

TEMA 8. CITOPLASMA E ORGÁNULOS CELULARES

1. CITOPLASMA
 - 1.1. CITOSOL OU HIALOSPLAMA
 - 1.2. CITOESQUELETO
2. CILIOS E FLAXELOS
3. CENTROSOMA: CENTRO ORGANIZADOR DE MICROTÚBULOS
4. ORGÁNULOS CELULARES
 - 4.1. RIBOSOMAS
 - 4.2. ORGÁNULOS DE MEMBRANA SIMPLE
 - 4.2.1. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO
 - 4.2.2. APARATO DE GOLGI
 - 4.2.3. LISOSOMAS
 - 4.2.4. PEROXISOMAS
 - 4.2.5. VACÚOLOS
 - 4.3. ORGÁNULOS DE DOBRE MEMBRANA
 - 4.3.1. MITOCONDRIAS
 - 4.3.2. CLOROSPLASTOS
 - 4.3.3. NÚCLEO
5. A ORIXE DA CÉLULA EUCARIOTA: Teoría da endosimbiose

1. CITOPLASMA

O **citoplasma** é a parte da célula comprendida entre a membrana plasmática e a envoltura nuclear. Está formado polo **citosol** (ou hialoplasma) e os **orgánulos celulares**.

1.1. CITOSOL

Pódese definir como o citoplasma sen orgánulos ou como a fracción soluble do citoplasma. É un medio acuoso (85% de auga) no que se encontran inmersos os orgánulos celulares, e a súa composición é complexa. Nel encóntranse disoltos ións, aminoácidos, nucleótidos, produtos do metabolismo intermediario, moléculas de RNA e unha gran cantidade de proteínas, a maioría enzimas, que catalizan un gran número de reaccións do metabolismo celular (glicólise, gliconeoxénese...).

Tamén contén unha gran variedade de filamentos proteicos que lle proporcionan unha complexa estrutura interna. O conxunto destes filamentos constitúe o **citoesqueleto**.

Ademais, no citosol de moitas células almacénanse substancias de reserva en forma de gránulos, denominados inclusións, que non están rodeados por unha membrana.

1.2. CITOESQUELETO

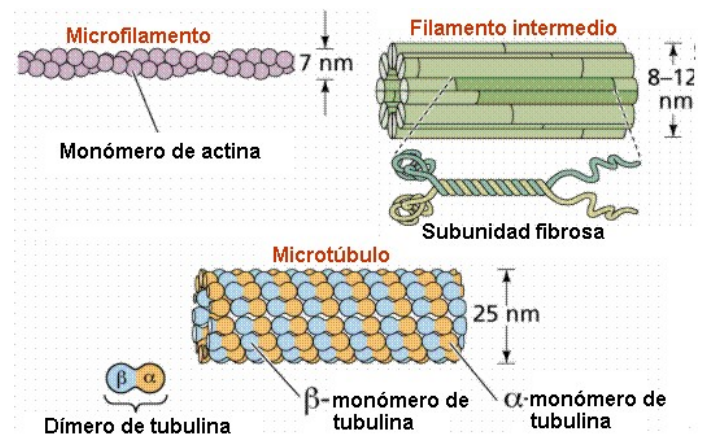
Formado por unha complexa rede de filamentos proteicos que se estende por todo o citoplasma, confírelle á célula a súa forma e a súa capacidade de movemento, proporcionándolle ademais un

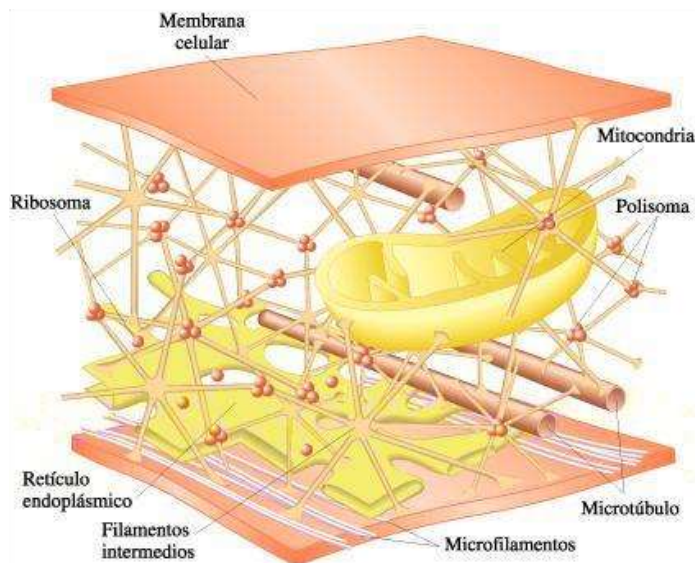
armazón interno que permite tanto situar como transportar os seus orgánulos no citoplasma. Está formada por microfilamentos, filamentos intermedios e microtúbulos.

- **Microfilamentos:** están formados principalmente por unha proteína globular chamada **actina**, polo que tamén se lles chama filamentos de actina. Nas células musculares asóciase á miosina para orixinar a contracción muscular.

Funcións:

- Dan estabilidade a prolongacións do citoplasma como as microvelosidades intestinais.
 - Permite o movemento de amebas ou a fagocitose.
 - Mantén a forma da célula.
 - Estrangulación do citoplasma na división celular: citocinese.
-
- **Filamentos intermedios:** son fibras proteicas moi resistentes encargadas do mantemento da forma da célula.
-
- **Microtúbulos:** os microtúbulos están formados principalmente por unha proteína globular chamada **tubulina**. Son o principal compoñente do citoesqueleto das células eucariotas. Interven no transporte intracelular e forman parte de centriolos, cilios e flaxelos. Pódense formar ou destruír según as necesidades da célula. En base a isto clasifícanse en:
 - ❖ **Lábiles:** forman estruturas inestables que se polimerizan e despolimerizan en función das necesidades da célula, dando lugar ao fuso acromático durante a división celular, producindo cambios de forma da célula, nos seus desprazamentos, etc.
 - ❖ **Estables:** constitúen os cilios, flaxelos e centriolos.





2. CILIOS E FLAXELOS

Os cílios e flaxelos son prolongacións móbiles da membrana plasmática dalgunhas células, constituídas por microtúbulos.

Os flaxelos teñen a función de permitir o desprazamento da célula, e os cílios, crear turbulencias preto da célula para achegar o alimento.

- ❖ Os **cílios** son curtos e moi numerosos, recubriendo a superficie celular. O seu movemento é coordinado de atrás cara adiante.
- ❖ Os **flaxelos** son longos e escasos, xeralmente só 1 ou 2. O seu movemento é ondulatorio.

Con respecto ás células procariotas, estas tamén poden posuir flaxelos, pero a súa estrutura é totalmente diferente.

3. CENTROSOMA

O centrosoma ou citocentro é un orgánulo **non membranoso**, presente en todas as células animais que poden dividirse. Non están presentes, por exemplo, nos glóbulos vermellos humanos nin nas neuronas, que non se poden dividir. O centrosoma está situado preto do núcleo, moitas veces rodeado polos dictiosomas do aparello de Golgi.

O centrosoma está constituído por:

- **Dous centriolos ou diplosoma.** A estrutura dos centriolos é idéntica á dos corpúsculos basales dos cílios. Ocupan o centro do centrosoma. Están orientados perpendicularmente entre si. Cada centríolo ten forma de cilindro, con paredes formadas por nove triplete de

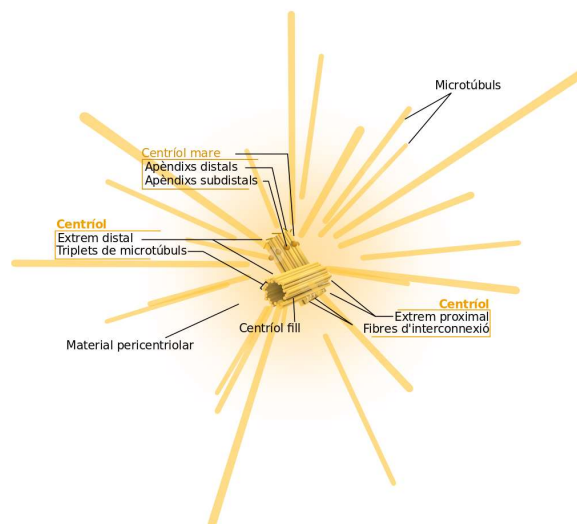
microtúbulos, sen ningún microtúbulo central, formando a denominada estrutura 9+0.

- O **material pericentriolar** ou centrosfera rodea ao diplosoma. É un material ópticamente denso.
- O **áster**, fibras constituídas por microtúbulos que crecen e se organizan de forma radial, ao redor do centrosoma. Os microtúbulos do áster dan lugar aos microtúbulos do fuso acromático na división celular.

Funcións:

O centrosoma é o centro organizador de microtúbulos (COM), xa que actúa como núcleo de formación a partir do cal crecen os microtúbulos. Durante a interfase organiza os microtúbulos citoplasmáticos e durante a mitose encárgase da disposición dos microtúbulos do fuso mitótico.

Non todos os centros organizadores de microtúbulos conteñen centríolos; nas células dos vexetais superiores, os microtúbulos do fuso mitótico derivan dunha rexión difusa (mal definida) que carece de centríolos.



4. ORGÁNULOS CELULARES

4.1. RIBOSOMAS

Os ribosomas son uns orgánulos globulares, **sen membrana**, constituídos por proteínas asociadas a ARNr procedentes do nucléolo. Todas as células, procariotas ou eucariotas, teñen ribosomas, aínda que os ribosomas eucarióticos son máis grandes que os procarióticos.

Na célula eucariota pódense atopar:

- Libres no citoplasma, illados ou unidos entre si formando os polisomas ou polirribosomas.
- Adheridos á parte externa da membrana do retículo endoplasmático rugoso ou no lado citoplasmático da membrana nuclear externa.

- Libres na matriz das mitocondrias (mitorribosomas) e no estroma dos cloroplastos (plastorribosomas), moi parecidos aos ribosomas das células procariotas.

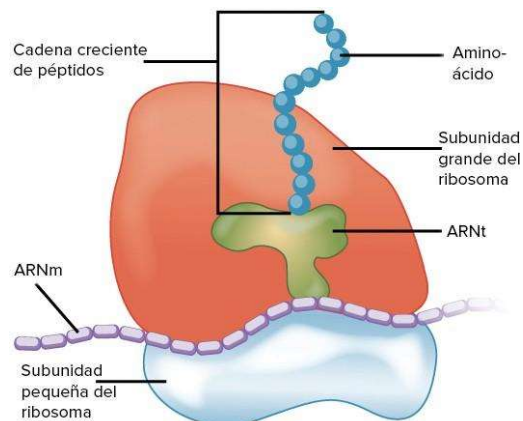
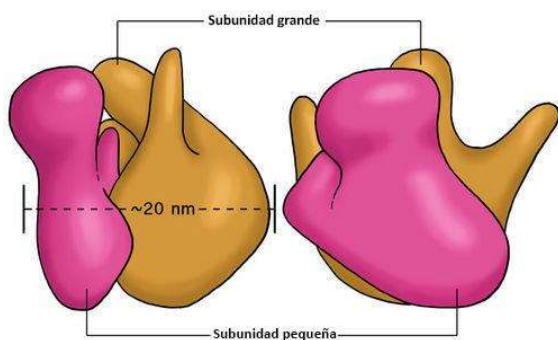
Orixe:

A formación dos ribosomas comprende a síntese e a ensamblaxe dos seus dous compoñentes, as proteínas e os rRNA. As proteínas ribosomais sintetízanse no citosol e os rRNA no nucléolo. A ensamblaxe dos ribosomas ten lugar no nucléolo.

Estrutura e localización:

Cada ribosoma esta composto por dúas subunidades, unha grande e outra pequena que se disocian ó final de cada proceso de síntese proteica. A subunidade pequena únese ó mRNA e ás moléculas de tRNA, mentres que a subunidade grande cataliza a formación dos enlaces peptídicos.

Os ribosomas interveñen na **síntese de proteínas**. Primeiro, o ARNm únese á subunidade menor do ribosoma e, despois, á subunidade maior, comezando a tradución do ARNm. Cando se remata a síntese da proteína, as dúas subunidades sepáranse. As moléculas de ARNm son lidas por varios ribosomas á vez, polo que forman unhas cadeas que reciben o nome de polirribosomas ou polisomas.



4.2. ORGÁNULOS DE MEMBRANA SIMPLE

4.2.1. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

O retículo endoplasmático é o orgánulo máis grande de moitas células eucariotas. Está formado por túbulos (tubos) e sacos (cisternas) que se comunican formando unha rede continua desde a membrana nuclear, estendéndose por todo o citoplasma da célula. A parte interna do retículo endoplasmático chámase lumen.

A membrana do RE ten estrutura similar á plasmática, aínda que é algo máis delgada e ten menos lípidos e máis proteínas que a membrana plasmática.

Segundo as súas funcións e a súa composición distínguense dous tipos de retículo endoplasmático: retículo endoplasmático liso (REL) e retículo endoplasmático rugoso (RER).

- **Retículo endoplasmático rugoso (RER)**

Ten ribosomas adheridos nas súas membranas, no lado do citosol. Comunícase coa membrana nuclear e o retículo endoplasmático liso.

As **funcións do RER** son:

- 1) **Síntese de proteínas** cos ribosomas fixados á súa membrana. As proteínas sintetizadas pasan do RER ao REL, logo ao aparello de Golgi e de alí, aos lisosomas, á membrana plasmática ou ao exterior. No percorrido por estes orgánulos, a molécula experimentará un procesado adicional.
- 2) **Glicosilación de proteínas** consiste na incorporación de cadeas de oligosacáridos ás proteínas para converterse en glicoproteínas.
- 3) **Almacenamento de proteínas**
- 4) **Transporte de proteínas**

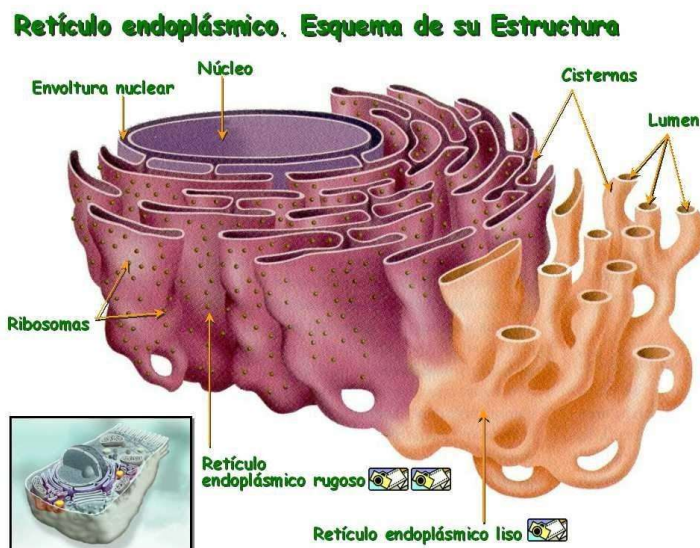
- **Retículo endoplasmático liso (REL)**

Carece de ribosomas, polo que a súa superficie é lisa. Formado, maioritariamente, por unha rede de túbulos, que se unen ao RER, que se estende por todo o citoplasma.

Funcións do retículo endoplasmático liso:

1) **Síntese, almacenamento e transporte de lípidos.** Sintetízanse case todos os lípidos constituíntes das membranas: colesterol, fosfolípidos, glicolípidos e tamén hormonas esteroideas.

2) **Detoxificación.** A súa membrana contén encimas desintoxicantes que degradan substancias liposolubles que poidan resultar nocivas e transfórmanas en substancias solubles que poden ser excretadas polo organismo. Nos vertebrados, a detoxificación realízase principalmente nas células do fígado, riles, intestino, pulmóns e pel. Por exemplo, o REL abunda nas células do fígado, onde contén enzimas que desintoxican produtos nocivos como o alcohol e outros subproductos do metabolismo, como o amoníaco.



4.2.2. APARATO DE GOLGI OU COMPLEXO DE GOLGI

O aparello de Golgi é un orgánulo presente en todas as células eucariotas, pero o seu desenvolvemento é variable, dependendo do tipo e actividade da célula. En células con moita actividade secretora está moi desenvolvido.

Está formado por unhas estruturas chamadas **dictiosomas** e estes dictiosomas están compostos por unhas 4-8 cisternas aplanadas rodeadas de membrana que se atopan amoreadas unhas encima doutras, e cuxa función é completar a fabricación dalgunhas proteínas. Funciona como unha planta empaquetadora, modificando vesículas do retículo endoplasmático rugoso.

Os dictiosomas poden presentar continuidade con outros compoñentes, por exemplo co retículo endoplasmático.

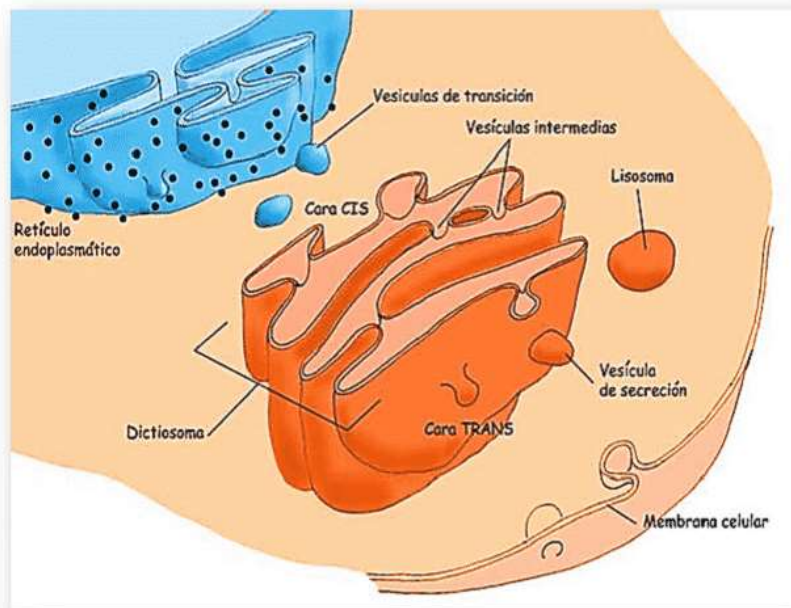
Estrutura do aparello de Golgi

Os **dictiosomas** presentan:

- Un **cara CIS**, proximal ou de formación. É a máis interna, próxima ao núcleo, e continuación das membranas do retículo endoplasmático. Deste recibe as vesículas de transición, que son sáculos con proteínas que foron sintetizadas na membrana do retículo endoplasmático rugoso (RER), introducidas dentro das súas cavidades e transportadas polo lumen ata a parte máis externa do retículo. O contido das vesículas de transición incorpórase ás cisternas do aparello de Golgi. De cada cisterna saen novas vesículas que se incorporan á seguinte cisterna.

As súas membranas son finas, de composición similar á das membranas do retículo endoplasmático.

- Unha **cara TRANS**, distal ou de maduración. Atópase próxima á membrana plasmática (párecese máis a ela). Na periferia desta cara atópanse unhas vesículas grandes chamadas vesículas de secreción, que conteñen no seu interior os produtos finais e que levarán á membrana plasmática para expulsalos ao medio externo (exocitose) ou para formar lisosomas, que conteñen encimas dixestivas.



Funcións do aparello de Golgi

- 1) **Intervén nos procesos de secreción:** as proteínas destinadas a ser secretadas ó exterior son sintetizadas no RER e posteriormente transferidas ao aparato de Golgi onde son empaquetadas nas vesículas de secreción. Ditas vesículas fúndense coa membrana plasmática e verten o seu contido ó exterior por exocitose.
- 2) **Reciclaxe da membrana plasmática:** a fusión das vesículas secretoras coa membrana plasmática permite repoñer os fragmentos de membrana que se perden por endocitose.
- 3) Formación dos lisosomas.
- 4) Formación dos vacúolos nas células vexetais.
- 5) Síntese dos compoñentes da parede celular vexetal.
- 6) Glicosidación: modifícase a fracción glucídica de proteínas e lípidos sintetizados no RE (elimínanse certos azucres e adiciónanse outros).

4.2.3. LISOSOMAS

Os lisosomas son **vesículas membranosas**, formados polo aparello de Golgi, presentes tanto en células animais como vexetais, en cuxo interior ten lugar a dixestión intracelular. A súa membrana está recuberta polo interior por unha grossa capa de glicoproteínas que a protexen da destrución pola acción das súas propias enzimas.

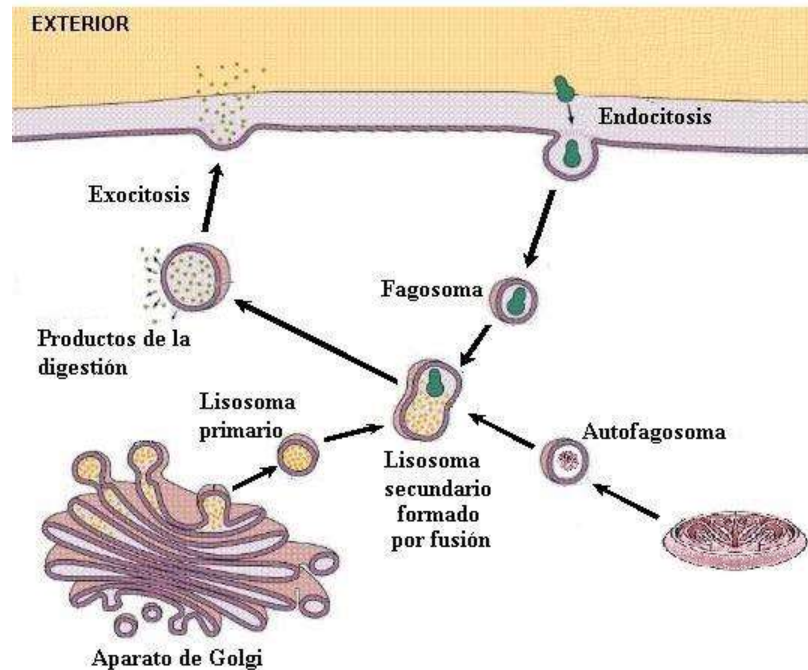
Tipos de lisosomas

Os lisosomas conteñen unha gran cantidade de encimas hidrolíticos, pero o seu contido pode ser moi distinto. Distínguense dous tipos de lisosomas:

- **Lisosomas primarios** (tamén chamados “vesículas con hidrolasas”). Só conteñen encimas hidrolíticos. Son vesículas de secreción recentemente formadas por xemación a partir das

cisternas do aparello de Golgi. Poden formar lisosomas secundarios ou expulsar o seu contido ao exterior.

- **Lisosomas secundarios.** Tamén conteñen hidrolasas, pero ademais substratos en vía de dixestión. Son lisosomas primarios fusionados con outras substancias, de orixe interna ou externa.



A **función** dos lisosomas é a dixestión intracelular de macromoléculas. Dependendo da procedencia do material implicado na dixestión intracelular pódense distinguir dous procesos:

- **Heterofaxia:** consiste na dixestión de material de orixe esóxena que se incorpora á célula por endocitose. O material incorpórase á célula en vesículas de endocitose e posteriormente é transferido a un lisosoma onde se dixire. Os produtos da dixestión pasan ó citosol onde poden ser utilizados pola célula. Se a dixestión é incompleta, quedan no interior dos lisosomas substancias non dixeridas formando os corpos residuais. A heterofaxia intervéen en procesos tales como a nutrición e a defensa célula.
- **Autofaxia:** consiste na dixestión de materiais de orixe endóxena, é dicir, de partes da propia célula. A autofaxia desempeña un importante papel na vida das células, xa que destrúe zonas danadas ou innecesarias das mesmas (recambio dos compoñentes celulares), intervéen nos procesos de desenrolo (metamorfose) e asegura a nutrición en condicións desfavorables.

4.2.4. PEROXISOMAS

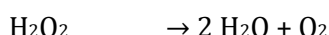
Os peroxisomas son uns orgánulos esféricos, pequenos, presentes en células animais e vexetais, **rodeados dunha membrana**, que conteñen unhas encimas oxidadasas, entre as que destacan a

peroxidasa e a catalasa.

Os peroxisomas son uns orgánulos moi parecidos aos lisosomas, pero diferéncianse deles en que non conteñen hidrolasas ácidas, senón encimas oxidativos.

Nos peroxisomas realízanse reaccións de oxidación similares ás producidas nas mitocondrias, pero a enerxía producida dispáase en forma de calor, en lugar de almacenarse en forma de ATP.

A peroxidasa utiliza osíxeno molecular para oxidar diversos tipos de substratos desprendendo peróxido de hidróxeno (H_2O_2), substancia que é tóxica para a célula. Despois actúa a catalasa, que descompón o peróxido de hidróxeno:



Así, poden oxidar ácidos graxos e aminoácidos, achegando enerxía para a célula, ademais de detoxificar unha gran variedade de moléculas tóxicas, sobre todo no fígado e no ril.

Un tipo especial de peroxisomas son os chamados **glioxisomas**, exclusivos de células vexetais, que aparecen en sementes en xerminación e permiten producir glúcidos a partir dos ácidos graxos.

4.2.5. VACÚOLOS

Xunto cos cloroplastos e a parede celular, os vacúolos son compoñentes característicos das células vexetais.

Un **vacúolo** é unha vesícula moi grande, chea de líquido e rodeada por unha **membrana simple** denominada tonoplasto. Fórmanse por fusión de vesículas procedentes do aparato de Golgi.

O número e tamaño dos vacúolos varía segundo o tipo de célula e as distintas fases do desenvolvemento; son pequenas e numerosas nas células novas diminuindo o número coa idade da célula, ata fundirse nun único vacúolo que pode chegar a ocupar ata o 90% do volume celular, comprimindo o citoplasma e o núcleo contra a membrana plasmática.

Funcións:

Realizan entre outras as seguintes funcións:

- **Almacenan gran variedade de substancias.**

- **Posúen actividade dixestiva** (conteñen encimas hidrolíticos). Os vacúolos están estruturalmente e funcionalmente relacionados cos lisosomas.

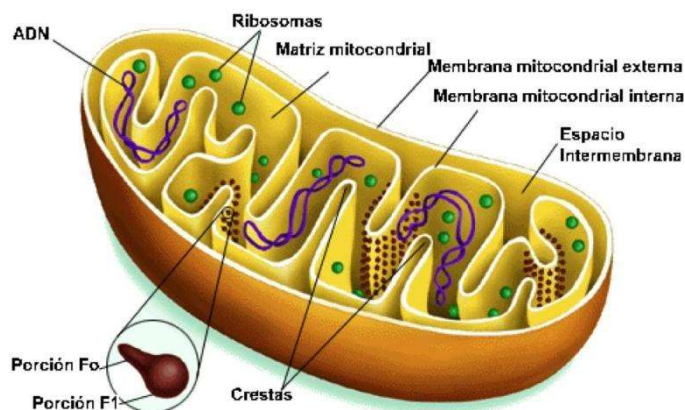
- **Regulan a presión de turxescencia.**

4.3. ORGÁNULOS DE DOBRE MEMBRANA

4.3.1. MITOCONDRIAS

Son as centrais enerxéticas de tódalas células eucarióticas; nelas ten lugar a **respiración**, proceso que implica a obtención de enerxía a partir de moléculas orgánicas e a súa conversión en moléculas de ATP.

Varían de forma e tamaño dependendo da súa orixe e do seu estado metabólico. Normalmente son como cilindros alongados cunha lonxitude aproximada de 2 μm e un diámetro comprendido entre 0,5 e 1 μm . Aparecen no citoplasma de tódalas células eucarióticas, sendo especialmente abundantes naquelas que pola súa actividade posúen unha elevada demanda de enerxía bioquímica (ATP).



Estrutura

A súa estrutura básica esta constituída por dúas membranas e dous compartimentos:

- A **membrana externa**, lisa, posúe uns grandes complexos proteicos (porinas) que actúan como canais de penetración. Moi permeable
- A **membrana interna**, practicamente impermeable e que se encontra moi pregada presentando numerosas invaxinacións denominadas **crestas mitocondriais** (a súa forma varía co tipo celular e o seu número esta en relación coa actividade oxidativa da mitocondria).

Estas dúas membranas definen dous compartimentos diferentes:

- A **cámara externa ou espazo intermembranoso**: entrambas membranas e de composición semellante ó citosol.
- A cámara interna ou **matriz mitocondrial** limitada pola membrana interna, con un alto

contido proteico (enzimas responsables da oxidación dos ácidos graxos ou β -oxidación, do ciclo de Krebs, así como os enzimas que interveñen na replicación, transcrición e tradución do DNA mitocondrial).

Contén tamén varias copias de DNA circular, RNA e ribosomas 70 S (mitorribosomas implicados na síntese dun pequeno número de proteínas mitocondriais (arredor do 10 % a maioría sintetízanse no citosol).

Funcións

A función das mitocondrias é levar a cabo a **respiración celular**, proceso que consiste na oxidación das moléculas combustibles polo osíxeno molecular para obter enerxía en forma de ATP. Nos organismos aeróbicos esta enerxía é fundamental para levar a cabo tódalas actividades celulares.

A mitocondria utiliza como combustibles maioritarios os ácidos graxos e o piruvato producido no citosol a partir da glicosa.

Na matriz mitocondrial realízanse:

- O ciclo de Krebs ou ciclo do ácido cítrico.
- A β -oxidación dos ácidos graxos.

Na membrana mitocondrial interna están as proteínas da cadea respiratoria ou cadea transportadora de electróns, que se desprenden nas oxidacións anteriores, e un complexo enzimático (ATP-sintetasa) encargado de acoplar a enerxía liberada do transporte electrónico coa síntese de ATP (fosforilación oxidativa). Mediante a fosforilación oxidativa sintetízase a maior parte do ATP que se produce nas células aeróbicas.

4.3.2. PLASTOS. CLOROPLASTOS

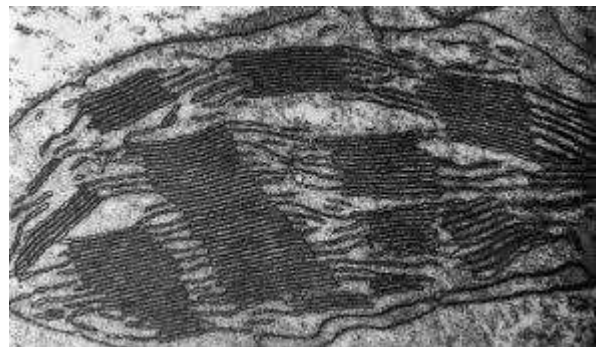
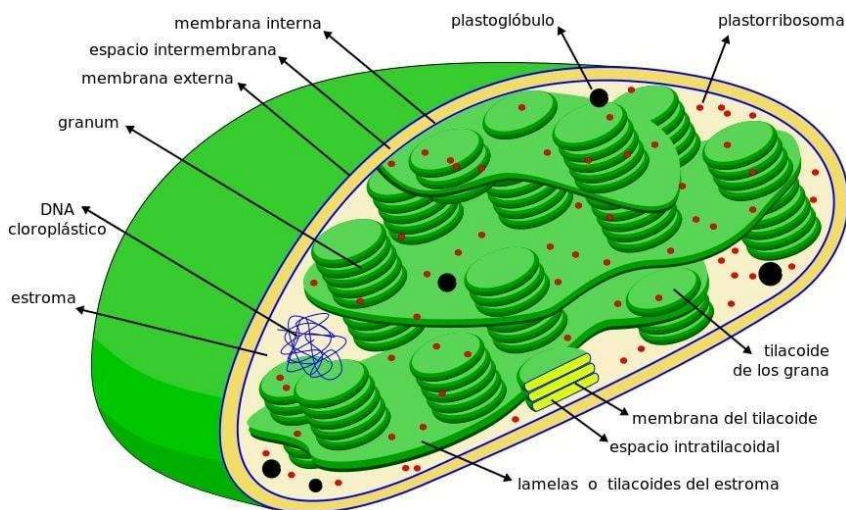
Os plastos son orgánulos exclusivos das células vexetais e de protistas fotosintéticos. Encárganse de almacenar substancias de reserva (amidón, aceites e proteínas) pero algúns teñen pigmentos (clorofila e carotenoides). Neste último grupo están os cloroplastos.

CLOROPLASTOS

Estrutura

Os cloroplastos están formados por unha dobre membrana (externa e interna), un espazo intermembranoso e un espazo interior ou estroma, onde se atopan os tilacoides, con forma de sáculos aplanados. No cloroplasto distínguense:

- **Membrana externa e interna.** A súa estrutura é similar á do resto das membranas (60% son lípidos e o 40% proteínas). A membrana externa é moi permeable, e a membrana interna, que é menos permeable, presenta proteínas de transporte específicas que regulan o paso de substancias entre o hialoplasma e o estroma. Carecen de clorofila e, como nas mitocondrias, estas membranas tampouco teñen colesterol.
- **Espazo intermembrana.** De composición moi parecido ao citosol, pola permeabilidade da membrana externa.
- **Tilacoides ou lamelas.** Son sacos aplanados e ocos que poden ser pequenos e apilados constituíndo os **grana**, ou ben grandes e illados, interconectando os grana, constituíndo os **tilacoides do estroma**. As membranas dos tilacoides conteñen todo o necesario para realizar a fotosíntese.
- **Estroma.** É o espazo central do cloroplasto. Contén no seu interior:
 - Unha molécula de ADN circular de dobre cadea, que codifica a síntese de proteínas do cloroplasto.
 - Ribosomas (plastorribosomas) de 70 S, como os de mitocondrias e bacterias.
 - Encimas, de dous tipos:
 - As que permiten reducir CO₂ a materia orgánica, como a rubisco.
 - As que permiten a replicación, transcrición e tradución da información do ADN do cloroplasto.



Función dos cloroplastos

A principal función dos cloroplastos é:

Fotosíntese. Os cloroplastos encárganse de realizar a fotosíntese. Na fotosíntese prodúcese

dous tipos de reaccións:

- Reaccións dependentes da luz, como as que producen ATP e NADPH.
- Reaccións independentes da luz, que utilizan a enerxía obtida polas que dependen da luz, para fixar CO₂ e formar glúcidos principalmente.

4.3.3. NÚCLEO

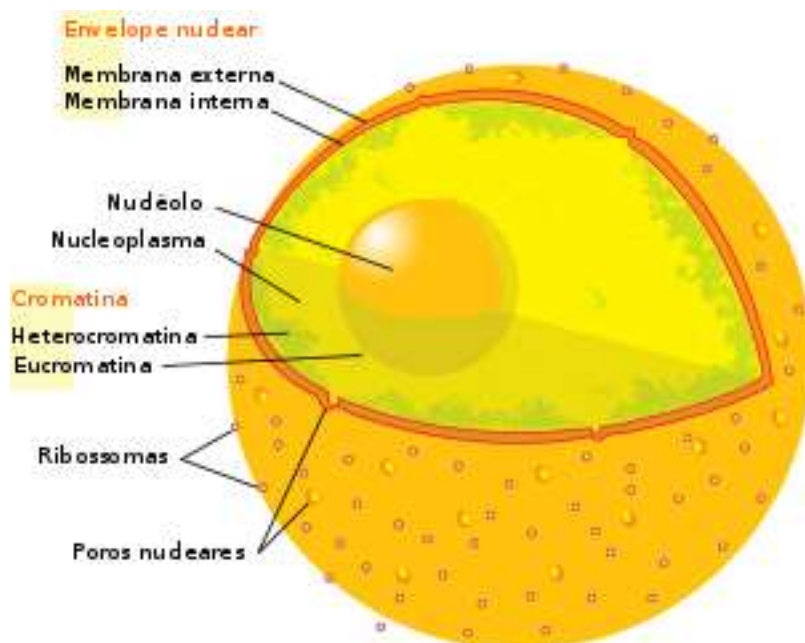
O núcleo é o principal orgánulo da célula eucariota animal e vexetal, pois contén a información xenética en forma de ADN, e é onde se realiza a replicación do ADN e a síntese de todos os ARN.

O núcleo ten aspecto moi distinto segundo o momento do ciclo no que se atope. Así, distínguese:

- **Núcleo interfásico** (mal chamado antigamente núcleo en repouso) cando a célula non se está dividindo.
- **Núcleo en división** cando se diferencian os cromosomas e a célula vaise dividir.

O NÚCLEO INTERFÁSICO

Durante a interfase, o ADN está en forma de cromatina, disperso polo citoplasma, formando unha rede. A interfase é unha etapa do ciclo de vida da célula moi importante, xa que abarca o 90 % do tempo. É cando se produce a duplicación do ADN e a síntese dos ARN, que unha vez transportados ao citoplasma encargaranse de dirixir a síntese de encimas e proteínas.



1. A envoltura nuclear

O núcleo está delimitado por dúas membranas, que deixan entre elas un espazo intermembranoso ou perinuclear. Nalgúñas zonas, ámbalas dúas membranas fúsiónanse deixando un espazo ou

poro.

Presenta a seguinte estrutura:

- A **membrana nuclear externa** na súa cara citoplasmática presenta ribosomas. O espazo perinuclear e a membrana nuclear externa teñen continuación coa membrana do retículo endoplasmático, e en células con pouco retículo endoplasmático, cumpren a súa función.
- A **membrana nuclear interna** ten asociada a ela, pola cara do nucleoplasma, unha rede de fibras proteicas denominada lámina nuclear ou cortiza nuclear. Esta rede de filamentos proteicos entrelazados, ten como función o servir de punto de ancoraxe para a cromatina e regular o crecemento da envoltura nuclear despois da división.
- Os **poros nucleares** son complexos de proteínas que atravesan a envoltura nuclear. Os poros fórmanse ou desaparecen segundo o estado funcional da célula. Regularon o intercambio de moléculas entre o núcleo e o citosol.

Funcións da membrana nuclear

- Protexe o ADN da acción das encimas do citoplasma e dos movementos do citoesqueleto.
- Separa o proceso de transcrición e maduración do ARN que ocorre no núcleo, do proceso de tradución que se produce no citoplasma, o que permite controlar e regular mellor ambos os procesos.
- Regula o tráfico bidireccional de substancias a través dos poros.

A envoltura nuclear desempeña un importante papel no ciclo celular. Ao iniciarse a mitose desaparece en parte e reorganízase ao final da mesma.

2. Nucleoplasma

É semellante ao citosol e está formada por unha disolución composta por gran variedade de moléculas, sobre todo nucleótidos e encimas implicados na duplicación e transcrición do ADN. Dentro desta matriz atópanse o nucléolo e a cromatina, separados por unha rede proteica tridimensional, similar ao citoesqueleto, que se estende por todo o núcleo.

3. Nucléolo

É unha estrutura esférica, situada no interior do núcleo, que carece de membrana. Adoita haber un por célula, aínda que algunhas células poden ter máis. O nucléolo é onde se sintetizan todos os tipos de ARNr, polo que a función principal do nucléolo é a síntese de ribosomas. Os nucléolos son máis destacados na interfase, e desaparecen cando os cromosomas vanse condensando. Desaparece na profase e reaparecen na telofase.

4. Cromatina

O material xenético do núcleo en interfase chámase cromatina. Cada fibra de cromatina está formada por ADN asociado a histonas. Cando a célula divídese, a cromatina condénsase e forma os

cromosomas, polo que se pode dicir que cromatina e cromosomas son dous estados diferentes dunha mesma substancia. Son distintos por estes motivos:

Na interfase prodúcese a síntese de proteínas e ARN, e a duplicación do ADN, polo que é necesario que a información xenética sexa accesible, e o material xenético atópase estendido (cromatina).

Na división celular repártese equitativamente o material xenético ás células fillas. O material atópase individualizado en cromosomas.

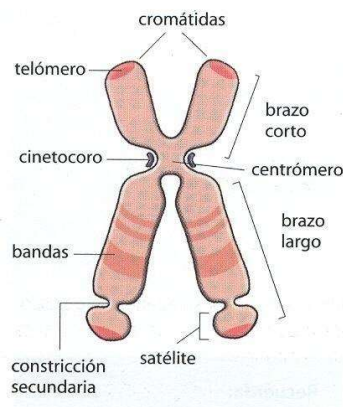
O NÚCLEO EN DIVISIÓN: OS CROMOSOMAS

As fibras de cromatina constitúen os cromosomas interfásicos, pero se atopan tan estendidos e enmarañados que é imposible distinguilos. Durante a interfase autoduplicase o ADN e cada cromosoma orixina unha copia idéntica de si mesma, polo que a partir dese momento cada cromosoma consta de dúas subunidades idénticas chamadas **cromátides**. Polo tanto, os cromosomas son a forma condensada da cromatina que se atopa nas células en división.

Estrutura

Cando a célula entra en división, as dúas cromátides de cada cromosoma se condensan e acurtan, debido a que as súas fibras de cromatina se enrolan e se pregan dando lugar ao chamado cromosoma metafásico. Cada cromátide únese á súa xemelga por unha constricción primaria chamada **centrómero**. As cromátides tamén poden ter outras constriccións secundarias. O **cinetocoro** é o lugar da unión do cromosoma ás fibras do fuso acromático. Os **telómeros** son os extremos do cromosoma. O centrómero divide ao cromosoma en dúas partes chamados brazos, segundo os cales os cromosomas poden ser:

- Metacéntricos: brazos iguais porque o centrómero está na metade.
- Submetacéntricos: brazos lixeramente desiguais.
- Acrocéntricos: brazos moi desiguais.
- Telocéntricos: cando o cromosoma posúe un só brazo xa que o centrómero localízase nun dos extremos.



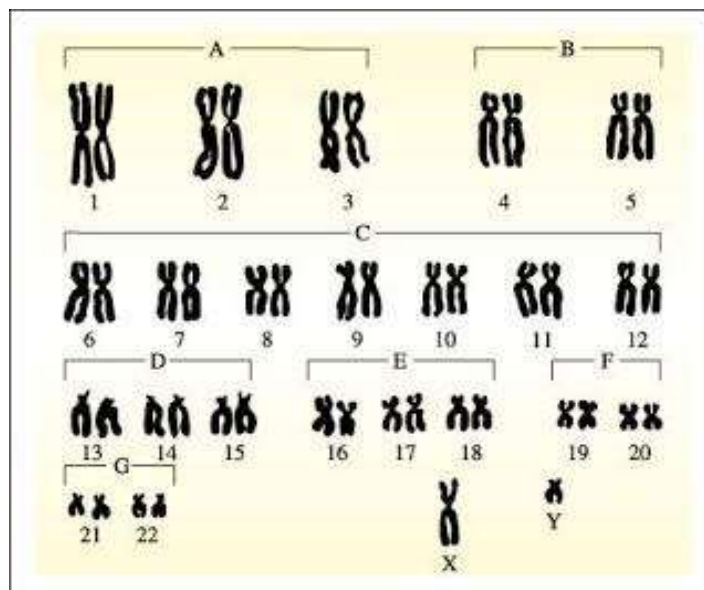
Número de cromosomas

O número de cromosomas diferentes (n) dunha determinada célula é unha constante para todas as que pertencen a un mesmo organismo. A maioría dos organismos, tanto animais como vexetais, son diploides ($2n$), é dicir, teñen nas súas células dous xogos de cromosomas, un que herdaron do pai e outro que herdaron da nai.

Os cromosomas forman parellas de homólogos, que conteñen información xenética para os mesmos caracteres. Nestes organismos, as súas células reprodutoras ou gametos, tanto óvulo como o espermatozoide, só presentan un xogo de espermatozoides. Son por tanto células aploides (n).

O conxunto de todos os cromosomas dunha célula, representados fotomicrograficamente, denomínase cariotipo. Dentro do cariotipo diferéncianse dous tipos de cromosomas:

- **Cromosomas somáticos ou autosómicos:** son comúns nos dous sexos da mesma especie.
- **Cromosomas sexuais:** cada un dos cromosomas que determinan o sexo. No sexo masculino XY e no feminino XX.



5. A ORIXE DA CÉLULA EUCARIOTA. Teoría endosimbiótica de Margulis

A teoría endosimbiótica foi postulada pola bióloga evolucionista estadounidense Lynn Margulis en 1967, para explicar a orixe das células eucariotas.

Segundo esta teoría, a orixe das células eucariotas consistiu na unión progresiva de células procariotas. Unha primeira célula foi fagocitando a outras, pero no canto de dixerilas, incorporounas como novos elementos. Isto daría orixe aos distintos orgánulos e estruturas das actuais eucariotas.

Noutras palabras, unha célula introdúcese no interior doutra, obtendo beneficios mutuos mediante unha relación de simbiose.

A teoría da endosimbiose describe este proceso gradual en tres grandes incorporacións sucesivas.

1ª incorporación:

Neste paso, unha célula que utiliza o xofre e a calor como fonte de enerxía (arquea termoacidófila) únese cunha bacteria nadadora (espiroqueta). Con esta simbiose, iniciárase a capacidade de moverse dalgunhas células eucariotas grazas ao flaxelo e a aparición da membrana nuclear, que lle proporcionou ao ADN maior estabilidade.

2ª incorporación

Unha célula anaeróbica, á cal o osíxeno cada vez máis presente na atmosfera resultáballe tóxico, necesitou de axuda para adaptarse á nova contorna. A segunda incorporación que se postula é a unión de células procariotas aeróbicas ao o interior da célula anaeróbica, explicando a aparición dos orgánulos peroxisomas e **mitocondrias**. Os primeiros teñen a capacidade de neutralizar os efectos tóxicos do osíxeno mentres que as segundas obteñen enerxía do osíxeno (cadea respiratoria). Con este paso, aparecería xa a célula eucariota animal e fungi (fungos).

3ª incorporación

As novas células aeróbicas, por algún motivo, realizaron endosimbiose cunha célula procariota que tiña a capacidade da fotosíntese (obter enerxía da luz), dando orixe ao orgánulo das células vexetais, o **cloroplasto**. Con esta última incorporación, dáse a orixe do reino vexetal.

Nas dúas últimas incorporacións, a bacteria introducida sacaría como beneficios a protección e a obtención de nutrientes, mentres que a hóspede (célula eucariota) gañaría a capacidade de facer uso do osíxeno e da luz, respectivamente.

Hoxe en día, a teoría endosimbiótica está parcialmente aceptada. Hai puntos nos que se atoparon a favor, pero outros que xeran moitas dúbidas e discusións.

Os puntos a favor son que tanto a mitocondria como o cloroplasto teñen o seu propio ADN bicatenario circular no seu interior de maneira libre, independente do nuclear. Algo rechamante, xa que lembran a unhas células procariotas pola súa configuración. Ademais, compórtanse como unha bacteria, porque sintetizan proteínas propias, desenvolven as súas funcións mediante a membrana e replican o seu ADN e realizan a fisión binaria para dividirse (e non mitose). Na súa estrutura tamén se atopan evidencias. A mitocondria e o cloroplasto presentan unha dobre membrana. Isto podería ser debido á súa orixe, sendo a interior a propia membrana que envolvía a célula procariota e a externa a vesícula de cando foi fagocitada.

O maior punto de crítica é na primeira incorporación. Non hai ningunha evidencia que poida demostrar que existiu esta unión entre células, e sen mostras, é difícil de sustentar. Tampouco se explica a aparición doutros orgánulos das células eucariotas, como son o retículo endoplasmático e o aparello de Golgi. E o mesmo ocorre cos peroxisomas, que non teñen nin un ADN propio nin unha dobre capa de membranas, polo que non hai mostras tan fiables como na mitocondria ou no cloroplasto.