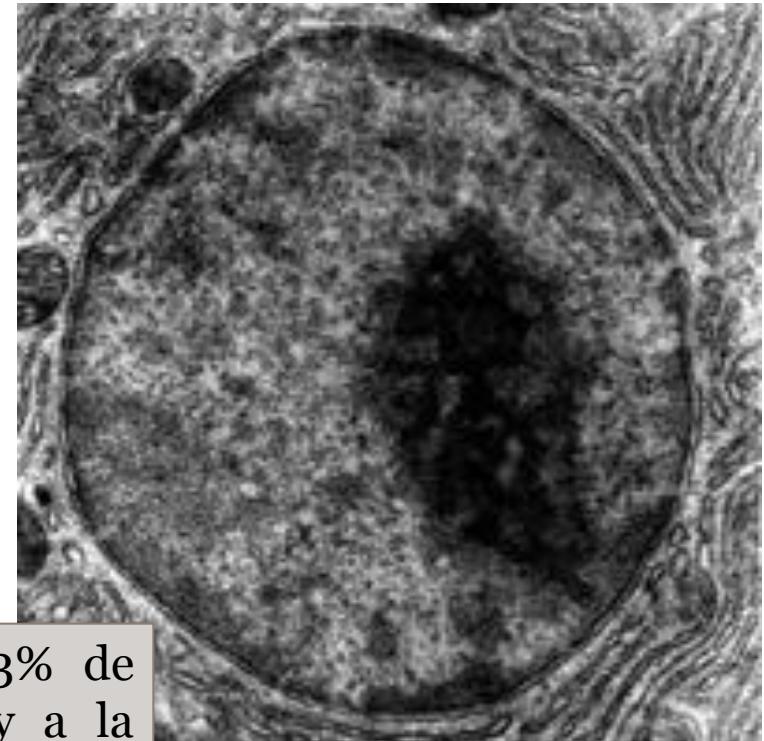
## NUCLEOLO Composición

### **ARN:**

En proporción muy variable y depende del tipo celular y del estado funcional. Se estima como valor medio un 10%, aunque en algunas células puede alcanzar el 30%.

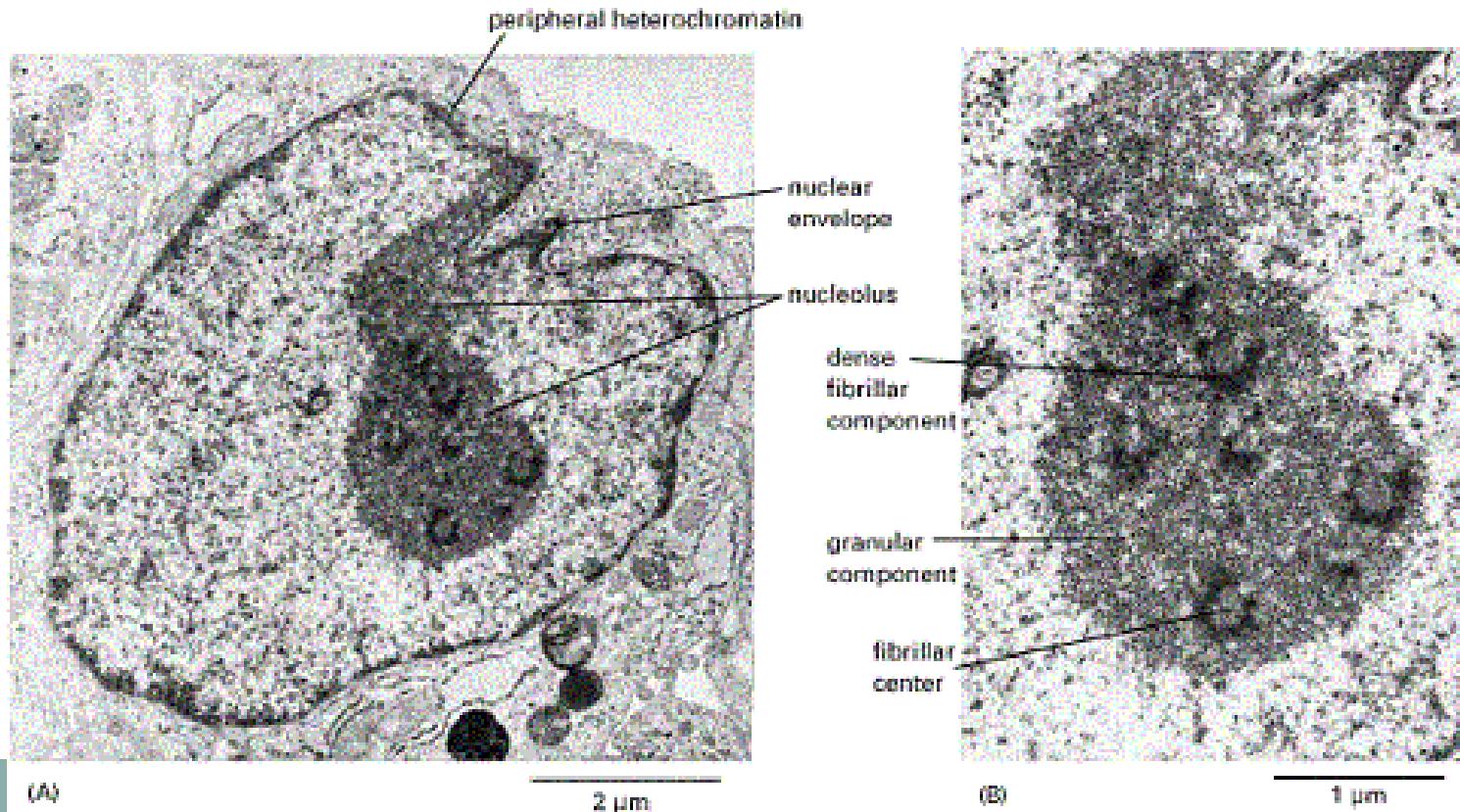
**ADN:** Siempre se encuentra entre un 1-3% de DNA, que corresponde al centro fibrilar y a la heterocromatina asociada al nucleolo.

**Proteínas:** El componente mayoritario son proteínas, que constituyen prácticamente el resto del nucleolo



- Al M.E. se observan dos componentes en la mayoría de los nucléolos:

  1. La **región granular**, formada por unos gránulos de 15-20 nm de diámetro, en la parte periférica del nucléolo. Está formada por ARNr asociado a proteínas.
  2. La **región fibrilar**, compuesta por delgadas fibras de 5-10 nm de diámetro, con una posición central en el nucléolo y formada por ARNn asociado a proteínas.



## FUNCIONES DEL NUCLEOLO

- El nucléolo contiene el aparato enzimático encargado de sintetizar los diferentes tipos de ARNr.
- Su función es formar y almacenar ARNr con destino a la organización de los ribosomas.
- Son también indispensables para el desarrollo normal de la mitosis. Durante la división del núcleo desaparece y cuando los cromosomas se vuelven a desespiralizar, se forma de nuevo a partir de ellos, en concreto a partir de unos genes que contienen información para la síntesis del ARNn. Son las llamadas **Regiones Organizadoras Nucleolares** de los cromosomas (**NOR**)

## CROMATINA

El ADN del núcleo está asociado a proteínas de dos clases, las **histonas** y las **proteínas no histónicas**. El complejo de ambos tipos de proteínas con el ADN es conocido como **cromatina**.

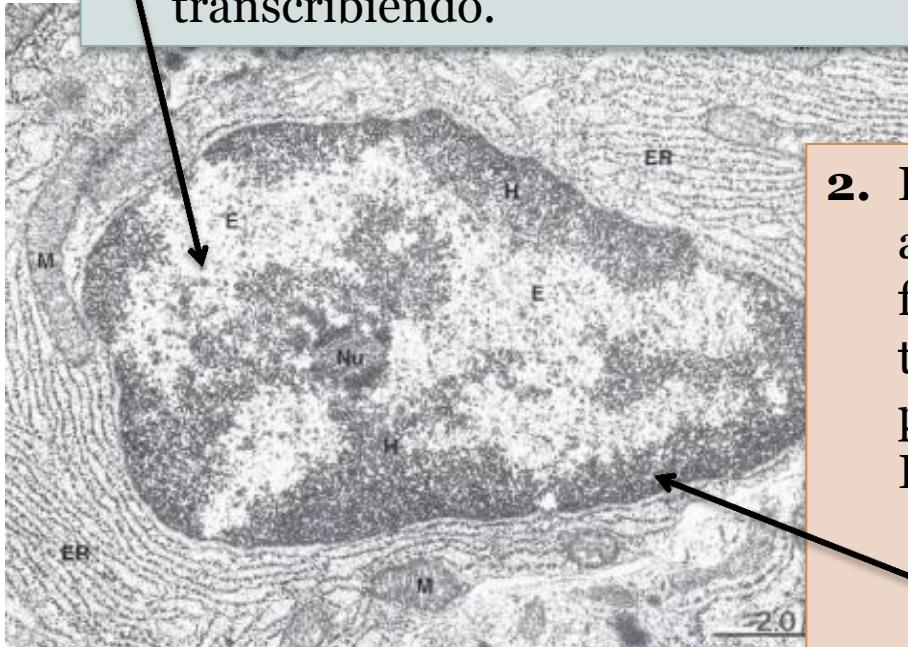
### Características.

- La cromatina recibe este nombre por su capacidad de teñirse con colorantes básicos.
- Al M.E. se observa una masa amorfa, pero es una de las estructuras celulares dotadas de mayor complejidad en su organización.
- Las fibras de cromatina constan de diferentes niveles de organización y condensación.
- Estos niveles de organización permiten empaquetar grandes cantidades de ADN, asociado a las histonas, en el reducido volumen nuclear.

No toda la cromatina se encuentra en el mismo grado de condensación.

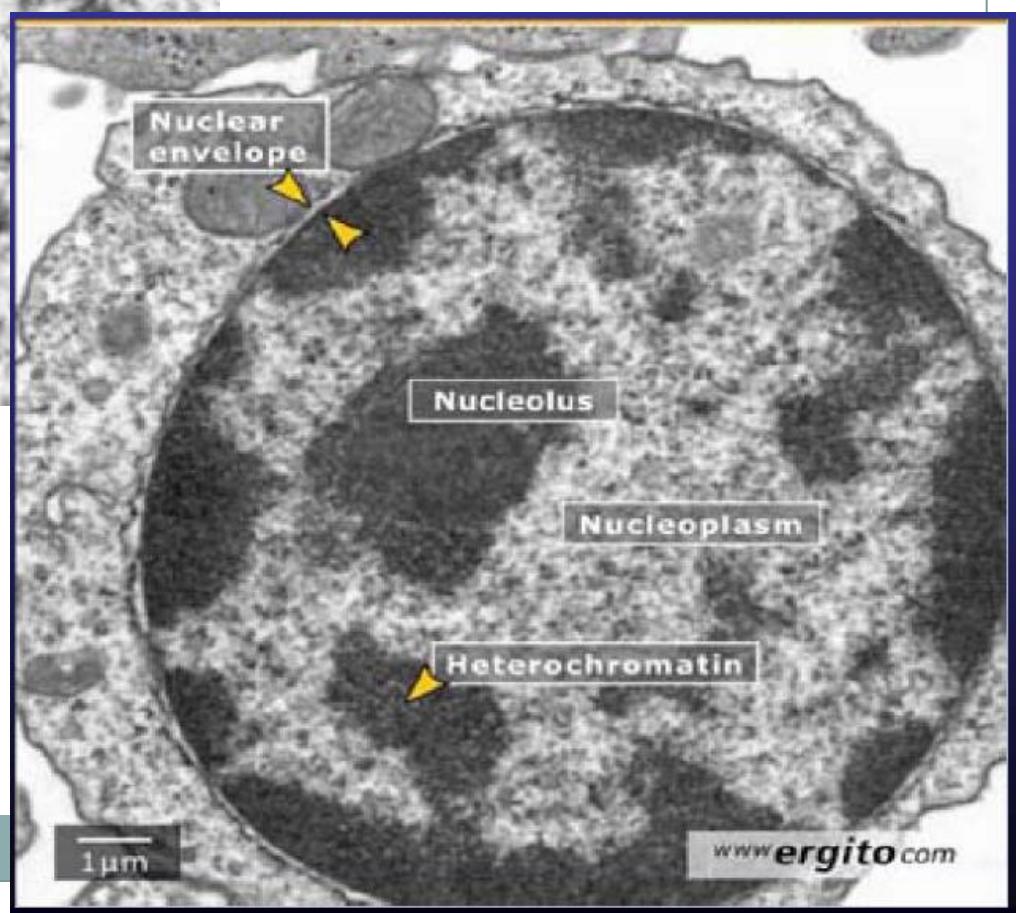
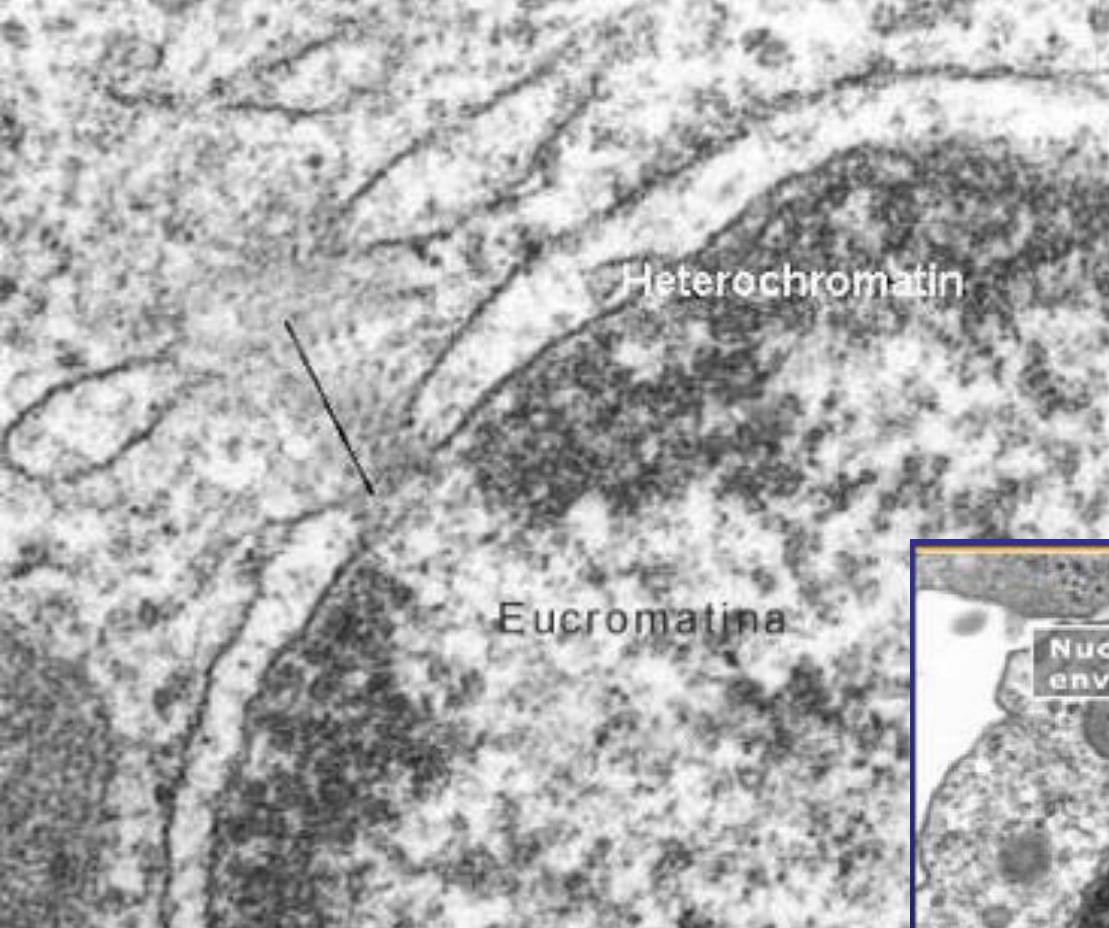
Según esto, se distinguen dos tipos de cromatina:

**1. Eucromatina:** cromatina poco condensada (se transcribe el ADN). La eucromatina, junto con el nucléolo, son las zonas donde los genes se están transcribiendo.



**2. Heterocromatina:** Cromatina con alto grado de empaquetamiento con el fin de que el ADN que contiene no se transcriba (telómeros y centrómeros) y permanezca funcionalmente inactivo. Existen dos clases de heterocromatina:

- a. Constitutiva**
- b. Facultativa.**



## **La heterocromatina constitutiva**

Es el conjunto de zonas que se encuentran condensadas en todas las células y, por tanto, su ADN no se transcribe nunca en ninguna de ellas. Todavía se sabe poco sobre su función.

## **La heterocromatina facultativa**

Comprende zonas distintas en diferentes células, ya que representa el conjunto de genes que se inactivan de manera específica en cada tipo de célula durante la diferenciación celular.

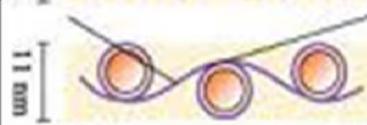
En los tejidos embrionarios es muy escasa la heterocromatina facultativa y aumenta cada vez más conforme se especializan las células de los diferentes tejidos pues se inactivan determinados genes y para ello se empaquetan de forma condensada de manera que ya no pueden transcribirse.

## Compactación de la cromatina



Doble hélice de DNA

Fibra de 20 Å (doble hélice)



Forma de cuentas de collar de la cromatina

Fibra de cromatina de 100 Å (collar de perlas)



Fibra de nucleosomas empaquetados

Fibra de 30 nm



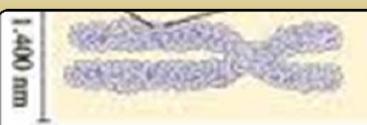
Dominios de bucles

Fibra de 300 nm



Espirales condensadas

Fibra de 700 nm



Cromosoma en metafase

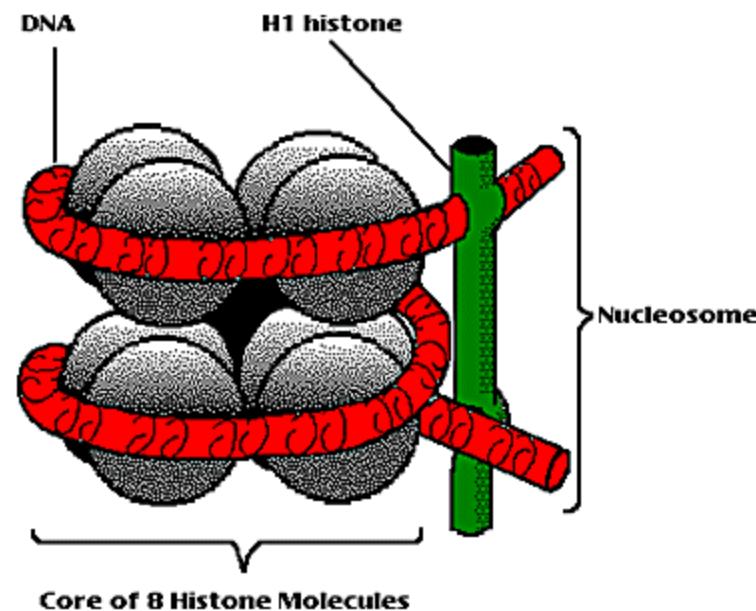
Cromosoma metafásico (1400 nm)

## **Estructura de la cromatina.**

La cromatina esta formada por la fibra de cromatina de 100 Å (collar de perlas), que a su vez está formado por la fibra de ADN de 20 Å (la doble hélice) asociada a unas proteínas llamadas histonas. Las histonas son proteínas básicas (ricas en lisina y arginina), lo que les permite unirse a la molécula de ADN (con carga negativa debido a los restos fosfóricos) independientemente de la secuencia de nucleótidos.

Hay dos tipos de histonas:

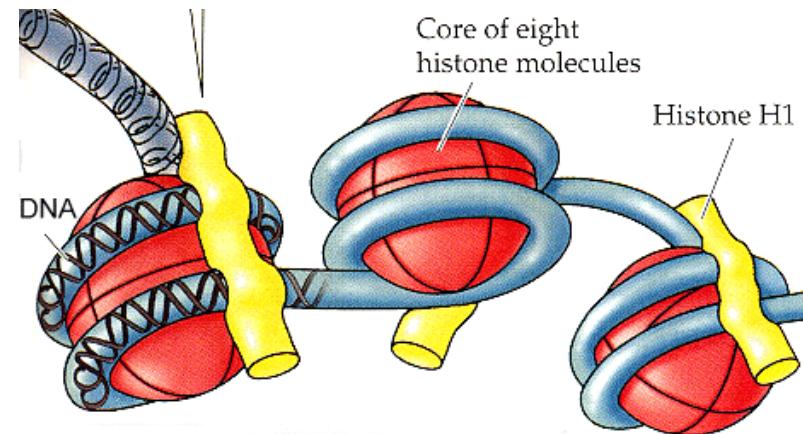
- nucleosomales (H2A, H2B, H3 y H4) que tienen de 102 a 135 aminoácidos
- no nucleosomales (H1) que son más grandes (223 aminoácidos).



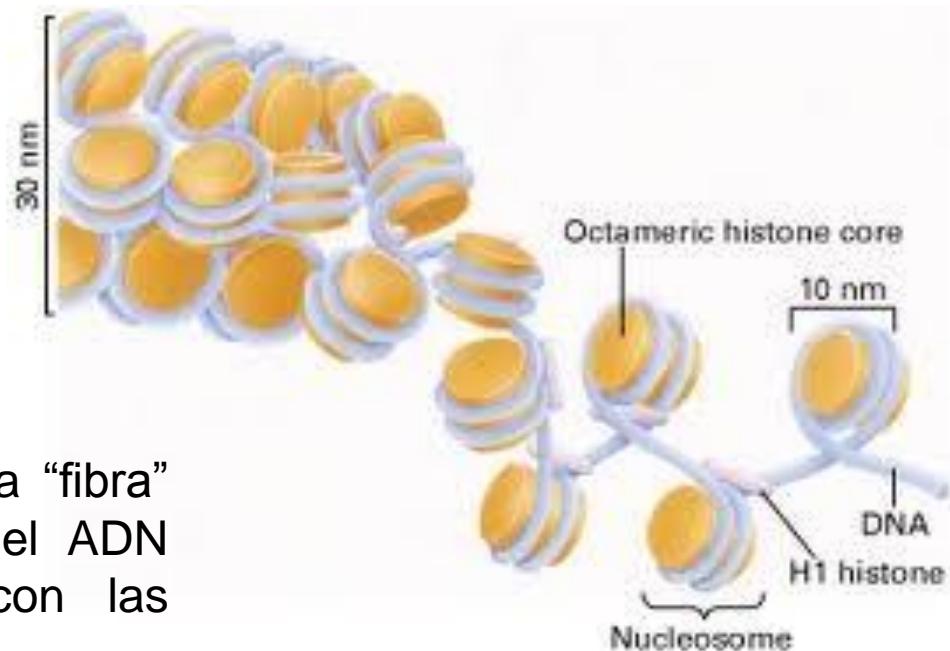
**Nucleosome**

Las **histonas nucleosomales** integran un núcleo constituido por dos capas cilíndricas superpuestas, compuesta de ocho subunidades de histonas (dos de cada una de los cuatro tipos mencionados) en el que se enrolla la molécula de ADN (146 pares de bases) al estilo de la cuerda de un “yo-yo”, al que da dos vueltas: esto constituye un **nucleosoma**.

Cada nucleosoma está separado por una sección de ADN no enrollado de 0-80 pares de nucleótidos, que recibe el nombre de **ADN espaciador**.

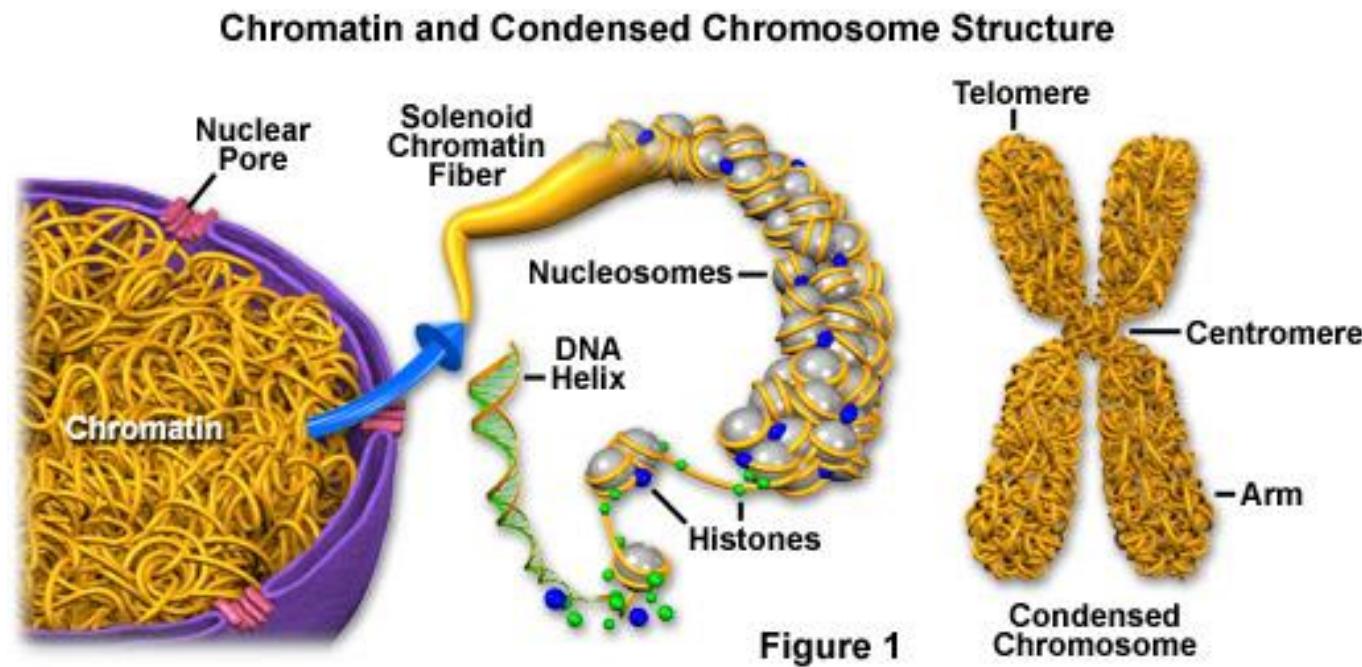


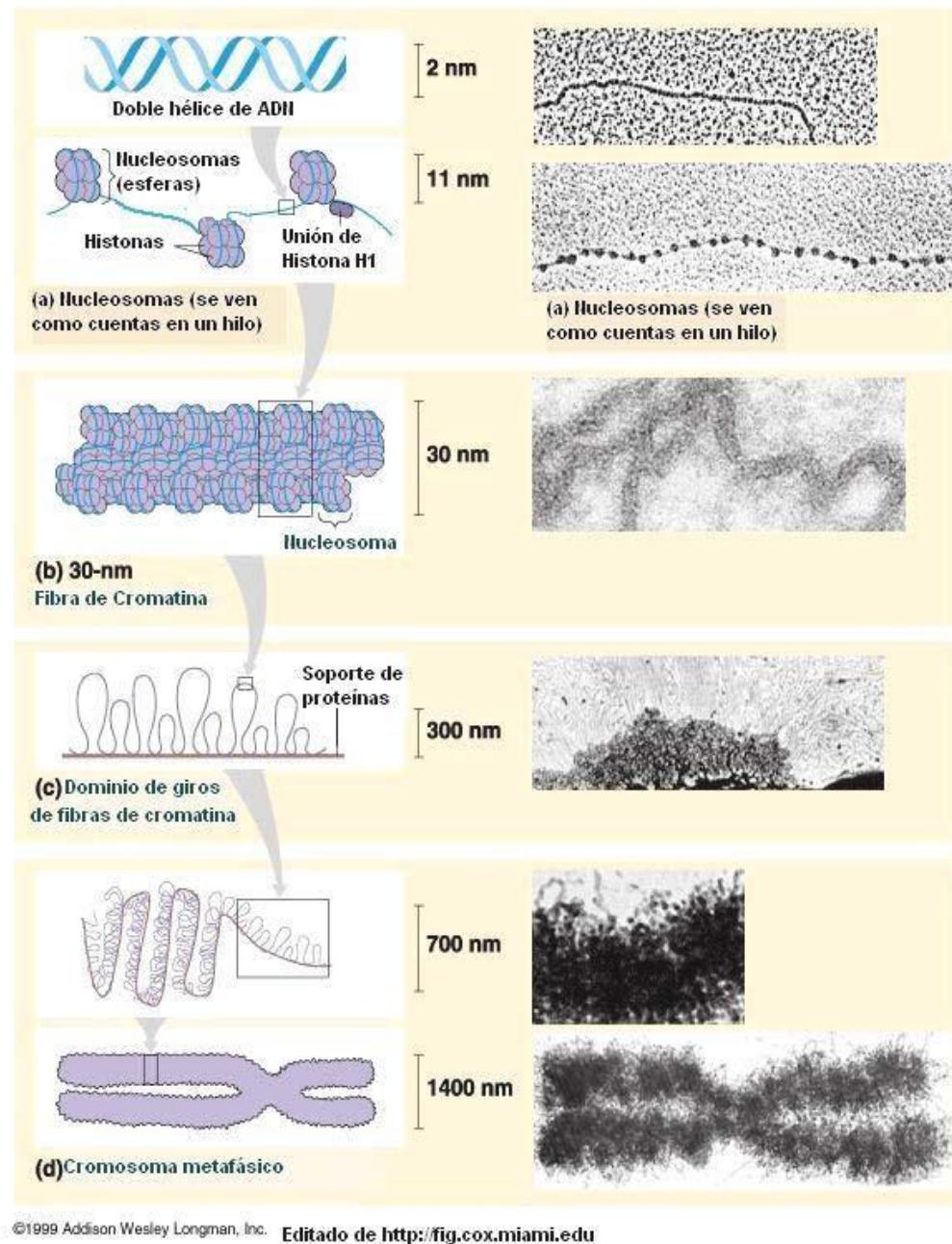
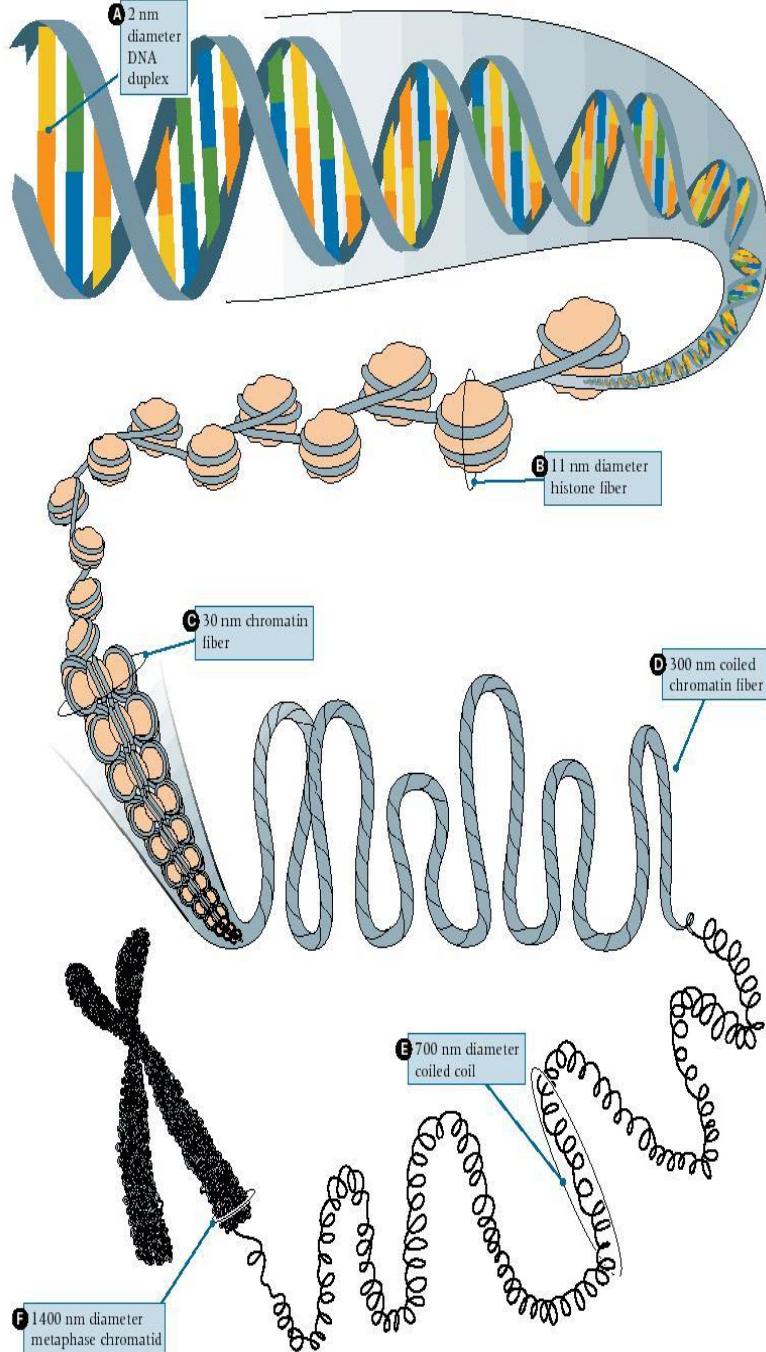
Finalmente los nucleosomas se acomodan formando una especie de hélice (cada vuelta de la hélice compuesta por seis nucleosomas), proceso en el que juega un papel importante la histona no nucleosómica H1.



De esta forma se obtiene una “fibra” de 30 nm de espesor, con el ADN densamente empaquetado con las proteínas histónicas.

La máxima condensación de la cromatina se alcanza en la estructura del cromosoma.





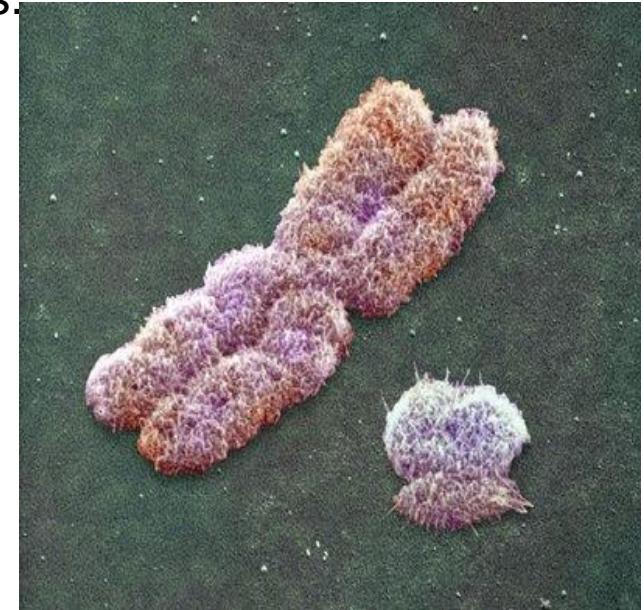
## CROMOSOMAS

### *Estructura de los cromosomas.*

En los periodos de división celular (Mitosis o Meiosis), la cromatina da lugar a unas estructuras denominadas cromosomas, visibles con M.O.

Tienen forma de bastoncillos más o menos alargados.

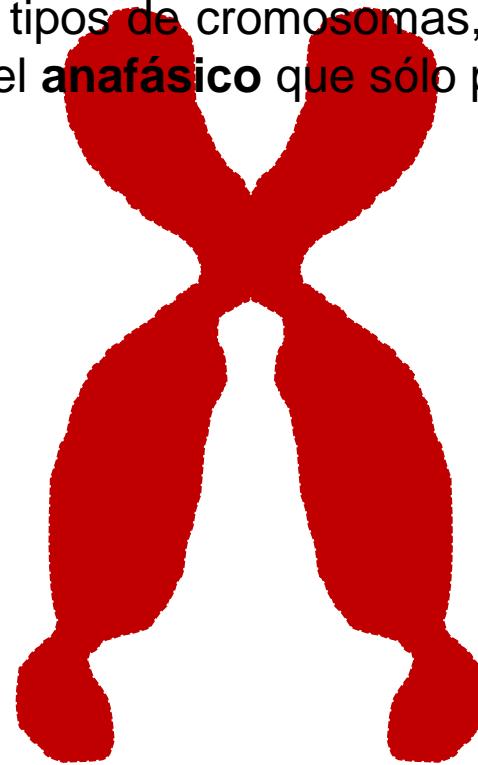
Antes de iniciarse la división celular se produce la duplicación del ADN y aparecen dos fibras de ADN idénticas, fuertemente replegadas sobre si mismas denominadas cromátidas, unidas por el centrómero.



Dentro de la misma especie la forma de cada cromosoma es constante, de tal manera que puede ser identificado cada uno de ellos.

## Cromosoma Metafásico

Se pueden distinguir dos tipos de cromosomas, el **metafásico**, que presenta dos cromátidas unidas y el **anafásico** que sólo presenta una cromátida.



Molécula de ADN  
(Doble cadena)

Cromosoma anafásico

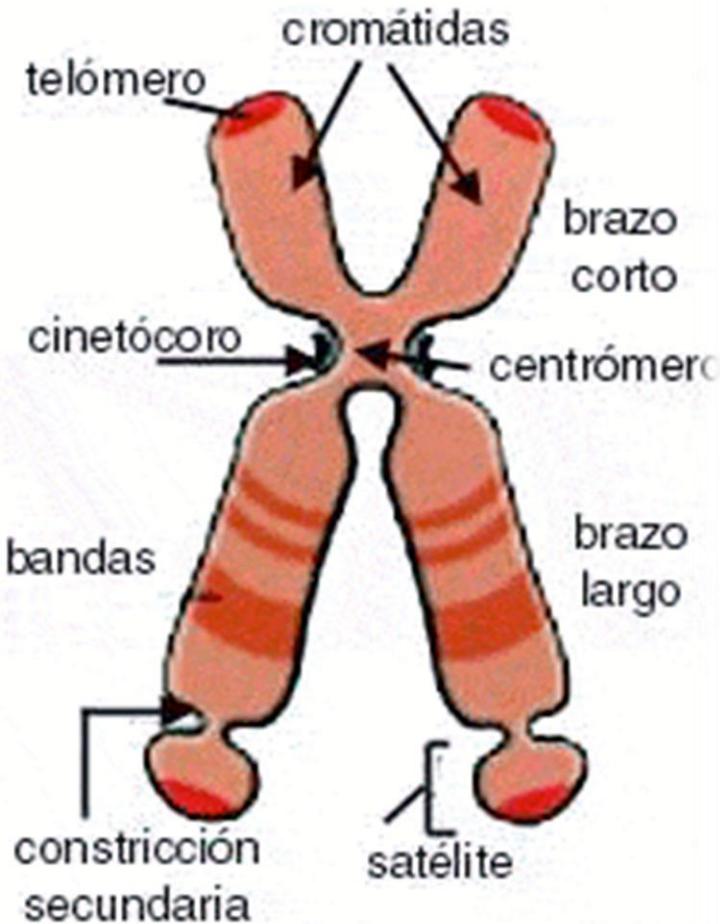
Dos moléculas de ADN  
(Idénticas)

Molécula de ADN  
(Doble cadena)

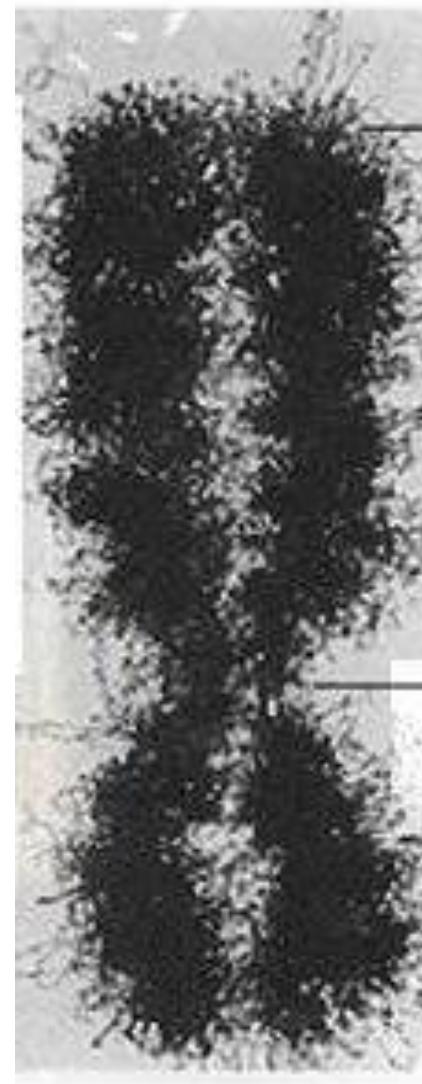
Cromosoma anafásico

En cada cromosoma se distinguen varias partes:

- **Constricción primaria (centrómero)**
- **Cinetocoro.**
- **Constricción secundaria.**
- **Satélites**
- **Telómeros**
- **Bandas.**



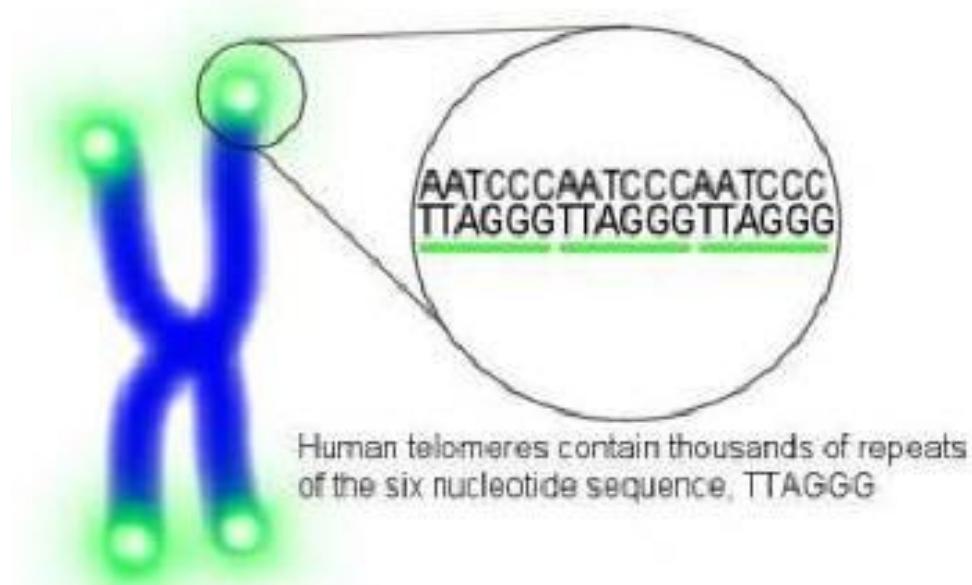
- **Constricción primaria o centrómero.** Un estrangulamiento que ocupa una posición variable.
- **Cinetocoro.** Placas proteicas situadas a ambos lados del centrómero.
- **Constricción secundaria.** Estrechamientos relacionados con la formación del nucléolo al final de la mitosis.
- **Satélites.** Porciones del cromosoma de forma aproximadamente esférica, separadas del resto del cromosoma por las constricciones secundarias.
- **Telómeros.** Extremos redondeados de los brazos del cromosoma. Contienen secuencias repetitivas de ADN que tienen como misión evitar la perdida de información genética en la replicación y evitar la fusión de cromosomas. También facilitan la interacción entre los extremos del cromosoma con la membrana nuclear.
- **Bandas.** Segmentos de cromatina que se colorean con distinta intensidad y que permiten la identificación de los cromosomas.

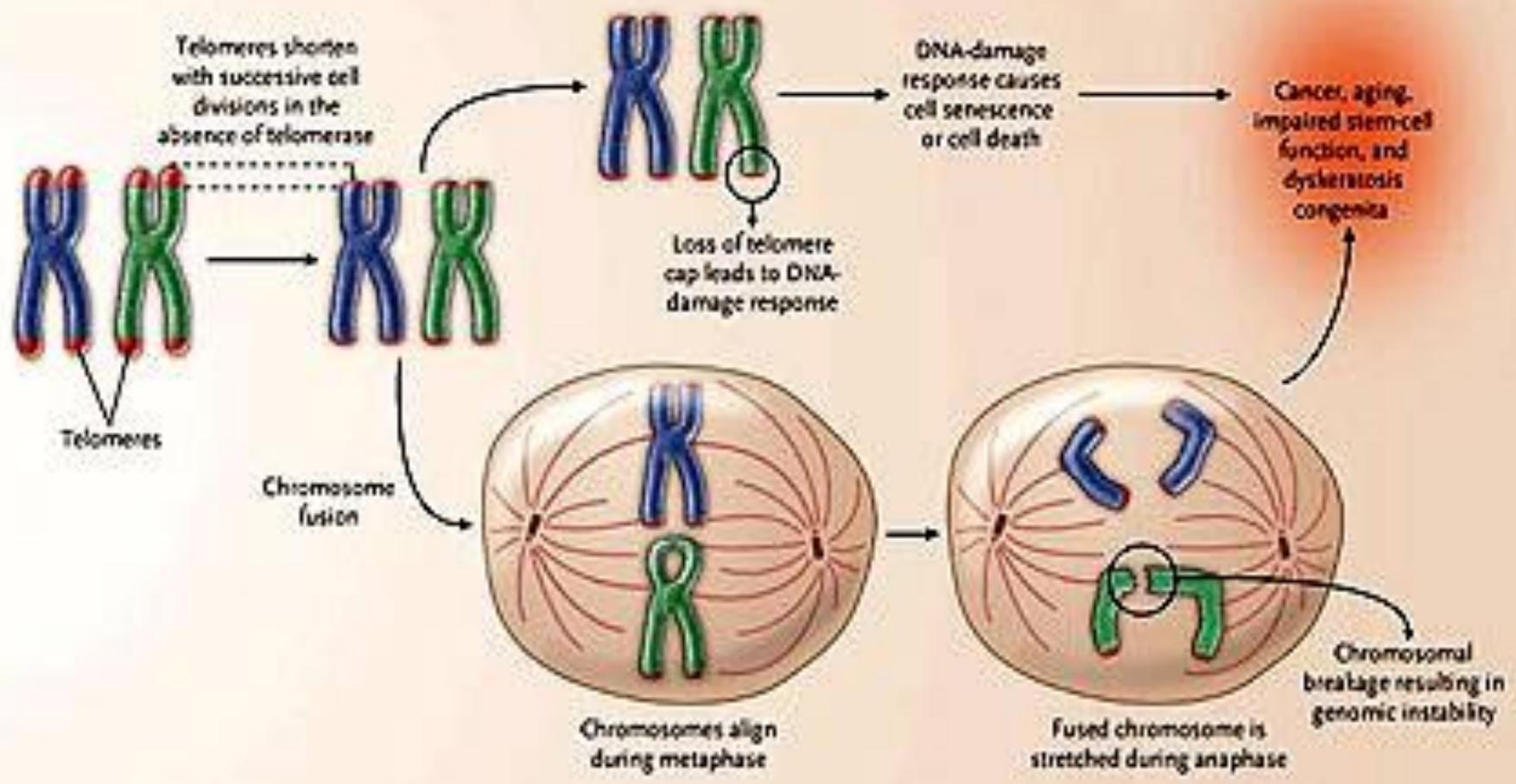


## La telomerasa (TERT)

Es una transcriptasa inversa que sintetiza ADN a partir de un molde de ARN. Se trata de una ribonucleoproteína que contiene en su molécula la secuencia AAUCCC capaz de crear e insertar los fragmentos TTAGGG que se pierden en cada división.

Células transformadas para expresar la TERT muestran un cariotipo normal y su longevidad ha superado la normal en más de 20 divisiones.





El acortamiento de los telómeros puede provocar daños celulares, fusiones...

Según el tamaño relativo de los brazos (o según la posición del centrómero) se distinguen 4 tipos de cromosomas:

- a. **Metacéntricos**: Los dos brazos tienen, aproximadamente, la misma longitud porque el centrómero se encuentra en la mitad del cromosoma.
- b. **Submetacéntrico**. Brazos cromosómicos ligeramente desiguales.
- c. **Acrocéntricos**: Los dos brazos son de distinta longitud, muy desiguales.
- d. **Telocéntricos**: Sólo es visible un brazo porque el centrómero se encuentra en un extremo.

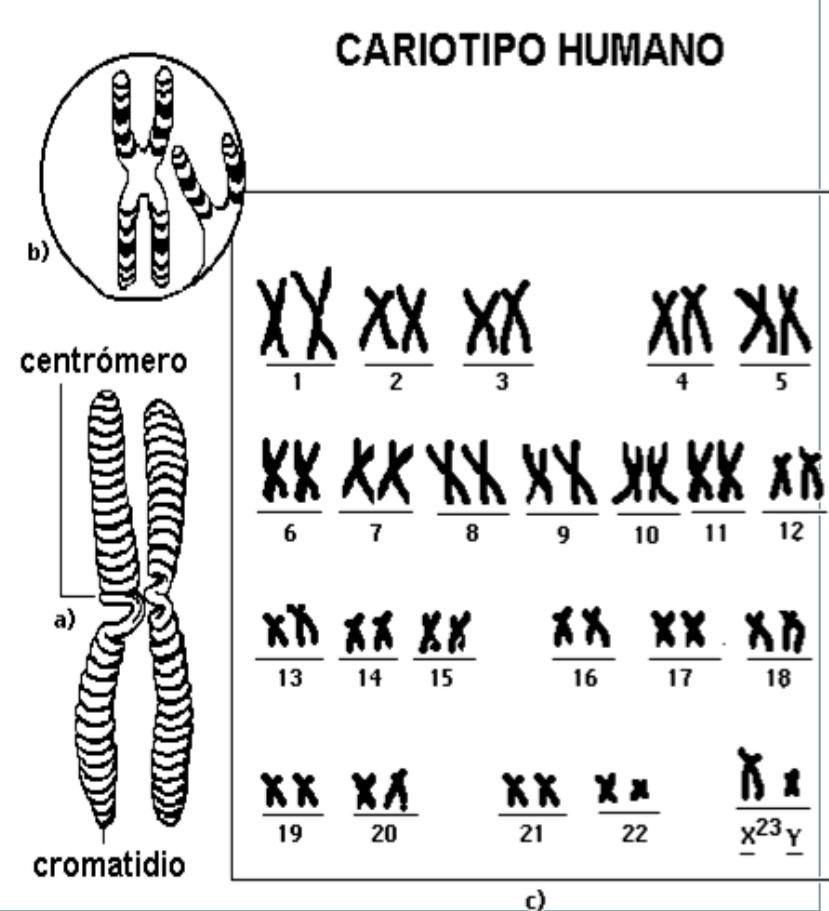


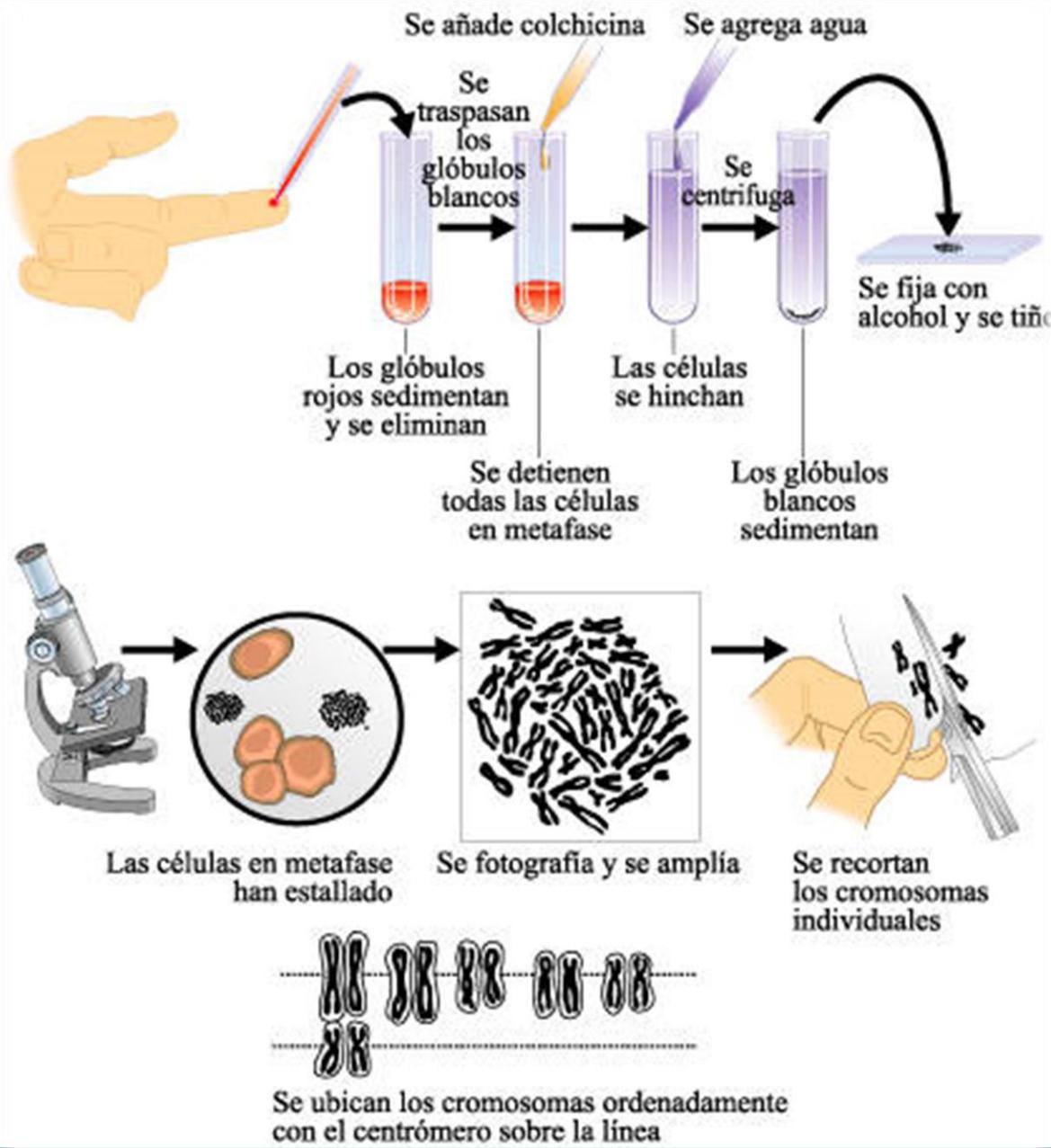
## Número de cromosomas.

- El número de cromosomas de cada especie es constante. El conjunto formado por los cromosomas de una especie, representados de forma fotográfica, constituye su **cariotipo**.

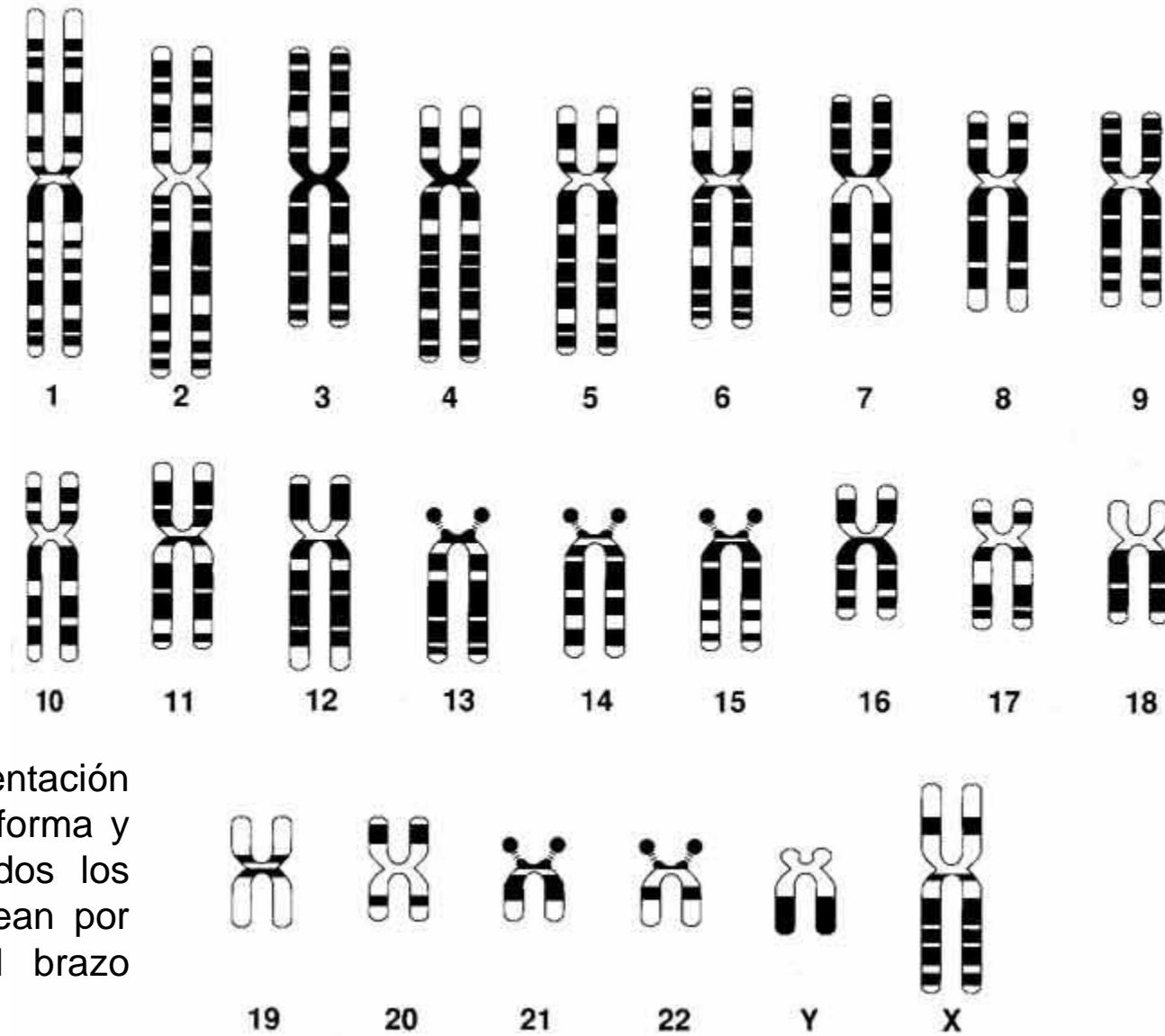
Dentro del cariotipo se distinguen:

- **Cromosomas somáticos o autosomas**, que son comunes a los dos性os y están implicados en el desarrollo de las características del cuerpo.
- **Cromosomas sexuales**: Son los que determinan el sexo del individuo. Son el cromosoma X y el Y (generalmente de menor tamaño).





## Idiograma



Un idiograma es la representación esquemática del tamaño, forma y patrón de bandas de todos los cromosomas, que se alinean por el centrómero, y con el brazo largo siempre hacia abajo.

## NÚMERO DE CROMOSOMAS

- Las especies llamadas **haploides** poseen un número  $n$  de cromosomas distintos.
- Sin embargo las llamadas **diploides** poseen  $2n$  cromosomas, es decir,  $n$  parejas de cromosomas **homólogos** (idénticos).
- En cada pareja, uno de los cromosomas procede del padre y otro de la madre.
- En la especie humana, las células poseen 46 cromosomas en 23 parejas de homólogos. Es lo que se denomina dotación cromosómica de la especie humana.
- En algunos organismos puede haber más juegos de cromosomas ( $3n$ ,  $4n\dots$ ) y se denominan poliploides.