

TEMA 4: CITOLOGÍA

- **Tipos de células**
- **Organización de las células procariontes**
- **Organización de las células eucariontes**
- **Paso de las células procariontes a eucariontes**

CONCEPTO DE CÉLULA

Surgió cuando Robert Hooke en el s. XVIII observó con los primeros microscopios una lámina muy fina de corcho y vio unas estructuras semejantes a las celdillas de un panal (por eso las llamó células). En realidad lo que observó fue lo que queda de una célula vegetal cuando muere, que es la pared celular, ya que en el corcho las células están muertas. Con el paso del tiempo se siguieron haciendo observaciones y se llegó a la conclusión de que todos los seres vivos están formados por una unidad estructural y funcional denominada célula.

TIPOS DE CÉLULAS

- **Procarionte:** son células sin núcleo diferenciado, por lo que su material nuclear no está rodeado por ninguna membrana sino que se encuentra en el citoplasma celular. Son células bastantes sencillas y pequeñas, y únicamente forman parte de seres unicelulares como bacterias y algas verde-azules.
- **Eucarionte:** son células con núcleo diferenciado ya que su material genético está aislado del resto del material celular por la membrana nuclear. Las células eucariontes forman parte de organismos unicelulares como las amebas, paramecios, y de todos los pluricelulares. Son mayores que las procariontes y más complejas.

ORGANIZACIÓN DE LAS CÉLULAS PROCARIONTES

CÁPSULA

Es una estructura que no aparece en todas las células procariontes. Además, cuando una especie es capsulada no lo es durante todo su ciclo vital, sino sólo en determinadas épocas, cuando las condiciones del medio son adversas. La cápsula está formada por glúcidos, lípidos y agua, de manera que cuando una bacteria se capsula y se aletarga, vive a expensas de los nutrientes y el agua acumulados en la cápsula.

PARED BACTERIANA

Aparece en todas las células procariontes. Está formada por proteínas, hidratos de carbono y lípo-polisacáridos, aunque su composición varía de unas especies a otras. Su función es darle forma y rigidez a la célula y también protegerla; por ejemplo, cuando una célula procarionte está en un medio hipertónico la pared celular evita que el agua salga de forma masiva del interior de la célula.

MEMBRANA PLASMÁTICA

Está formada por lípidos y proteínas, estructurada según el modelo del mosaico fluido. Su misión es controlar todo lo que sale y entra de la célula.

INVAGINACIONES MEMBRANOSAS

Son repliegues de la membrana plasmática que se dirigen hacia el interior de la célula. Si la célula procarionte

es aerobia en las invaginaciones membranosas se encuentran los enzimas necesarios para hacer la respiración celular. Si por el contrario es fotosintética, se encuentran los enzimas necesarios para hacer la fotosíntesis.

CITOPLASMA

Es una disolución coloidal que tiene como disolvente el agua y como solutos iones de sales minerales (monosacáridos, aminoácidos, proteínas de carácter enzimático). En el citoplasma también hay gránulos de monosacáridos y gotas de líquidos. En el citoplasma se desarrolla la mayor parte de las reacciones metabólicas que se producen en la célula procarionte.

RIBOSOMAS

Son orgánulos celulares que se encuentran dispersos por el citoplasma. Están disgregados, de manera que la subunidad grande y la subunidad pequeña están separadas. Ambas subunidades sólo se unen cuando se está realizando la síntesis proteica, en ese caso varios ribosomas están unidos a una molécula de ARN mensajero leyéndola y sintetizando una proteína. El conjunto de ribosomas y ARN mensajero se llama polisoma.

MATERIAL GENÉTICO (ADN)

El material genético de la célula procarionte es ADN circular y no histónico. En cada célula procarionte suele haber varias moléculas de ADN. Esta molécula de ADN circular está a su vez replegada, formando una superhélice, para ocupar menos.

Antes de la división celular el ADN procarionte se duplica gracias a los enzimas que hay en el citoplasma celular (helicasa, ADN polimerasa). Por supuesto el ADN también se traduce y se transcribe.

ORGANIZACIÓN DE LA CÉLULA EUCARIONTE

MEMBRANA PLASMÁTICA

Formada por lípidos, proteínas e hidratos de carbono. Estructurada según el modelo de mosaico fluido descrito por Singer y Nicholson (1975). Según el modelo de mosaico fluido los lípidos se colocan formando una bicapa de manera que orientadas al exterior e interior de la célula quedan las caras polares de los lípidos y, enfrentadas entre sí, las partes apolares.

Las proteínas pueden ser de dos tipos:

- **Integrales:** están integradas en la bicapa y su vez las hay de dos tipos:
 - Transmembranales: atraviesan la membrana de lado a lado.
 - Parciales: son aquellas que se encuentran en una de las dos monocapas.
- **Periféricas:** son aquellas que no están integradas en la bicapa; se unen a estas por puentes de hidrógeno que se establecen con las proteínas integrales o, por enlaces covalentes que se establecen con las cadenas de los ácidos grasos.

Los hidratos de carbono se localizan en la cara externa y se unen a lípidos (glucolípidos), o a proteínas (glucoproteínas). Los hidratos de carbono que aparecen en la membrana reciben el nombre de glicocálix.

Funciones de la membrana plasmática

La membrana plasmática tiene la función de transporte, producir, modular y conservar gradientes

electroquímicos, receptor de señales y reconocimiento a nivel celular.

Transporte

La membrana plasmática controla todo lo que entra y sale de la célula. Hay varios tipos:

- **Transporte para iones y moléculas pequeñas**
- **Transporte pasivo:** las sustancias que atraviesan la membrana con este tipo de transporte lo hacen a favor de su gradiente de concentración, de su gradiente eléctrico o de ambos. El transporte pasivo puede ser:
 - **Difusión:** para moléculas pequeñas y sin carga
 - **Difusión facilitada:** para moléculas o iones cuyo tamaño o polaridad les impide atravesar la membrana sin más; para hacerlo necesitan de unas proteínas integrales, llamadas permeasas, que actúan como vehículo para que estas sustancias atraviesen la membrana. Ej. el agua, la glucosa Las permeasas son altamente selectivas, cada permeasa es específica para una determinada molécula o ion.
- **Transporte activo:** se produce cuando las sustancias que atraviesan la membrana lo hacen en contra de gradiente, ya sea químico, eléctrico o electroquímico. Para que se produzca este tipo de transporte siempre hay proteínas de membranas implicadas en él.

Un ejemplo de transporte activo es la bomba sodio–potasio, en la que participa una proteína con una estructura tal que presenta una cavidad hacia el interior de la célula, en la que se adopta perfectamente el ion sodio. A la vez se hidroliza una molécula de ATP liberándose ADP, un grupo fosfato, que se une a la proteína, y energía. La unión del grupo fosfato y la energía hace que la proteína cambie de conformación, de tal manera que el ion sodio sale hacia el espacio intercelular. Una vez vacía la proteína está en situación óptima para recibir al ion potasio, que hace que el grupo fosfato se suelte de la proteína. La proteína recupera su estructura primitiva y el potasio es liberado hacia el interior de la célula.

La misma molécula puede atravesar la membrana por transporte pasivo o activo, dependiendo de su localización. Por ejemplo la glucosa entra en la mayor parte de las células por transporte pasivo, sin embargo, en las células del hígado, donde hay mucha glucosa para formar glucógeno, entra por transporte activo.

- **Transporte para macromoléculas**

Cuando a través de la membrana pueden pasar moléculas de elevado peso molecular, como glucoproteínas, lo hacen por mecanismos específicos de entrada y salida a los que se les conoce con el nombre de endocitosis y exocitosis respectivamente.

- **Endocitosis:** mecanismo por el cual una macromolécula pasa al interior de la célula; esa macromolécula se aproxima a la célula, en esa zona la membrana se invagina rodeando la macromolécula y se estrangula formando una vesícula.
- **Exocitosis:** mecanismo por el cual una macromolécula sintetizada en el interior de la célula sale de esta. La macromolécula una vez que se ha sintetizado queda rodeada de un fragmento de membrana o bien de golgi o bien del retículo. Dicha vesícula se dirige a la membrana plasmática, se fusiona con ella y su contenido se vierte hacia el exterior.

CITOPLASMA

El citoplasma es la parte de la célula que queda entre la membrana plasmática y el núcleo. En el citoplasma

diferenciamos dos zonas:

- **Citosol:** es la parte fluida del citoplasma. Es una disolución que tiene como disolvente el agua y como solutos iones de sales minerales, moléculas orgánicas pequeñas (aminoácidos, glúcidos, ATP), y proteínas, sobre todo de carácter enzimático. Esta disolución es de tipo coloidal y puede estar en estado sol y gel.
- **Citoesqueleto:** es una red de filamentos proteicos que recorren el citoplasma. Dan forma a la célula, son responsables de su movimiento y dirigen el tránsito de la célula por el interior de la célula.

- Componentes del citoesqueleto:

- **Microtúbulos:** son estructuras cilíndricas huecas formadas por trece protofilamentos; cada uno está formado por un número indeterminado de unidades de una proteína globular denominada tubulina. Los microtúbulos se pueden unir formando dobletes o tripletes; en un doblete hay veintitrés protofilamentos, no veintiséis, ya que se comparten tres, y en un triplete hay treinta y tres, no treinta y nueve.

- **Funciones de los microtúbulos:**

- Cuando la célula se divide, los microtúbulos, se desorganizan y su tubulina forma el uso mitótico.
- Son los responsables de la forma de la célula.
- Por su interior circulan macromoléculas que se dirigen de un lado a otro de la célula.

- **Microfilamentos:** constituyen el componente fundamental del citoesqueleto de las células musculares, aunque también aparecen en los restantes tipos celulares. Los microfilamentos más importantes son los de actina y miosina.

- **De actina:** formados por dos cadenas helicoidales, que a su vez están formadas por un número indeterminado de moléculas de actina-globular. Al microfilamento de actina también se le denomina actina-f.

- **De miosina:** es un microfilamento muy largo; en él se distinguen dos zonas, el tallo, formado por dos cadenas polipeptídicas idénticas de α -hélice, y la cabeza, formada por la prolongación de las cadenas del tallo, que están desplegadas, y por cuatro cadenas polipeptídicas pequeñas.

- **Funciones de los microfilamentos:**

- Tienen una misión esquelética.
- Son responsables de los movimientos del citosol.
- Son los responsables de la contracción de las células musculares.

CENTRIOLOS

Son orgánulos celulares exclusivos de las células eucariontes animales. En la célula eucarionte animal aparecen dos centriolos (centrosoma). Son dos estructuras cilíndricas próximas al núcleo y que se colocan perpendiculares entre sí.

Cada centriolo está formado por nueve tripletes de microtúbulos, unidos entre sí por unas prolongaciones proteicas que salen del microtúbulo A de un triplete al microtúbulo B del siguiente.

- Funciones

- Los centriolos tienen como función organizar el uso mitótico de las células eucariontes animales.

RIBOSOMAS

Están formados por dos subunidades, una grande y otra pequeña. La subunidad grande está formada por tres moléculas de ARN ribosómico y cuarenta moléculas proteicas diferentes. La subunidad pequeña está formada por una molécula de ARN ribosómico y treinta y tres moléculas proteicas distintas. Las dos subunidades sólo permanecen unidas cuando el ribosoma realiza su función (la síntesis proteica), si no están separadas.

RETÍCULO ENDOPLÁSMICO

Es una estructura membranosa que se mantiene en continuación con la membrana plasmática. La membrana del retículo está formada por lípidos y proteínas estructuradas según el modelo de mosaico fluido. Hay dos tipos:

- R.E. rugoso: se llama así porque en la cara citoplásmica de sus membranas hay ribosomas.
- Funciones:
 - Los ribosomas de su superficie realizan la síntesis proteica y, las proteínas que se han sintetizado, pasarán a las cavidades del retículo donde se van almacenando para después dirigirse a su destino correspondiente.
- R.E. liso: se llama así porque no tiene ribosomas.
- Funciones:
 - En las membranas se sintetizan colesterol y fosfolípidos.
 - Síntesis de hormonas esteroideas a partir del colesterol.
 - Proceso de detoxificación: consiste en transformar sustancias liposolubles tóxicas, que han sido ingeridas, en sustancias hidrosolubles, mucho más fáciles de eliminar. Esto ocurre con las células del hígado y del riñón.
 - Intervienen en la contracción muscular, ya que en las células del músculo estirado, su R.E. liso actúa como un almacén de Ca^{2+} que se libera al citoplasma celular para que la actina y miosina se contraigan.

Los dos tipos de retículo coexisten en la misma célula y la proporción de uno y otro variará dependiendo de la función de la célula. Las membranas de ambos retículos delimitan una serie de cavidades que están comunicadas entre sí, a las cuales se les llama lumen o luz.

APARATO GOLGI

Fue descrito por primera vez en 1898 por Camilo Golgi. Se encuentra en todas las células eucariontes. Cada subunidad del golgi se llama dictiosoma, que a su vez está dividido en cisternas. En cada dictiosoma hay de siete a nueve cisternas.

Alrededor de cada dictiosoma hay una gran cantidad de vesículas; unas proceden del retículo endoplásmico que van cargadas de proteínas y se dirigen a las primeras cisternas del golgi, otras salen de unas cisternas del golgi y se dirigen a otras, y por último hay vesículas que surgen del golgi y o bien se queda en la célula formando lisosomas o bien se dirigen a la membrana plasmática para expulsar su contenido por exocitosis.

- Funciones:
 - Interviene en la secreción celular.

- En su interior se modifican proteínas que proceden del retículo
- Forma los lisosomas primarios
- Cuando las células vegetales se dividen forman el tabique que va a separar a las cuatro células hijas

LISOSOMAS (vesículas)

Son vesículas procedentes del golgi que contienen una proteína enzimática de carácter degradativo; el lisosoma recién formado procedente del golgi se llama lisosoma primario. Cuando este lisosoma se une a una vesícula que contiene en su interior una macromolécula, que va a ser degradada por el enzima degradativo, se obtiene el lisosoma secundario. Si el lisosoma primario se une a un orgánulo celular que ya esté deteriorado y destruido se forma un autolisosoma.

MITOCONDRIA

Las mitocondrias aparecen en todas las células eucariontes; su tamaño, forma y número es variable y su función es realizar la respiración celular.

- **Membrana mitocondrial externa:** formada por lípidos y proteínas, estructurada según el modelo de mosaico fluido. Es una membrana bastante permeable.
- **Espacio intermembranal:** localizado entre las dos membranas mitocondriales. En él se acumulan protones de hidrógeno.
- **Membrana mitocondrial interna:** formada por lípidos y proteínas, estructurada según el modelo de mosaico fluido y replegada. A los repliegues se les llama crestas mitocondriales. Es muy selectiva en cuanto al transporte se refiere, es la que controla todo lo que entra y sale de la mitocondria. En ella se realiza la cadena de transporte electrónico (CTE), fase final de la respiración celular, y por tanto en ella se encuentran todos los enzimas necesarios para realizar la CTE.
- **Matriz mitocondrial:** disolución coloidal en la que se encuentran:
 - **Ribosomas**, que pueden estar dispersos o unidos a ARN mensajero formando polisomas.
 - **ADN mitocondrial**, circular y no histónico, que codifica para ARNr, ARNt y ARNm, todos ellos mitocondriales, y para algunas proteínas propias de la mitocondria; la mayor parte de las proteínas mitocondriales tienen su origen en el ADN de núcleo de la célula y por tanto se sintetizan en el citoplasma celular.
 - **Enzimas**, C1, que participan en la replicación, transcripción y traducción del ADN mitocondrial y, C2, que catalizan el ciclo de Krebs, que es un paso previo a la cadena de transporte electrónico.

Antes de que la célula se divida las mitocondrias se dividen por bipartición, de esta manera las células hijas reciben un número de mitocondrias aproximadamente igual al que tenía la célula madre.

CLOROPLASTOS

Es un orgánulo fotosintético, exclusivo de las células eucariontes vegetales; su forma, número y localización son variables y su función es realizar la fotosíntesis.

- **Membrana plastidial externa:** formada por lípidos y proteínas, estructurada según el modelo de mosaico fluido. Es bastante permeable.
- **Membrana plastidial interna:** formada por lípidos y proteínas y estructurada según el modelo de mosaico fluido. Es bastante permeable. Es la que realmente controla lo que entra y sale del

cloroplasto.

- **Espacio intermembranal:** espacio delimitado por las dos membranas.
- **Estroma:** es una disolución coloidal que tiene como soluto iones de sales minerales, moléculas orgánicas de pequeño tamaño y proteínas enzimáticas, y como disolvente, el agua. En él se encuentran ribosomas (distintos de los del citosol y mitocondria), que pueden estar libres o unidos a moléculas de ARN mensajero formando polisomas. Su función es sintetizar proteínas del propio cloroplasto. También hay ADN circular no histónico (diferente del ADNc del núcleo y mitocondria), que codifica para ARNm, ARNt y ARNr del propio cloroplasto y para las proteínas que se sintetizan en el mismo.

El cloroplasto no es autónomo porque muchas de las proteínas que hay en el cloroplasto han sido sintetizadas en el citoplasma celular, codificadas por el ADN del núcleo.

Las proteínas de carácter enzimático que hay en el estroma las podemos dividir en:

- Proteínas que catalizan la replicación, transcripción y traducción de ADN del cloroplasto (ADN plastidial).
- Proteínas que catalizan la fase oscura de la fotosíntesis.
- **Tilacoides:** son estructuras membranosas organizadas según el modelo de mosaico fluido que tiene fosfolípidos, glucolípidos, proteínas y pigmentos (clorofila, antofilas, carotenos). En las membranas de los tilacoides se realiza la fase luminosa de la fotosíntesis.

Los tilacoides se apilan formando **grana**. Todos los grana del mismo cloroplasto están comunicados entre sí porque hay tilacoides que pasan de unos grana a otros.

PARED CELULAR

Es una estructura exclusiva de las células eucariontes vegetales. Su misión es dar forma a la célula, protegerla y, si la pared celular está muy desarrollada, de sostén.

- **Lámina media:** todas las células tienen lámina media. Actúa como un cemento que mantiene unidas a las células, la lámina media siempre está compartida por dos células. Está formada por peptinas (polímeros de un ácido derivados de la galactosa, con uniones 1, 4). Algunas moléculas del polímero están esterificadas (enlaces tipo éster), y además cuando la lámina media ya es madura a las peptinas se le unen iones de calcio, lo que le da una gran dureza.
- **Pared primaria:** aparece en todas las células eucariontes vegetales; se deposita entre la lámina media y la membrana plasmática. En ella se pueden diferenciar dos tipos de componentes:
 - Componente fibrilar: está formado por celulosa, que es un polímero de β -D-Glucosa (con uniones 1, 4). Estas moléculas de celulosa se agrupan hasta formar fibras de celulosa. La celulosa es muy resistente y cuando la célula crece las fibras de celulosa aumentan de longitud por la incorporación de nuevos monómeros. En la pared primaria las fibras de celulosa se colocan formando una red.
 - Componente matricial: se coloca entre las fibras de celulosa y está formado por hemicelulosa, proteínas y peptinas.

Los componentes de la pared primaria se mantienen unidos por puentes de hidrógeno y por enlaces covalentes.

- **Pared secundaria:** se deposita entre la pared primaria y la lámina media; sólo aparece en aquellos

tipos celulares cuyo crecimiento ha cesado y cuya misión es de sostén o de transporte. Está formada por los mismos componentes que la pared primaria, pero se diferencia en que en la pared secundaria, las fibras de celulosa están perfectamente ordenadas dando lugar a tres capas: S1, S2 y S3.

- S1: las fibras de celulosa se colocan paralelas entre sí y paralelas a la superficie celular.
- S2: las fibras de celulosa se colocan paralelas entre sí y perpendiculares a la superficie celular.
- S3: igual que en la S1.

Entre las fibras de celulosa se coloca el componente matricial.

En la pared secundaria en muchas ocasiones se depositan sustancias que la endurecen y la impermeabilizan, como la lignina, el suber

- **Punteaduras:** son orificios que aparecen en la pared celular (exclusivos de las células eucariontes vegetales), y que sirven para que las células se comuniquen.
- **Primarias:** aparecen en aquellas células que sólo han desarrollado pared primaria. En la zona de la punteadura, la lámina media está agujereada y la pared primaria también, y además en esta zona la punteadura primaria es más fina que en el resto de la superficie celular. Por los orificios las células mandan prolongaciones citoplásmicas que le sirven para comunicarse.
- **Secundarias:** aparecen en aquellas que han desarrollado pared secundaria. En la zona de la punteadura la lámina media y la pared primaria están agujereadas y además es más delgada que en el resto de la superficie; la pared secundaria desaparece en la zona de la punteadura.

NÚCLEO

Se diferencian:

- **Membrana nuclear:** en realidad es una parte del retículo endoplásmico que rodea al material nuclear. En ella se diferencian:
 - **Membrana nuclear externa:** en su superficie siempre hay ribosomas; limita con el citoplasma nuclear.
 - **Membrana nuclear interna:** nunca tiene ribosomas; limita con el material nuclear. Entre ambas membranas se encuentra el espacio perinuclear.

Cada cierto tramo ambas membranas se fusionan y en esa zona están agujereadas, formándose los poros nucleares, que tienen un tamaño, tal que, impiden que el ADN salga del núcleo y permiten que el ARN, sintetizado en el núcleo, salga al citoplasma, para realizar sus funciones. También permiten la entrada de los enzimas que se necesitan dentro del núcleo para que el ADN se replique y se transcriba.

- **Material nuclear:** queda delimitado por la membrana nuclear. Cuando la célula no se está dividiendo, el material nuclear forma la cromatina, formada por ARN y proteínas histónicas y enzimáticas. Durante la interfase, la cromatina, aparentemente está sin ordenar y forma una especie de madeja cuyo hilo está descolocado.

Dentro del núcleo hay una zona que se diferencia perfectamente del resto del material nuclear, denominada nucleolo, en la cual hay ADN que se está transcribiendo dando lugar a ARN ribosómico. Este ARN se une a proteínas que también hay en el nucleolo y que proceden del citoplasma para formar los precursores de los ribosomas.

Cuando la célula entra en división, la cromatina se condensa formándose unas estructuras, visibles a

microscopía óptica, que se llaman cromosomas.

- **Cromosomas:** cuando mejor se ven los cromosomas es en un periodo de mitosis llamado metafase, por lo que se las llama cromosomas metafásicos. Cada cromosoma está formado por dos cromátidas hermanas. En una cromátida hay una molécula de ADN asociada a sus proteínas correspondientes. En la otra hay una molécula de ADN exactamente igual, ya que ambas se han formado al replicarse una molécula madre de ADN antes de la división celular.

- **Centrómero:** es la zona del cromosoma en la que las dos cromátidas se aproximan.
- **Telómeros:** son los extremos de las cromátidas.
- **Brazo:** es cada una de las partes de la cromátida que queda a ambos lados del centrómero.

Además en algunos cromosomas aparecen otras estructuras:

- Construcción secundaria: es un estrechamiento que aparece al final de las cromátidas.
- Satélite: es la parte de la cromátida que queda separada del resto por la construcción secundaria.

Tipos de cromosomas según su morfología

1. Cromosomas metacéntricos: tienen el centrómero aproximadamente en el centro.
2. Cromosomas submetacéntrico: el centrómero está ligeramente separado del centro, de manera que los brazos tienen distinta longitud.
3. Cromosomas acocéntricos: el centrómero está muy desplazado hacia uno de los extremos, por lo que un brazo queda muy corto.
4. Cromosomas telocéntricos: el centrómero está en uno de los extremos, por lo que en cada cromátida sólo hay un brazo.

En el caso de la especie humana, en todas las células excepto en los óvulos y espermatozoides, hay veintitrés tipos de cromosomas, y de cada tipo un par de cromosomas al que se denomina par de homólogos. En los dos representantes de cada par hay información para los mismos caracteres y dicha información está localizada en el mismo lugar en cada uno de los componentes del par de homólogos, aunque no tiene por qué ser la misma, ya que uno de los cromosomas es de procedencia paterna y el otro de procedencia materna.

Atendiendo al número de cromosomas de cada tipo se puede hablar de:

- Células aploides, sólo tienen un representante de cada tipo (óvulos y espermatozoides).
- Células diploides, cuando de cada tipo de cromosoma hay dos representantes.
- Células triploides, cuando de cada tipo tienen tres representantes.
- Células poliploides, cuando de cada tipo de cromosomas hay cuatro o más representantes.

El número de cromosomas de una especie es uno determinado, en nuestro caso cuarenta y seis. Si este número varía se producen alteraciones en los individuos que poseen más o menos cromosomas de lo normal.

En nuestra especie los varones tienen veintidós pares de cromosomas homólogos y el último par, el veintitrés, denominado par de cromosomas sexuales, formado por un cromosoma grande X y uno mucho menor Y. En las mujeres hay veintidós pares de cromosomas homólogos y el último, el par de cromosomas sexuales, también está formado por un par de homólogos. Los cromosomas que no son sexuales se denominan autosomas.

11

Ribosoma

Polisoma

Citoplasma

ADNc no histónico

Invaginaciones membranas

Cápsula

Pared bacteriana

Membrana plasmática

dictiosoma

cisterna

Enz. D

Macromolécula

Enz. D

Macromolécula

Enz. D

Enz. D

L. secundario

L. primario

Vesícula

Autolisosoma

L. primario

Mitocondria

Lámina media

Membrana plasmática

L.M

pared primaria

L.M

P.2^a

P.1^a

M.P.

1

4

OH

OH

OH

CH₂OH

Celulosa

Hemicelulosa

P.H.

E.C.

S. Peptídicas

E.C.

Proteína

M.P

P. Primaria:

- C. Fibrilar
- C. Matricial

P. 2^a

S1

S2

S3

C. Matricial

Poros nuclear

Membrana nuclear interna

Membrana nuclear externa

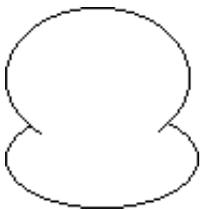
Espacio perinuclear

Poros nucleares

Cromátida

Centrómero

Telómero



Subunidad pequeña

1 molec. ARNr + 33 molec. proteicas

Subunidad grande

3 molec. ARNr + 40 molec. proteicas

A

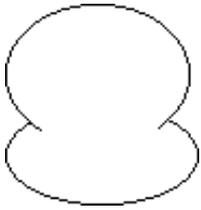
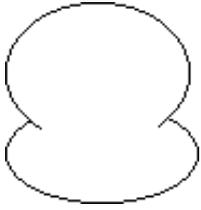
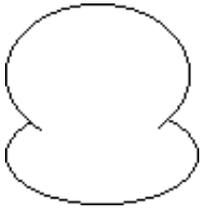
B

C

C

B

A



ADNc no histónico

Membrana plastidial interna

Espacio intermedio

Polisoma

Membrana plastidial externa

Tilacoide

Grana